

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



OBTENCIÓN DE CONCENTRADOS PROTEICOS DE LA TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.), MEDIANTE TRES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA SU EMPLEO EN ALIMENTOS DE CONSUMO HUMANO.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

GREISY JOHANA RIOS PRADO

PUCALLPA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS.

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentada por **GREISY JOHANA RIOS PRADO**, denominada: **"Obtención de concentrados proteicos de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), mediante tres métodos de extracción para su empleo en alimentos de consumo humano"**, para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo (*) **BUENO**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: (Grado Académico.....), (Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**), de conformidad con lo estipulado en el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 05 de setiembre del 2019.

Dr. Jorge Washington Vela Alvarado
Presidente

M.V. Víctor A. Fernández Delgado
Secretario

Ing. José Antonio López Ucariegue
Miembro

Dr. Edgardo García Saavedra
Asesor

Ing. Cateo Leandro Laguna
Co - Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali; éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, aprobado por Unanimidad, aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta Tesis fue aprobada por los miembros del jurado calificador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito parcial para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Jorge Washington Vela Alvarado

.....

PRESIDENTE

M.V. Víctor A. Fernández Delgado

.....

SECRETARIO

Ing. José Antonio López Ucariegue

.....

MIEMBRO

Dr. Edgardo García Saavedra

.....

ASESOR

Ing. Caleb Leandro Laguna

.....

CO - ASESOR

Bach. Greisy Johana Rios Prado

.....

TESISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

Constancia

N° 278

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) titulado:

OBTENCIÓN DE CONCENTRADOS PROTEICOS DE LA TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.), MEDIANTE TRES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA SU EMPLEO EN ALIMENTOS DE CONSUMO HUMANO

Cuyo autor (es) : RIOS PRADO, GREISY JOHANA
Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Asesor : Dr. GARCIA SAAVEDRA, EDGARDO

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 05 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 14/08/2019



REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, GREISY JOHANA RIOS PRADO.

Autor de la TESIS titulada:

"Obtención de concentrados proteicos de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), mediante tres métodos de extracción para su empleo en alimentos de consumo humano."

Sustentada el año: 2019.

Con la asesoría de: DR. EDGARDO GARCÍA SAAVEDRA.

Con la Co-asesoría de: ING. CALEB LEANDRO LAGUNA.

En la Facultad de: CIENCIAS AGROPECUARIAS.

Carrera profesional de: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición al público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanta me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

Tercero: Autorizo la publicación.

☒ Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).

☐ Parcial (significa que solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio)

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firmo la presente autorización:

Fecha: 02 / 12 / 19.

Email: grisyricsp@gmail.com.

Firma: 

Teléfono: 956618794.

DNI: 72174410.

DEDICATORIA.

A mis padres, Gladis Prado y Omer Rios, por ser las personas que me acompañaron durante toda esta ardua etapa, por su constante apoyo y amor, por ser siempre la fortaleza para seguir adelante y enseñarme que todo esfuerzo siempre es recompensado. Gracias papá y mamá por creer en mí.

A mi hermano Alexander Rios, por todo su apoyo y cariño recibido. ¡Los quiero con todo el corazón, esto es para ustedes!

AGRADECIMIENTO.

A Dios; tu amor y bondad no tiene fin, me permites sonreír ante los logros que son resultados de tu ayuda.

A mi familia, por toda la comprensión, ánimo y cariño recibido en todo el proceso.

A la Universidad Nacional de Ucayali por darme la oportunidad de estudiar en sus aulas y ser una profesional.

Al Dr. Edgardo García Saavedra e Ing. Caleb Leandro Laguna, asesores del presente trabajo de investigación, por el constante apoyo y paciencia recibida durante todo el desarrollo de la presente tesis.

A los encargados del Centro de capacitación, formación y elaboración de plantas medicinales y alimenticias, que forma parte del proyecto especial de la ONG Kizuna Amazónica y a los encargados del Laboratorio de suelos de la de la Universidad Nacional de Ucayali, por su tiempo y la facilidad de las instalaciones y equipos.

Y por supuesto el agradecimiento especial, a todas las personas que de una u otra manera formando parte de la realización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE.

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
LISTA DE CUADROS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.2. ASPECTOS GENERALES DEL SACHA INCHI (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	3
2.2.1. Descripción de la planta	4
2.2.2. Clasificación taxonómica	5
2.2.3. Distribución y producción regional del cultivo de sachá inchi ...	6
2.2.4. Composición química de la almendra de sachá inchi (%)	7
2.2.5. Factores antinutricionales.....	8
2.3. TORTA DE SACHA INCHI	9
2.3.1. Proceso de extracción de torta de sachá inchi	10
2.3.1.1. Extracción por solventes.....	10
2.3.1.2. Extracción por prensado.....	10
2.4. PROTEÍNAS	11
2.4.1. Extracción de proteínas.....	13
2.5. CONCENTRADOS PROTEICOS.....	13
2.5.1. Aplicación de los concentrados proteicos en la industria alimentaria.....	15
2.6. PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES	16
2.6.1. Capacidad de retención de agua (CRA).....	17
2.6.2. Capacidad de absorción de aceite (CAA).....	18
2.6.3. Capacidad de gelificación (CG)	18
2.6.4. Capacidad emulsificante	19
2.6.5. Capacidad de formación y estabilidad de espuma (CFE y EES)	19

2.6.6. Solubilidad	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	21
3.2. MATERIALES	22
3.2.1. Materia prima.....	22
3.2.2. Materiales de laboratorio	22
3.2.3. Indumentaria.....	22
3.2.4. Equipos	22
3.2.5. Reactivos y soluciones	22
3.2.6. Otros.....	22
3.3. METODOLOGÍA	23
3.3.1. Descripción del proceso de obtención de la torta de sachá inchi	23
3.3.1.1. Recepción.....	23
3.3.1.2. Pesaje I.....	23
3.3.1.3. Acondicionamiento I (Descapsulado)	23
3.3.1.4. Limpieza y selección.....	23
3.3.1.5. Acondicionamiento II (Descascarado)	23
3.3.1.6. Pesaje II.....	23
3.3.1.7. Prensado	24
3.3.2. Descripción del proceso de desgrasado de la torta de sachá inchi.....	24
3.3.2.1. Recepción.....	24
3.3.2.2. Secado	25
3.3.2.3. Molienda	25
3.3.2.4. Desgrasado	25
3.3.3. Descripción del proceso de obtención de los concentrados proteicos.....	26
3.3.3.1. Recepción.....	26
3.3.3.2. Pesado	26
3.3.3.3. Lavado I.....	26

3.3.3.4.	Extracción	26
3.3.3.5.	Filtración	27
3.3.3.6.	Lavado II	27
3.3.3.7.	Extracción	27
3.3.3.8.	Filtración	27
3.3.3.9.	Secado	27
3.3.3.10.	Molienda	27
3.3.3.11.	Envasado.....	27
3.3.4.	Métodos de análisis.....	29
3.3.4.1.	Determinación de Proteínas (A.O.A.C 1990)	29
3.3.4.2.	Determinación de humedad (A.O.A.C 1963)	30
3.3.4.3.	Determinación de grasa (A.O.A.C 1963)	30
3.3.4.4.	Determinación de ceniza (A.O.A.C 1963).....	31
3.3.4.5.	Determinación de carbohidratos (Por diferencia).....	31
3.3.5.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales	31
3.3.5.1.	Capacidad de retención de agua (CRA)	32
3.3.5.2.	Capacidad de absorción de aceite (CAA).....	32
3.3.5.3.	Capacidad de gelificación (CG)	32
3.3.5.4.	Capacidad emulsificante (CE)	33
3.3.5.5.	Capacidad de formación de espuma (CFE).....	33
3.3.5.6.	Estabilidad de espuma (EES).....	33
3.3.5.7.	Solubilidad	34
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.4.1.	Modelo matemático	34
3.4.2.	Tipo de investigación	35
3.4.3.	Población y muestra	35
3.5.	VARIABLES	35
3.5.1.	Variable independiente	35
3.5.2.	Variable dependiente.....	35

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LOS CONCENTRADOS PROTEICOS DE LA TORTA DE SACHA INCHI	36
4.1.1.	Contenido de proteínas	36
4.1.2.	Contenido de humedad	38
4.1.3.	Contenido de ceniza.....	39
4.1.4.	Contenido de grasa	40
4.1.5.	Contenido de carbohidratos	42
4.2.	PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES DE LOS CONCENTRADOS PROTEICOS DE LA TORTA DE SACHA INCHI	43
4.2.1.	Capacidad de retención de agua (CRA).....	43
4.2.2.	Capacidad de absorción de aceite (CAA).....	45
4.2.3.	Capacidad de gelificación (CG).....	46
4.2.4.	Capacidad emulsificante (CE)	48
4.2.5.	Capacidad de formación de espuma (CFE)	50
4.2.6.	Estabilidad de espuma (EES).....	51
4.2.7.	Solubilidad.....	53
4.2.8.	Rendimiento del proceso de obtención de concentrados proteicos.....	55
4.2.9.	Costos de producción de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.....	58
V.	CONCLUSIONES.....	63
VI.	RECOMENDACIONES.....	64
VII.	LITERATURA CITADA	65
VIII.	ANEXO	71

RESUMEN.

En la región de Ucayali, el sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es un cultivo emergente, que por sus nutrientes se muestra como una fuente benéfica para la salud y la nutrición de las personas. El estudio tuvo como finalidad la extracción de aceite, generando un subproducto (Torta) rico en proteínas. El objetivo del trabajo de investigación fue aprovechar la torta de sachá inchi, debido a que no está siendo utilizada adecuadamente y brindándole valor agregado en la región. Además de contribuir con la búsqueda de fuentes proteicas, que se destaquen por sus nutrientes y sean adecuados para su utilización en la industria alimentaria.

Para obtener el concentrado proteico característico como resultado final, la torta de sachá inchi se sometió a un proceso de desgrasado obteniéndose la harina de torta de sachá inchi desgrasada (HTSID) a la que se le realizó un enriquecimiento proteico mediante la disminución de sus compuestos antinutricionales con tres métodos: extracción hidroalcohólica, extracción isoelectrica y extracción térmica, cada una con cinco repeticiones.

En los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi obtenidos a partir de los tres tratamientos se analizaron la composición química proximal y las siguientes propiedades tecno-funcionales: Capacidad de retención de agua (CRA); capacidad de absorción de aceite (CAA), capacidad de gelificación (CG), capacidad emulsificante (CE), capacidad de formación de espuma (CFE), estabilidad de espuma (EES) y solubilidad. Resultando como mejor tratamiento el T¹ con la extracción hidroalcohólica, cuyo contenido de proteínas es de $75.06 \pm 1.23\%$ y un rendimiento de 88.06%.

Palabras claves: Concentrados proteicos, torta sachá inchi desgrasada, extracción hidroalcohólica, extracción isoelectrica, extracción térmica, propiedades tecno-funcionales.

ABSTRACT.

In the Ucayali region, sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) is an emerging crop, which by its nutrients is shown as a beneficial source for people's health and nutrition. The study was aimed at oil extraction, generating a by-product (Cake) rich in protein. The objective of the research work was to take advantage of the sachá inchi cake, because it is not being used properly and providing added value in the region. In addition to contributing to the search for protein sources, which stand out for their nutrients and are suitable for use in the food industry.

To obtain the characteristic protein concentrate as a final result, the sachá inchi cake was subjected to a degreasing process obtaining the defatted sachá inchi cake flour (HTSID) to which a protein enrichment was made by decreasing its anti-nutritional compounds with three methods: hydroalcoholic extraction, isoelectric extraction and thermal extraction, each with five repetitions.

In the protein concentrates of the sachá inchi cake obtained from the three treatments, the proximal chemical composition and the following techno-functional properties were analyzed: Water retention capacity (ARC); oil absorption capacity (CAA), gelling capacity (CG), emulsifying capacity (CE), foaming capacity (CFE), foam stability (EES) and solubility. T¹ is the best treatment with hydroalcoholic extraction, whose protein content is $75.06 \pm 1.23\%$ and a yield of 88.06%.

Keywords: Protein concentrates, defatted Sachá inchi cake, hydroalcoholic extraction, isoelectric extraction, thermal extraction, techno-functional properties.

LISTA DE CUADROS.

En el texto:	Pág.
Cuadro 1. Composición química de la almendra de sachá inchi comparada con otras oleaginosas (%).	8
Cuadro 2. Composición química de la torta de sachá inchi en base húmeda (%).	10
Cuadro 3. Aplicación de los concentrados proteicos en la industria alimentaria.	16
Cuadro 4. Clasificación de las propiedades tecno-funcionales de las proteínas.	17
Cuadro 5. Análisis proximal de la torta de sachá inchi.	36
Cuadro 6. Resumen del análisis químico proximal de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	43
Cuadro 7. Balance de materia prima para el T ¹ - Extracción hidroalcohólica.	56
Cuadro 8. Balance de materia prima para el T ² - Extracción isoelectrica.	57
Cuadro 9. Balance de materia prima para el T ³ - Extracción térmica.	58
Cuadro 10. Costos de producción del concentrado proteico de la torta de sachá inchi por extracción hidroalcohólica en base a 1kg.	59
Cuadro 11. Costos de producción del concentrado proteico de la torta de sachá inchi por extracción isoelectrica en base a 1kg.	60
Cuadro 12. Costos de producción del concentrado proteico de la torta de sachá inchi por extracción térmica en base a 1kg.	61
Cuadro 13. Relación costo-beneficio de los tratamientos en estudio.	62

En el anexo:

Recuadro 1.	Norma para productos proteínicos de soja.	72
Cuadro 14.	Balance de materia de la obtención de aceite y torta de sachá inchi desgrasada por proceso y operaciones.	75
Cuadro 15.	ANOVA para el contenido de proteínas.	75
Cuadro 16.	ANOVA para el contenido de humedad.	75
Cuadro 17.	ANOVA para el contenido de cenizas	76
Cuadro 18.	ANOVA para el contenido de grasa.	76
Cuadro 19.	ANOVA para el contenido de carbohidratos.	76
Cuadro 20.	ANOVA para la capacidad de retención de agua (g de agua absorbida/g de concentrado proteico).	76
Cuadro 21.	ANOVA para la capacidad de absorción de aceite (g de aceite absorbido/g de concentrado proteico).	77
Cuadro 22.	ANOVA para la capacidad de gelificación (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	77
Cuadro 23.	ANOVA para la capacidad emulsificante (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	77
Cuadro 24.	ANOVA para la capacidad de formación de espuma (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	77
Cuadro 25.	ANOVA para el % de estabilidad de espuma respecto al tipo de extracción y tiempo.	78
Cuadro 26.	Comparación múltiple de Tukey del % EES.	78
Cuadro 27.	ANOVA para el % de solubilidad respecto al tipo de extracción y pH.	80
Cuadro 28.	% Solubilidad para los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	80

LISTA DE FIGURAS.

En el texto:	Pág.
Figura 1. Semilla de sachá inchi en cápsula.	04
Figura 2. Semillas, cáscara y almendra de sachá inchi.	05
Figura 3. Semilla de seis distribuciones de sachá inchi en la Amazonia Peruana.	06
Figura 4. Distribución del cultivo de sachá inchi en el Perú.	07
Figura 5. Torta de sachá inchi.	09
Figura 6. Prensa hidráulica.	11
Figura 7. Ubicación geográfica de la UNU.	21
Figura 8. Diagrama de bloques del proceso de obtención de torta de sachá inchi.	24
Figura 9. Diagrama de bloques del proceso de desgrasado de la torta de sachá inchi.	25
Figura 10. Diagrama de bloques del proceso de obtención de concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	28
Figura 11. % de proteínas de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.	37
Figura 12. % de humedad de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.	39
Figura 13. % de ceniza de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.	40
Figura 14. % de grasa de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.	41
Figura 15. % de carbohidratos de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.	42
Figura 16. Capacidad de retención de agua (g de agua absorbida/g de concentrados proteicos).	44
Figura 17. Capacidad de absorción de aceite (g de aceite absorbida/g de concentrados proteicos).	46

Figura 18.	Capacidad de gelificación (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	48
Figura 19.	Capacidad emulsificante (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	49
Figura 20.	Capacidad de formación de espuma (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	51
Figura 21.	% de estabilidad de espuma de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	53
Figura 22.	% de solubilidad de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.	55

En el anexo

Figura 23.	% de estabilidad de espuma de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi respecto al tipo de extracción y tiempo.	79
Figura 24.	% de solubilidad de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi respecto al tipo de extracción y pH.	81
Figura 25.	Recepción de materia prima.	82
Figura 26.	Semilla de sachá inchi en cápsula.	82
Figura 27.	Almendra de sachá inchi.	82
Figura 28.	Prensado de las almendras.	82
Figura 29.	Subproductos de extracción: Aceite y torta.	83
Figura 30.	Secado de la torta de sachá inchi.	83
Figura 31.	Torta de seca y molida de sachá inchi.	83
Figura 32.	Equipo soxhlet.	83
Figura 33.	Harina de torta de sachá inchi desgrasada (HTSID).	84
Figura 34.	Extracción de concentrados.	84
Figura 35.	Ajuste de pH.	84
Figura 36.	Extracción de concentrados.	84

Figura 37.	Medición de pH.	85
Figura 38.	Centrifugación.	85
Figura 39.	Concentrados proteicos mediante extracción hidroalcohólica.	85
Figura 40.	Concentrados proteicos mediante extracción isoelectrica.	85
Figura 41.	Concentrados proteicos mediante extracción térmica.	86
Figura 42.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales.	86
Figura 43.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales.	86
Figura 44.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales.	86
Figura 45.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales.	87
Figura 46.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales.	87
Figura 47.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales.	87
Figura 48.	Evaluación de propiedades tecno-funcionales.	87

I. INTRODUCCIÓN.

Uno de los principales problemas que afrontan los países a nivel mundial, es la búsqueda de alimentos que compensen la carencia nutricional que cada día va aumentando, por lo que es necesario optimizar el aprovechamiento de los recursos y desarrollar técnicas de producción de proteínas (Aranda 2015); esto ha originado un aumento en investigaciones, especialmente en semillas de leguminosas, oleaginosas y cereales, como opción al uso de la proteína animal en la alimentación; además como componentes funcionales y bioactivos en cosméticos y productos farmacéuticos.

El *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi), en la región es una especie promisoría y su principal finalidad es la obtención del aceite, que genera un subproducto rico en proteínas denominado “Torta”. Este residuo tiene un potencial en la industria alimentaria, pero presenta compuestos antinutricionales, que impide su aprovechamiento correctamente, para ello es necesario emplear procesos adecuados que incrementen la calidad de sus proteínas (Alvarado 2014). Mercado *et al.* (2015), mencionan que estos factores pueden ser eliminados en los procesos de obtención de aislados y concentrados proteicos.

Tomando en cuenta, que la torta de sachá inchi es un subproducto rico en proteínas, que no está siendo aprovechado adecuadamente en la región, el objetivo principal de la investigación fue obtener concentrados proteicos de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), mediante tres métodos de extracción para su empleo en alimentos de consumo humano. Y los objetivos específicos fueron: Evaluar el uso de la torta de sachá inchi para la obtención de concentrados proteicos empleando la extracción mediante soluciones hidroalcohólicas, extracción con agua ajustada al punto isoeléctrico, extracción con agua tras tratamiento térmico. Evaluar los indicadores de calidad proteica de los concentrados proteicos obtenidos que permitirán su inclusión en alimentos de consumo humano. Y evaluar el costo de producción en la obtención del concentrado proteico del mejor tratamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. ANTECEDENTES.

Según Aquino (2015), en su investigación de “Optimización del proceso de extracción de las proteínas de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), obtuvo aislados proteicos optimizando los parámetros de la extracción alcalina y la extracción enzimática asistida a partir de la torta desgrasada de sachá inchi, logrando por el método de extracción alcalina un rendimiento máximo de 30.2 g de proteína soluble/100 g de proteína total y por el método de extracción enzimática asistida obtuvo un rendimiento máximo de 44.8 g de proteínas soluble/100 g de proteína total.

Así mismo Alvarado (2014), en su estudio realizado en “Obtención, caracterización fisicoquímica, caracterización electroforética y digestibilidad del aislado proteico del residuo agroindustrial de *Plukenetia volubilis* (Sachá inchi)”, concluye que se puede usar los residuos agroindustriales del sachá inchi para la producción de aislados proteicos, los cuales podrían ser utilizados como suplementos de otros alimentos como bebidas para deportistas, embutidos, salchichas, sopas y productos deshidratados. El aislado proteico obtenido tiene coloración beige claro, no presenta olor, ni sabor y con una textura muy fina. Con un contenido de proteínas de 94.2% y 3.35% de humedad, absorción de agua máxima de 2.35 ml de agua/g de aislado proteico, mientras absorción de aceite máxima de 1.43 ml de agua/g de aislado proteico. Además de la caracterización de proteínas por solubilidad, determinó la presencia de cuatro tipos de proteínas: albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas.

Del mismo modo Mercado *et al.* (2015), en su investigación titulada “Protein isolated from cake of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) and evaluation of its techno-functionals properties”, evaluaron las propiedades tecno-funcionales del aislado proteico a partir de la torta de sachá inchi obteniendo: Solubilidad (máxima a 99.4% a pH 11 y mínima a 18.7% a pH 6), capacidad de absorción de aceite (1.39 g de aceite/g aislado proteico), capacidad de emulsificación (59.1%), capacidad de formación de espuma (55% a 1% concentración de aislado proteico y pH 8),

estabilidad de espuma (33.7% a 1% concentración de aislado proteico a pH 8 y 120 min). Las propiedades tecno-funcionales con valores bajos fueron: capacidad de gelificación (15%) y capacidad de retención de agua (1.84 g agua/g aislado proteico).

Igualmente Jaimes *et al.* (2014), en su investigación “Preparation and determination of the functional properties of the trupillo proteic concentrated (*Prosopis juliflora*)”, mencionan que la principal carencia alimentaria en el mundo, son los productos proteicos, lo que se ha convertido en un gran problema de seguridad alimentaria ya que estos son de difícil producción, disponibilidad, alto costo, y consumo muy reducido. Obtuvo un concentrado proteico con 75% de proteína, con capacidad de absorción de retención de agua (344-346), densidad de la espuma (0.25 -0.30) y capacidad de absorción de aceite (334-306%).

No obstante, Vioque *et al.* (2001), realizaron una recopilación de información tecnológica titulada “Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados proteicos”, describen los métodos más utilizados para la obtención de concentrados proteicos: extracción con agua ajustada al punto isoelectrico, con tratamiento térmico y con soluciones hidroalcohólicas.

Por otro lado Laurente (2016), en su estudio “Obtención del concentrado proteico y determinación del perfil de aminoácidos de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)”, obtuvo 70.20% de proteínas en el concentrado proteico de la variedad negra de Sacacatani y 73.45% en la variedad Yunguyo I.

Del mismo modo Aguilar *et al.* (2000), realizaron una investigación titulada “Estudio Bioquímico y nutricional del extracto liofilizado del fondo de alcachofa *Cynara scolymus*”, donde obtuvieron concentrados proteicos por extracción: ácida, acuosa y alcohólica, obteniendo un rendimiento de 13.41 g/100 g de porción comestible con el extracto alcohólico al 86%.

2.2. ASPECTOS GENERALES DEL SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.).

Betancourth (2013), menciona que la especie, fue citada por primera vez en 1753 por el naturalista Linneo y conocida en el Perú hasta el año 1980, pero en el año 2000 se inició el estudio de sus bondades gracias al apoyo de científicos europeos y la Universidad Nacional Agraria La Molina, quienes descubrieron en estas semillas

la presencia de ácidos grasos Omega 3 y 6, proteínas y una gran cantidad de antioxidantes.

Según Benítez *et al.* (2015), la especie *Plukenetia volubilis* es conocida como sachá inchi, sachá maní o maní del inca, es una oleaginosa silvestre, cuyas semillas son lenticulares, comprimidas lateralmente y de color marrón con manchas irregulares más oscuras, que presenta un alto valor proteico y un elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con otras semillas oleaginosas. La semilla de sachá inchi ha sido empleada con fines: alimenticios, principalmente en la obtención de aceite; farmacéuticos, en la elaboración de cápsulas de sachá inchi, y en el campo cosmético, en la fabricación de crema antiarrugas.

Rojas, citado por Aquino (2015), manifiesta que las semillas de sachá inchi, dependiendo de sus características morfológicas, tiene un contenido de grasas entre 49% y 54% y contenido proteínas de 29% y 33%.

2.2.1. Descripción de la planta.

El sachá inchi constituye uno de los recursos vegetales más prometedores del Perú, debido a su alto contenido de grasa y proteínas, convirtiéndose en un importante complemento de la alimentación humana y animal (Lázaro 2015).



Figura 1. Semilla de sachá inchi en cápsula.

Es una liana trepadora, vigorosa, semileñosa de rápido crecimiento y desarrollo. Alcanza una altura de más de 10 m de largo y tiene hojas alternas acorazonadas de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, con nervaduras que nacen en la base y una nervadura central que se orienta hacia el ápice de la hoja (Chirinos *et al.* 2009).

Las semillas están formadas por cuatro cápsulas dehiscentes, donde se encuentran las semillas de color marrón oscuro, ovaladas de 1.5 cm a 2 cm de diámetro, ligeramente aplastadas en los bordes y abultadas en el centro (Lázaro 2015).



Figura 2. Semilla, cáscara y almendra de sachá inchi.

2.2.2. Clasificación taxonómica.

Téllez, citado por Aquino (2015), muestra la clasificación taxonómica:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Euphorbiales
Familia:	Euphorbiaceae
Género:	Plukenetia
Especie:	Volubilis Linneo

Según Rodríguez *et al.*, (2010) las características morfológicas diferenciales más resaltantes están en la forma de las semillas de los diferentes grupos de Plukenetia (véase figura 3), que van desde redondeadas hasta ligeramente lenticuladas y diferencias en la testa de las semillas, de aspecto liso en cuatro de los seis especies: B= *P. loretensis*, A= *P. brachybotrya*, C= *P. volubilis* (procedencia San Martín) y F= *P. polyadenia*, y rugosa en E= *P. huayllabambana* y D= *P. volubilis* (procedencia Cusco). Como también existe una considerable variación en el tamaño de las semillas.

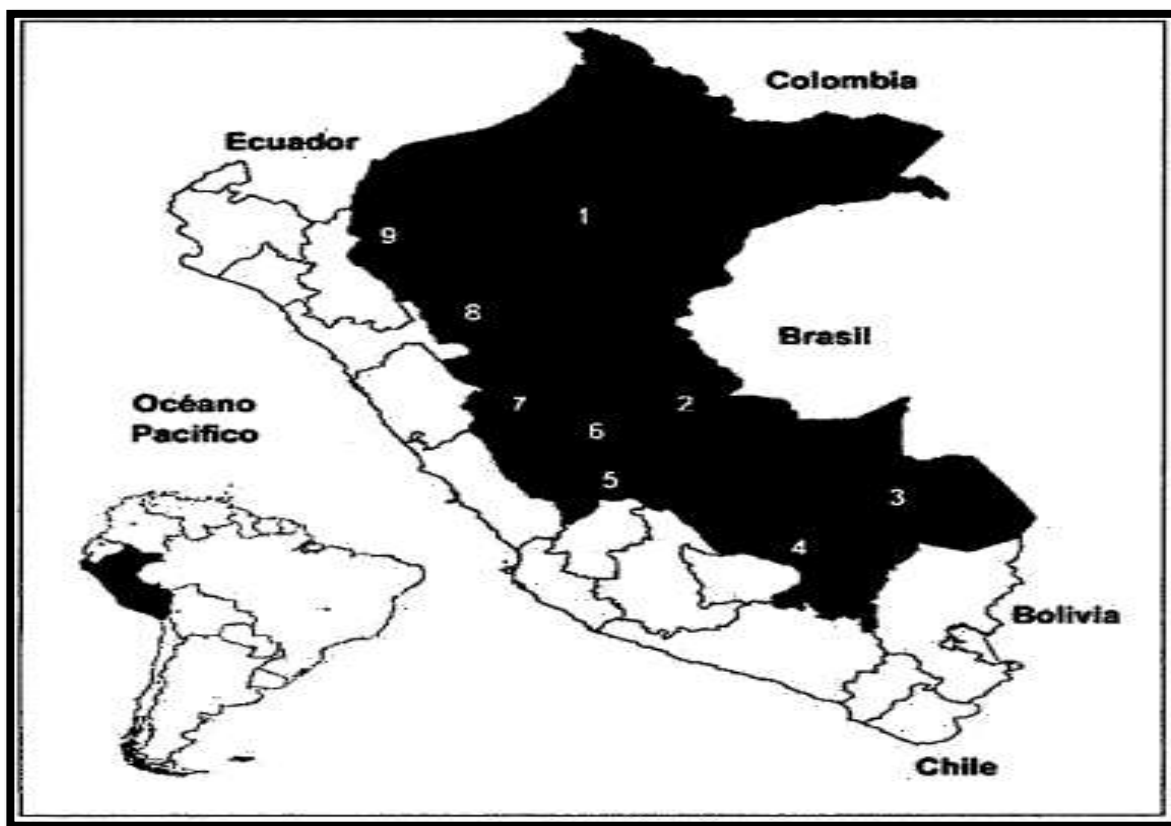


Fuente: Rodríguez *et al.* (2010).

Figura 3. Semillas de seis distribuciones de sachá inchi en la Amazonía Peruana.

2.2.3. Distribución y producción regional del cultivo de sachá inchi.

Avellaneda y Pardo (2015) en la figura 4, muestran que el cultivo de sachá inchi en el Perú está distribuido principalmente en Ucayali, Loreto, Madre de Dios, Cusco, San Martín, Junín, Pasco, Huánuco y Amazonas. En la Región de Ucayali, el cultivo cuenta con 100 ha en crecimiento y producción que equivale a 82 toneladas de semilla al año (Dirección Regional Sectorial de Agricultura Ucayali 2018).



Fuente: Avellaneda y Pardo (2015).

Figura 4. Distribución del cultivo de sachá inchi en el Perú.

2.2.4. Composición química de la almendra de sachá inchi.

Según Avellaneda y Pardo (2015), las semillas de Sacha inchi contienen principalmente proteínas y grasas, y en menor cantidad carbohidratos, vitaminas, esteroides y minerales, además reporta un contenido de 54% de aceite y 27% de proteínas para las semillas de sachá inchi y 53% para la torta desgrasada.

Alvarado (2014), menciona que las semillas de sachá inchi contienen una proteína de almacenamiento, soluble en agua y que representa el 25% de la harina de la semilla desgrasada, que es el 31% del total de proteínas de la semilla. La albúmina de la semilla, es altamente digestible, y posee todos los aminoácidos esenciales: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina, comparado con los patrones recomendados por la FAO.

Cuadro 1. Composición química de las almendras de sachá inchi comparada con otras oleaginosas (%).

Componentes	Sachá inchi	Soya	Maní	Girasol	Algodón
Humedad	4.20	11.70	7.30	4.80	8.10
Proteína	33.30	28.20	23.30	24.00	32.90
Grasa	48.70	18.90	45.30	47.50	16.10
Carbohidratos	9.50	35.70	19.50	3.80	36.70
Fibra	1.60	4.60	2.10	11.10	4.80
Cenizas	2.70	5.60	2.40	5.20	6.20
Energía (Kcal)	562.00	401.00	539.00	495.00	398.00

Fuente: Avellaneda y Pardo (2015).

2.2.5. Factores antinutricionales.

Según De Dios *et al.* (2009) el término antinutrientes se emplea para calificar a aquellos compuestos que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal (proteínas y minerales). Los factores antinutricionales son sustancias generadas por el metabolismo secundario de las plantas, como mecanismo de defensa contra bacterias, insectos, ataque de mohos y aves.

Obregón, citado por Palpa (2007), refiere que la almendra de sachá inchi está cubierta por un tegumento de apariencia áspera finamente adherida, que confiere características de astringencia al ser consumidos crudos, lo cual estaría asociado a la presencia de taninos que son separados por cocción prolongada, tostado o pelado químico con NaOH.

Entre sus factores antinutricionales podemos mencionar a las saponinas y taninos, que son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismos de defensa al ataque de hongos, por lo general son sintetizados durante el desarrollo de la semilla. Estos factores anti nutricionales son termolábiles, inactivados o destruidos mediante cocción, escaldado, tostado (Elizalde, citado por Valles 2012).

Valles (2012), menciona que la característica de las saponinas es la formación de espuma, que determinan de gran manera el sabor amargo de semillas como la quinua sin desaponificar, la soya cruda y el sachá inchi. Así mismo indica que los taninos son grupos de compuestos fenólicos (Polifenoles) que poseen la capacidad de formar complejos con los nutrientes, haciéndolos resistentes a la acción de enzimas digestivas. Los taninos en su mayoría se encuentran presentes en la cáscara.

2.3. TORTA DE SACHA INCHI.

Aquino (2015), describe a la torta como un subproducto resultante de la compresión de las semillas para obtener aceite comestible, lo que es una valiosa fuente de proteínas, principalmente por las características nutricionales y funcionales que puede dar a los alimentos.

Martínez (2011), menciona que actualmente el proceso de elaboración de derivados de la torta de sachá inchi tienen interés en la industria. Debido a que después de la extracción de aceite, la torta de sachá inchi se convierte en una fuente de proteínas y aminoácidos esenciales importante (véase cuadro 2). Sin embargo, la torta presenta el inconveniente de baja solubilidad, así como la presencia de compuestos no digeribles. Ante esto y debido al alto contenido de proteínas, es indispensable buscar alternativas en su procesamiento, teniendo como objetivo el contrarrestar las características negativas antes mencionadas.



Figura 5. Torta de sachá inchi.

Cuadro 2. Composición química de la torta de sachá inchi en base húmeda (%).

Componentes	1*	2*	3*	4*
Humedad	5.09	6.80	12.36	0.70
Proteína	32.53	40.70	47.09	58.72
Grasa	35.44	7.50	18.22	6.88
Carbohidratos	20.87	42.50	14.28	7.86
Cenizas	3.07	2.50	5.32	8.66

Fuente: 1* Mondragón (2009); 2* Alvarado (2014); 3* Mercado *et al.* (2015), 4* Pascual y Mejía, citado por Alvarado (2014).

2.3.1. Proceso de extracción de la torta de sachá inchi.

Vásquez (2016), menciona que la extracción del aceite de oleaginosas se realiza por aplicación de presión o por disolventes, generándose subproductos que conservan cualidades nutricionales del grano.

2.3.1.1. Extracción por solvente.

Herquínigo (2013), refiere que es un procedimiento que implica la extracción del aceite de las semillas mediante un tratamiento con solventes, que en comparación con la extracción mecánica solo deja 0.5% al 0.7% de aceite residual en la materia prima.

2.3.1.2. Extracción por prensado.

En la industria existen diversos métodos de extracción por prensado, que emplean presiones altas para separar el aceite de las materias que lo contienen. El principio de extracción mecánica se fundamenta en la aplicación de presión en una masa (Herquínigo 2013). El prensado en frío, no implica ni tratamientos térmicos ni químicos a las semillas, con el objetivo de conservar los ácidos grasos esenciales, vitaminas y antioxidantes naturales que poseen (Siger *et al.* citado por Tobar 2018).



Figura 6. Prensa hidráulica

El procedimiento consiste en colocar la muestra de almendra en un cilindro extractor, luego es sometido lentamente a presión hasta alcanzar la requerida con una palanca de activación se mantiene la presión constante durante el tiempo de extracción, el aceite se recoge en un breaker, culminado el tiempo de extracción se acciona la válvula que alivia la presión (Hernández y Mieres 2005).

IIAP y Reforesta Perú SAC, citado por Vásquez (2016) mencionan que por cada tonelada de almendra procesada se obtiene 600 kg de torta y por cada kg de almendra, queda 0.75 kg de torta, respectivamente. Reportando según los estudios que el rendimiento de extracción de aceite de las almendra de sachá inchi varían entre 25% - 40%.

2.4. PROTEÍNAS.

Torres, citado por Alvarado (2014), indica que las proteínas son compuestos químicos muy complejos que se localizan en todas las células vivas. Está conformada por nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y carbono, además de azufre, y en algunos fósforos y hierro. Estructuralmente están formadas por aminoácidos, que los vegetales sintetizan a partir de los nitratos y las sales amoniacales del suelo (Alvarado 2014).

Virgina (2010), menciona que las proteínas desempeñan un rol importante en la alimentación humana debido a su aporte de aminoácidos en la dieta y por sus propiedades funcionales, las que aportan características específicas en los alimentos.

Las proteínas poseen una diversidad de funciones y se clasifican en dos grupos:

Proteínas estructurales, que se encuentran en todos los tejidos: músculos, huesos, piel, órganos, etc.

Proteínas con actividad biológica, que cumplen un papel activo en todos los procesos biológicos. Las más importantes son: enzimas, catalizadores específicos, hormonas, funciones transportadoras, funciones de almacenamiento (Alvarado 2014).

Las proteínas alimentarias, son aquellas digestibles, no tóxicas y organolépticamente aceptables para los seres humanos, no pertenecen a un grupo especial, ya que la mayor parte de las proteínas estructurales o biológicamente activas antes descritas son proteínas que cumplen con una función alimenticia (Alvarado 2014).

Ogunwolu *et al.*, citado por Herrera (2015), indican que las proteínas son responsables de muchas de las propiedades tecno-funcionales que influyen en la aceptación de un producto alimenticio por parte del consumidor. Por lo que tienen un rol fundamental en el procesamiento de alimentos y el desarrollo de nuevos productos. Estas propiedades tecno-funcionales son específicas para cada alimento y dependen de su genotipo y de las condiciones ambientales. En el caso de los extractos proteicos dependen también del método y condiciones de extracción utilizados (Herrera 2015).

Las proteínas son agregadas a los alimentos por diversas razones, porque son un importante suplemento nutricional, y porque cumplen roles funcionales en los alimentos (Giese, citado por Silva 2006).

2.4.1. Extracción de proteínas.

Hoy en día, debido al aumento de la demanda proteínica en el mundo y la importancia en la nutrición para la población, es de gran interés las proteínas vegetales (oleaginosas, leguminosas, pseudocereales, cereales, algas y hojas), pues son una nueva alternativa saludable y de bajo costo en comparación a las proteínas animales, en este contexto las proteínas aisladas de los vegetales están ganando importancia en la industria alimenticia a causa de su alto contenido proteínico (Callisaya, citado por Alvarado 2014).

Dependiendo de los métodos utilizados en la extracción, como en su posterior aplicación y nivel de pureza, los extractos proteicos pueden ser agrupados en concentrados proteicos y aislados proteicos (Alvarado 2014).

2.5. CONCENTRADOS PROTEICOS.

Según Linden y Loriet, citado por Herrera (2015), los concentrados proteicos vegetales resultan de un enriquecimiento del material en su contenido proteico, mediante una separación paulatina de sus componentes no proteicos (lípidos, fibra, carbohidratos, minerales) de tal manera que sus propiedades nutricionales no se pierdan.

El Codex alimentario define como productos proteicos vegetales (PPV) a los aislados y concentrados proteicos que pueden ser empleados en la industria alimenticia. Por lo que se tienen en cuenta lo siguiente: para un aislado proteico el porcentaje de proteína es mayor al 90%, para un concentrado proteico cuando el porcentaje de proteína está entre el 65% a 90%, y una harina proteica cuando el porcentaje de proteína está entre 50% a 65% (Jaimes *et al.*, citado por Vallejos 2018).

Vioque *et al.* (2001), mencionan que la producción de concentrados proteicos de la harina desgrasada de oleaginosas tienen como objetivo principal la mayor eliminación de los compuestos no proteicos solubles presentes en la harina desengrasada. Resultando un producto rico en proteínas y azúcares insolubles. Por otra parte manifiestan los principales métodos empleados en la obtención de concentrados proteicos:

Extracción de compuestos no proteicos mediante el uso de agua ajustada al punto isoeléctrico de las proteínas.

Método patentado por Sair, citado por Alvarado (2014), permite eliminar gran cantidad de compuestos antinutricionales, compuestos nitrogenados no proteicos y sales, sin embargo también solubilizan una parte de las proteínas, generalmente albúminas. La técnica consiste en consecutivas extracciones con agua y centrifugaciones que separan la materia insoluble del sobrenadante en donde van disueltos los componentes que se quieren eliminar.

La extracción es poco desnaturalizante para las proteínas, lo cual permite mantener las propiedades funcionales del producto, aunque ciertos componentes responsables de sabores y olores desagradables no son eliminados.

Extracción de compuestos no proteicos con agua tras tratamiento térmico.

Alvarado (2014), menciona que precedente a la extracción, se realiza una insolubilización de las proteínas tratando la harina desgrasada con agua caliente. Que va permitir el arrastre de componentes volátiles responsables de olores y sabores desagradables como los ácidos grasos de cadena corta y sus derivados oxidados. Sin embargo, produce una intensa disminución en sus propiedades tecnológicas, además de que el calor prolongado puede desarrollar sabores amargos y colores oscuros como resultado de reacciones de Maillard. Los procedimientos de extracción son iguales a las utilizadas en el método empleando agua ajustada al punto isoeléctrico de las proteínas.

Extracción de compuestos no proteicos mediante soluciones hidroalcohólicas.

Según Alvarado (2014), para el desgrasado, ni el hexano, ni el agua utilizados eliminan ciertos compuestos que son responsables de malos olores y sabores del producto. Las mezclas hidroalcohólicas, permiten una adecuada extracción de compuestos tales como lípidos polares y sus productos de oxidación, fenoles, isoflavonas, esteroides, azúcares. El alcohol de elección en la preparación de concentrados mediante mezclas hidroalcohólicas es el etanol.

Vioque *et al.* (2001), manifiestan que la diferencia principal entre los métodos, está en la marcada insolubilización de las proteínas que se generan en los dos últimos procesos. Así como los contenidos menores en oligosacáridos se obtienen con la extracción isoelectrónica, y los valores más bajos en grasas en las mezclas hidroalcohólicas.

2.5.1. Aplicación de los concentrados proteicos en la industria alimentaria.

La razón principal para el uso de los concentrados y aislados proteicos en alimentos es la mejora de la nutrición (Vioque *et al.* 2001). Según Callisaya, citado por Herrera (2015), la obtención y elaboración de extractos proteicos vegetales se realiza con la finalidad de aprovechar sus características nutricionales y propiedades tecno-funcionales.

Entre las leguminosas, la soya es la más utilizada a nivel industrial debido a las propiedades funcionales que exhiben sus proteínas que la hace adecuada para su incorporación en la elaboración de diversos alimentos (Gonzales 1999).

Entre las principales razones para el uso de los productos de proteínas vegetales se puede mencionar las siguientes:

- Mejorar el valor nutricional de los alimentos.
- Mejorar las características organolépticas y de textura de los productos.
- Mejorar las propiedades tecno-funcionales del producto final como resultado del enriquecimiento proteico.
- Valorar las producciones alimenticias tradicionales, dándoles una mejor utilización para beneficio de la población.

En el cuadro 3, se muestra la aplicación de enriquecidos proteicos en la industria alimentaria.

Cuadro 3. Aplicación de los concentrados proteicos en la industria alimentaria.

Alimento	Usos
Pastelería	Mejoran la textura y el color
Embutidos	Mejoran la textura por su capacidad de retención de agua
Carnes magras	Reducen los niveles de colesterol
Formulas infantiles	Tienen un alto valor nutritivo y son hipoalergénicos
Bebidas nutritivas	Proveen flexibilidad de formulación y efectos hipolipidemicos
Carnes de aves deshuesadas	Mejoran el color y textura
Sopas, salsas y aderezos	Mejoran la textura por sus propiedades de viscosidad, emulsificación, retención de agua y efectos hipolipidemicos
Películas para recubrimiento de alimentos	Mejoran las propiedades de cohesión y adhesión.

Fuente: Herrera (2015).

2.6. PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES.

Herrera (2015), menciona que son todas las propiedades no nutricionales que influyen en el comportamiento de las proteínas en un alimento.

(Gonzales 1999), manifiesta que éstas permiten predecir el comportamiento de los enriquecidos proteicos dentro de un producto alimenticio, lo cual determinará su campo de aplicación en la industria alimenticia.

Cheftel *et al.*, citado por Herrera (2015), mencionan que las propiedades tecno-funcionales se pueden clasificar en tres grupos principales:

- Propiedades de hidratación (interacción proteína-agua).
- Propiedades de superficie.

- Propiedades dependientes de la interacción proteína-proteína.

Boye y col., citado por Porras (2010), en su investigación indica que las propiedades más relevantes en la elaboración de alimentos son: absorción de agua, absorción de aceite, emulsión, formación de espuma, gelificación y solubilidad, debido a que influyen en las características organolépticas, en la textura y son importantes para el procesamiento de productos de confitería, bebidas, postres y productos cárnicos.

Cuadro 4. Clasificación de las propiedades tecno-funcionales de las proteínas.

Proteínas	Propiedades
De hidratación	Adsorción de agua, Absorción de agua, Suculencia, Hinchamiento, Retención de agua, absorción de aceite, Solubilidad, Dispersabilidad, Viscosidad.
De superficie	Formación y estabilización de emulsiones. Formación y estabilización de espumas.
Texturales y reológicas	Precipitación, floculación, coagulación, gelificación, Texturización.

Fuente: Herrera (2015).

2.6.1. Capacidad de retención de agua (CRA).

Herrera (2015), define como la capacidad de un material hidratado para retener agua cuando es sometido a una fuerza externa como la centrifugación. Se expresa como gramos de agua retenidos por un gramo de muestra. Horiński, citado por Herrera (2015), manifiesta que la CRA tiene relación directa con la solubilidad, a mayor solubilidad mayor CRA. Es por eso que en el punto isoeléctrico, donde la solubilidad es más baja, la CRA estará a un mínimo valor y se incrementará a medida que el pH se aleja del mismo.

Cheftel, Cug, y Lorient, citado por Herrera (2015), indican que esta propiedad juega un rol importante en la textura de diversos alimentos especialmente en masas horneadas y en la viscosidad intrínseca que es de gran importancia en la

elaboración de quesos, masas y dulces.

2.6.2. Capacidad de absorción de aceite (CAA).

Porras (2010), la define como la capacidad de retener aceite. Esta propiedad se aprovecha generalmente en productos donde se desea reemplazar carne, se utilizan como extensores debido al incremento en la retención del sabor y aroma.

La capacidad de absorción de grasa de las proteínas es una importante propiedad funcional de estos polímeros debido a que aumenta o mejora la retención del sabor y el gusto de muchos productos alimenticios donde son usados como ingredientes (Paredes-López *et al.* citado por Gonzales 1999).

2.6.3. Capacidad de gelificación (CG).

Porras (2010), menciona que se fundamenta en la variación de una proteína del estado sólido al estado gel, que se ve favorecido por enzimas, cationes divalentes y calor, en condiciones adecuadas. Todos estos agentes estimulan la formación de una estructura de red tridimensional.

Un gel se puede definir como un estado intermedio entre sólido y líquido. En los sistemas alimentarios el líquido es agua y la red molecular está formada por proteínas, polisacáridos, o por una mezcla de ambos. Las proteínas son los gelificantes más eficientes (Moure *et al.* 2006).

Una de las propiedades funcionales más importantes de las proteínas es su capacidad para formar geles después del calentamiento. La gelificación determina muchos parámetros reológicos en los productos alimenticios sólidos o semisólidos porque contribuye a la textura, apariencia y actúa como una matriz rígida que retiene no solamente agua sino también lípidos, proteínas disueltas, carbohidratos y otras especies (Ker y Toledo, citado por Gonzales 1999). Los geles en los alimentos son inducidos, por lo general, por tratamiento térmico de la suspensión, seguido de un rápido enfriamiento, aunque también pueden formarse por acción enzimática o por adición de iones divalentes (Gonzales 1999).

2.6.4. Capacidad emulsificante (CE).

Pareskevopoulou y col, citado por Porras (2010), define a las emulsiones como mezclas de líquidos inmiscibles termodinámicamente inestables, separados por dos fases a no ser que se encuentre presente un surfactante en la interface. Incluso la presencia del agente en la interface, los componentes colapsan y flocculan después de un tiempo.

Gonzales (1999), en su estudio manifiesta que la capacidad emulsificante denota la cantidad máxima de aceite que puede ser emulsificada por una dispersión de proteína. Además que esta propiedad depende tanto de su rapidez de migración a la interface agua-aceite, como de su capacidad para formar una estable película. Mientras más estructuradas este la proteína, más rígida y cohesiva será la película formada. Así mismo indica que tiene una gran aplicación en la industria alimenticia, puesto que se emplea para estabilizar alimentos, por ejemplo, los embutidos, mayonesas, cremas, helados, productos de repostería.

2.6.5. Capacidad de formación y estabilidad de espuma (CFE y EES).

Según Gonzales (1999), las espumas son sistemas bifásicos en los cuales las burbujas de gas están rodeadas por una fase líquida continua, formando películas delgadas. Es una propiedad utilizada en la elaboración de diversos productos de panificación, repostería y confitería, así como también en la preparación de postres y alimentos congelados. Para la aplicación en alimentos, se necesita no solo que la proteína sea capaz de formar un volumen grande de espuma, sino que ésta sea estable, es decir que no tienda a colapsar en corto tiempo.

Lindent y Lorient, citado por Herrera (2015), afirma que la estabilidad de las espumas depende de la rigidez de la película interfacial, la viscosidad de la fase líquida y la presencia de partículas sólidas que permitan estabilizar la película interfacial. Las espumas y emulsiones están presentes en una variedad de alimentos procesado tales como merengues, malvaviscos, productos de pastelería, confitería, cremas batidas, aderezos, algunas pastas, helados, espuma de cerveza e incluso en el pan (Herrera 2015).

2.6.6. Solubilidad.

De acuerdo a Gonzales (1999), la solubilidad en agua de los materiales proteicos es de gran importancia en los alimentos. Aunque por sí misma sólo tiene aplicación directa en la elaboración de bebidas y productos similares; sin embargo, debe determinarse puesto que incide sobre otras propiedades como, por ejemplo, la emulsificación, gelificación, formación de espuma, etc. Por eso ha sido usada como una medida para otras propiedades funcionales y su valoración da una información ponderable sobre la proteína como ingrediente.

Pincioli (2010), menciona desde el punto termodinámico, que la solubilidad supone: separación de moléculas del disolvente, separación de moléculas de proteína y dispersión de estas últimas en las primeras con máxima interacción entre proteína y disolvente. Para ser soluble, la proteína debe, por consiguiente, interaccionar tanto cuanto sea posible con el disolvente (puentes de hidrógeno, dipolo-dipolo, e interacciones iónicas). La solubilidad depende de factores como el pH, la fuerza iónica y la temperatura, entre otros.

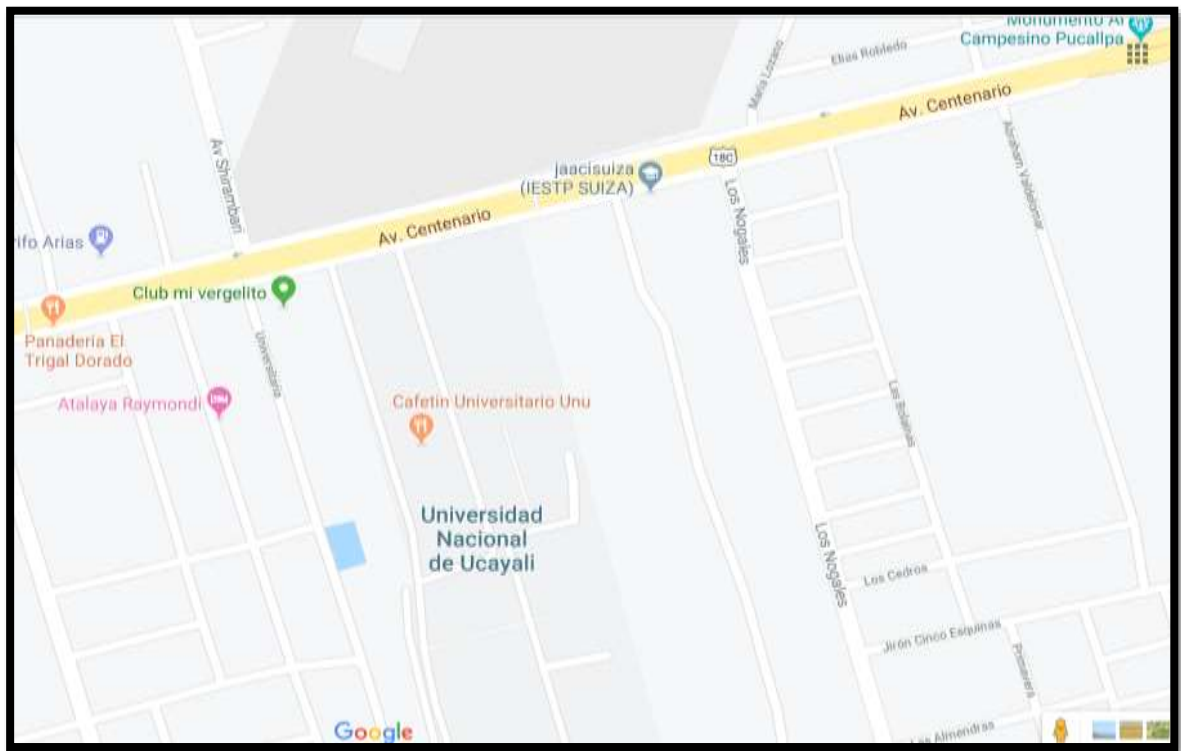
Herrera (2015), manifiesta que esta propiedad juega un rol importante en bebidas y productos emulsionados o espumados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), consistió en dos etapas, la primera fue la obtención de torta de sachá de inchi que se realizó en los ambientes del Centro de capacitación, formación y elaboración de plantas medicinales y alimenticias, que forma parte del proyecto especial de la ONG Kizuna Amazónica de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), y la segunda en el Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), ubicado en la Carretera Federico Basadre Km 6.2 distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali con coordenadas: latitud de 8.396699° y longitud de -74.586368° (Google Maps 2019).

La investigación en estudio tuvo una duración de 05 meses (octubre 2018 – febrero 2019).



Fuente: Google Maps (2019).

Figura 7. Ubicación geográfica de la UNU.

3.2. MATERIALES.

3.2.1. Materia prima.

Se utilizó semillas de sachá inchi.

3.2.2. Materiales de laboratorio.

Para el proceso se utilizaron los siguientes materiales: Bureta (25 mL), varilla de vidrio, tubos de ensayo, pipetas (10mL), cápsulas de porcelana, espátula, pinzas, recogedor magnético, magnetos, vasos precipitados (50 mL, 100 mL, 250 mL, 600 mL), pizeta, probeta graduada (25 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL), fiola (250 mL), termómetro, embudos Buchner, matraz de erlenmeyer (250 mL), gradillas para tubo de ensayo, escobillas para tubo de ensayo, papel filtro, parafilm, papel kfrat, bolsas plásticas con cierre hermético (ziploc), soporte universal, aceite de maíz.

3.2.3. Indumentaria.

La indumentaria utilizada en el proceso fueron: Mandil, cofia.

3.2.4. Equipos.

Los equipos empleados fueron: Balanza analítica marca Ohaus Pionner, balanza gramera marca Ohaus Scout Pro, estufa eléctrica marca Fisher, molino de mesa tipo helicoidal marca Corona, centrífuga, pH-metro, cocina eléctrica marca Miray, campana desecadora, agitador magnético marca VELP y CAT, agitador Vortex, equipo soxhlet, mufla eléctrica, equipo kjeldahl, batidora marca Oster modelo 2602, destilador, digestor, prensa hidráulica.

3.2.5. Reactivos y soluciones.

Los reactivos y soluciones utilizados fueron: Agua destilada, Hexano, HCl (0.1N, 1N; 0.05N), NaOH (1N, 0.1N), Etanol (60%), sulfato de cobre, potasio y selenio, Ácido bórico (H_3BO_3 , 2%), Indicador rojo de metilo, indicador verde de bromocresol, ácido sulfúrico (H_2SO_4 , 96%).

3.2.6. Otros.

En el proceso también se utilizó: Bolsas de polietileno, papel toalla, caja plástica, martillo, caja de tecnopor.

3.3. METODOLOGÍA.

La metodología que se empleó para el desarrollo del trabajo de investigación se describe a continuación:

3.3.1. Descripción del proceso de obtención de torta de sachá inchi.

El diagrama de bloques empleado para la obtención de la torta de sachá inchi se muestra en la figura 8:

3.3.1.1. Recepción.

La adquisición de la materia prima fue del distrito de Campo Verde; provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. Se trabajó con 50 kg de semilla de sachá inchi en cápsula.

3.3.1.2. Pesaje I.

Se realizó el pesaje de la materia prima utilizando una balanza electrónica. Registrando los datos obtenidos.

3.3.1.3. Acondicionamiento I (Descapsulado).

Esta operación consistió en liberar el primer desecho del proceso que es la cápsula, de la semilla con la almendra.

3.3.1.4. Limpieza y selección.

Se realizó de forma manual separando las impurezas y las semillas no aptas para el proceso (en malas condiciones, rotas o con presencia de hongos).

3.3.1.5. Acondicionamiento II (Descascarado).

Consistió en separar la cascarilla y las almendras de sachá inchi, la operación se realizó manualmente.

3.3.1.6. Pesaje II.

Se pesaron las almendras que fueron usadas en el proceso de extracción, se empleó una balanza y se registraron los datos obtenidos.

3.3.1.7. Prensado.

Se empleó el prensado en frío, donde las almendras fueron colocadas en el cilindro extractor de la prensa y de forma manual se procedió a extraer el aceite que fue filtrado y envasado posteriormente; al término de la operación se obtuvo la torta de sachá inchi.

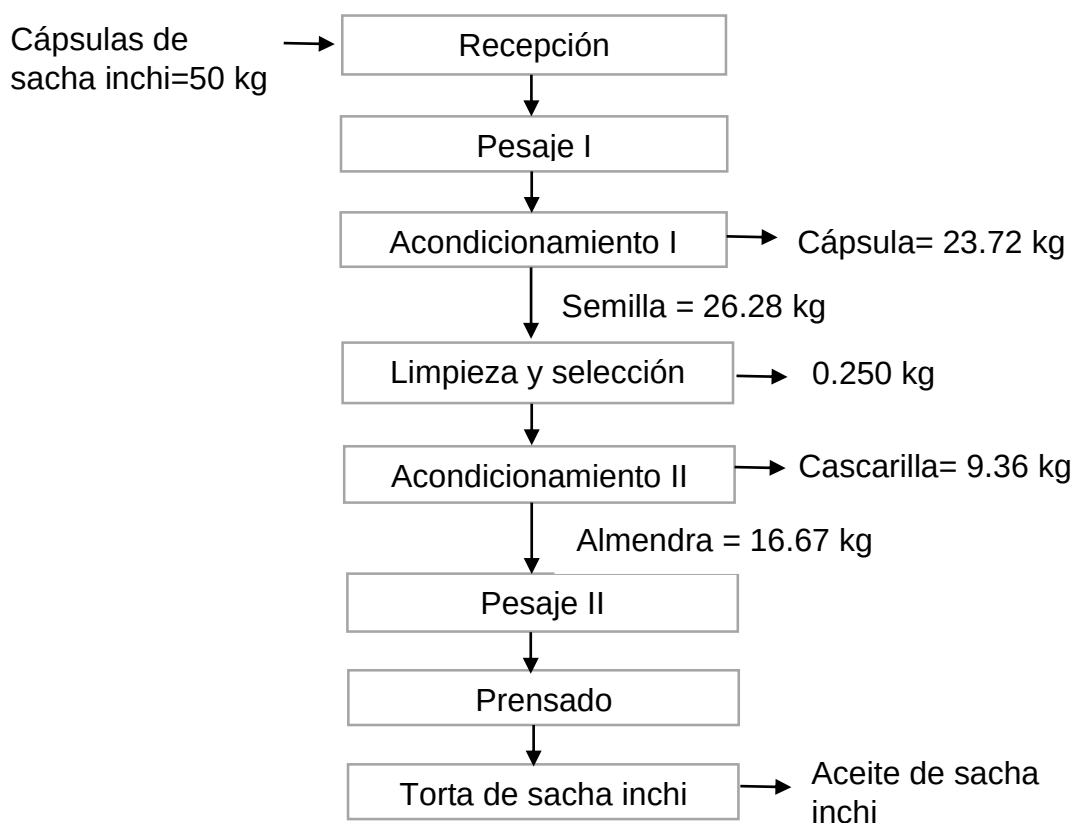


Figura 8. Diagrama de bloques del proceso de obtención de torta de sachá inchi.

3.3.2. Descripción del proceso de desgrasado de torta de sachá inchi.

Una vez obtenida la torta de sachá inchi, se procedió a desengrasarla siguiendo el diagrama de bloques (figura 9), consiguiendo la harina de torta de sachá inchi desgrasada (HTSID) con la que se trabajó.

3.3.2.1. Recepción.

La torta obtenida en el proceso de extracción de aceite, se pesó y traslado en bolsas de polietileno al laboratorio para su procesamiento.

3.3.2.2. Secado.

La torta obtenida se secó en una estufa eléctrica a 105 °C por 24 horas, con la finalidad de prolongar el periodo de vida útil.

3.3.2.3. Molienda.

Para esta operación se utilizó un molino manual, en donde la torta de sachá inchi fue molida hasta llegar a la forma de harina.

3.3.2.4. Desgrasado.

La torta de sachá inchi molida fue desgrasada utilizando un equipo soxhlet, que consistió en colocar la muestra en un cartucho de papel filtro, que se situó en la cámara del extractor soxhlet. Se calentó el disolvente extractante (Hexano), situado en el balón de vidrio, condensando sus vapores que caen, gota a gota, sobre el cartucho que contiene la muestra, extrayendo los componente solubles. Cuando el nivel del disolvente condensado en la cámara alcanza la parte superior del sifón lateral, el disolvente, con los compuestos disueltos, asciende por el sifón y retorna al balón de ebullición. Este proceso se repite hasta que se completa la extracción de los compuestos de la muestra y se concentran en el disolvente. Obteniendo de esta manera la harina de torta de sachá inchi desgrasada que llamaremos (HTSID).

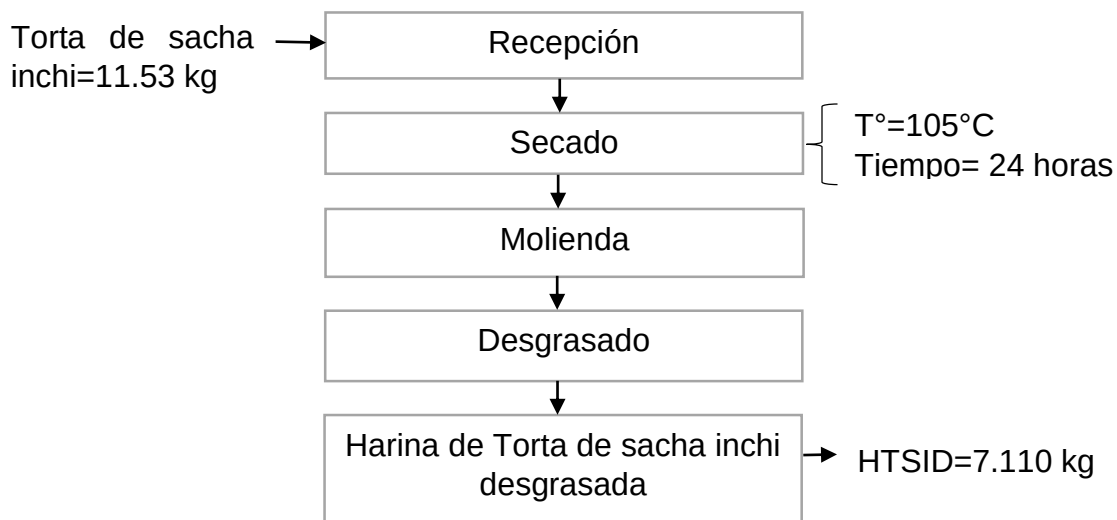


Figura 9. Diagrama de bloques del proceso de desgrasado de la torta de sachá inchi.

3.3.3. Descripción del proceso de obtención de los concentrados proteicos.

Para la obtención de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi, se empleó la metodología descrita por Aguilar *et al.* (2000) y Modercay y Bermúdez (1994) con algunas modificaciones (véase figura 10):

3.3.3.1. Recepción.

La harina de torta de sachá inchi desgrasada (HTSID) fueron almacenadas en bolsas plásticas con cierre hermético (ziploc).

3.3.3.2. Pesado.

Se realizó el pesado de la materia prima para el proceso, empleando una balanza y se registraron los datos obtenidos.

3.3.3.3. Lavado I.

Se agregó los solventes y la HTSID en una relación 1:2. Para la extracción hidroalcohólica, se empleó agua destilada/etanol al 60%, para la extracción isoeléctrica agua destilada ajustada a pH 4.5 y para la extracción térmica agua destilada a 70 °C.

3.3.3.4. Extracción.

La extracción de los concentrados proteicos se realizó según los métodos, siendo:

T1: Extracción no proteica mediante soluciones hidroalcohólicas.

La mezcla de HTSID/ solución hidroalcohólica, se le reguló el pH a 7 con NaOH 1N y se agitó constantemente por 6 horas a temperatura ambiente empleando un agitador magnético VELP a 500 rpm.

T2: Extracción no proteica con agua ajustada al punto isoeléctrico.

La mezcla de HTSID/ agua destilada, se reguló el pH a 4.5 con HCL 1N; y se agitó constantemente por 6 horas a temperatura ambiente empleando un agitador magnético VELP a 500rpm.

T3: Extracción no proteica con agua tras tratamiento térmico.

La mezcla de HTSID/ agua caliente a 70 °C, se reguló el pH 7, con NaOH 1N y se agitó constantemente por 6 horas manteniendo la temperatura de 70 °C empleando un agitador magnético VELP a 500 rpm.

3.3.3.5. Filtración.

Luego de la extracción, se filtraron las mezclas y se retiró el sobrenadante y el residuo amiláceo.

3.3.3.6. Lavado II.

Al residuo amiláceo, se le realizó un segundo lavado, agregando los mismos solventes empleados según el tipo de extracción.

3.3.3.7. Extracción.

Se siguió la misma metodología de la primera extracción, pero con una agitación constante de 3 horas a 500 rpm.

3.3.3.8. Filtración.

Los sobrenadantes de los lavados se recolectaron en el mismo recipiente, se filtró la mezcla y se retiró el sobrenadante y el extracto proteico.

3.3.3.9. Secado.

Los concentrados proteicos fueron secados en la estufa eléctrica a 50 °C por 05 horas.

3.3.3.10. Molienda.

Los concentrados proteicos secos se molieron en un molino manual marca corona.

3.3.3.11. Envasado.

Los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi fueron envasados en bolsas plásticas con cierre hermético (ziploc). Se desarrollaron 5 repeticiones por cada tratamiento.

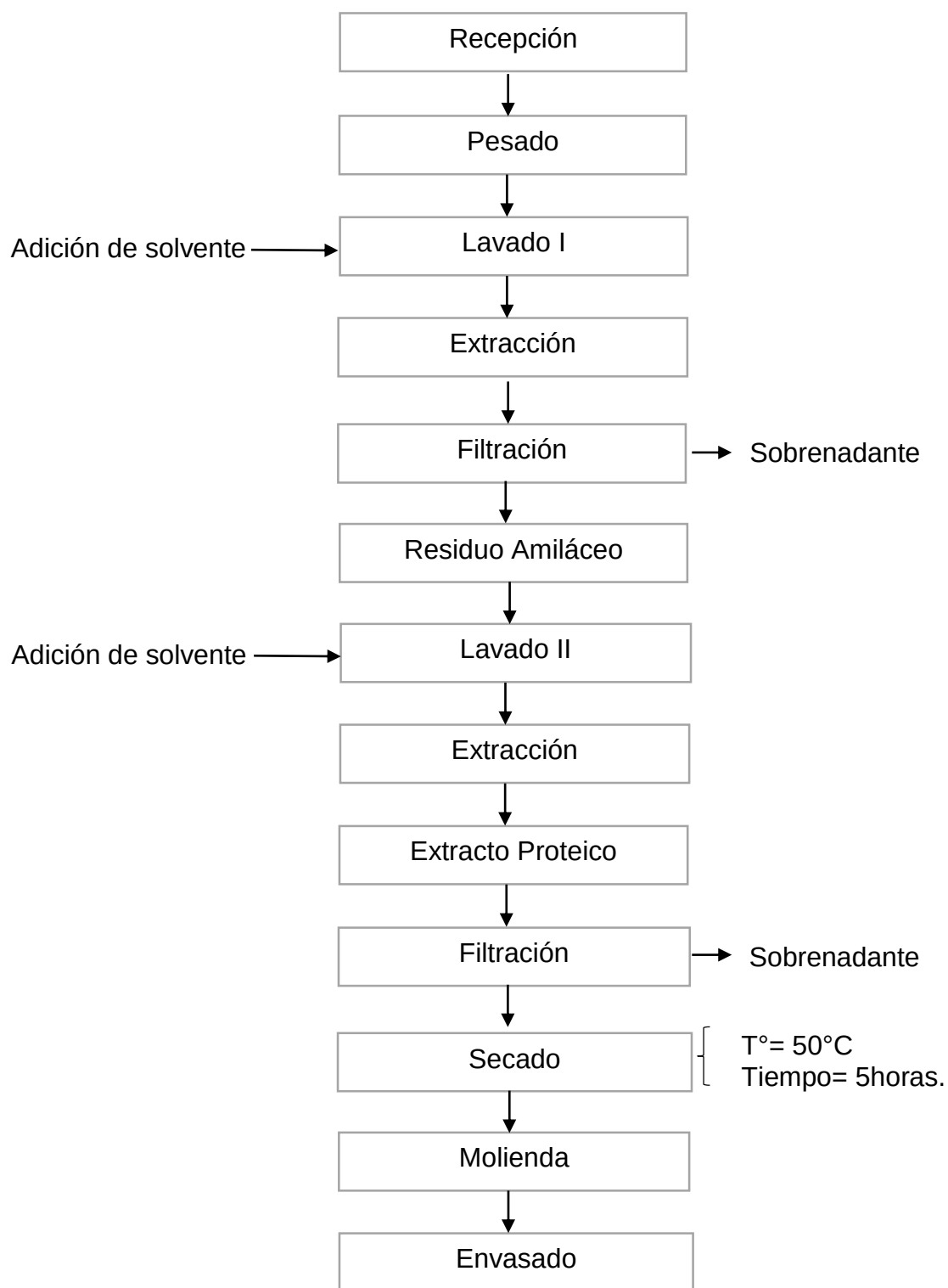


Figura 10. Diagrama de bloques del proceso de obtención de concentrados proteicos.

3.3.4. Métodos de análisis.

Se determinó los siguientes análisis proximales en la torta de sachá inchi y en los concentrados proteicos obtenidos:

3.3.4.1. Determinación de proteínas (A.O.A.C. 1990).

Para la determinación de proteína se empleó el método Kjeldahl descrito por Laurente (2016):

El procedimiento utilizado es el siguiente:

Pesar 0.25 g de muestra, luego se agregó 1 g de catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio, cobre), agregamos 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado y colocar el balón en una cocina de digestión. La digestión termina cuando el contenido del balón es completamente cristalino. Seguidamente colocamos la muestra digerida en un aparato de destilación, agregamos 5 mL de NaOH concentrado e inmediatamente conectamos el vapor para que se produzca la destilación. Conectar el refrigerante y recibir el destilado en un matraz erlenmeyer conteniendo 5 mL de la mezcla de ácido bórico más indicador de pH la destilación termina cuando ya no pasa más amoníaco y hay viraje del indicador. Luego se procede a la titulación con HCl valorado 0.05 N anotar el gasto.

El porcentaje de proteínas se obtuvo multiplicando el porcentaje de nitrógeno con el factor 6.25.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{V \times N \times \text{meq} \times 100}{m}$$

Dónde:

V= gasto del HCL empleado en la titulación.

N= Normalidad del HCL.

meq= Mili equivalente gramo del nitrógeno (0.014).

m= peso de la muestra.

$\% \text{ Proteína} = (\% \text{ Nitrógeno})(6.25).$

6.25= factor de conversión.

3.3.4.2. Determinación de humedad (A.O.A.C. 1963).

Para la determinación de humedad se empleó el método de desecación por estufa descrito por Huamán (2015):

El procedimiento es el siguiente:

Pesar 5 g de muestra en una cápsula de porcelana previamente desecada, colocar la muestra en la estufa a una temperatura de 105 °C durante 4 horas. Luego retirar la cápsula, enfriar en el desecador y pesar, colocar nuevamente en la estufa por un tiempo de 30 minutos y nuevamente desecar y pesar, volver a secar otros 30 minutos, retirar del desecador y pesar hasta obtener peso constante.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(a - b)}{P} \times 100$$

Donde:

a= Peso de cápsula con muestra húmeda.

b= Peso de cápsula con la muestra seca.

P= Peso de la muestra.

3.3.4.3. Determinación de grasa (A.O.A.C. 1963).

Se determinó por extracción en un equipo Soxhlet, utilizando como disolvente Hexano, descrito por Huamán (2015).

El procedimiento es el siguiente:

Pesar 5 g de muestra en un cartucho de papel filtro, colocarlo en el centro del extractor Soxhlet, colocar en el matraz 200 mL de hexano, extraer a reflujo durante 5 horas, luego colocar el matraz y su contenido en una estufa a 95 °C, en una campana de desecación se deja enfriar y pesar. Volver a colocar el matraz y su contenido en la estufa durante 30 minutos, hasta obtener un peso constante.

El contenido de grasa se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(W - W_0)}{S} \times 100$$

Donde:

W₀= Peso de matraz vacío.

W= Peso de matraz con grasa.

S= Peso de la muestra.

3.3.4.4. Determinación de cenizas (A.O.A.C. 1963).

Se determinó por calcinación de la muestra de acuerdo al método A.O.A.C, descrito por Huamán (2015).

El procedimiento es el siguiente:

Pesar 5 g de muestra en una cápsula de porcelana, previamente desecada. Incinerar a una temperatura de 550 °C por un tiempo de 6 horas, retirar la cápsula de porcelana y colocarlo en la campana de desecación y pesar.

El contenido de grasa se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{(a - b)}{c} \times 100$$

Donde:

a=Peso de cápsula con ceniza.

b=Peso de cápsula vacía.

c= Peso de la muestra.

3.3.4.5. Determinación de carbohidratos (por diferencia).

Se determinó por el método de Hart, citado por Ávila (2011): Se calculó por diferencia (contenido de proteína, humedad, ceniza y grasa).

3.3.5. Evaluación de propiedades tecno-funcionales.

Se determinaron las propiedades tecno-funcionales de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi empleando la siguiente metodología:

3.3.5.1. Capacidad de retención de agua (CRA).

Se utilizó la metodología descrita por Gonzales (1999) y Mercado *et al.* (2015) con algunas modificaciones:

Se pesó 2 g del concentrado proteico en tubos y fueron dispersados en 4 mL de agua destilada. Se agitó el contenido por 30 segundos en un agitador vortex. Los tubos fueron centrifugados a 2000 rpm por gramo por 15 minutos, seguidamente se colocaron en posición invertida por una 1 hora en una estufa eléctrica a 50 °C, para eliminar el agua no absorbida, posteriormente se pesó. La CRA se halló mediante la siguiente ecuación:

$$C. R. A = \frac{\text{Agua(g)}}{\text{concentrado proteico (g)}}$$

3.3.5.2. Capacidad de absorción de aceite (CAA).

Se utilizó la metodología descrita por Gonzales (1999) y Mercado *et al.* (2015) con algunas modificaciones:

Se pesó 2 g del concentrado proteico en tubos y fueron dispersados en 4 mL de aceite maíz. Se agitó el contenido por 30 segundos en un agitador vortex. Los tubos fueron centrifugados a 2000 rpm por gramo por 15 minutos, seguidamente se colocaron en posición invertida por una 1 hora en una estufa eléctrica a 50 °C, para eliminar el aceite no absorbido, posteriormente se pesó. La CAA se halló mediante la siguiente ecuación:

$$C. A. A = \frac{\text{Aceite(g)}}{\text{concentrado proteico (g)}}$$

3.3.5.3. Capacidad de gelificación (CG).

Se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Mercado *et al.* (2015) con algunas modificaciones:

Se pesó 1 g del concentrado proteico en tubos y fueron dispersados en 5 mL de agua destilada, luego fueron calentados a 90 °C en baño María por 60 min inmediatamente fueron enfriados a 4 °C por 60 min. Seguidamente los tubos fueron

invertidos y dejados a temperatura ambiente por 30 min. Los resultados fueron reportados en términos del método de extracción que muestre estabilidad del gel por 30 minutos a temperatura ambiente.

3.3.5.4. Capacidad emulsificante (CE).

Se utilizó la metodología descrita por Gonzales (1999) y Mercado *et al.* (2015) con algunas modificaciones:

Se mezcló 1 g de concentrado proteico con 20 mL de agua destilada y se agitó durante 15 min. El pH de la solución proteica se ajustó a 7 (NaOH a 1N) y se aforó a 25 mL con agua destilada. La mezcla se mantuvo en agitación constante y desde una bureta se adicionó aceite de maíz hasta la observación visual de una separación de fases. La CE se expresó en términos de porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

3.3.5.5. Capacidad de formación de espuma (CFE).

Se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Jaimes *et al.* (2014) y Mercado *et al.* (2015) con algunas modificaciones:

Se preparó 50 mL de una suspensión de proteína al 5% p/v, que se agitó con una batidora eléctrica a velocidad máxima durante 6 min. Se calculó el %C.F.E. de las muestras utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ CFE} = \frac{\text{Volumen después del batido} - \text{Volumen antes del batido}}{\text{volumen antes del batido}} \times 100$$

3.3.5.6. Estabilidad de espuma (EES).

Se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Mercado *et al.* (2015) con algunas modificaciones:

Para determinar la estabilidad de la espuma formada, se midió el volumen de la espuma que permaneció en la probeta a un tiempo de 0, 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 120 minutos. Los resultados fueron calculados aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ EES} = \frac{\text{Volumen de la espuma a un tiempo determinado}}{\text{volumen de la espuma a un tiempo cero}} \times 100$$

3.3.5.7. Solubilidad.

Se utilizó la metodología descrita por Gonzales (1999) con algunas modificaciones:

Se preparó una solución proteica al 3% (p/v) y se colocaron en tubos seguidamente se ajustó el pH a 2, 4, 6, 8, 10 con NaOH 0.1 N y/o HCL 0.1 N, los tubos fueron agitados por 30 minutos a temperatura ambiente a 150 rpm midiendo y reajustando el pH donde fue necesario; posteriormente fueron centrifugados a 4350 por 30 minutos, filtrándose los sobrenadantes.

El contenido de nitrógeno en los sobrenadantes se determinó por el método Kjeldahl (A.O.A.C. 1990).

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 3 tratamientos y 5 repeticiones. En las variables que presentaron diferencias significativas se empleó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 5%.

3.4.1. Modelo matemático.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento en estudio.

μ : Media general.

T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento en estudio.

E_{ij} : Error experimental.

Para el análisis estadístico de las propiedades tecno-funcionales: estabilidad de espuma (EES) y Solubilidad del concentrado proteico de la torta de sachá inchi, se utilizó un arreglo factorial 3x9 y 3x5 con un diseño completamente al azar (DCA) respectivamente y cuando existió diferencias significativas se usó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 5%. Con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + F_j + (T \times F)_{ij} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} : Cualquier observación en estudio.

μ : Media general.

T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento en estudio.

F_j : Efecto del j-ésimo factor en estudio.

$(T \times F)_{ij}$: Efecto de la interacción del j-ésimo factor en estudio en el i-ésimo tratamiento en estudio.

E_{ijk} : Error experimental.

3.4.2. Tipo de investigación.

Investigación experimental cuantitativa.

3.4.3. Población y muestra.

La población de las semillas de sachá inchi de la región. De esta población se tomó una muestra que corresponde a 2.370 kg para cada tratamiento.

3.5. VARIABLES.

3.5.1. Variable independiente.

Los métodos de extracción:

T1: Extracción hidroalcohólica

T2: Extracción isoelectrica.

T3: Extracción térmica.

3.5.2. Variable dependiente.

Análisis químico proximal de los concentrados proteicos:

(Proteínas, humedad, ceniza, grasa, carbohidratos).

Propiedades tecno-funcionales de los concentrados proteicos:

Capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de aceite (CAA), capacidad de gelificación (CG), capacidad emulsificante (CE), capacidad de formación de espuma (CFE), estabilidad de espuma (EES), solubilidad, rendimiento del concentrado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LOS CONCENTRADOS PROTEICOS DE LA TORTA DE SACHA INCHI.

En el cuadro 5, se muestra el análisis químico proximal de la torta de sachá inchi en base húmeda obtenida en la presente investigación.

Cuadro 5. Análisis proximal de la torta de sachá inchi (%).

Componentes	En el estudio
Humedad	6.42
Proteína	45.63
Grasa	29.50
Carbohidratos	14.81
Cenizas	3.64

El balance de materia del proceso de obtención de torta de sachá inchi en el cuadro 14A.

4.1.1. Contenido de proteínas.

El contenido de proteínas de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 11. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de 75.06 ± 1.23%, 71.44 ± 1.18%, 71.30 ± 0.57% respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 15A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que el T¹ presenta valores superiores en contenido de proteínas respecto a los demás tratamientos que no presentan diferencias.

El análisis químico proximal del concentrado proteico de la torta de sachá inchi muestra que el mayor contenido de proteínas se obtiene con la extracción hidroalcohólica atribuyendo las diferencias a lo mencionado por

Kozłowska *et al.*, citado por Vioque *et al.* (2001), que mediante la extracción hidroalcohólica, al emplear dos disolventes de polaridades dispares (alcohol-agua) permite una extracción adecuada de compuestos tales como lípidos polares y productos de oxidación, fenoles, isoflavonas, esteroides, azúcares y por consiguiente genera un mejor enriquecimiento proteico, comparado con la extracción a pH controlado (extracción isoelectrica) que puede ser poco desnaturizante para las proteínas debido a que disminuye su valor nutricional; del mismo modo la extracción con temperatura prolongada (extracción térmica) que además puede desarrollar colores oscuros y sabores amargos como resultado de reacciones de Maillard, producto a la desnaturización de proteínas (McAnelly, citado por Vioque *et al.* 2001). Estos resultados fueron similares a las que obtuvo Laurente (2012), en el contenido de proteína del concentrado proteico de tarwi de la variedad negra de Sacacatani (70.20%) y (73.45%) en la variedad Yunguyo I. Además de ajustarse a la norma del Codex Alimentarius, para productos proteínicos de soja (CXS 175) (véase recuadro 1A), donde se indica que el contenido de proteína para un concentrado proteico debe ser mayor a 65% y menor a 90%.

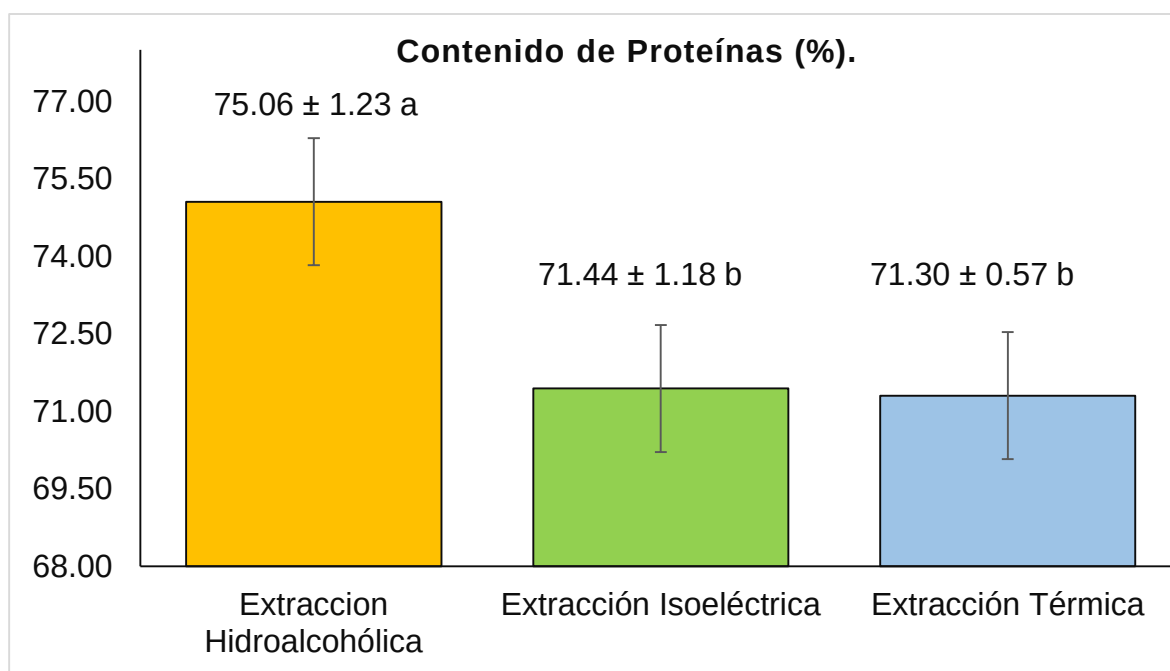


Figura 11. % de proteínas de los concentrados proteicos de la torta de sachachi bajo tres métodos de extracción.

4.1.2. Contenido de humedad.

El contenido de humedad de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 12. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de $4.80 \pm 1.09\%$, $7.20 \pm 1.09\%$, $7.00 \pm 1.00\%$ respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 16A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que el T¹ es el que mejor comportamiento tiene respecto a la velocidad de secado en comparación con los T² y T³ que no presentan diferencias significativas.

El concentrado proteico de la torta de sachá inchi muestra que el menor contenido de humedad se obtiene con la extracción hidroalcohólica, atribuyendo las diferencias a los procedimientos empleados en la extracción que utilizan diferentes solventes. El T¹ es una mezcla, que tiene en su composición alcohol y con la temperatura de secado logra su volatilización más rápido que el T² y T³ que utilizan como solvente sólo agua, esto debido a que los alcoholes poseen menor densidad que el agua. Jiménez *et al.* (1993), menciona a la densidad como una propiedad fisicoquímica de importancia en mezclas de solventes, debido a que origina variación en el volumen de la mezcla, causadas por la diferencia en las estructuras moleculares de los solventes utilizados. Caso conocido, son las mezclas de etanol y agua, en las cuales hay contracción de volumen y por lo tanto la densidad es mayor para el agua. Además López y Ortiz (2017), indican que el objetivo principal del secado de los concentrados proteicos es llegar a un rango de humedad que no permita la proliferación de microorganismos durante su almacenamiento. Del mismo modo, reportan el contenido de humedad del concentrado proteico de la hoja de zanahoria con ($7.00 \pm 0.68\%$) utilizando la extracción térmica. De igual manera Cori *et al.* (2006), obtuvieron (6.65% y 6.17%) en los concentrados proteicos de la biomasa de *Kluyveromyces marxianus* var. *Marxianus* mediante la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica. Demostrando que los resultados obtenidos se ajustan a la norma del Codex Alimentarius, para productos proteínicos de soja (CXS 175) (véase recuadro 1A), donde se menciona que el contenido de humedad para un concentrado proteico debe ser: Máx. 10%.

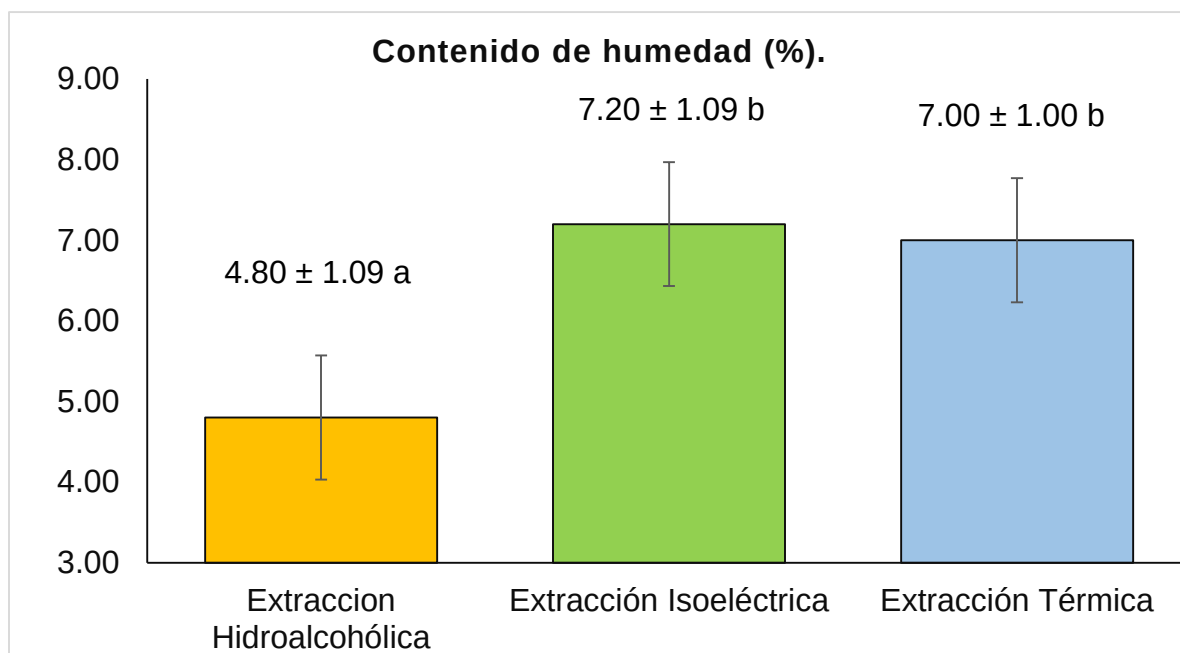


Figura 12. % de humedad de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.

4.1.3. Contenido de ceniza.

El contenido de cenizas de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 13. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de 5.40 ± 0.28%, 6.48 ± 0.30%, 6.50 ± 0.12% respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 17A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que el T¹ es el que mejor comportamiento tiene respecto al contenido de ceniza en comparación con los T² y T³ que no presentan diferencias. En los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi la disminución de cenizas, se atribuye a la lixiviación de minerales por el lavado realizado al concentrado proteico durante la extracción, que influye en el contenido de ceniza (Alvarado 2014). Observando que el empleo de solución hidroalcohólica T¹ permite la mayor reducción de minerales (ceniza) a diferencia del T² y T³ que utilizan como solventes al agua.

Munive (2009), reporta el contenido de cenizas en el concentrado proteico de soya con (5.58%), mostrando que los resultados son similares y se ajustan además a la norma del Codex Alimentarius, para productos proteínicos de soja (CXS 175) (véase recuadro 1A), donde se menciona que el contenido de ceniza para un concentrado proteico debe ser: Máx. 8.0%.

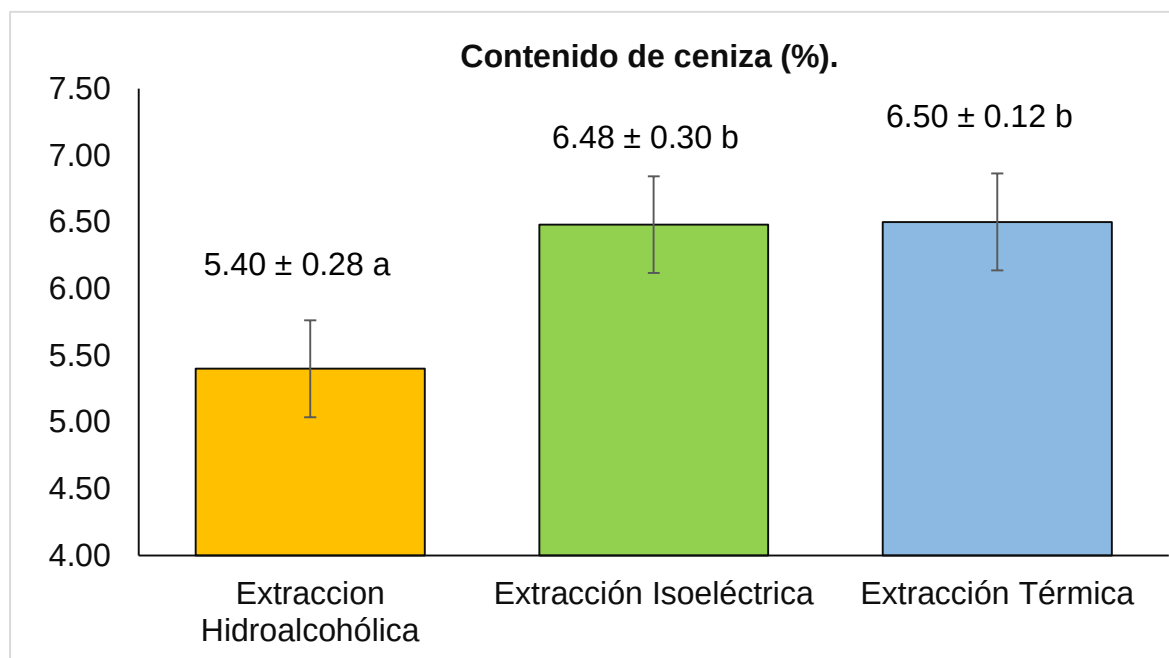


Figura 13. % de ceniza de los concentrados proteicos de la torta de sachu inchi bajo tres métodos de extracción.

4.1.4. Contenido de grasa.

El contenido de grasa de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 14. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de 0.40 ± 0.00%, 0.72 ± 0.11%, 0.70 ± 0.10% respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 18A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que el T¹ es el que mejor comportamiento tiene respecto al contenido de grasa en comparación al T² y T³ que no presentan diferencias. En el concentrado proteico de la torta de sachu inchi, las diferencias encontradas en el contenido de grasa se deben a los procedimientos de extracción utilizados,

mencionando lo dicho por Sari *et al.*, citado por Aquino (2015) que la grasa se hidroliza mediante la saponificación en condiciones alcalinas, cuando esto sucede la proteína puede disolverse mejor, generando posiblemente mejores resultados. Observando que efectivamente el T¹, que es la extracción que utiliza pH alcalino el contenido de grasa es menor. Comprobando además lo que afirma Clark y Proctor, citado por Vioque *et al.* (2001) que los porcentajes más bajos en grasa se obtienen mediante mezclas hidroalcohólicas.

Comparando los resultados con lo reportado por Munive (2009), muestra al concentrado proteico de soya con (0.85%) de grasa. Evidenciando que los resultados se ajustan a la norma del Codex Alimentarius, para productos proteínicos de soja (CXS 175) (véase recuadro 1A), donde se menciona que el contenido de grasa para un concentrado proteico deber ser compatible con las buenas prácticas de fabricación. Del mismo modo la FAO (2000), detalla para el concentrado proteico de soya (Solcon, fabricado por Solbar Hatzor Ltd.) según lo especificado por el fabricante el contenido de grasa debe ser: Máx. 1.0 %.

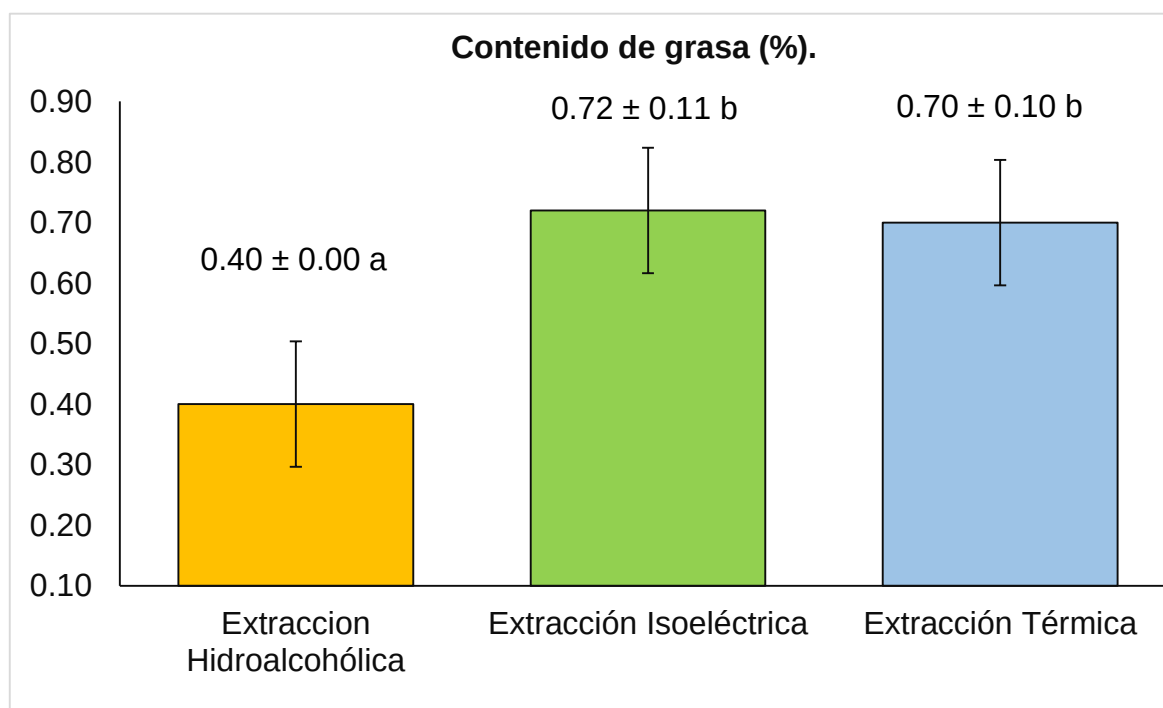


Figura 14. % de grasa de los concentrados proteicos de torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.

4.1.5. Contenido de carbohidratos.

El contenido de carbohidratos de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 15. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de $14.34 \pm 1.27\%$, $14.16 \pm 1.52\%$, $14.49 \pm 1.04\%$ respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 19A), nos indica que no existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados.

En el concentrado proteico de la torta de sachá inchi, no existen diferencias significativas entre los tipos de extracción y el contenido de carbohidratos. Pero Eldridge *et al.*, citado por Vioque *et al.* (2001), indican que los menores contenidos en oligosacáridos se consiguen con la extracción isoelectrica, debido a que pH cercano a la región isoelectrica favorece su eliminación, comparados con la extracción hidroalcohólica que utiliza pH alcalino al igual que la extracción térmica que además emplea temperatura.

Además los resultados obtenidos se ajustan a lo indicado por la FAO (2000), para el concentrado proteico de soya (Solcon, fabricado por Solbar Hatzor Ltd.), según lo especificado por el fabricante el contenido de carbohidratos debe tener: Máx. 20%.

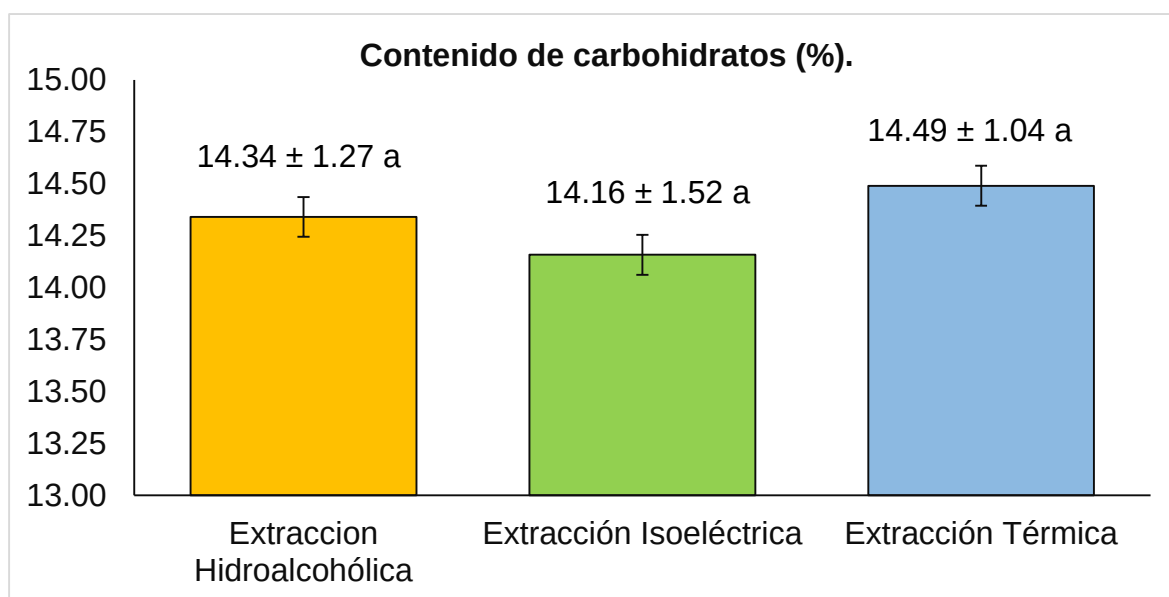


Figura 15. % de carbohidratos de los concentrados proteicos de torta de sachá inchi bajo tres métodos de extracción.

En el cuadro 6, se presenta el resumen de los análisis químicos realizados a los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi bajo los tres métodos de extracción.

Cuadro 6. Resumen del análisis químico proximal de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

Componentes	Proteína %	Humedad %	Ceniza %	Grasa %	Carbohidratos %
T1: Extracción hidroalcohólica	75.06±1.23a	4.80 ±1.09a	5.40 ±0.28a	0.40 ± 0.00a	14.34 ± 1.27a
T2: Extracción isoelectrica	71.44±1.18b	7.20 ±1.09b	6.48 ±0.30b	0.72 ± 0.11b	14.16 ± 1.52a
T3: Extracción térmica	71.30±0.57b	7.00 ±1.00b	6.50 ±0.12b	0.70 ± 0.10b	14.49 ± 1.04a

Las diferencias observadas en cuanto a la composición química en los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi se atribuyen también al contenido de materia seca presente en su composición, ya que a mayor contenido de materia seca menor contenido de los demás componentes.

4.2. PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES DE LOS CONCENTRADOS PROTEICOS DE LA TORTA DE SACHA INCHI.

4.2.1. Capacidad de retención de agua (CRA).

La capacidad de retención de agua de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 16. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de 1.55 ± 0.05 g de agua absorbida/g concentrado proteico, 1.51 ± 0.07 g de agua absorbida/g concentrado proteico, 1.53 ± 0.03 g de agua absorbida/g concentrado proteico respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 20A), nos indicó que no existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados.

Comparando los resultados con lo reportado por Marrugo *et al.* (2012), para los concentrados proteicos de *Phaseolus lunatus* (2.26 g agua/g concentrado proteico) y *Vigna unguiculata* (2.20 g agua/g concentrado proteico) obtenidos mediante extracción alcalina y precipitación isoeléctrica son menores. Atribuyendo las diferencias a lo mencionado por Yusuf *et al.*, citado por Mercado *et al.* (2015), que la capacidad de retención de agua (CRA) tiene una relación directa con el contenido de aminoácidos polares presentes en las proteína. Lo que refiere que el concentrado proteico de la torta de sachá inchi tiene menor número de aminoácidos polares que los concentrados proteicos comparados.

En el concentrado proteico de la torta de sachá inchi la capacidad de retención de agua es baja y no es adecuado para sistemas alimenticios que requieren valores altos, como la manufactura de productos cárnicos (Porras 2010). Sin embargo es importante mencionar lo dicho por Sreerama *et al.* citado por Ladjal y Chibane (2015), que la capacidad de retención de agua, es una propiedad crítica de las proteínas en alimentos viscosos, por ejemplo: sopas, masas, natillas y productos horneados, debido a que niveles altos puede generar una retención desproporcionada de la cantidad de agua por lo tanto, produce cuerpo, engrosamiento y viscosidad indeseada. Concluyendo que el concentrado proteico de torta de sachá inchi es adecuado para alimentos viscosos.

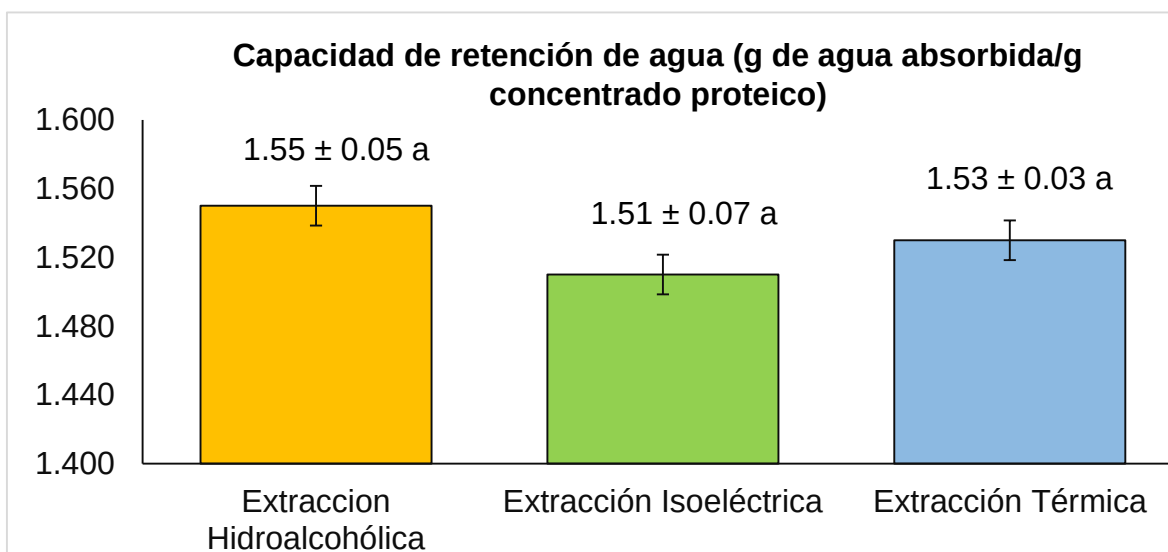


Figura 16. Capacidad de retención de agua (g de agua absorbida/g concentrado proteico).

4.2.2. Capacidad de absorción de aceite (CAA).

La capacidad de absorción de aceite de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 17. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de 1.58 ± 0.07 g de aceite absorbido/g concentrado proteico, 1.49 ± 0.12 g de aceite absorbido/g concentrado proteico, 1.41 ± 0.04 g de aceite absorbido/g concentrado proteico respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 21A) nos indica que existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) los tratamientos T² y T³ son estadísticamente iguales, del mismo modo el tratamiento T¹ y T², mientras que los tratamientos T¹ y T³ presentan diferencias significativas. Comparando los resultados con lo reportado por Mercado *et al.* (2015), respecto a la capacidad de absorción de aceite del aislado proteico de la torta de sachá inchi (1.39 g aceite/g aislado proteico) los valores obtenidos son superiores.

Del mismo modo al ser comparados con los concentrados proteicos de *Phaseolus lunatus* (1.73 g aceite/g concentrado proteico) y *Vigna unguiculata* (1.66 g aceite/g concentrado proteico) obtenidos mediante extracción alcalina y precipitación isoeléctrica estudiados por Marrugo *et al.* (2012) los valores obtenidos son menores; atribuyendo las diferencias a las condiciones experimentales operadas en el proceso de obtención de los aislados y concentrados que juegan un papel importante en los valores determinados para esta y las otras propiedades funcionales (Gonzales 1999). Además esta propiedad es afectada por los cambios conformacionales que pueden haber sufrido las moléculas de proteínas durante el proceso de elaboración del concentrado; pero en este caso está relacionado directamente con el número de sitios hidrofóbicos (no polares) de las cadena de proteínas que estén disponibles para enlazarse con las moléculas de lípidos (López y Ortiz 2017). En el concentrado proteico de la torta de sachá inchi la capacidad de absorción de aceite es mayor con la extracción hidroalcohólica y es adecuado para su incorporación en la industria alimentaria. Okizie y Bello, citado por Gonzales (1999), refiere que esta propiedad puede determinar si un material proteico tendría un buen desempeño como extensor cárnico; además de ser importante en la formulación de productos para freír y para la retención de los sabores, también de

disminuir el desarrollo de la rancidez oxidativa y en consecuencia aumenta la estabilidad durante el almacenamiento (Sathe *et al.* citado por Mercado *et al.* 2015).

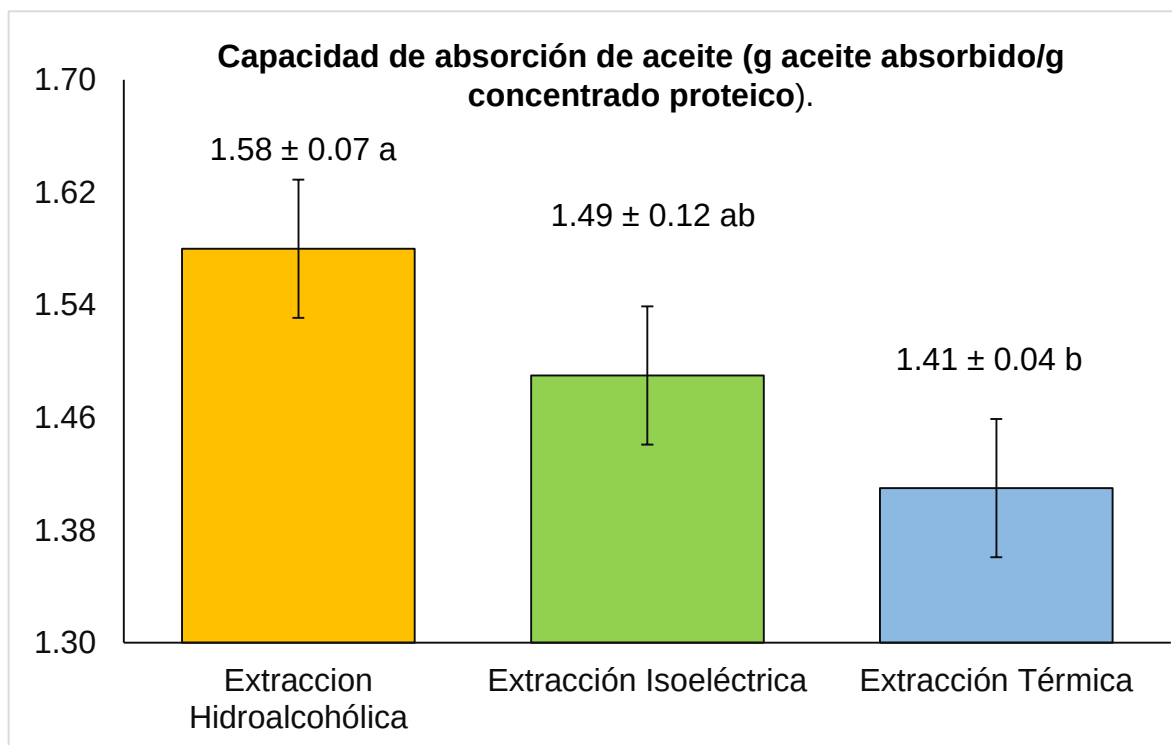


Figura 17. Capacidad de absorción de aceite (g de aceite absorbido/g concentrado proteico).

4.2.3. Capacidad de gelificación (CG).

La capacidad de gelificación de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 18. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de $14.92 \pm 0.33\%$, $13.62 \pm 0.19\%$, $14.00 \pm 0.16\%$ respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 22A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que el T1 es el que mejor comportamiento tiene respecto a la capacidad gelificación a comparación del T² y T³ que no presentan diferencias.

Comparando los resultados con lo reportado por Porras (2010) para los aislados proteicos de *Lupinus albus*, *splendens rose*, sp (7.5%, 9%, 11%) mediante precipitación isoelectrica, los valores obtenidos en el estudio son mayores

y similar al aislado proteico de la torta de sachá inchi con (15%) reportado por Mercado *et al.* (2015).

En el concentrado proteico de la torta de sachá inchi, la capacidad de gelificación es superior en la extracción hidroalcohólica, comparando con los otros tratamientos, atribuyendo las diferencias a que esta propiedad no solo está en función de la cantidad de proteínas, sino también del tipo de proteína y los componentes no proteicos (Sathe y Salunkhe, citado por Gonzales 1999); además que en medios alcalinos, la estabilidad de los geles proteicos está relacionado principalmente con la formación de uniones disulfuros, y en menor medida por puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas. Las uniones disulfuros incrementan la dureza de la matriz proteica, mientras que las interacciones no covalentes ayudan a mantener su estructura (Zheng y col, citado por Salgado 2009), a lo que se puede atribuir que en el T¹ y T³ estas formaciones son mayores debido a que emplean pH alcalino.

En concordancia con lo anterior también podríamos mencionar lo dicho por Sathe y Salunkhe, citado por Gonzales (1999), que la buena capacidad de gelificación del concentrado proteico de la torta de sachá inchi, se debe a la abundancia de albúminas en la torta (Alvarado 2014) y al grado de desnaturalización que puedan haber sufrido sus proteínas durante el calentamiento efectuado en el proceso de gelificación. Mostrando condiciones óptimas para ser empleado en la industria alimentaria.

La gelificación determina muchos parámetros reológicos en los productos alimenticios sólidos o semisólidos porque contribuye a la textura, apariencia y actúa como una matriz rígida que retiene no solamente agua sino también lípidos, proteínas disueltas, carbohidratos y otras especies (Ker y Toledo, citado por Gonzales 1999). Esta propiedad es de beneficio en la preparación de diversos productos como budín, jaleas, postres, productos lácteos y en aplicaciones cárnicas (Boye y col., citado por Porras 2010).

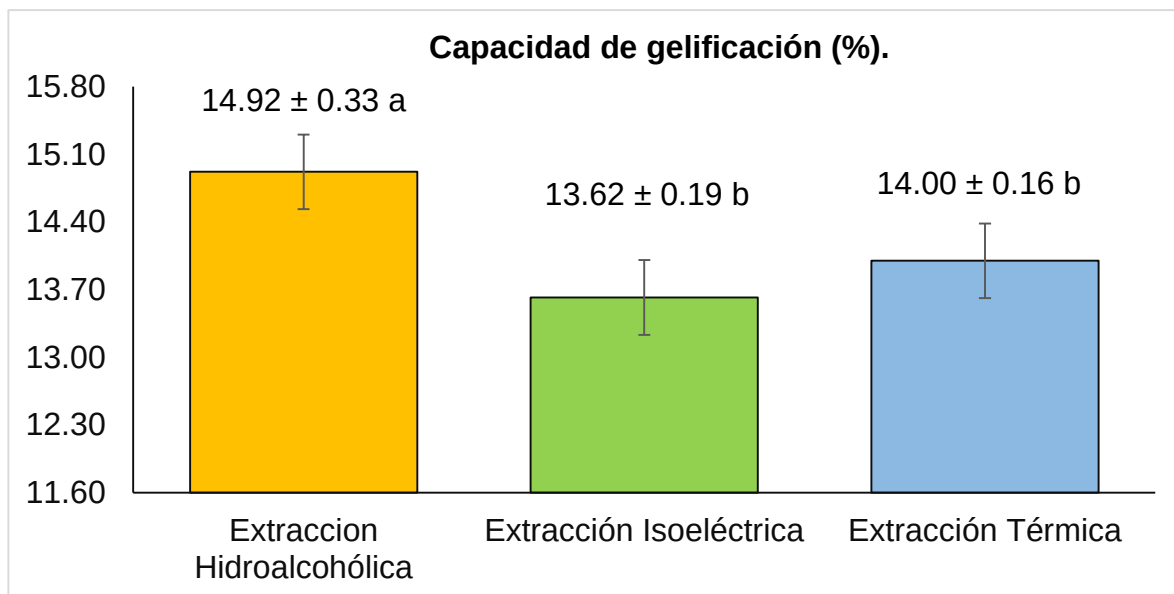


Figura 18. Capacidad de gelificación (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

4.2.4. Capacidad emulsificante (CE).

La capacidad emulsificante de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 19. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de 66.22 ± 0.49%, 58.42 ± 0.64%, 40.90 ± 0.99% respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 23A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que existen diferencias entre los tres tratamientos, donde el T¹ tiene mayor capacidad emulsificante, el T² tiene el valor intermedio y el T³ la menor capacidad emulsificante.

Los resultados fueron comparados con lo reportado por Porras (2010), para los aislados proteicos de *Lupinus albus*, *splendens rose*, sp, donde la capacidad emulsificante fue de 28.65%, 58.81%, 23.40% respectivamente; del mismo modo Mercado *et al.* (2015) reporta (59.1%) en el aislado proteico de la torta de sachá inchi y en los concentrados proteicos de *Phaseolus lunatus* (50%) y *Vigna unguiculata* (43%) estudiados por Marrugo *et al.* (2012), mostrando que los resultados del estudio son superiores y adecuados para su utilización en la industria alimentaria.

En el concentrado proteico de la torta de sachá inchi, la capacidad emulsificante es mayor en la extracción hidroalcohólica a comparación de los T² y T³, atribuyendo las diferencias observadas a las condiciones experimentales operadas en el proceso. La acción emulsificante de las proteínas depende de la rapidez con la cual pueden migrar hacia la interface aceite-agua y desdoblarse y reorientarse, de tal manera que sus sitios hidrófobos (apolares) estén dirigidos hacia la fase lipídica y los hidrofílicos (polares) hacia la acuosa, para ello es necesario que la molécula proteica tenga el balance adecuado de grupos hidrófobos e hidrofílicos (Gonzales 1999); comparándolos por los valores superiores que presentan en la capacidad de retención de agua y absorción de aceite en la extracción hidroalcohólica, podemos inferir que en el T¹ las proteínas tienen un mejor balance entre ambos grupos lo que facilita una mayor capacidad emulsificante a comparación de las otras extracciones. Además Sathe y Salunkhe, citado por Gonzales (1999), mencionan que las albúminas tienen mayor capacidad emulsificante, atribuyendo en gran medida su alta capacidad emulsificante, ya que en la torta de sachá inchi las albúminas son las proteínas más abundantes.

Esta propiedad, indica gran aplicación en la industria alimentaria, puesto que se utilizan para estabilizar alimentos con estructura de emulsión como por ejemplo, los embutidos, mayonesas, cremas, helados, productos de repostería (Gonzales 1999).

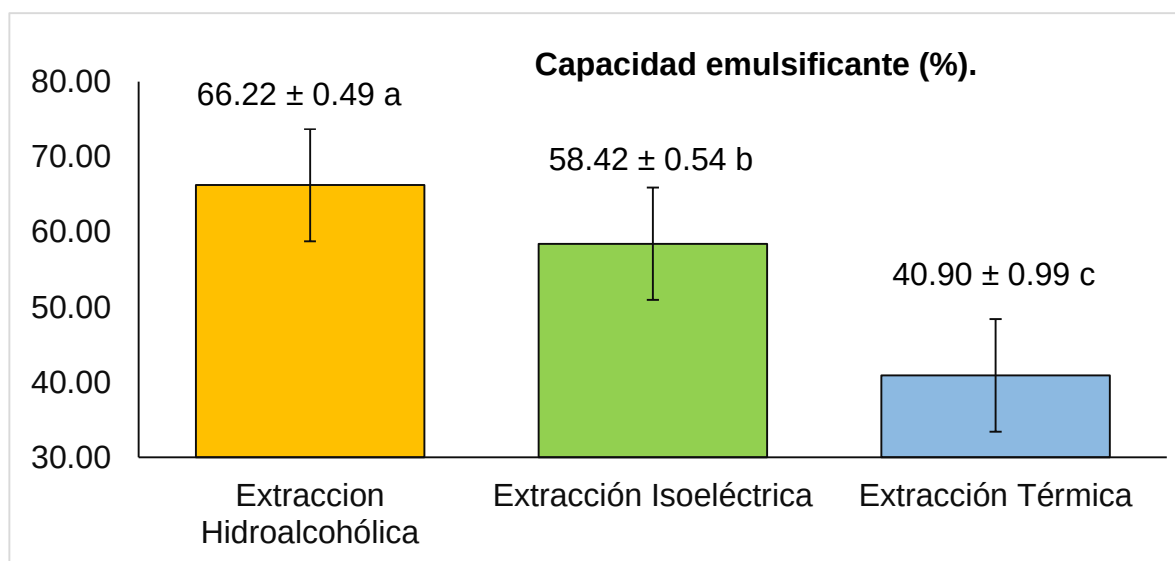


Figura 19. Capacidad emulsificante (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

4.2.5. Capacidad de formación de espuma (CFE).

La capacidad de formación de espuma de los tres tratamientos estudiados se puede observar en la figura 20. Para los tratamientos T¹, T² y T³ fueron de $56.40 \pm 1.67\%$, $19.60 \pm 1.67\%$, $40.00 \pm 1.41\%$ respectivamente. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 24A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que existen diferencias entre los tres tratamientos, donde el T1 tiene mayor capacidad de formación de espuma, el T³ tiene el valor intermedio y al T² con menor capacidad de formación de espuma.

Los resultados fueron comparados con el aislado proteico de la torta de sachá inchi (55%) reportado por Mercado *et al.* (2015), donde es ligeramente superior mediante la extracción hidroalcohólica y bajos comparados con el concentrado proteico de *Phaseolus lunatus* (394%) estudiado por Marrugo *et al.* (2012) mediante extracción alcalina y precipitación isoeléctrica y del mismo modo con el aislado comercial de soya (Supro 670) (66.80%) citado por Porras (2010). Atribuyendo las diferencias observadas a las condiciones experimentales operadas en cada proceso; debido a que esta propiedad es afectada por diversos factores, como el tipo de proteína, grado de desnaturalización, pH y temperatura. Así como también de su facilidad para migrar hacia la interface aire-agua y formar una película interfacial cohesiva que sea capaz de atrapar y retener el aire (Saetae y Suntornsuk, citado por Armenta 2012).

En el concentrado proteico de la torta de sachá inchi, el valor más bajo de la CFE se manifestó en su punto isoeléctrico (pI), debido a que cuando el pH se aproxima a esta región la carga neta de las proteínas es cero, generando menos solubilidad y flexibilidad para desarrollar espuma, lo que ocasiona un aumento de la tensión superficial. Por lo tanto, menos proteína es adsorbida en la interface aire-agua, lo que genera una reducción de la CFE (Khalid *et al.*, Mashair *et al.*, citado por Mercado *et al.* 2015); y cuando el pH aumenta hacia la región alcalina la carga neta de la proteína es mayor incrementando la interacción molecular, lo que se traduce en una mejora de la CFE (Mercado *et al.* 2015).

Además Yildirim *et al.*, citado por Gonzales (1999) menciona que para la eficiente formación de espuma es importante la existencia de moléculas flexibles en la proteína con pocas estructuras secundarias y terciarias; mientras que para la estabilidad de la espuma es importante la elasticidad y cohesión molecular. Indicando que en el concentrado proteico de la torta de sachá inchi la capacidad de formación de espumas es baja y no podría ser empleada en la elaboración de diversos productos de panificación, repostería y confitería, así como también en la preparación de postres y alimentos congelados (Gonzales 1999).

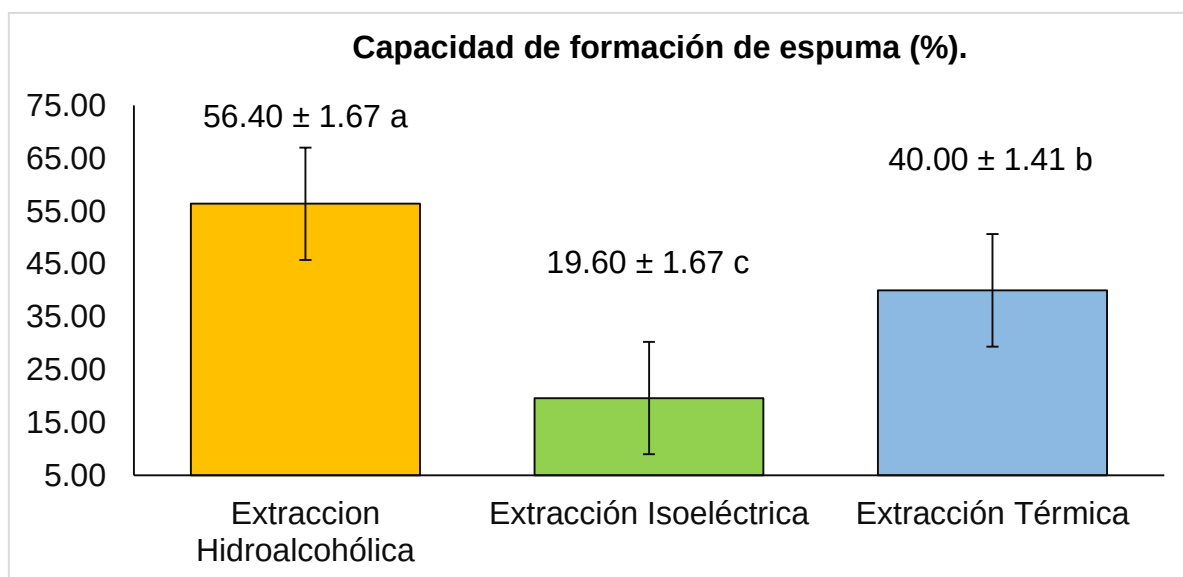


Figura 20. Capacidad de formación de espuma (%) de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

4.2.6. Estabilidad de espuma (EES).

En relación con la estabilidad de espuma en los concentrado proteicos de la torta de sachá inchi, se tomó mediciones del volumen a los tiempos (min) de: 0, 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120 min, mostrando un decrecimiento del volumen inicial de la misma en los tres primeros lapsos de tiempo, como se muestran en el cuadro 26A (ver anexo) y la figura 21. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 25A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos y el tiempo evaluado; utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que la estabilidad de espuma presenta una diferencia significativa entre

los factores en estudio.

Evidenciando que el concentrado proteico de la torta de sachá inchi tiene una gran inestabilidad de espuma, a comparación con la estabilidad que presenta el aislado proteico de la torta de sachá inchi reportado por (Mercado *et al.* 2015), donde a los 120 minutos tiene un colapso de 33.7% a 1% de concentración a pH 8 del volumen inicial de sus espumas. Las diferencias se atribuyen a los procedimientos empleados en la extracción, que evidencian que para que la espuma pueda ser estable, debe poseer suficiente fuerza mecánica y viscosidad para prevenir una subsecuente ruptura y coalescencia (Cheftel *et al.* citado por Ávila 2011), además se ve afectada por la conformación de sus moléculas proteicas (Sathe *et al.* citado por Gonzales 1999).

Por lo que (Sathe *et al.* citado por Gonzales 1999), indica que la eficiente formación de espuma es importante la existencia de moléculas flexibles en la proteína, mientras que la estabilidad de espuma es importante la elasticidad y cohesión molecular.

Además la figura 21, muestra que a medida que el tiempo aumenta la espuma disminuye, mostrando además mayor estabilidad de espuma en los tiempos menores y el colapso de la espuma con relación al tiempo de estabilidad comienza a los 10 min, decreciendo progresivamente a mayor tiempo.

En concordancia con lo anterior, la baja capacidad y estabilidad espumante del concentrado proteico de la torta de sachá inchi puede estar relacionada con factores inherentes a la estructura y conformación de sus moléculas proteicas, entre los cuales se puede mencionar la poca flexibilidad y el grado de ordenamiento, además de estar influenciando el pH y la tensión en la interface del medio. Por otra parte, la inestabilidad de la espuma formada también podría asociarse con la baja elasticidad y cohesión molecular y probablemente a las repulsiones electrostáticas en la película formada alrededor de las burbujas de aire (Gonzales 1999).

De tal manera que el concentrado proteico de la torta de sachá inchi, está limitado a ser empleado como agentes espumantes en productos como: cremas batidas, helados, merengues, malvaviscos y otros productos de confitería.

Pero se puede realizar modificaciones físicas, químicas o enzimáticas que permitan incrementar esta propiedad y dirigir su uso como agentes espumantes (Lestari *et al.* citado por Armenta 2012).

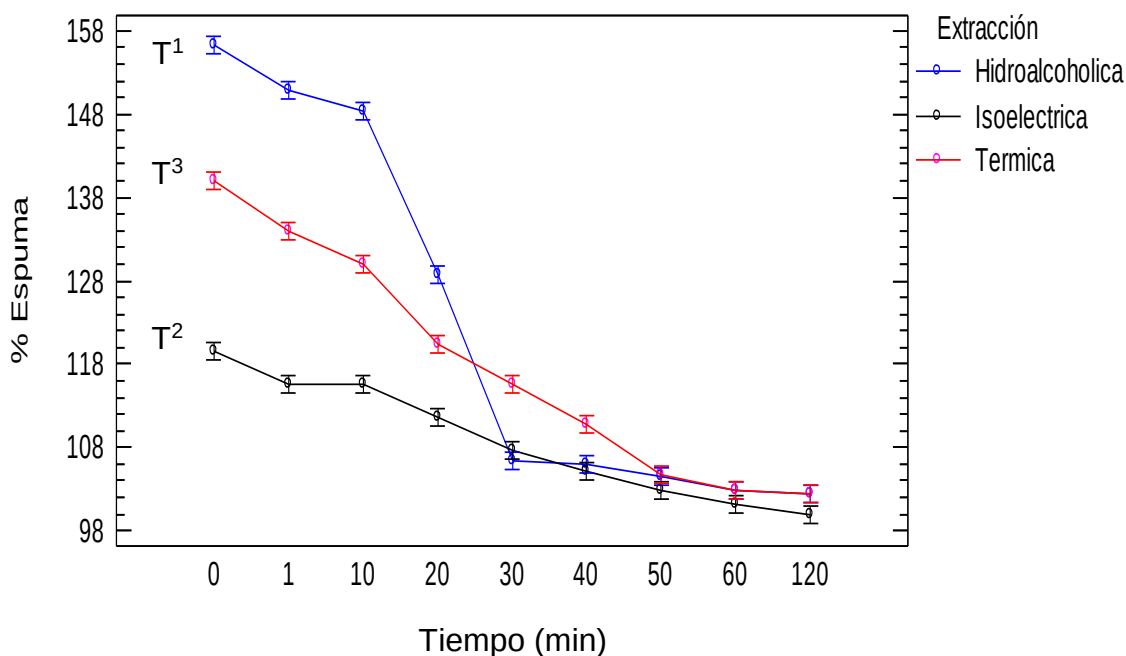


Figura 21. % de estabilidad de espuma de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

4.2.7. Solubilidad.

Para la evaluación de la solubilidad de proteínas en los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi, los tratamientos utilizaron un pH de: 2, 4, 6, 8, 10, que se muestra en el cuadro 28A (ver anexo) y en la figura 22. Realizando el análisis de varianza (ver anexo 27A), nos indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos y los pH evaluados; realizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se encontró que la solubilidad presenta una diferencia significativa respecto a los factores evaluados. Notándose que el T¹ presenta mayor solubilidad a comparación del T² y T³.

Los resultados fueron comparados con el aislado proteico de torta de sachá inchi donde se muestra su solubilidad mínima (18.7% a pH 6) y solubilidad

máxima (99.4% a pH 11) reportado por Mercado *et al.* (2015); mientras que en el concentrado proteico de torta de sachá inchi el valor superior fue en el T¹, mostrando el % mínimo de solubilidad es de $(12.29 \pm 0.24\%$ a pH 6) y solubilidad máxima $(37.80 \pm 0.24\%$ a pH 10); atribuyendo las diferencias a los procedimientos empleados en las extracciones, que evidencian que la solubilidad de una proteína está influenciada por factores intrínsecos, como las cargas hidrofóbicas e hidrofílicas, tamaño y factores extrínsecos, como el pH y la fuerza iónica (Liu, citado por Avila 2011).

La figura 22, muestra la interacción entre el pH y el tipo de extracción; donde se observa que la solubilidad del concentrado proteico de la torta de sachá inchi es alta a pH alcalinos y baja a pH ácidos. Siendo mínima entre pH 2 y 4, donde se ubican los puntos isoeléctricos de las fracciones proteicas y máxima a pH 8-10.

En el concentrado proteico de la torta de sachá inchi, las variaciones de solubilidad con el pH, tiene que ver con la modificación de las cargas netas de las proteínas y por lo tanto con su balance electrostático, debido a que en zonas cercanas a su punto isoeléctrico (pI) la carga neta de las proteínas tiende a ser cero y la variación de la solubilidad es mínima debido al aumento de la atracción entre las moléculas. Mientras que en la región alcalina las proteínas tienen una carga neta negativa y probablemente mayor que la carga neta positiva que presenta en medio ácido, de este modo las fuerzas repulsivas a pH alcalinos y ácidos extremos serán más importantes que las fuerzas de atracción aumentando la solubilidad (Abugoch, citado por Silva 2006).

La solubilidad mostrada en el concentrado proteico de la torta de sachá inchi favorecería su utilización en productos alimenticios, desde yogurts a cárnicos (Gonzales 1999).

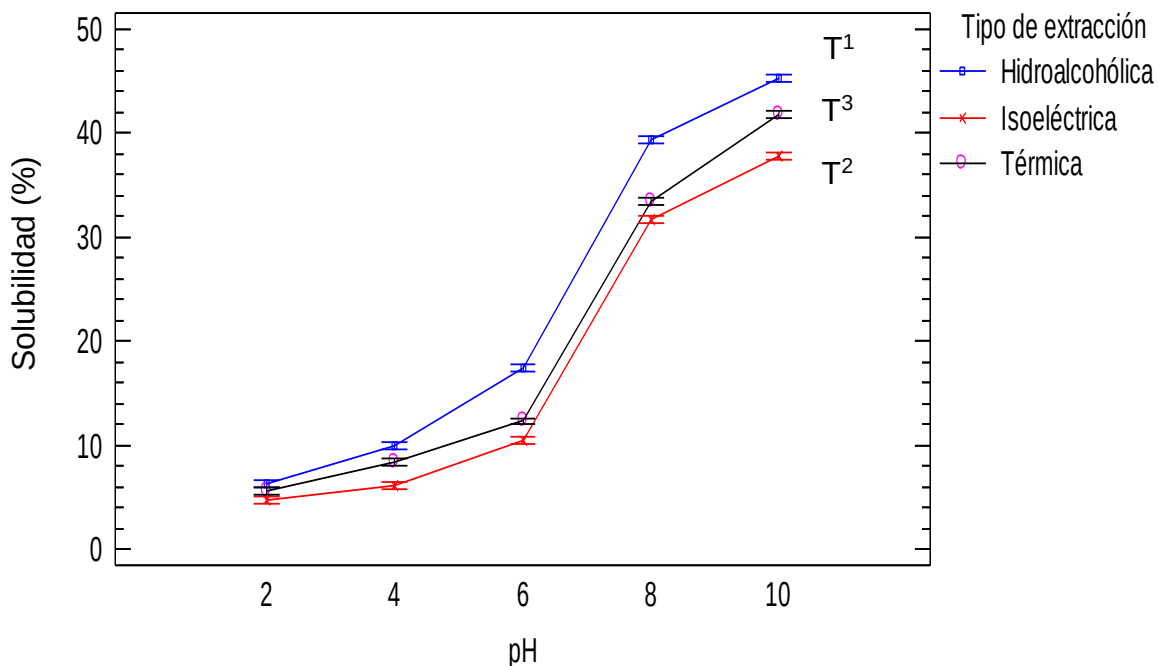


Figura 22. % de solubilidad de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

4.2.8. Rendimiento del proceso de obtención de concentrados proteicos.

Balance de materia para el T¹: Extracción hidroalcohólica.

En el cuadro 7, se muestra el balance de materia del proceso y operación para el tratamiento 1.

Cálculos:

$$R = \frac{2.087}{2.370} \times 100$$

$$R = 88.06 \%$$

El rendimiento en la elaboración del concentrado proteico de la torta de sachá inchi mediante la extracción hidroalcohólica fue de 88.06%, es decir de 2.370 kg de harina de torta de sachá inchi desgrasada se obtuvo 2.087 kg de concentrado proteico.

Cuadro 7. Balance de materia para el T¹ – Extracción hidroalcohólica.

Operación	Entrada	Salida	Continua	Rendimiento por operación	Rendimiento por proceso
Recepción	2.370	-	2.370	100.00%	100.00%
Lavado I	4.740	-	7.110	150.00%	300.00%
Filtración	7.110	4.650	2.460	34.60%	103.80%
Lavado II	4.740	-	7.200	151.90%	303.80%
Filtración	7.200	2.500	4.700	65.28%	198.31%
Secado	4.700	2.363	2.337	49.72%	98.61%
Molienda	2.337	0.250	2.087	89.30%	88.06%
Envasado	2.087	-	2.087	100.00%	88.06%

Balance de materia para el T²: Extracción isoelectrica.

En el cuadro 8, se muestra el balance de materia del proceso y operación para el tratamiento 2.

Cálculos:

$$R = \frac{1.975}{2.370} \times 100$$

R= 83.33 %

El rendimiento en la elaboración del concentrado proteico de la torta de sachu inchi mediante la extracción isoelectrica fue de 83.33%, es decir de 2.370 kg de harina de torta de sachu inchi desgrasada se obtuvo 1.975 kg de concentrado proteico.

Cuadro 8. Balance de materia para el T² – Extracción isoelectrica.

Operación	Entrada	Salida	Continua	Rendimiento por operación	Rendimiento por proceso
Recepción	2.370	-	2.370	100.00%	100.00%
Lavado I	4.740	-	7.110	150.00%	300.00%
Filtración	7.110	4.700	2.410	33.90%	101.69%
Lavado II	4.740	-	7.150	150.84%	301.69%
Filtración	7.150	3.000	4.150	58.04%	175.11%
Secado	4.150	1.925	2.225	53.61%	93.88%
Molienda	2.225	0.250	1.975	88.76%	83.33%
Envasado	1.975	-	1.975	100.00%	83.33%

Balance de materia para el T³: Extracción térmica.

En el Cuadro 9, se muestra el balance de materia del proceso y operación para el tratamiento 3.

Cálculos:

$$R = \frac{2.037}{2.370} \times 100$$

R= 85.95 %

El rendimiento en la elaboración del concentrado proteico de la torta de sachá inchi mediante la extracción térmica fue de 85.95% es decir de 2.370 kg harina de torta de sachá inchi desgrasada utilizada se obtuvo 2.037 kg de concentrado proteico.

Cuadro 9. Balance de materia para el T³ – Extracción térmica.

Operación	Entrada	Salida	Continua	Rendimiento por operación	Rendimiento por proceso
Recepción	2.370	-	2.370	100.00%	100.00%
Lavado I	4.740	-	7.110	150.00%	300.00%
Filtración	7.110	4.610	2.500	35.16%	105.49%
Lavado II	4.740	-	7.240	152.74%	305.49%
Filtración	7.240	2.580	4.660	64.36%	196.62%
Secado	4.660	2.373	2.287	49.08%	96.50%
Molienda	2.287	0.250	2.037	89.07%	85.95%
Envasado	2.037	-	2.037	100.00%	85.95%

Además en el proceso de obtención de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi según los tipos de extracción, se observa que existe una considerable merma en la molienda causada por el molino empleado, debido a que no cuenta con una regulación adecuada generando pérdidas en el proceso.

4.2.9. Costos de producción de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

Los costos producción para el T¹ se detallan en el cuadro 10, que corresponden a lo invertido en la obtención del concentrado proteico de la torta de sachá inchi:

Costo Unit. De producción = Costo total de producción/ unidades producidas.

Costo Unit. De producción = S/. 434.44.

Precio de venta unit. = Costo unit, producción + 35% costo unit. Producción.

Costo Venta Unit. = S/. 586.49 el kg.

Cuadro 10. Costos de producción del concentrado proteico de la torta de sachá inchi por extracción hidroalcohólica en base a 1kg.

Descripción	U.M	Cantidad	Valor unitario	Monto (S/.)
Mano de obra				
Operarios	Jornal	1	4.00	4.00
Costo variables				
Semilla de sachá inchi en cápsula	Kg	1	8.00	8.00
n-Hexano	L	1.25	300	375.00
Etanol	L	4	10.00	40.00
Bolsas con cierre hermético (ziploc)	Und	10	0.10	1.00
Costo fijos				
Luz	kw/h	0.25	0.15	0.04
Agua	L	2	0.20	0.40
Depreciación de equipos	Global	1.00	6.00	6.00
Costo total de producción				S/. 434.44

Los costos producción para el T² se detallan en el cuadro 11, que corresponden a lo invertido en la obtención del concentrado proteico de la torta de sachá inchi:

Costo Unit. De producción = Costo total de producción/ unidades producidas.

Costo Unit. De producción = S/. 402.44.

Precio de venta unit. = Costo unit, producción + 35% costo unit. Producción.

Costo Venta Unit. = S/. 543.29 el kg.

Cuadro 11. Costos de producción del concentrado proteico de la torta de sachá inchi por extracción isoelectrica en base a 1kg.

Descripción	U.M	Cantidad	Valor unitario	Monto (S/.)
Mano de obra				
Operarios	Jornal	1	4.00	4.00
Costo variables				
Semilla de sachá inchi en cápsula	kg	1	8.00	8.00
n-Hexano	L	1.25	300	375.00
HCL	L	0.200	40.00	8.00
Bolsas con cierre hermético (ziploc)	Und	10	0.10	1.00
Costo fijos				
Luz	kw/h	0.25	0.15	0.04
Agua	L	2	0.20	0.40
Depreciación de equipos	Global	1.00	6.00	6.00
Costo total de producción				S/. 402.44

Los costos producción para el T³ se detallan en el cuadro 12, que corresponden a lo invertido en la obtención del concentrado proteico de la torta de sachá inchi:

Costo Unit. De producción = Costo total de producción/ unidades producidas.

Costo Unit. De producción = S/. 394.44.

Precio de venta unit. = Costo unit, producción + 35% costo unit. Producción.

Costo Venta Unit. = S/. 532.49 el kg.

Cuadro 12. Costos de producción del concentrado proteico de la torta de sachá inchi por extracción térmica en base a 1kg.

Descripción	U.M	Cantidad	Valor unitario	Monto (S/.)
Mano de obra				
Operarios	Jornal	1	4.00	4.00
Costo variables				
Semilla de sachá inchi en cápsula	kg	1	8.00	8.00
n-Hexano	L	1.25	300	375.00
Bolsas con cierre hermético (ziploc)	Und	10	0.10	1.00
Costo fijos				
Luz	kw/h	0.25	0.15	0.04
Agua	L	2	0.20	0.40
Depreciación de equipos	Global	1.00	6.00	6.00
Costo total de producción				S/. 394.44

Es necesario mencionar que se utilizó un insumo fiscalizado (hexano) que incrementó el precio unitario y los costos de producción de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi en la investigación. Pero comparando la producción a grandes volúmenes y aplicando el precio industrial del hexano tendríamos una reducción en el costo de producción con resultados de S/. 68.00 por kg de concentrado proteico de la torta de sachá inchi en el T¹; comparándolo con el concentrado proteico comercial de soya que es de S/.53.00 el kg.

Análisis Beneficio – Costo de la producción de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

Arévalo *et al.* (2016) menciona que la relación beneficio/costo se determina en porcentajes y su interpretación es: si el resultado es mayor a 1 es aceptable o rentable, si el resultado es igual a 1 no tiene beneficio de lucro ni pérdida

y si el resultado es menor a 1 no es rentable por lo cual el proyecto es rechazado. Su fórmula es:

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{Ingresos neto}}{\text{Egresos neto}} \times 100$$

En el cuadro 13, se detalla la relación beneficio/costo de los tratamientos estudiados.

Cuadro 13. Relación costo-beneficio de los tratamientos en estudio.

	T ¹	T ²	T ³
Detalle	Extracción hidroalcohólica	Extracción isoeléctrica	Extracción térmica
Egresos			
Costos de producción	S/. 434.44	S/. 402.44	S/. 394.44
Proteína (%) en los concentrados proteicos	75.06 %	71.44 %	71.30 %
Relación proteína/costo de producción	71.30 %	71.30 %	71.30 %
	S/. 412.68	S/. 401.65	S/. 394.44
Ingresos			
Valor de venta	S/. 586.49	S/. 543.29	S/. 532.49
Relación costo/beneficio	142%	135%	135%
Interpretación unitaria	1.42	1.35	1.35

Para evaluar el beneficio/costo se tomaron en cuenta los costos de producción de cada tratamiento en función al contenido de proteína en los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi; determinando la mejor relación beneficio/costo en el T¹ que genera un beneficio del 142% comparado con los demás tratamientos en estudio. Si bien es el que mayor costo de producción tiene por kg de concentrado de proteína; debemos tener en cuenta la evaluación de sus propiedades tecno-funcionales donde presenta mejores resultados y por consiguiente menor costos de producción a comparación del T² y T³ que son menores y no presentan diferencias.

V. CONCLUSIONES.

Con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se concluye que:

1. La evaluación de la composición química proximal y los indicadores de calidad de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi, mostraron a la extracción hidroalcohólica (T¹) con los mejores resultados en cuanto a valor nutricional y sus propiedades tecno-funcionales donde fueron mayores: la capacidad de gelificación, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante, solubilidad y los valores bajos fueron: la capacidad de retención de agua, capacidad de formación de espuma, estabilidad de espuma; sin embargo el concentrado proteico de la torta de sachá inchi muestra condiciones adecuadas para su empleo en la formulación de productos para el consumo humano.
2. La relación beneficio/ costo en los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi determinó como mejor tratamiento a la extracción hidroalcohólica (T¹) que tiene un costo de producción de S/. 434.44 por kg a nivel de laboratorio.

VI. RECOMENDACIONES.

De las conclusiones obtenidas en trabajo de investigación se recomienda:

1. Obtener concentrados proteicos de la torta de sachá inchi mediante la extracción hidroalcohólica por su excelente valor nutricional y sus propiedades tecnológicas.
2. Promover el empleo de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi obtenidos mediante la extracción hidroalcohólica e incentivar a las pequeñas y medianas empresas a que optimicen su aprovechamiento en la industria alimentaria.

VII. LITERATURA CITADA.

- Aguilar, S., Briceño, L., Negrón, L., Arnao, I. 2000. Estudio bioquímico y nutricional del extracto liofilizado del fondo de alcachofa *Cynara scopolymus*. Centro de investigación de Bioquímica y Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Alvarado, K. 2014. Obtención, caracterización fisicoquímica, caracterización electroforética y digestibilidad del aislado proteico del residuo agroindustrial de *Plukenetia volubilis* (Sacha inchi), (Tesis pregrado), Facultad de Ciencias farmacéuticas, bioquímica y biotecnológicas. Universidad Católica de Santa María. Arequipa-Perú.
- Aquino, E. 2015. Optimización del proceso de extracción de las proteínas de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), (Tesis posgrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Arévalo, K., Pastrano, E., Armijos, V. (2016). Relación beneficio- costo por tratamiento en la producción orgánica de las hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla Roja, Cebolla de Rama) en el cantón Santo Domingo de los colorados. Ecuador.
- Armenta, L. 2012. Optimización de variables de extracción para la obtención de aislados proteínicos de semillas de *Jatropha curcas* L. no tóxica. Caracterización química, fisicoquímica, funcional y nutricional, (Tesis posgrado) Instituto Politécnico Nacional. México.
- Avellaneda, S., Pardo, R. 2015. Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con torta desgrasada extruída de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote-Perú.
- Avila, C. 2011. Determinación de las propiedades físico-químicas y funcionales del aislado e hidrolizado enzimático de la proteína de soya a escala piloto, para

aplicación en alimentos. (Tesis pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador.

Benítez, R., Coronel, C., Hurtado, Z., Martín, J. 2015. Composición química de la cáscara de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y alternativas para su aprovechamiento como subproducto agroindustrial. Redalyc (La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe. 28-32.

Betancourth, C. 2013. Aprovechamiento de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) mediante extracción por solventes de su aceite. (Tesis pregrado). Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Universidad de Manizales. Manizales-Colombia.

Chirinos, O., Adachi, L., Calderón, F., Díaz, R., Larrea, L., Mucha, G., Roque, L. 2009. Exportación de sachá inchi al mercado de Estados Unidos. Lima: ESAN.

Cori, M., Rivas, N., Pacheco, E., Bertsch, A. 2006. Obtención y caracterización de dos concentrados proteicos a partir de biomasa de *Kluyveromyces marxianus* var. *marxianus* cultivada en suero lácteo desproteinizado. Revista Científica (3). 315-324.

De Dios, A., Porrilla, Y., & Chaparro, D. 2009. Antinutritional factors in eatable seeds. Scielo (Scientific Electronic Library Online. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169235612009000100007.

Dirección Regional Sectorial de Agricultura Ucayali. 2018. Producción de sachá inchi en la región de Ucayali. Pucallpa. Consultado el 30 jun.2019.

FAO. 2000. Concentrados proteicos de soya. (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/3/t0532e/t0532e06.htm>.

Gonzales, M. 1999. Caracterización fisicoquímica y valoración nutricional y funcional de un aislado proteico obtenido de la semilla de ébano -

Pithecellobium flexicaule (Benth). (Tesis posgrado) Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nueva León. Monterrey.

Hernández, C., Mieres, A. 2005. Rendimiento de la extracción por prensado en frío y refinación física del aceite de la almendra del fruto de la palma corozo (*Acrocomia aculeata*). Universidad de Carabobo. Valencia-Venezuela.

Herquínigo, E. 2013. Estudio técnico para la instalación de una planta de aceite de sachá inchi. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos-Perú.

Herrera, P. 2015. Caracterización tecno-funcional del extracto proteico del salvado de arroz. (Examen Complexivo pregrado). Facultad de ingeniería en Mecánica y ciencias de producción. Escuela superior politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador.

Hurtado, Z. 2013. Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) cultivada en Colombia. (Tesis posgrado). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira-Colombia.

Jaimes, J., Restrepo, D., Acevedo, D. 2014. Preparation and determination of the functional properties of the trupillo proteic concentrated (*Prosopis juliflora*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial* (1). 144-152.

Jiménez, F., Carreño, D., Martínez, F. 1993. Determinación de algunas constantes fisicoquímicas de mezclas ternarias solventes de uso farmacéutico. Densidad. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*. 60-65.

Ladjal, E., Chibane, M. 2015. Some physicochemical and functional of pea, chickpea and lentil whole flours. *International Food Research Journal*, 22 (3). 987-996.

Laurente, Y. 2012. Obtención del concentrado proteico y determinación del perfil de aminoácidos de dos variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet). (Tesis pregrado). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del

Antiplano. Puno-Perú.

- Lázaro, R. 2015. Determinación de la presencia de sustancias antinutricionales y alergenicos en semilla y torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), (Tesis pregrado). Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- López, R., Ortiz, A. 2017. Efecto de los métodos de extracción y los días vegetativos en las características fisicoquímicas del concentrado proteico de hojas de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), (Tesis pregrado). Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa. Chimbote-Perú.
- Marrugo, Y., Montero, P., Duran, M. 2012. Propiedades funcionales de concentrados proteicos de *Phaseolus lunatus* y *Vigna unguiculata*. Redalyc (La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe. (1). 1-5.
- Martinez, A. 2011. Mapeo Tecnológico (en línea). Repositorio institucional Prom Perú. consultado el 10 de nov. 2017. :http://repositorio.promperu.gob.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1067/Mapeo_tecnologico_Sacha_inchi_2011_keyword_principal.PDF?sequence=1&isAllowed=y.
- Mercado, J., Elías, C., Pascual, G. 2015. Obtención de un aislado proteico de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales. Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 160-167.
- Moderca, L., Bermudez, A. 1994. Preparación y determinación de propiedades funcionales de concentrados proteicos de haba (*Vicia faba*). Revista colombiana de química. Bogotá-Colombia.
- Mondragón, G. 2009. Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sachá inchi), (Tesis pregrado). Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad

Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.

- Moure, A., Sineiro, J., Domínguez, H., Parajó, J. 2006. Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International* (39). 945-963.
- Munive, P. 2009. Elaboración de un suplemento alimenticio en polvo para consumo humano a partir de una mezcla de hidrolizado de soya y almidón de maíz. (Tesis pregrado). Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Palpa, P. 2007. Determinación del valor nutricional de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) precocida y precocida extruida, en pollos parrilleros. (Tesis pregrado). facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú.
- Pincirolí, M. 2010. Proteínas de Arroz, propiedades estructurales y funcionales. (Tesis posgrado). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
- Porras, J. 2010. Caracterización del proceso de obtención de aislados de proteína de *lupinus silvestre* del estado de Hidalgo. (Tesis posgrado). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Ramírez, A., Pacheco. 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Redalyc (La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe)*. (4). 293-298.
- Rodríguez, A., Corazón-Guivin, M., Cachique, Mejía, K., Del Castillo, D., Renno, J., García-Dávila, C. 2010. Differentiation morphological and by inter simple sequence repeats (ISSR) of species of genus *Plukenetia* (Euphorbiaceae) from Peruvian Amazon: suggestion for a new species. *Revista peruana de biología*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 325-330.
- Salgado, P. 2009. Proteínas de girasol: aislamiento, caracterización y aplicación en la industria alimentaria. (Tesis posgrado). Facultad de Ciencias Exactas.

Universidad Nacional de la Plata. La Plata-Argentina.

Silva, J. 2006. Obtención, caracterización y relación estructura-funcionalidad de un aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa*) orgánica proveniente de la VI región de Chile. (Tesis pregrado). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago.

Tobar, A. 2018. Aceite de Sacha inchi como potenciador cognitivo. Universidad Central de Ecuador. Ecuador.

Vallejos, Y. 2018. Obtención de concentrados proteicos de la harina de arveja (*Pisum sativum*) y determinación de su actividad antioxidante por el método del ácido tiobarbitúrico (TBA). (Tesis pregrado). Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.

Valles, S. 2012. Obtención de "Leche" de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo). (Tesis pregrado). Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú.

Vásquez, D. 2016. Aprovechamiento de subproductos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Desarrollo de un producto alimenticio, empleando harina proveniente de torta residual en la extracción del aceite. (Tesis posgrado). Facultad de Ingeniería. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas-Antioquia.

Vioque, J., Sánchez-Vioque, R., Pedroche, J., Yust, M., Millán, F. 2001. Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados proteicos (en línea) Consultado 09 may. 2017.

ResearchGate:https://www.researchgate.net/publication/26523743_Obtencion_y_aplicaciones_de_concentrados_y_aislados_proteicos

Virgina, M. 2010. Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto. (Tesis posgrado). Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.

VIII. ANEXO.

Recuadro 1A. Norma para productos proteínicos de la soja.

Codex Standard 175-1989

NORMA PARA PRODUCTOS PROTEÍNICOS DE SOJA

CODEX STAN 175-1989

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente norma se aplica a los productos proteínicos vegetales (PPV) preparados con granos de soja (semillas de *Glycine Max. L.*) mediante diversos procedimientos de separación y extracción. Estos productos se fabrican para utilizarlos en alimentos que requieren preparación ulterior, y en la industria de elaboración.

2. DESCRIPCIÓN

Los productos proteínicos de soja (PPS) a que se aplica esta norma son productos alimenticios obtenidos de la soja mediante la reducción o eliminación de algunos de los principales constituyentes no proteínicos (agua, aceite, almidón y otros carbohidratos) de forma que se obtiene un contenido proteínico ($N \times 6.25$) de:

- en el caso de harina proteínica de soja (HPS), 50 por ciento o más, y menos del 65 por ciento;
- en el caso de concentrados proteínicos de soja (CPS), 65 por ciento o más, y menos del 90 por ciento;
- en el caso de aislados proteínicos de soja (APS) 90 por ciento o más.

El contenido proteínico de soja se calcula sobre la base del peso en seco excluidas las vitaminas, minerales y aminoácidos añadidos, así como los aditivos alimentarios.

3. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD Y NUTRICIONALES

3.1 Materias primas

Semillas limpias en buen estado, maduras, secas y esencialmente exentas de otras semillas y materias extrañas de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación, o PPS de menor contenido proteínico pero que satisfagan las especificaciones contenidas en esta norma.

3.2 Los PPS se ajustarán a los siguientes requisitos de composición:

3.2.1 Humedad

El contenido no deberá exceder del 10 por ciento (m/m).

3.2.2 Proteína cruda

($N \times 6.25$) será:

- en el caso de los HPS, 50 por ciento o más, y menos del 65 por ciento
- en el caso de los CPS, 65 por ciento o más, y menos del 90 por ciento
- en el caso de los APS, 90 por ciento o más referido al peso en seco, excluidas las vitaminas, minerales y aminoácidos añadidos y los aditivos alimentarios.

3.2.3 Ceniza

El volumen de ceniza que se obtenga mediante incineración no deberá exceder del 8 por ciento referido al peso en seco.

3.2.4 Grasa

El contenido de grasa residual deberá ser compatible con las buenas prácticas de fabricación.

3.2.5 Fibra cruda

El contenido no deberá exceder:

- en el caso de los HPS, del 5 por ciento
- en el caso de los CPS, del 6 por ciento
- en el caso de los APS, del 0,5 por ciento referido al peso en seco.

3.3 Ingredientes facultativos

- a) carbohidratos, incluidos los azúcares
- b) grasas y aceites comestibles
- c) otros productos proteínicos
- d) vitaminas y minerales
- e) sal, hierbas aromáticas y especias

3.4 Factores nutricionales

La elaboración deberá controlarse cuidadosamente y ser suficientemente minuciosa para asegurar un aroma y sabor agradable óptimos, así como para controlar factores tales como el inhibidor de tripsina, las hemaglutininas, etc., de acuerdo con el uso a que se destinan. Cuando sea necesario controlar la actividad de los inhibidores de tripsina en un alimento, se deberá definir el máximo nivel permisible tomando como base el estado de elaboración final del alimento. Algunos PPS se elaboran en condiciones de baja temperatura para evitar la pérdida de solubilidad en las proteínas o la actividad enzimática. Estos PPS para fines especiales serán analizados para determinar el valor nutritivo y después de someterlos a un tratamiento térmico adecuado. La elaboración no debe ser tan intensa que menoscabe notablemente el valor nutritivo.

4. ADITIVOS ALIMENTARIOS

Al manufacturar los PPS se podrán utilizar las siguientes clases de coadyuvantes de elaboración, según aparecen registrados en el inventario consultivo de la Comisión del Codex Alimentarius:

- Reguladores de la acidez
- Agentes antiespumantes
- Agentes solidificantes
- Preparaciones de enzima
- Disolventes para extracción
- Agentes antiestáticos
- Agentes para el tratamiento de harinas
- Agentes de control de la viscosidad

5. CONTAMINANTES

Los PPS no deberán contener metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

6. HIGIENE

- 6.1 Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de esta norma se preparen de conformidad con las secciones pertinentes del *Código Internacional Recomendado de Prácticas – Principios generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1969).
- 6.2 En la media compatible con las buenas prácticas de fabricación, el producto deberá estar exento de materias objetables.
- 6.3 Cuando se analice el producto con métodos adecuados de muestreo y examen, dicho producto:

- a) deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- b) no deberá contener sustancias que procedan de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- c) no deberá contener otras sustancias tóxicas en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

7. ENVASADO

Los PPS se envasarán en recipientes higiénicos apropiados que mantengan el producto en condiciones higiénicas y al abrigo de la humedad durante su almacenamiento y transporte.

8. ETIQUETADO

Además de las disposiciones de la Norma General para el Etiquetado de Alimentos Pre-ensados (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

8.1 Nombre del alimento

8.1.1 El nombre del alimento a declararse en la etiqueta deberá ser:

- “harina proteínica de soja” o “harina proteínica de soya” cuando el contenido proteínico sea del 50 por ciento o más y menor del 65 por ciento;
 - “concentrado proteínico de soja” o “concentrado proteínico de soya” cuando el contenido proteínico sea del 65 por ciento o más y menor del 90 por ciento.
-

Cuadro 14A. Balance de materia de la obtención de aceite y torta de sachá inchi desgrasada por proceso y operación.

Operación	Entrada	Salida	Continua	Rendimiento por operación	Rendimiento por proceso
Recepción	50.00	- - -	50.00	100.00%	100.00%
Acondicionamiento I (Descapsulado)	50.00	23.72	26.28	52.56%	52.56%
Limpieza y selección	26.28	0.25	26.03	99.05%	52.06%
Acondicionamiento II (Descascarillado)	26.03	9.36	16.67	64.04%	33.34%
Prensado	16.67	5.14	11.53	69.17%	23.06%
Secado	11.53	1.82	9.71	84.22%	19.42%
Molienda	9.71	0.50	9.21	94.85%	18.42%
Desgrasado	9.21	2.10	7.11	77.20%	14.22%

Cuadro 15A. ANOVA para el contenido de proteínas.

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	45.361	2	22.680	21.100	0.000
Error experimental	12.896	12	1.075		
Total	58.257	14			

Cuadro 16A. ANOVA para el contenido de humedad.

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	17.733	2	8.867	7.820	0.007
Error experimental	13.600	12	1.133		
Total	31.333	14			

Cuadro 17A. ANOVA para el contenido de ceniza.

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	3.961	2	1.981	31.780	0.000
Error experimental	0.748	12	0.062		
Total	4.709	14			

Cuadro 18A. ANOVA para el contenido de grasa.

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	0.321	2	0.161	21.910	0.000
Error experimental	0.088	12	0.007		
Total	0.409	14			

Cuadro 19A. ANOVA para el contenido de carbohidratos.

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	0.286	2	0.143	0.090	0.918
Error experimental	19.956	12	1.663		
Total	20.243	14			

Cuadro 20A. ANOVA para la capacidad de retención de agua (CRA).

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	0.004	2	0.002	0.690	0.522
Error experimental	0.035	12	0.003		
Total	0.039	14			

Cuadro 21A. ANOVA para la capacidad de absorción de aceite (CAA).

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	0.072	2	0.036	5.290	0.023
Error experimental	0.082	12	0.007		
Total	0.154	14			

Cuadro 22A. ANOVA para la capacidad de gelificación (CG).

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	4.468	2	2.234	38.520	0.000
Error experimental	0.696	12	0.058		
Total	5.164	14			

Cuadro 23A. ANOVA para la capacidad emulsificante (CE).

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	1681.49	2	840.74	1543.59	0.000
Error experimental	6.54	12	0.55		
Total	1688.02	14			

Cuadro 24A. ANOVA para la capacidad de formación de espuma (CFE).

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	3398.93	2	1699.47	670.84	0.000
Error experimental	30.40	12	2.53		
Total	3429.33	14			

Análisis de varianza y Tukey para el % de estabilidad de espuma de los concentrados proteicos.

Cuadro 25A. ANOVA para el %EES respecto al tipo de extracción y tiempo.

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tiempo	25834.70	8	3229.33	1159.47	0.000
Tipos de extracción	4614.40	2	2307.20	828.38	0.000
Tiempo * Tipos de extracción	5707.73	16	356.73	128.08	0.000
Residuo	300.80	108	2.79		
Total	36457.60	134			
R-Cuadrada = 99.175 %					

Cuadro 26A. Comparación múltiple de Tukey del % EES.

Tratamientos	Tiempo	% EES
T1: Hidroalcohólica	0	156.40 ± 0.75 a
T2: Isoeléctrica	0	119.60 ± 0.75 b
T3: Térmica	0	140.00 ± 0.75 c
T1: Hidroalcohólica	1	150.80 ± 0.75 d
T2: Isoeléctrica	1	115.60 ± 0.75 e
T3: Térmica	1	134.00 ± 0.75 f
T1: Hidroalcohólica	10	148.40 ± 0.75 g
T2: Isoeléctrica	10	115.60 ± 0.75 h
T3: Térmica	10	130.00 ± 0.75 i
T1: Hidroalcohólica	20	128.80 ± 0.75 j
T2: Isoeléctrica	20	111.60 ± 0.75 k
T3: Térmica	20	120.40 ± 0.75 l
T1: Hidroalcohólica	30	106.40 ± 0.75 m
T2: Isoeléctrica	30	107.60 ± 0.75 m
T3: Térmica	30	115.60 ± 0.75 n
T1: Hidroalcohólica	40	106.00 ± 0.75 o
T2: Isoeléctrica	40	105.20 ± 0.75 o
T3: Térmica	40	110.80 ± 0.75 p
T1: Hidroalcohólica	50	104.40 ± 0.75 r
T2: Isoeléctrica	50	102.80 ± 0.75 q
T3: Térmica	50	104.80 ± 0.75 r
T1: Hidroalcohólica	60	102.80 ± 0.75 s
T2: Isoeléctrica	60	101.20 ± 0.75 s
T3: Térmica	60	102.80 ± 0.75 s
T1: Hidroalcohólica	120	102.40 ± 0.75 t
T2: Isoeléctrica	120	100.00 ± 0.75 t
T3: Térmica	120	102.40 ± 0.75 t

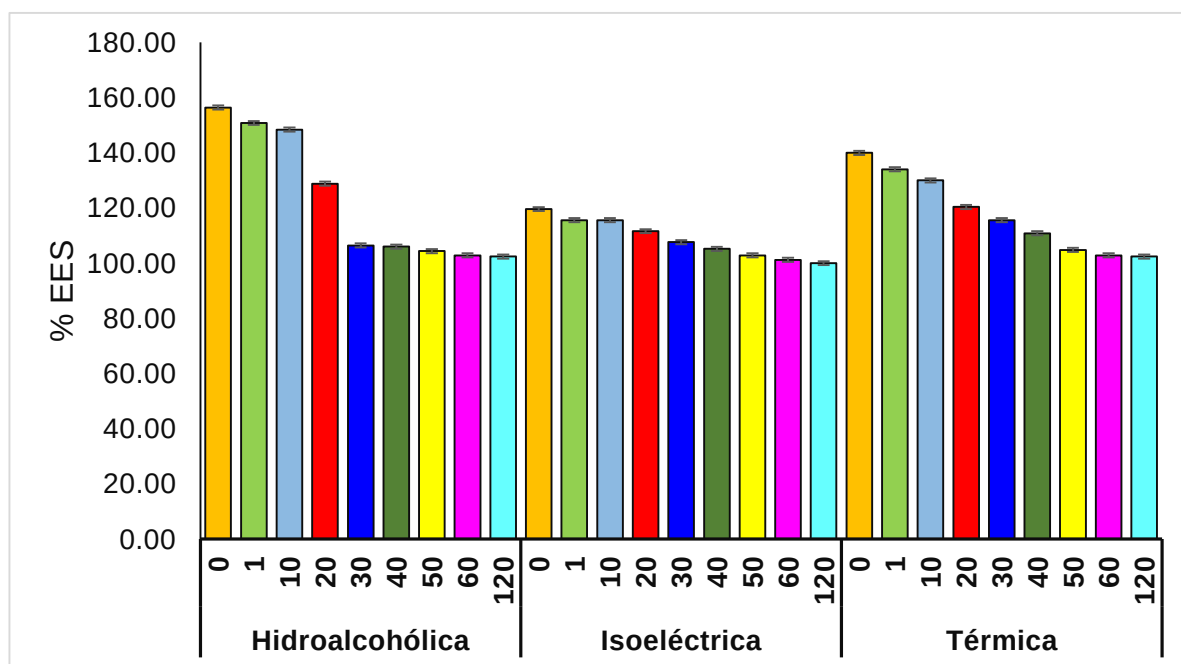


Figura 23A. % de EES de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi respecto al tipo de extracción y tiempo.

Análisis de varianza y Tukey para el % de solubilidad de los concentrados proteicos.

Cuadro 27A. ANOVA para el % Solubilidad respecto al tipo de extracción y pH.

Fuente	S. C.	gl	C.M.	Fc	Pv
Tipos de extracción	377.863	2	188.931	636.870	0.000
pH	16194.200	4	4048.540	13647.310	0.000
Tipos de extracción * pH	89.494	8	11.187	37.710	0.000
Error experimental	17.799	60	0.297		
Total	16679.300	74			
R-Cuadrada = 99.893 %					

Cuadro 28A. % Solubilidad para los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi.

Tratamientos	pH	% Solubilidad
T1: Hidroalcohólica	2	6.34 ± 0.22 a
T2: Isoeléctrica	2	4.79 ± 0.16 b
T3: Térmica	2	5.51 ± 0.18 ab
T1: Hidroalcohólica	4	9.89 ± 0.47 d
T2: Isoeléctrica	4	6.13 ± 0.27 e
T3: Térmica	4	8.44 ± 0.20 f
T1: Hidroalcohólica	6	17.37 ± 0.81 g
T2: Isoeléctrica	6	10.50 ± 0.35 h
T3: Térmica	6	12.29 ± 0.48 i
T1: Hidroalcohólica	8	39.28 ± 0.24 j
T2: Isoeléctrica	8	31.72 ± 0.22 k
T3: Térmica	8	33.48 ± 1.45 l
T1: Hidroalcohólica	10	45.33 ± 0.81 m
T2: Isoeléctrica	10	37.80 ± 0.28 n
T3: Térmica	10	41.87 ± 0.25 o

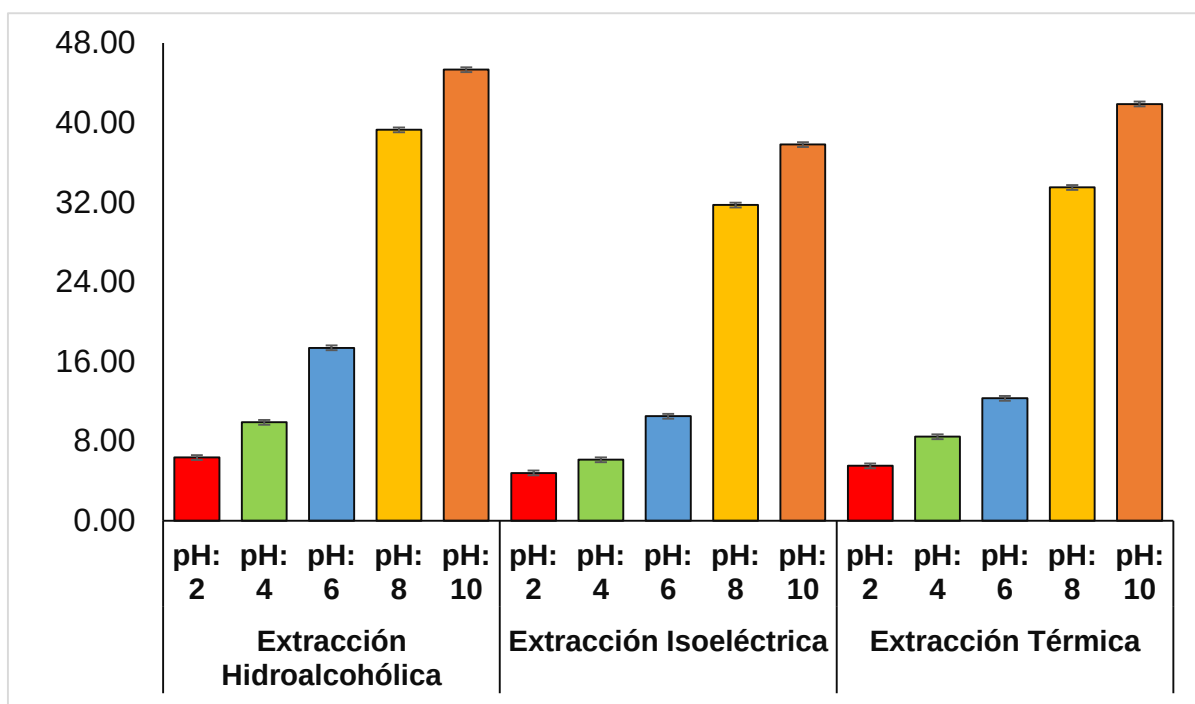


Figura 24A. % de solubilidad de los concentrados proteicos de la torta de sachá inchi respecto al tipo de extracción y pH.

Descripción fotográfica del trabajo de investigación.



Figura 25A. Recepción de materia prima



Figura 26A. Semilla de sachá inchi en cápsula.



Figura 27A. Almendras de sachá inchi.



Figura 28A. Prensado de las almendras.



Figura 29A. Subproducto de extracción: Aceite y torta.



Figura 30A. Secado de la torta de sachá inchi.



Figura 31A. Torta seca y molida de sachá inchi.



Figura 32A. Equipo soxhlet.

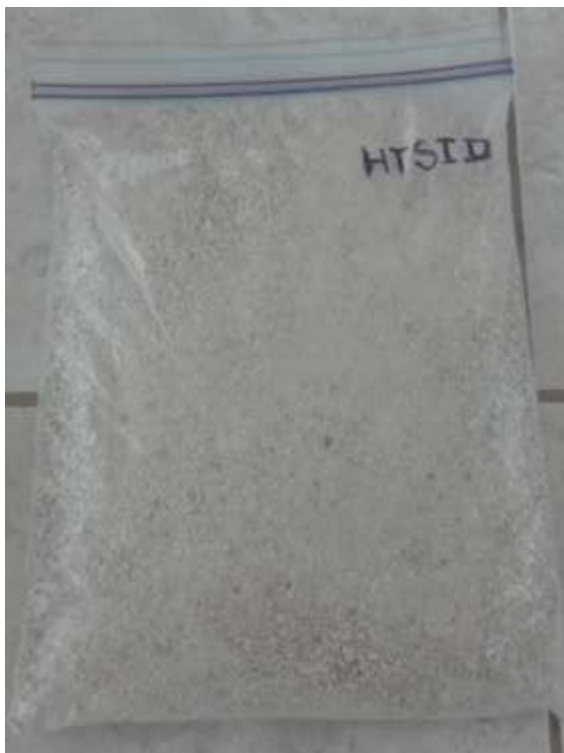


Figura 33A. Harina de torta de sachá inchi desgrasada (HTSID).



Figura 34A. Extracción de concentrados.



Figura 35A. Ajuste de pH.



Figura 36A. Extracción de concentrados.



Figura 37A. Medición de pH.



Figura 38A. Centrifugación.



Figura 39A. Concentrados proteicos mediante extracción hidroalcohólica.



Figura 40A. Concentrados proteicos mediante extracción isoelectrica.



Figura 41A. Concentrados proteicos mediante extracción térmica.



Figura 42A. Evaluación de propiedades.



Figura 43A. Evaluación de propiedades



Figura 44A. Evaluación de propiedades.



Figura 45A. Evaluación de propiedades.



Figura 46A. Evaluación de propiedades.



Figura 47A. Evaluación de propiedades.



Figura 48A. Evaluación de propiedades.