

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Uso de la torta resultante del proceso de extracción de aceite
de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) como sustituto de maní
en la elaboración de una barra energética**

Rebeca Nicole Ruiz Pesantez

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del
título de Ingeniero en Alimentos

Quito, 09 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Uso de la torta resultante del proceso de extracción de aceite de
Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) como sustituto de maní en la
elaboración de una barra energética**

Rebeca Nicole Ruiz Pesantez

Nombre del profesor, Título académico

María José Andrade Cuvi, PhD.

Quito, 09 de diciembre de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Rebeca Nicole Ruiz Pesantez

Código: 00213673

Cédula de identidad: 1724402480

Lugar y fecha: Quito, 09 de diciembre de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación: Potencial de derivados de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) de la Amazonía ecuatoriana para su uso en la industria de alimentos y gastronomía ecuatoriana, Proyecto ID: 23218.

Director: PhD. José Miguel Álvarez.

RESUMEN

El presente estudio se enfocó en el desarrollo y caracterización de barras energéticas utilizando torta de Sacha Inchi como sustituto parcial del maní, con el fin de determinar su efecto en la calidad nutricional y sensorial del producto. El objetivo general fue evaluar el efecto de diferentes niveles de sustitución (0%, 25%, 50%, 75%, y 100%) sobre las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de las barras, así como determinar la formulación más aceptada por los consumidores. La metodología incluyó un diseño experimental Completamente al Azar (DCA), análisis fisicoquímicos (humedad, actividad de agua, composición proximal), pruebas de dureza y evaluación sensorial (aceptabilidad mediante una escala hedónica de 9 puntos). Las barras se elaboraron siguiendo un proceso estandarizado que incluyó la preparación de los ingredientes, mezclado, moldeo, horneado y almacenamiento. Se encontró que la sustitución del maní por torta de Sacha Inchi produjo un impacto significativo en la dureza y humedad de las barras. Las formulaciones con 50% y 75% de sustitución alcanzaron rangos ideales de dureza (15-25 N) y humedad (<10%), establecidos como referencia. La barra con 50% de sustitución fue la más aceptada sensorialmente. En términos nutricionales, esta barra destaca por su alto contenido de proteína (19.07%), fibra cruda (7.53%) y grasas (19.83%). En conclusión, la torta de Sacha Inchi es un ingrediente funcional cuyo aprovechamiento constituye una alternativa para el uso de subproductos agroindustriales.

Palabras clave: torta de Sacha Inchi, barras energéticas, sustitución parcial, calidad nutricional, evaluación sensorial, composición proximal, subproductos agroindustriales.

ABSTRACT

The present study focused on the development and characterization of energy bars using Sacha Inchi cake as a partial substitute for peanuts to determine its effect on the nutritional and sensory quality of the product. The general objective was to evaluate the impact of different substitution levels (0%, 25%, 50%, 75%, and 100%) on the physicochemical, textural, and sensory properties of the bars, as well as to identify the formulation most accepted by consumers. The methodology included an experimental design, physicochemical analyses (moisture, water activity, proximate composition), hardness tests, and sensory evaluation (acceptability using a 9-point hedonic scale). The bars were prepared following a standardized process that included ingredient preparation, mixing, molding, baking, and storage. It was found that substituting peanuts with Sacha Inchi cake significantly impacted the hardness and moisture content of the bars. Formulations with 50% and 75% substitution achieved ideal ranges of hardness (15-25 N) and moisture (<10%) established as reference standards. The bar with 50% substitution was the most sensorially accepted. Nutritionally, this bar stands out for its high protein content (19.07%), crude fiber (7.53%), and fats (...%). In conclusion, Sacha Inchi cake is a functional ingredient whose use represents an alternative for agro-industrial by-products processing.

Keywords: Sacha Inchi cake, energy bars, partial substitution, nutritional quality, sensory evaluation, proximate composition, agro-industrial by-products.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1. Materias primas	14
2.2. Sustitución de maní por torta de Sacha Inchi en la elaboración de barras energéticas	14
2.2.1. Proceso de elaboración de barras energéticas.....	14
2.2.2. Diseño experimental y análisis estadístico	16
2.3. Determinación de humedad	17
2.4. Determinación de dureza	18
2.5. Evaluación sensorial	18
2.6. Composición proximal y componentes nutricionales.....	19
2.7. Determinación de sodio	20
2.8. Determinación de azúcares totales	20
2.9. Diseño del prototipo	21
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
3.1. Selección de las formulaciones con mejores características de calidad	21
3.2. Selección de las formulaciones con mayor aceptabilidad sensorial	25
3.3. Composición química de la barra energética con mayor aceptabilidad	29
3.4. Actividad de agua (Aw).....	31
3.5. Color	32
3.6. Determinación de sodio	33
3.7. Determinación de azúcares totales	33
3.8. Diseño del prototipo	34
4. CONCLUSIONES	37
5. RECOMENDACIONES	38
6. REFERENCIAS	39
7. ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación de barras energéticas.	14
Tabla 2. Formulaciones de barras energéticas elaborados con torta de Sacha Inchi.	17
Tabla 3. Método de análisis proximal de la barra energética.	19
Tabla 4. Nivel de agrado de las formulaciones de barras energéticas.	26
Tabla 5. Análisis proximal de barra energética (50% Sacha inchi).....	29
Tabla 6. Parámetros de color de la formulación con 50% de sustitución.....	32
Tabla 7. Valor diario recomendado (VDR) para los nutrientes a declararse.....	34
Tabla 8. Concentraciones de cada componente a declarar	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo del proceso de elaboración de barra energética.....	16
Figura 2. Humedad de las barras energéticas en diferentes niveles de sustitución.	22
Figura 3. Dureza en las barras energéticas a diferentes niveles de sustitución.	23
Figura 4. Barra energética con a) 50% y b) 75 % de sustitución de Sacha inchi.	27
Figura 5. Etiqueta nutricional para barra energética.....	35
Figura 6. Semáforo nutricional de la barra energética.	36
Figura 7. Prototipo de empaque de barras elaboradas con torta de Sacha inchi.....	37

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de alimentos funcionales ha surgido como una respuesta a las crecientes necesidades globales en términos de sostenibilidad, nutrición y salud pública, abordando además limitaciones culturales, sociales y ambientales. En este contexto, las barras nutricionales se han convertido en productos ampliamente consumidos a nivel mundial debido a su alto valor nutritivo y conveniencia para el consumo rápido, especialmente en un estilo de vida moderno y acelerado. Las barras nutricionales suelen estar compuestas por una combinación de cereales, frutas, frutos secos y otros ingredientes que aportan proteínas, fibras y antioxidantes, brindando una fuente rápida de energía y nutrientes esenciales (Kowalska et al., 2022).

El crecimiento en la demanda de estos productos ha incentivado la investigación y desarrollo de formulaciones innovadoras que no solo satisfacen las necesidades nutricionales del consumidor, sino que también exploran el uso de ingredientes funcionales y subproductos agroindustriales para mejorar tanto el valor nutricional como la sostenibilidad económica y ambiental. En el campo de la innovación alimentaria, la incorporación de subproductos agroindustriales ha cobrado importancia. Por ejemplo, subproductos como los residuos de piña, cáscaras de maracuyá, soya, entre otros, se han utilizado en la fabricación de barras nutricionales, logrando mejorar su valor nutritivo, funcionalidad y reducir los costos de producción (Paiva et al., 2012). Esta tendencia no solo impulsa la creación de productos más sostenibles, sino que también promueve el aprovechamiento de materias primas que de otro modo se desperdiciarían.

En este contexto de innovación y búsqueda de ingredientes funcionales, el Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) ha emergido como un cultivo de alto valor

nutricional, especialmente por su contenido en ácidos grasos omega-3, omega-6 y omega-9, que ofrecen importantes beneficios para la salud cardiovascular y la reducción de la inflamación. El Sacha Inchi, originario de la Amazonía peruana, es una planta que ha ganado reconocimiento mundial por sus múltiples aplicaciones comerciales y su cultivo sostenible (Wang et al., 2018). Aunque su uso más conocido es en la producción de aceite, el residuo de prensado que se obtiene tras la extracción del aceite, conocido como "torta de Sacha Inchi", tiene un elevado contenido de proteínas, carbohidratos, fibra dietética y compuestos fenólicos, lo que sugiere que puede ser utilizado como ingrediente en la industria alimentaria (Kittibunchakul, 2022).

La semilla de Sacha Inchi se caracteriza por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, entre los que destacan el ácido α -linolénico (47.7-51.9%), el ácido linoleico (34-37%) y el ácido oleico (7.9-8.9%). También contiene ácidos grasos saturados, como el palmítico (4.4%) y el esteárico (2.7%). Además, es rica en antioxidantes como la vitamina E, presente en forma de α -tocoferol (50-114 mg/g de aceite) y δ -tocoferol (30-125 mg/g de aceite), junto con fitoesteroles y β -carotenos. En términos de macronutrientes, ofrece un 27% de proteínas y un 7.72% de carbohidratos (Torres et al., 2021).

Por otro lado, los aislados de proteínas extraídos de la semilla tienen una notable capacidad para retener agua y aceite, en cantidades de 2.97 a 3.09 g por gramo de muestra, respectivamente. Sin embargo, se han identificado diferencias en la digestibilidad de estas proteínas según la región de origen de la semilla. Gracias a su elevado contenido proteico, el Sacha Inchi presenta un gran potencial para el desarrollo de aditivos alimentarios a base de proteínas o como sustituto de estas en diversas aplicaciones (Torres et al., 2021).

Desde una perspectiva ambiental, el Sacha Inchi representa una solución sostenible para la industria alimentaria al promover la economía circular y reducir el impacto ambiental. Su cultivo, mayoritariamente realizado en regiones amazónicas, fomenta la conservación de ecosistemas sensibles, ya que no requiere prácticas intensivas de deforestación. Además, el aprovechamiento de subproductos como la torta residual de la extracción de aceite disminuye los desechos y potencia su uso en la elaboración de productos de alto valor agregado, como barras energéticas y suplementos nutricionales. Estas prácticas no solo minimizan el desperdicio, sino que también contribuyen a la reducción de la huella ecológica de la cadena de producción, posicionando al Sacha Inchi como un modelo de sostenibilidad en el sector agrícola y alimentario (Campaña et al., 2023).

En términos económicos, el Sacha Inchi tiene un alto potencial para impulsar el desarrollo rural y diversificar la economía agrícola, especialmente en la Amazonía. Su cultivo proporciona una fuente de ingresos estable para comunidades locales, fomentando su inclusión en cadenas de valor sostenible. Además, la creciente demanda internacional de productos funcionales y saludables, como el aceite y los subproductos del Sacha Inchi, abre oportunidades de exportación que benefician tanto a pequeños agricultores como a grandes productores. La valorización de subproductos, como la torta rica en proteínas y antioxidantes, incrementa la rentabilidad al permitir la creación de productos innovadores y de alto valor agregado, fortaleciendo la economía circular y reduciendo la dependencia de cultivos tradicionales. Esto posiciona al Sacha Inchi como un recurso estratégico en el mercado global de alimentos y suplementos (Campaña et al., 2023).

Desde una perspectiva cultural y social, el Sacha Inchi tiene un profundo vínculo con las comunidades indígenas y rurales de la Amazonía, donde ha sido

cultivado y utilizado durante siglos. Su rescate y promoción no solo valoran las prácticas tradicionales, sino que también fortalecen la identidad cultural y la conexión con la biodiversidad local. Socialmente, su producción fomenta el empoderamiento de pequeños agricultores, especialmente en comunidades vulnerables, al integrarlos en cadenas de valor sostenibles y equitativas. La incorporación de este recurso en productos innovadores como barras energéticas crea un puente entre las tradiciones alimentarias locales y las demandas globales de alimentos funcionales, generando oportunidades para preservar el patrimonio cultural mientras se mejoran las condiciones de vida de estas comunidades (MAG, 2018).

A pesar de su creciente popularidad, gran parte del subproducto generado durante la extracción de aceite de Sacha Inchi se destina a usos de bajo valor, como fertilizantes o alimento para animales. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que estos subproductos tienen propiedades nutricionales que los hacen adecuados para su inclusión en productos alimenticios de alto valor agregado, como barras nutricionales (Torres et al., 2021). De este modo, el Sacha Inchi se presenta como una opción sostenible y funcional para el desarrollo de productos alimenticios innovadores que promuevan la salud y reduzcan el impacto ambiental.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el uso de la torta de Sacha Inchi como sustituto del maní en la elaboración de barras energéticas, explorando su potencial para mejorar el perfil nutricional de estos productos. A través de un análisis sensorial y nutricional, se busca determinar el nivel adecuado de sustitución que maximice tanto la calidad nutricional como la aceptabilidad por parte de los consumidores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materias primas

Las principales materias primas (maní, chocolate 70%, miel, ajonjolí, avena) a emplear fueron obtenidas en los mercados locales. La Torta de Sacha inchi utilizada como sustituto del maní es un residuo del proceso de extracción del aceite; una vez obtenidos el aceite y la torta de Sacha inchi (procesados en la provincia de Francisco de Orellana, cantón La Joya de los Sachas, 0.3014° S, 76.8571° W) se trasladaron a la Planta Piloto de la USFQ (Quito), donde se mantuvieron en refrigeración (4°C) hasta su uso. La cascarilla de café fue proporcionada por un productor local de la zona de Tumbaco, provincia de Pichincha.

2.2. Sustitución de maní por torta de Sacha Inchi en la elaboración de barras energéticas

2.2.1. Proceso de elaboración de barras energéticas

Las barras se elaboraron según los métodos descritos por Solís y González (2019) y Noblecilla (2020) con ligeras modificaciones. En la Tabla 1 se presentan las proporciones de cada ingrediente usadas en la formulación.

Tabla 1. *Formulación de barras energéticas.*

Ingrediente	%
Maní	45
Ajonjolí	7
Avena	8
Chocolate 70%	15
Miel	20
Cascarilla de café	5

El porcentaje de torta de Sacha Inchi varió según el grado de sustitución, de acuerdo con el diseño experimental planteado.

La Figura 1 muestra el proceso de elaboración de las barras energéticas. En primer lugar, se trituran el maní, la torta de Sacha Inchi y la cascarilla de café. El maní se trituró durante 5 minutos hasta obtener una crema, en tanto que la torta de Sacha Inchi se trituró hasta obtener una harina. La cascarilla de café trituró y tamizó con un tamiz de calibre 1mm para eliminar partículas de mayor tamaño. Se utilizó un molino marca Elsy 800G.

En segundo lugar, se pesaron todos los ingredientes y se mezclaron hasta obtener una masa ligada. Esta masa se dividió en porciones de 50 gramos, se comprimió manualmente en los moldes de 9 cm de largo, 3.5 cm de ancho y 1.5 cm de espesor, posteriormente se refrigera durante 1 hora. Finalmente, las barras se hornean a 85°C por 50 min y se enfrían a temperatura ambiente.

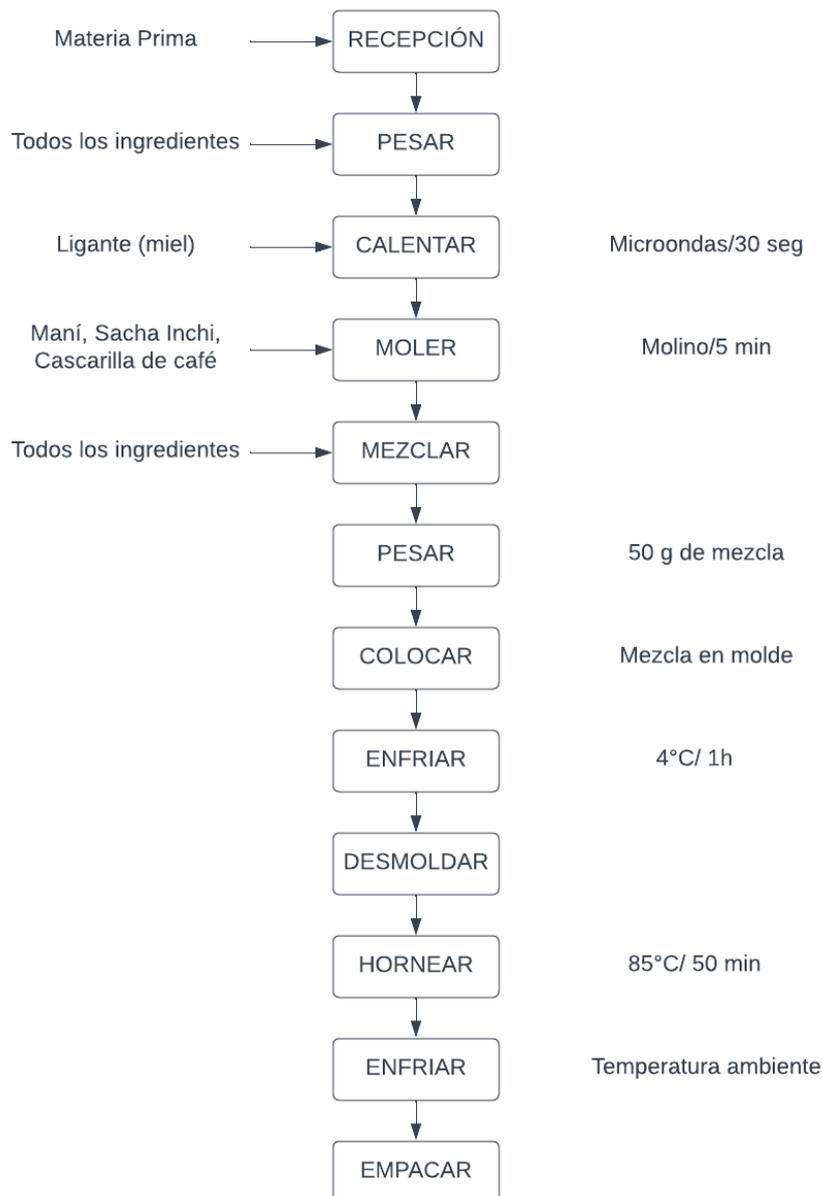


Figura 1. Diagrama de Flujo del proceso de elaboración de barra energética

2.2.2. Diseño experimental y análisis estadístico

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) donde el factor fue la concentración de maní el cual fue sustituido por torta de Sacha Inchi. Se elaboraron de 5 tipos de barras: control (100% maní) y cuatro barras con una sustitución de maní por torta de Sacha inchi del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. En la Tabla 2 se muestran las cinco sustituciones

realizadas. El experimento se realizó por duplicado; con un total de 10 unidades experimentales.

La proporción de los otros ingredientes (ajonjolí, chocolate, cascarilla de café, miel y avena) se mantuvo constante.

Tabla 2. *Formulaciones de barras energéticas elaborados con torta de Sacha Inchi.*

Ingrediente	FORMULACIONES				
	0%	25%	50%	75%	100%
Torta de Sacha Inchi	0	11,25	22,5	33,75	45
Maní	45	33,75	22,5	11,25	0
Ajonjolí	7	7	7	7	7
Avena	8	8	8	8	8
Chocolate 70%	15	15	15	15	15
Miel	20	20	20	20	20
Cascarilla de café	5	5	5	5	5

El diseño factorial y la aleatorización se realizó en el software estadístico Minitab 19. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) seguido del test Tukey, con una significancia de 0.05.

Se analizó el efecto de la sustitución de maní por torta de sacha inchi sobre características de calidad de barras energéticas como humedad y dureza.

2.3. Determinación de humedad

Se aplicó la metodología de la AOAC 925.09. En un plato de aluminio previamente desecado se pesaron 5 g de cada barra, y se mantuvo en la estufa a 105°C por 5 horas. La

humedad se expresó como el porcentaje de la diferencia de pérdida de peso, según la ecuación 1. Los análisis se realizaron por triplicado.

$$\%Humedad = \frac{P2-P3}{P2-P1} * 100 \quad [1]$$

Donde,

P1= Peso del plato (g)

P2= Peso del plato más muestra (g)

P3= Peso del plato más muestra seca (g)

2.4. Determinación de dureza

Se utilizó un texturómetro TX-700-UK02/2023, Lamy Rheology, junto con el software Rheo Tex. Se realizó un análisis de compresión para conocer el valor de la fuerza con condiciones para la velocidad de compresión: 1 mm/s, fuerza de inicial: 1 N, distancia: 3 mm, posición de espera: 4 mm, velocidad de subida: 2.5mm/s y probe: TX-CY2H355. Los resultados se expresaron en N (Newtons). Se utilizó como referencia una barra comercial (marca OUTBreak Nutrition) para determinar los parámetros ideales.

De las cinco formulaciones desarrolladas se seleccionaron 2 con las mejores características de calidad y entre estas se evaluó la aceptabilidad sensorial.

2.5. Evaluación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial afectiva utilizando una escala hedónica de 9 puntos, siendo 1 = me disgusta mucho y 9 = me gusta mucho, con un punto intermedio en 5 = ni me gusta ni me disgusta. Las formulaciones se codificaron con un conjunto de números de tres cifras al azar. Las muestras se presentaron a los jueces de manera aleatorizada. Los resultados recopilados evaluaron atributos de: sabor, textura, color, olor y

aceptabilidad general. Los resultados se analizaron mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA), con una comparación de medias según el test de Tukey con una significancia de 0.05. El consentimiento informado y el cuestionario utilizados se encuentran en los anexos A y B, respectivamente.

En la formulación con mayor aceptabilidad se determinó su composición proximal, contenido de sodio, azúcares totales y se diseñó un prototipo comercial.

2.6. Composición proximal y componentes nutricionales

El análisis proximal se realizó según los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). En la Tabla 3 se indican los métodos utilizados.

Tabla 3. Método de análisis proximal de la barra energética.

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS DE REFERENCIA
Humedad	AOAC 925.09
Ceniza	AOAC 923.03
Grasa	AOAC 920.39C
Proteína	AOAC 920.87
Fibra cruda	AOAC 991.43
Carbohidratos	Cálculo por diferencia

Se realizó la determinación de la actividad de agua (AOAC 978.18) y el color se determinó usando un colorímetro Konica Minolta CR-400. Los parámetros medidos en la escala de color fueron: L (luminosidad: blanco a oscuro), a (rojo a verde) y b (amarillo a azul) Cr (cromaticidad) y H (tonalidad).

2.7. Determinación de sodio

El contenido de sodio se determinó mediante volumetría, siguiendo el procedimiento descrito por Chávez y Bonilla (2014). Se pesaron 10 gramos de muestra y se disolvieron en 15 ml de agua destilada calentada a 50-55°C, completando el volumen a 100 ml en un matraz aforado. De esta solución, se tomaron 50 ml y se añadieron 1 ml de K₂CrO₄ como indicador. La titulación se llevó a cabo con una solución de AgNO₃ 0,01N hasta la aparición de una coloración marrón-rojiza, indicando el punto final. Se utilizó agua destilada como blanco. El porcentaje de sodio en la muestra se calculó utilizando la ecuación 2:

$$Na(\%) = \frac{(V_{AgNO_3} - V_{blanco}) * N(AgNO_3) * pmeq Na}{muestra (gramos)} * 100 \quad [2]$$

Donde:

V_{AgNO₃} es el volumen consumido en la titulación

V_{blanco} es el volumen en ml para el blanco

N es la normalidad del AgNO₃

0.023 son los miliequivalentes del sodio

2.8. Determinación de azúcares totales

El contenido de azúcares totales se determinó por el método Fehling-Causse-Bonnans, siguiendo el procedimiento descrito por Cobos et al., (2017). Se pesaron 25 gramos de la muestra y se disolvieron en 225 ml de agua destilada completando el volumen a 250 ml en un matraz aforado. Se filtró y se cargó la bureta con el filtrado. En un Erlenmeyer de 250 ml se colocaron 25 ml de licor de FCB (5 ml Fehling A + 5 ml Fehling B + 15 ml H₂O(d) por cada muestra) y 3 gotas de azul de metileno. Se agregaron de 3 a 4 núcleo de ebullición y se tituló en ebullición hasta la aparición de una coloración rojiza. El porcentaje de azúcares en la muestra se calculó utilizando la ecuación 3:

$$\text{Azúcares reductores (g/L)} = \frac{45,1}{n} * D \quad [3]$$

Donde:

N es el volumen consumido

D es la Dilución

Posteriormente se realizó la inversión de la sacarosa, en 100 ml de la solución filtrada se añadió 10 ml de HCl 1N y se llevó a ebullición. A la solución ya fría se la neutralizó con NaOH 1N y se replicó el proceso anterior de titulación.

2.9. Diseño del prototipo

Para la elaboración de la etiqueta se utilizó la información nutricional para un tamaño de porción de 50 gramos. Además, se calculó el valor diario recomendado (VDR) considerando una dieta de 2000 Kcal/día y conforme a la legislación nacional vigente se diseñó el semáforo nutricional. Además, se seleccionó un empaque adecuado a las características y presentación del producto.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Selección de las formulaciones con mejores características de calidad

La selección de las formulaciones de la barra con mejores características de calidad se realizó en base a la humedad y dureza, según se describe a continuación.

La humedad de productos como barras energéticas influye en su textura y vida útil. Según la norma INEN 2595:2011 para granolas, la humedad máxima debe ser 10%. La humedad de las barras energéticas con sustituciones de maní por torta de Sacha inchi varió entre 5,22 y 7,57%. Como observa en la Figura 2 el tratamiento con mayor contenido de agua fue el de 100% de sustitución.

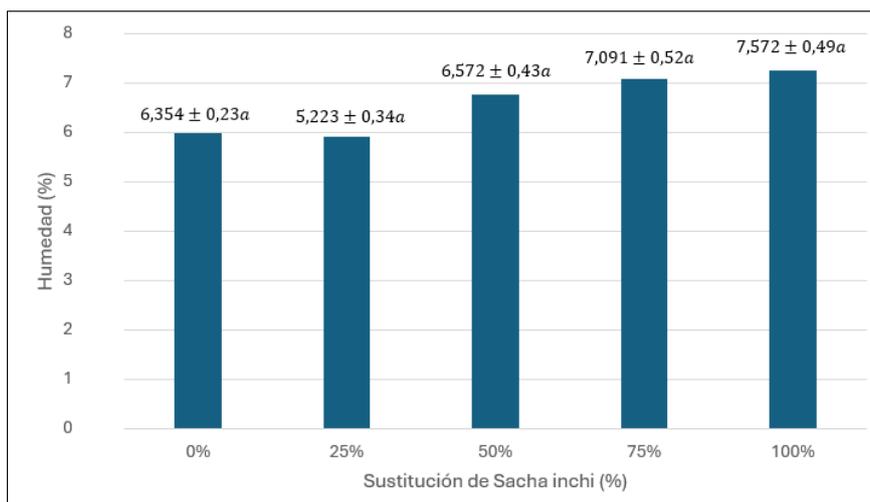


Figura 2. Humedad de las barras energéticas en diferentes niveles de sustitución.

*Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

Todos los tratamientos cumplieron con los estándares de calidad establecidos por la norma INEN para granolas. Se observó un incremento progresivo en el contenido de humedad a medida que aumentó el porcentaje de sustitución de la torta de Sacha inchi.

La sustitución de maní por torta de Sacha inchi no afectó de manera considerable el contenido de humedad dentro de los niveles evaluados. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

La humedad de un producto alimenticio es crucial, ya que influye directamente en su estabilidad microbiológica, textura y vida útil. En este estudio, aunque se observó una ligera tendencia en el incremento de la humedad de las barras energéticas con niveles más altos de sustitución de maní por torta de Sacha inchi.

Este comportamiento pudo explicarse por las propiedades higroscópicas de la torta de Sacha inchi. Al ser un subproducto rico en fibra y proteínas, presenta una capacidad moderada de retención de agua, lo que contribuyó a aumentar ligeramente el contenido

de humedad en las formulaciones con mayor concentración de torta. Es importante señalar que este aumento no fue suficiente para superar el límite crítico del 10% (Arrollo, 2018).

En estudios similares, como en barras energéticas enriquecidas con otros ingredientes proteicos, también se reportó que los componentes ricos en proteínas y fibra tendían a estabilizar el contenido de agua dentro de rangos aceptables para productos secos (Báez & Borja, 2013). Esto concuerda con el hecho de que la inclusión de Sacha inchi no comprometió la calidad funcional del producto. Además, el control adecuado de las condiciones de secado durante la elaboración del producto pudo haber influido en mantener la humedad baja, previniendo problemas relacionados con la proliferación de microorganismos o cambios en la textura (Solís & González, 2019).

Por otro lado, en la figura 3, se presentan los resultados de dureza de las barras energéticas analizadas mediante pruebas de compresión. Las formulaciones con mayor sustitución de torta de Sacha inchi mostraron mayor dureza.

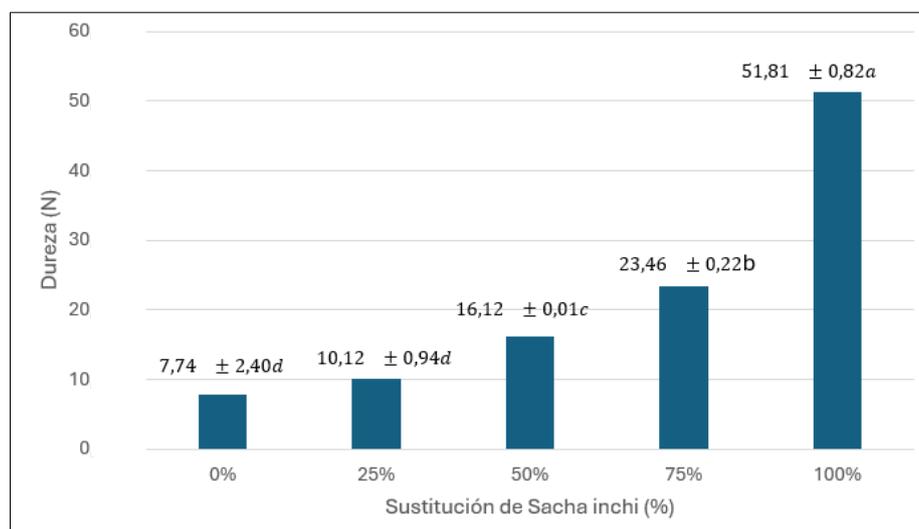


Figura 3. Dureza en las barras energéticas a diferentes niveles de sustitución.

*Medidas seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

Debido a la ausencia de una norma específica que defina la dureza de barras energéticas, se realizó previamente un estudio con las barras energéticas comerciales (marca OUTBreak Nutrition). El producto seleccionado fue una barra tipo masticable, que consiste en una mezcla de avena, miel, chocolate, maní y café, y que se asemeja a la barra de torta de Sacha inchi en cuanto a su composición y características físicas. Las determinaciones de dureza de barras de cinco lotes diferentes fueron tomadas como referencia, con valores de dureza que oscilaron entre 15 N y 25 N.

Las formulaciones con un 50% y 75% de sustitución de torta de Sacha inchi fueron las que se ubicaron dentro del rango establecido previamente.

El análisis ANOVA indicó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). La prueba de comparación de medias de Tukey agrupó los tratamientos en cuatro niveles: los tratamientos con 0% y 25% de sustitución no presentaron diferencias significativas entre sí; el tratamiento con 50% formó un grupo independiente; y los tratamientos con 75% y 100% se ubicaron en niveles más altos de dureza, con el tratamiento de 100% superando ampliamente los valores ideales.

La dureza es un parámetro clave en la aceptabilidad de barras energéticas, ya que afecta tanto la percepción sensorial como la facilidad de consumo. En este estudio, las formulaciones con 50% y 75% de sustitución lograron una dureza dentro del rango ideal (15–25 N), mientras que las formulaciones con 0% y 25% presentaron texturas demasiado blandas, y las de 100% mostraron una dureza excesiva que podría afectar la aceptabilidad de los consumidores (Jinchuang et al., 2020).

El incremento en la dureza de las barras con mayores niveles de sustitución se atribuye a la composición rica en proteínas y fibra de la torta de Sacha inchi que contribuye a la formación de una matriz más densa y cohesiva durante el proceso de mezclado y

compactación del producto. Investigaciones previas han demostrado que las proteínas vegetales, al interactuar con otros componentes como lípidos y carbohidratos, generan una estructura más rígida, especialmente en condiciones de alta presión y temperatura (Verduga et al., 2022).

Además, la dureza extrema observada en el tratamiento con 100% de torta de Sacha inchi podría deberse a una desproporción entre los ingredientes, lo que ocasiona una textura menos equilibrada. Este fenómeno ha sido reportado en estudios con otras barras proteicas, donde el exceso de proteínas puede llevar a una textura demasiado compacta y menos agradable al paladar (Yambay & Borbor, 2017).

En términos de aplicaciones prácticas, los tratamientos con 50% y 75% de sustitución representan las opciones más viables, equilibrando adecuadamente la textura con las expectativas sensoriales de los consumidores. Estos resultados son coherentes con investigaciones como la de Arrollo (2018), donde se optimiza la proporción de ingredientes para garantizar una textura adecuada sin comprometer la funcionalidad ni la aceptabilidad de barras energéticas.

3.2. Selección de las formulaciones con mayor aceptabilidad sensorial

Mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA), se realizó la evaluación sensorial afectiva utilizando una escala hedónica, con el objetivo de evaluar la aceptabilidad de las barras energéticas con 50 y 75% de sustitución del maní por torta de Sacha inchi. Las muestras fueron presentadas de manera aleatoria. Los atributos evaluados fueron: color, olor, sabor, dureza y aceptabilidad global. Los resultados fueron presentados en la Tabla 4.

Tabla 4. Nivel de agrado de las formulaciones de barras energéticas.

Atributos	Nivel de sustitución de las barras energéticas	
	50%	75%
Color	7,16 ± 1,43 ^A	6,95 ± 1,47 ^A
Olor	6,75 ± 1,69 ^A	6,77 ± 1,58 ^A
Dureza	7,36 ± 1,57 ^A	5,89 ± 2,26 ^B
Sabor	6,77 ± 1,86 ^A	6,52 ± 1,89 ^A
Global	7,31 ± 1,23 ^A	6,73 ± 1,51 ^B

Letras diferentes indican diferencias significativas en los tratamientos, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Los resultados de la evaluación sensorial compararon dos formulaciones de barras energéticas con niveles de sustitución de maní por torta de Sacha inchi del 50% y 75%. En cuanto al color, ambas formulaciones obtuvieron puntuaciones similares, sin diferencias significativas, lo que indicó que el nivel de sustitución no afectó la percepción visual del producto. De manera similar, en el atributo de olor, las puntuaciones entre 50% y 75% fueron prácticamente iguales, sin mostrar diferencias significativas.

Sin embargo, en el atributo de dureza, sí se observó una diferencia. La formulación con 50% de sustitución obtuvo una puntuación significativamente mayor, con una media de 7.36±1.57. Al comparar estos resultados con los obtenidos anteriormente, se observó que este nivel de sustitución ofreció una textura menos dura que la barra con sustitución del 75%. En cuanto al sabor, ambos niveles de sustitución tuvieron resultados similares, lo que indicó que el cambio en la proporción no impactó la percepción gustativa.

Finalmente, en la evaluación global, la formulación con 50% fue significativamente mejor valorada que la de 75%, destacándose como la opción preferida por los evaluadores.



Figura 4. Barra energética con a) 50% y b) 75 % de sustitución de Sacha inchi.

Se analizaron los atributos de color, olor, dureza, sabor y aceptación global en barras energéticas con niveles de sustitución del 50 % y 75 %. Los resultados obtenidos indican una alta aceptación general, destacándose valores promedio de 7,16 y 6,95 para el color, sin diferencias significativas. Estos resultados son coherentes con los reportados en el estudio de Verduga (2019), donde las barras energéticas elaboradas con Sacha Inchi presentaron puntuaciones cercanas a 7 en la escala hedónica de 9 puntos, lo que confirma una percepción positiva de este atributo en formulaciones similares.

El atributo olor obtuvo valores promedio de 6,75 y 6,77 para los niveles de sustitución del 50 % y 75 %, respectivamente, sin diferencias significativas. Estos resultados coinciden con los reportados por Verduga (2019), con puntuaciones promedio de 6,8 en barras de Sacha Inchi, y por Silva (2020), quien informó rangos entre 6,5 y 7,0 en formulaciones con Sacha Inchi, quinua y miel. Esto confirma la estabilidad del atributo olor, independientemente de las variaciones en las composiciones.

La dureza fue un atributo con diferencias significativas entre los niveles de sustitución, presentando valores de 7,36 para la barra de 50% y 5,89 para la de 75%. Estos resultados reflejan las observaciones de Verduga (2019), donde las barras con mayor contenido de Sacha Inchi presentaron mayor resistencia mecánica, lo que influye directamente en la

experiencia sensorial. Este atributo es crucial en la percepción de textura y puede determinar la aceptación o rechazo de consumidores dependiendo de las preferencias individuales.

El atributo sabor en las barras energéticas obtuvo puntuaciones de 6,77 y 6,52 para los niveles de sustitución del 50 % y 75 %, respectivamente, sin diferencias significativas. Estos resultados coinciden con los reportados por Verduga (2019) y Silva (2020), quienes encontraron rangos entre 6,5 y 7,0, destacando la influencia de la miel en la percepción de dulzura y aceptación general. Además, en el análisis de Verduga et al. (2022), las barras optimizadas y no optimizadas también presentaron puntuaciones similares, lo que refuerza que formulaciones balanceadas mantienen una percepción estable del sabor, independientemente de los niveles de sustitución.

El atributo de aceptabilidad general en las barras energéticas obtuvo valores promedio de 7,31 para el nivel de sustitución del 50 % y 6,73 para el 75 %, mostrando diferencias significativas. Estos resultados se alinean con los reportados por Verduga (2019), quien indicó puntuaciones de aceptación global cercanas a 7,3 para barras con composiciones similares. Silva (2020) también destacó que la combinación equilibrada de Sacha Inchi y miel es clave para mantener una alta aceptación general, con rangos entre 6,8 y 7,4 dependiendo de la proporción utilizada. Asimismo, Verduga et al. (2022) reportaron diferencias significativas en la aceptación entre barras optimizadas y no optimizadas, confirmando que la composición y el balance de ingredientes son determinantes para este atributo.

En general, los datos mostraron que la formulación con 50% de sustitución tuvo una mayor aceptación sensorial, especialmente debido a su dureza y mejor evaluación global. Esto sugirió que un mayor nivel de sustitución, como el 75%, podría comprometer algunos atributos clave, especialmente la textura, lo que afectó la percepción general del

producto. Por lo tanto, la formulación con 50% de sustitución se posicionó como la opción más adecuada en términos de aceptación sensorial, alcanzando el punto 7 (“Me gusta moderadamente”). Esta formulación fue utilizada para la elaboración de la etiqueta nutricional y diseño del prototipo de producto.

3.3. Composición química de la barra energética con mayor aceptabilidad

El análisis proximal fue realizado en la barra energética con mayor aceptación (50%), los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. *Análisis proximal de barra energética (50% Sacha inchi).*

PARÁMETRO	RESULTADO (%)
Humedad	5,71 ± 0,18
Ceniza	2,1 ± 0,57
Grasa	19,83 ± 0,41
Proteína	19,07 ± 0,13
Fibra cruda	7,53 ± 0,84
Carbohidratos totales	53,28*

*Calculo por diferencia

La barra de Sacha inchi presentó una humedad de 5,7%; menor al valor obtenido en una barra energética elaborada con avena, guandul, amaranto, ciruelas y nuez, reportó un valor de 9,33% de humedad (Yambay & Borbor, 2016), probablemente se deba a la presencia de las ciruelas. En el Ecuador no existe una normativa para barras energéticas, el valor referencial utilizado para comparar la humedad es para granolas, cuya norma establece un máximo de 10% de humedad. Alimentos con humedad menor a 10% se consideran productos poco perecibles mientras que las condiciones de empaque y almacenamiento sean adecuadas.

En cuanto al contenido mineral, para una barra de cereales con maní, cacao en polvo y Sacha inchi se reportó un porcentaje de minerales totales de 2% (Quispe et al., 2022), igual al obtenido en este estudio. Esto permite evidenciar que parte de este contenido

inorgánico puede deberse al componente oleaginoso como el maní y el Sacha inchi, considerando que la torta de Sacha inchi presenta 5,19% de cenizas (Hurtado, 2013), mientras que el maní contiene aproximadamente 3% (Montero, 2020).

El contenido de grasa en las barras energéticas elaboradas con el 50% de sustitución de maní por Sacha inchi es similar al reportado en la barra de maní, ajonjolí y jarabe de maíz (Verduga et al., 2022), con un 18%. Este contenido graso se atribuye al uso de la torta de Sacha inchi que tiene un 4,8% de grasa, al maní con 60% de grasa, y al chocolate (41% de grasa), todos ricos en aceites saludables como omega-3 y omega-6, por lo que sería interesante conocer el perfil de ácidos grasos de la barra de Sacha inchi desarrollada.

El porcentaje de proteína refleja la sinergia entre la torta de Sacha inchi, el maní y el ajonjolí, que son ingredientes ricos en proteína vegetal. La torta de Sacha inchi contiene 51,2% de proteína (Hurtado, 2013), el maní tiene 23% (Montero, 2020), y el ajonjolí tiene 18,8% (Marrugo et al., 2012). El resultado obtenido en el presente estudio es similar al de las barras energéticas a base de Sacha inchi (Báez & Borja, 2013), que contienen niveles de proteína entre 14% y 21%. Las barras desarrolladas en el presente estudio podrían atraer a consumidores que buscan snacks altos en proteínas, ya que el uso de la torta de Sacha inchi hace que la barra alcance un valor de 19% de proteína. Normalmente las barras energéticas comerciales presentan un rango entre 10-18 % de proteína (Márquez & Pretell, 2018). Para futuros estudios sería interesante conocer el perfil de aminoácidos de la barra energética desarrollada, especialmente el contenido de aminoácidos esenciales con el fin de fomentar su consumo.

En cuanto a los carbohidratos totales (calculados por diferencia), Verduga et al. (2022) reportaron un contenido de 65% de carbohidratos en una barra de avena, maní y ajonjolí, mientras que barras de guandul y amaranto es de 61% (Yambay & Borbor, 2016). Las barras con torta de Sacha inchi presentan un porcentaje de carbohidratos menor (53%).

Este contenido está influenciado principalmente por la avena y la miel, que son fuentes naturales de carbohidratos. La diferencia podría explicarse por el uso de ingredientes procesados o jarabes en las formulaciones, lo que eleva el contenido de carbohidratos. Sin embargo, el nivel obtenido en este estudio parece adecuado para un producto que prioriza la nutrición equilibrada. La determinación de carbohidratos por cálculo contempla el contenido de fibra dietética, por lo que conocer su contenido sería importante por la funcionalidad del producto. Las barras energéticas contienen entre 8 a 12% fibra dietética total (Márquez-Villacorta et al., 2018). Por otro lado, el contenido de fibra cruda puede ser utilizado para estimar el contenido de fibra dietética total, ya que esta última puede encontrarse 3 a 5 veces más que el contenido de fibra cruda (Zuleta, 2015). La barra con torta de Sacha inchi presentó un valor de fibra cruda de 7,5%, similar al encontrado en barras a base de semillas y nueces (Toscano-Palomar et al, 2020). El uso de cascarilla de café que contiene 37% de fibra (Franco & Suárez, 2014), el ajonjolí (con 10% de fibra, Marrugo et al., 2012), avena (con 1,78% de fibra, Coral & Gallegos, 2015) y torta de Sacha inchi con 5% (Hurtado, 2013) son los componentes que aportan fibra a la barra desarrollada, no obstante es necesario conocer el contenido de fibra dietética total debido a la importancia de su consumo para la salud. El contenido de fibra cruda de la barra con torta de Sacha inchi supera el contenido de fibra de la barra de maní, ajonjolí y avena, que es de 3,03%, pero es inferior al de la barra de guandul y amaranto, que tiene 12,15% de fibra (Yambay & Borbor, 2016). Esta diferencia es consistente con los ingredientes utilizados, ya que tanto el amaranto como el guandul son ricos en fibra dietética.

3.4. Actividad de agua (A_w)

La actividad de agua es un parámetro relacionado con el agua libre o no ligada al soluto (Castañeda et al., 2023). Este parámetro es fundamental para la vida útil de los alimentos,

ya que determina el agua disponible para el crecimiento microbiano. La A_w de la barra desarrollada fue de 0,42, un valor superior al reportado por Sema et al. (2015), quienes indicaron valores de 0,38 en barras de cereal y probióticos. El A_w de una barra energética es fundamental para el diseño y formulación de este tipo de productos porque garantiza su estabilidad microbiológica, química y física durante el almacenamiento. Valores adecuados de A_w (entre 0,2 y 0,6) limitarán el crecimiento microbiano, y reducirá la velocidad de reacciones asociadas con el deterioro de productos especialmente por la oxidación de lípidos o pardeamiento (Pacheco, 2014; Yenque-Morales, 2016).

3.5. Color

La determinación del color es una de las características más importantes en la calidad de los alimentos y además es un factor determinante de la aceptación y la decisión de compra y/o consumo de un alimento. El color del alimento está dado por los colorantes o pigmentos presentes en una formulación (Toscano et al., 2020). Los parámetros de color de la barra energética desarrollada se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros de color de la formulación con 50% de sustitución.

Barra energética con el 50% de torta de Sacha inchi	Parámetros de color	
	L*	35,36 ± 2,66
	a*	9,64 ± 1,36
	b*	14,97 ± 1,79
	Croma	17,91 ± 0,80
	Hue	57,07 ± 2,57

Las barras energéticas que se encuentran en el mercado presentan diversidad de colores que dependen de los componentes de la formulación. La barra energética de torta de Sacha inchi presenta un tono marrón (Hue = 57,7°) resultante de los valores de a^* (9,64 de la zona de rojo), b^* (14,97 de la zona amarillo-dorado). El valor de Cr (17,9) indica una saturación media-alta, en tanto que la luminosidad es baja ($L=35,36$). Estos resultados

fueron similares a los reportados por Toscano et al. (2020) con barras de semillas y nueces, donde se observó que el producto presentaba un aspecto opaco y con una mayor tendencia hacia los tonos rojizos-amarillos.

3.6. Determinación de sodio

El sodio es un mineral importante que el organismo necesita para funcionar de manera adecuada, pero el consumo excesivo de sodio está asociado con un mayor riesgo de desarrollar hipertensión (FDA, 2021). El valor que se determinó en este trabajo fue de 30 mg/100 g. Este valor es inferior al de barras nutricionales comerciales de barra de granola con avena y miel, o amaranto con hojuelas de trigo, arroz, quinua y avena, que contienen 324 y 146 mg/100 g, de marcas como Nature's Valley o Kellogg's, respectivamente (Profeco, 2019).

A pesar de que la formulación de la barra energética desarrollada no incluye sal, ingredientes como el maní, con un contenido de sodio de 15 mg/100 g (Dávila & Gallegos, 2016), la avena con 8,4 mg/100 g (Gómez et al., 2017), y el chocolate 70% (95mg/100g), contribuyeron al valor obtenido.

3.7. Determinación de azúcares totales

La formulación de la barra energética contempla el uso de miel como ligante, y aporta el contenido de azúcares junto con el chocolate. La miel utilizada en un 20% en la formulación, es una fuente importante de azúcares reductores, ya que contiene un 31% de glucosa y un 38% de fructosa, además de pequeñas cantidades de sacarosa, entre 1-2% (Fattori, 2004). Este tipo de azúcar es fácilmente digerible y proporciona energía rápida, lo que resulta adecuado para un producto energético. El chocolate 70% contiene un 27% de azúcares totales.

Según el método analítico utilizado, los azúcares totales presentes en la barra energética representan el 21,73%. Este valor fue mucho mayor que los reportados por Toscano et al. (2020) en una barra alimenticia a base de semillas y nueces, que tenía un 4,39%, debido a que no se utilizaron ingredientes con un aporte importante de azúcares. Sin embargo, el valor obtenido fue menor que el de algunas barras comerciales, como Kellogg's con un 38,42%, Nature Valley con un 24,47%, o All-Brand con un 25,46% (Profeco, 2019). Otros ligantes que se utilizan en las barras energéticas además de la miel son: jarabe de maíz, aceites vegetales o emulsionantes (Zapata et al., 2023)

3.8. Diseño del prototipo

Con los resultados del análisis proximal se elaboró la etiqueta nutricional para un tamaño de porción de 50 gramos. Para el cálculo del aporte calórico, se consideraron 9 Kcal que aportan los lípidos y 4 Kcal/g que aportan las proteínas y carbohidratos. Con respecto al Valor Diario Recomendado (VDR), se calculó el porcentaje que aporta el producto para una dieta de 2000 Kcal/día. Los valores diarios recomendados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Valor diario recomendado (VDR) para los nutrientes a declararse.

Nutrientes por declarar	Unidad	Niños mayores de 4 años y adultos
Grasa total	g	65
Sodio	mg	2400
Carbohidratos totales	g	300
Proteína	g	50

En la figura 4 se presenta el diseño de la etiqueta nutricional. Tanto el diseño de la etiqueta como los parámetros presentados estuvieron sujetos a la Norma NTE INEN 1334-2:2011 sobre el rotulado de productos alimenticios para el consumo humano, específicamente en lo relacionado con el rotulado nutricional y sus requisitos.

Información Nutricional	
Tamaño de porción: 50 g	
Porciones por envase: 1	
Cantidad por porción	
Energía (Calorías): 995 kJ (238 kcal)	
Energía de grasa (Calorías de grasa): 376 kJ (90 kcal)	
% Valor Diario*	
Grasa Total 10 g	15%
Sodio 30 mg	1,30%
Carbohidratos totales 27 g	9%
Azúcares 11 g	
Proteína 10 g	20%
<small>* Los porcentajes de los valores diarios están basados en una ingesta diaria recomendada de 2000 calorías (kJ). Sus valores pueden variar más o menos dependiendo de sus necesidades</small>	

Figura 5. Etiqueta nutricional para barra energética

En la tabla 8 se muestran las concentraciones para cada rango (Bajo, medio y alto), con los cuales se calcularon las cantidades para grasa total, azúcares y sal (sodio).

Tabla 8. Concentraciones de cada componente a declarar

Componentes	Concentración "BAJA"	Concentración "MEDIA"	Concentración "ALTA"
Grasas totales	Menor o igual a 3 g en 100 gramos.	Entre 3 - 20 g en 100 gramos.	Igual o mayor a 20 g en 100 gramos.
Azúcares	Menor o igual a 5 g en 100 gramos.	Entre 5 - 15 g en 100 gramos.	Igual o mayor a 15 g en 100 gramos.
Sal (sodio)	Menor o igual a 120 mg de sodio en 100 gramos.	Entre 120 - 600 mg de sodio en 100 gramos.	Igual o mayor a 600 mg de sodio en 100 gramos.

En la figura 5 se presenta el semáforo nutricional en base a lo establecido por el Ministerio de Salud Pública a través de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).

Azúcares totales (g/100g)	Grasa total (g/100g)	Sodio total (mg/100g)	
22	19,83	60	
"ALTO"	"MEDIO"	"BAJO"	

Figura 6. Semáforo nutricional de la barra energética.

Finalmente, se propuso un empaque flexible con una funda metalizada de 11 cm x 5 cm, elaborada con una película multicapa laminada que brinda una alta barrera contra la humedad y protege del oxígeno. Este tipo de material combina uno o más plásticos que pueden ser coextruidos o laminados entre sí, según lo indicado por Gómez (2015). Estas películas presentan baja permeabilidad a los gases, absorción de humedad inferior al 0.5%, y la capacidad de no retener ni liberar olores o sabores, además de proteger contra la luz y los rayos UV (Vidales, 1995). La composición del material incluye capas de PET, BOPP metalizado con alta barrera, y PEBD, garantizando así una protección óptima para el producto. En este se presenta la información del producto, ingredientes, condiciones de almacenamiento, tabla nutricional, semáforo nutricional, entre otros. En la figura 6 se presenta un ejemplo del empaque final.



Figura 7. Prototipo de empaque de barras elaboradas con torta de Sacha inchi

4. CONCLUSIONES

Se demostró que es posible la incorporación de torta de Sacha Inchi como sustituto parcial del maní en barras energéticas como una estrategia para mejorar el perfil nutricional y mantener características aceptables de calidad. Los análisis de humedad y dureza evidenciaron que los niveles de sustitución del 50% y 75% permitieron obtener formulaciones similares a los productos que se encuentran en el mercado. Asimismo, los resultados sensoriales indicaron que la formulación con un 50% de sustitución fue la más aceptada por los evaluadores, destacándose por su textura menos rígida y mejor evaluación global.

Desde el punto de vista nutricional, la barra energética desarrollada con un 50% de sustitución de maní por torta de Sacha Inchi permite el desarrollo de un alimento con alto contenido proteico (19.07%), fibra cruda (7.53%) y grasas saludables, alineándose con las tendencias de consumo de productos funcionales. Además, su actividad de agua de 0.42 garantizaría su estabilidad microbiológica y vida útil bajo condiciones óptimas de almacenamiento.

El uso de la torta Sacha inchi como ingredientes de tipo sostenible, es una alternativa para el fomento de prácticas agrícolas responsables y contribuye a la economía circular. Los resultados obtenidos permiten evaluar el potencial de subproductos agroindustriales para innovar en la industria alimentaria y desarrollar productos como respuesta a demandas nutricionales y ambientales de los consumidores actuales.

5. RECOMENDACIONES

Para complementar los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda analizar el perfil de aminoácidos esenciales de la barra energética desarrollada, especialmente los que presentan mayor biodisponibilidad. En este sentido, sería interesante conocer el perfil de ácidos grasos esenciales, como omega-3 y omega-6, presentes en la torta de Sacha Inchi, y el contenido de fibra dietética total para resaltar sus beneficios en la salud cardiovascular. Es importante realizar ajustes en la formulación respecto a los aspectos señalados en el análisis sensorial, por ejemplo, analizar el uso de saborizantes naturales o realizar tratamientos previos la torta de Sacha Inchi para disminuir su sabor amargo.

6. REFERENCIAS

- Arrollo, E. (2018). Barra energética a partir del fruto del zapallo (Curcubita Maxima). Universidad de las Américas.
<http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10219/1/UDLA-EC-TIAG-2018-35.pdf>
- Báez, L., Borja, A. (2013). Elaboración de una barra energética a base de Sacha inchi (Plukenetia volubilis) como fuente de Omega 3 y 6. Universidad San Francisco de Quito.
- Barakat, H., & Alfheaid, H. (2023). Date Palm Fruit (Phoenix dactylifera) and Its Promising Potential in Developing Functional Energy Bars: Review of Chemical, Nutritional, Functional, and Sensory Attributes. *Nutrients*, 15.
<https://www.mdpi.com/2072-6643/15/9/2134>
- Bezerra, N., Cosmo, W., Nézio, E., Pessoa, L., Oliveira, D., & Lima, P. (2020). Barra de cereal proteica a base de quinoa e amendoim enriquecido com frutooli- gossacarídeo. *Revista Principia*, 1, 106-113.
<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/3838>
- Campaña, J., Preciado, J., Diez, M., Proaño, E. (2023). Economía circular y cambio de matriz productiva: Un análisis econométrico de los beneficios económicos y ambientales del cultivo de Sacha Inchi. *Dominio De Las Ciencias*, 9(3), 218–233. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3440>
- Cárdenas, D., Rave, L., & Soto, J. (2021). Biological Activity of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis Linneo) and Potential Uses in Human Health: A

Review. *Food Technology and Biotechnology*, 59, 253 - 266.

<http://www.ftb.com.hr/archives/1722-biological-activity-of-sacha-inchi-plukenetia-volubilis-linneo-and-potential-uses-in-human-health-a-review>

Carrillo, W., Mf, Q., Carpio, C., Morales, D., Vásquez, G., Alvarez, M., & Silva, M. (2018). IDENTIFICATION OF FATTY ACIDS IN SACHA INCHI OIL (CURSIVE PLUKENETIA VOLUBILIS L.) FROM ECUADOR. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11, 389.

<https://journals.innovareacademics.in/index.php/ajpcr/article/view/15515>

Castañeda, A., Ramírez, J., Gutiérrez, J. (2023). Actividad de agua. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/20375>

Chávez, K., & Bonilla, D. (2014). La formación de precipitados bajo el efecto de la acidez en el método de Mohr. *Educación química*, 25(4), 440-445.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000400006&lng=es&tlng=es.

Clavijo, D., Rodríguez, F., & Estupiñán, J. (2015). Using plukenetia volubilis (Sacha Inchi) to improve the nutritional components of burger., 6, 59-

76. <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/60>

Cobos, D., Germano , L., Malovini , E., & Paladino , S. (2017). ¿Es posible determinar azúcares reductores en vinos por el método Fehling Causse Bonnans, sin utilizar acetato neutro de plomo?. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*,

49(1),197-204. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382852189018>

- Coral, V., Gallegos, R. (2015). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. ISSN 2477-8788, ISSN-e 2602-8344, Vol. 3, N°. 1, págs. 9-24.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8382661>
- Fattori, S. (2004). La Miel, Propiedades, Composición y Análisis Físicoquímico. Universidad de Buenos Aires. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/la_miel_propiedades_composicion_y_analisis_fisico-quimico.pdf
- FDA. (2021). El sodio en su dieta. U. S. Food & Drug Administration.
<https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-materials/el-sodio-en-su-dieta>
- Franco, G., Suárez, K. (2014). Determinación del contenido de polifenoles y actividad antioxidante de una bebida láctea elaborada a base de residuos agroindustriales de cacao, café y naranja. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30630>
- Gómez, A., Ceballos, I., Ruiz, E., Rodríguez, P., Valero, T., Ávila, J., Varela, G. (2017). Datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena. Fundación Española de la Nutrición. <https://www.fen.org.es/publicacion/datos-actuales-sobre-las-propiedades-nutricionales-de-la-avena>
- Gómez, C. (2015) Diseño y técnicas de Packaging. *Universidad de Valladolid*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/211097667.pdf>

- Hurtado, Z. (2013). Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de Sacha inchi (*plukenetia volubilis*) cultivada en Colombia. Universidad Nacional De Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21717/7609501.2013.pdf>
- Jinchuang, Z., Li, L., Yuanrong J., Shah, F., Qiang, W. (2020). A new insight into the high-moisture extrusion process of peanut protein: From the aspect of the orders and amount of energy input. *Journal of Food Engineering*. Volume 264, 109668, ISSN 0260-8774. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.07.015>.
- Kim, D., & Joo, N. (2021). Feasibility of Elder-Friendly Food Applications of Sacha Inchi According to Cooking Method: Focusing on Analysis of Antioxidative Activity and Brain Neuron Cell Viability. *Foods*, 10.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>
- Kittibunchakul, S., Hudthagosol, C., Sanporkha, P., Sapwarobol, S., Temviriyankul, P., & Suttisansanee, U. (2022). Evaluation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) By-Products as Valuable and Sustainable Sources of Health Benefits. *Horticulturae*. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/4/344>
- Kowalska, H., Masiarz, E., Ignaczak, A., Marzec, A., Hać-Szymańczuk, E., Salamon, A., Cegiełka, A., Żbikowska, A., Kowalska, J., & Galus, S. (2022). Advances in Multigrain Snack Bar Technology and Consumer Expectations: A Review. *Food Reviews International*, 39, 93 - 118.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/87559129.2022.2094402>
- Márquez, Luis., & Pretell, C. (2018). Evaluación De Características De Calidad En Barras De Cereales Con Alto Contenido De Fibra Y Proteína. *Biotecnología en*

el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 16(2), 67-78.

<https://doi.org/10.18684/bsaa.16n2.1167>

Marrugo, A., Fuentes, L., Montero, P., Acevedo, D. (2015). Factibilidad De Almacenamiento De Semillas De Ajonjolí (*Sesamum Indicum* L.) En Bolsas Silobag. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1),83-89. ISSN: 1692-3561.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=380878974010>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2018). Se fomenta la producción de Sacha Inchi en El Oro. <https://www.agricultura.gob.ec/se-fomenta-la-produccion-de-sacha-inchi-en-el-oro/>

Montero, J. (2020). Importancia nutricional y económica del maní (*Arachis hypogaea* L.).

Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 7(2), 112-125. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000200014&lng=es&tlng=es.

Noblecilla, A. (2020). Desarrollo de una barra energética a base de avena (*Avena sativa*), maní (*Arachis hypogaea*), guayusa (*Ilex guayusa*) endulzada con miel de abeja. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*.

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15558>

Oduma, O., Inyang, U., & Okongoh, O. (2020). Impact of Partial Replacement of Peanut Paste with Sesame Seed Paste on the Nutritional and Anti-nutritional Components of Butter Made from the Blends. *European Journal of Nutrition & Food Safety* 12 (6):53-66.

<https://journalejnfs.com/index.php/EJNFS/article/view/440>

Ottobrino, A., Picariello, A., Oliviero, A., & Rossi, M. (2021). Formulation of a Sugar-Free Cereal-Based Bar with Improved Nutritional Value: Biological

and Sensory Analysis. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology.*

<https://journals.usamvcluj.ro/index.php/fst/article/view/buasvmcn-fst%3A2021.0018>

Pacheco, S. Z. (2014). Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Revista de investigación universitaria*, 3(2).

<https://doi.org/10.17162/riu.v3i2.522>

Paiva, A., Barcelos, M., Pereira, J., Ferreira, E., & Ciabotti, S. (2012).

Characterization of food bars manufactured with agroindustrial by-products and waste. *Ciencia E Agrotecnologia*, 36, 333-340.

<https://www.scielo.br/j/cagro/a/FfV4qg3sRDSvZTHvd9qsVXF/>

Profeco (2019). Barras de cereal. Gobierno de México.

<https://www.gob.mx/profeco/documentos/estudios-de-calidad-2019?state=published>

Rivas, B., Leal, I., Loaiza, L., Morillo, Y., Colina, J. (2017). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en extractos de cuatro especies de orégano. *Revista*

Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 40(3), 134-142.

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702017000300002&lng=es&tlng=es)

[07702017000300002&lng=es&tlng=es.](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702017000300002&lng=es&tlng=es)

Sema, L., Angulo, J., Ayala, A. (2015). Barras de Cereal como Matriz Sólida para la

Incorporación de Microorganismos Probióticos. *Información tecnológica*, 26(2), 29-40.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000200005>

Silva, V. (2020). Desarrollo del proceso tecnológico para la elaboración de barras nutritivas a partir de semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) y quinua (*Chenopodium quinua*) endulzado con miel de panela como una nueva alternativa de snack saludable en el

Ecuador. Universidad Técnica De Ambato. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/27239eb9-f12e-47fd-a223-9499449a073c/content

Solís, A., & González, J. (2019). Diseño del proceso de producción de una planta piloto para la elaboración de barras energéticas. *Universidad Nacional De Ingeniería*. <https://core.ac.uk/download/pdf/288314648.pdf>

Torres, E., Hernández-Ledesma, B., & Gutiérrez, L. (2021). Sacha Inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity. *Food Reviews International*, 39, 148 - 159. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/87559129.2021.1900231?scroll=top&needAccess=true>

Toscano, L., García, G., Gómez, F., Beltrán, G., Valenzuela, E., Armenta, J. (2020). Análisis de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de barra alimenticia a base de semillas y nueces sin componentes de origen animal. *Revista Esp Nutr Hum Diet*. 24 (2): 143-153. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452020000200007&lng=es.

Toscano, Lydia & García-Gómez, Gilberto & Gómez-Puentes, Francisco & Beltrán-González, Guillermo & Valenzuela-Espinoza, Iracema & Armenta-Gálvez, Jesus. (2020). Análisis de las propiedades físico-químicas y sensoriales de barra alimenticia a base de semillas y nueces sin componentes de origen animal. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 24. 143. 10.14306/renhyd.24.3.963.

Vegas, R., Acosta, Y., Fernández, C. (2024). Obtención, purificación y

aprovechamiento de azúcares reductores a partir de materiales lignocelulósicos. *Revista Boliviana de Química*. Vol. 41, N°2, 76-93
<https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.2.2>

Verduga, K. (2019). *Elaboración de una barra energética a partir de Sacha Inchi*. Universidad Central Del Ecuador.
<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/0eb500f0-4650-401c-b555-a5d933adca01>

Verduga, K., Santamaría, J. L., Gordillo, G., Montero, C. (2022). Sacha inchi Energy Bars: Formulation optimization with Statistical Mix Design. *Enfoque UTE*, 13(1), pp. 58 – 72. <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/783>

Vidales, M. (1995). *El mundo del envase: Manual para el diseño de envases y embalajes*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.
<https://tecnologia3bunlp.files.wordpress.com/2015/03/libro-disec3b1o-industrial-el-mundo-del-envase.pdf>

Wang, D., Sun, L., Liu, X., Niu, Z., Chen, S., Tang, L., Zheng, H., Chen, X., Li, H., Lu, L., Malik, V., & Lin, X. (2020). Replacing white rice bars with peanuts as snacks in the habitual diet improves metabolic syndrome risk among Chinese adults: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000291652200555X#:~:text=Compared%20with%20the%20white%20rice,those%20in%20the%20control%20group.>

Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food chemistry*,

265, 316-328.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03088146183085>

25?via%3Dihub

Yambay, J., Borbor, S. (2017). Evaluación De Barras Energéticas Enriquecidas Con Guandul (Cajanus Cajan) Y Amaranto (Amaranthus Caudatus). Upec, Universidad Agraria del Ecuador, SATHIRI. Vol. 12 – N° 2, pp. 9 – 23. ISSN 1390-6925.

<https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/100>

Yenque Morales, K. S. (2016). Formulación y caracterización de barras energéticas a base de kiwincha (amaranthus caudatus linnaeus) expendida enriquecidas con concentrado proteico de pota. [Tesis Pregrado] Ingeniería Agroindustrial de Industrias Alimentarias Universidad Nacional de Piura. Perú. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/708>

Zapata, G. M. G., Castillo, E. M. R., & Cano, F. M. S. (2023). Snacks a partir de productos de mar, pseudocereales y edulcorantes naturales. Revista de Investigación Científica de la UNF–Aypate, 2(1), 61-78. <https://doi.org/10.57063/ricay.v2i1.29>

Zuleta, A. (2015). Estudio critico de los métodos oficiales aplicados a la determinación de las principales fracciones de fibra alimentaria. ALAN Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Volumen 65 suplemento 1.

<https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-97/>

7. ANEXOS

ANEXO A. Consentimiento informado

Acuerdo de consentimiento para la participación en la evaluación sensorial

Fecha: _____

Yo _____ con número de cédula de identidad (C.I): _____ acepto de forma voluntaria mi participación en la evaluación sensorial de barras energéticas con sustitución de maní por torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*), con el conocimiento que algunos de los ingredientes que consumiré pueden ser alérgenos tales como: maní, Sacha Inchi, miel, cafeína y ajonjolí. Por lo tanto, confirmo no tener ninguna restricción personal o médica (alergias) relacionados con los elementos mencionados.

Firma

ANEXO B. Encuesta para evaluación sensorial**Evaluación sensorial de barras energéticas**

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo:
M () F ()

Usted recibirá dos muestras de barras energéticas. Indicar cuánto le gustó o disgustó cada uno de los atributos sensoriales del producto dando calificaciones de acuerdo con la escala. Asignar la calificación correspondiente a cada propiedad. Probar de izquierda a derecha y enjuagar con agua entre cada evaluación, esperar 30 segundos entre muestra y muestra.

		671	435
9. Me gusta extremadamente	Color	_____	_____
8. Me gusta mucho			
7. Me gusta moderadamente	Olor	_____	_____
6. Me gusta poco			
5. Indiferente	Sabor	_____	_____
4. Me disgusta poco			
3. Me disgusta moderadamente	Dureza	_____	_____
2. Me disgusta mucho			
1. Me disgusta extremadamente	Global	_____	_____

Comentarios:

¡GRACIAS!