

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CENTRO DE POSTGRADOS



MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA
MENCIÓN: SISTEMAS AGROINDUSTRIALES
PROYECTO DE INNOVACIÓN

TEMA:

**ELABORACIÓN DE UNA BARRA ENERGÉTICA ENRIQUECIDA CON
MATERIAS PRIMAS AMAZÓNICAS**

AUTORA:

Ing. DEYSI DANIELA ORTEGA ÁLVAREZ

DIRECTOR:

Dr.C. MANUEL LÁZARO PÉREZ QUINTANA. Ph.D

PUYO – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, Deysi Daniela Ortega Álvarez, con cédula de identidad 1600496655, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado: **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UNA BARRA ENERGÉTICA ENRIQUECIDA CON MATERIAS PRIMAS AMAZÓNICAS”**, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Innovación y Desarrollo son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.



Ing. Deysi Daniela Ortega Álvarez

C.I. 1600496655

AUTORA



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Centro de Postgrados

AVAL

Quien suscribe Dr.C. Manuel Lázaro Pérez Quintana, Director del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Innovación titulado: “ELABORACIÓN DE UNA BARRA ENERGÉTICA ENRIQUECIDA CON MATERIAS PRIMAS AMAZÓNICAS” a cargo de la Ing. Deysi Daniela Ortega Álvarez egresada de la primera cohorte de la Maestría en Agroindustria mención Sistemas Agroindustriales de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de innovación para que sea presentado ante la Dirección de Posgrado como forma de titulación como Magister en Agroindustria mención Sistemas Agroindustriales y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 31 días del mes de octubre de 2018.

Atentamente,

Dr.C. Manuel Lázaro Pérez Quintana Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 082-IL-UEA-2018

Puyo, 06 de diciembre de 2018

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El trabajo de titulación correspondiente a la ING. **ORTEGA ÁLVAREZ DEYSI DANIELA**, con C.I. 1600496665, con el Tema: **“Elaboración de una barra energética enriquecida con materias primas amazónicas”**, de la Maestría en Agroindustria, Mención en Sistemas Agroindustriales, Director de proyecto Dr. C. Pérez Quintana Manuel, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 30 de noviembre de 2018 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico para los fines pertinentes

Atentamente,

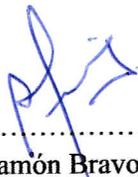
Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

**EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN Y
DESARROLLO CERTIFICA QUE:**

El presente trabajo: **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UNA
BARRA ENERGÉTICA ENRIQUECIDA CON MATERIAS PRIMAS
AMAZÓNICAS”**, bajo la responsabilidad de la egresada Deysi Daniela Ortega Álvarez,
ha sido meticulosamente revisada, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL



.....
Dr. C. Luis Ramón Bravo Sánchez Ph.D
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....
Dr. C. Reinier Abreu Naranjo Ph.D
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....
Dra. C. Ana Lucía Chaffa Moina Ph.D
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Con cariño expreso mis sinceros agradecimientos:

A la Universidad Estatal Amazónica, por todos los conocimientos que pude adquirir durante la etapa de mi vida estudiantil; y formarme como profesional y persona;

A todos los profesores que han impartido sus conocimientos, y han brindado su apoyo y consejos. Especialmente agradezco al Dr. Manuel Pérez Quintana, Director de investigación, quien me ha guiado a lo largo del trabajo investigativo;

A la finca Saquifracia y sus distinguidos propietarios, la Familia Santana por el aporte brindado a esta investigación;

A mi padre Hugo Ortega, a mi madre Bertha Álvarez, por su ejemplo de vida; y a mi familia, por el apoyo incondicional que supo brindarme e incentivo a cumplir mis metas;

A Ud. Rubén, quien ha sido mi apoyo incondicional durante toda mi preparación.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia, quien me ha demostrado la valentía, sabiduría, amor, dedicación, inteligencia y esfuerzo con lo que se puede lograr con éxito una meta planteada; y a Usted Rubén, de quien he recibido el apoyo incondicional en toda mi preparación académica y profesional.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En el presente estudio se elaboró una barra energética enriquecida con materias primas amazónicas: sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y cacao (*Theobroma cacao*). Se caracterizaron mediante bromatología las materias primas y evaluaron los niveles de adición de sachá inchi y cacao en la barra energética. Finalmente, se determinaron contenidos de polifenoles y antioxidante mediante ABTS y FRAP. En el diseño experimental se consideraron 2 factores (sachá inchi y cacao) con 3 niveles (5, 10, 15%), diseño experimental factorial de 3^2 . Existió alto porcentaje de proteína y grasa en las semillas de *Plukenetia volubilis*. Con respecto al contenido de humedad presentó diferencias entre la interacción sachá inchi y cacao ($p > 0,05$). El contenido de proteína presente lo aportan tanto el sachá inchi como el cacao, por sus porcentajes de adición. El contenido de grasas no presentó diferencia entre la interacción sachá inchi y cacao ($p > 0,1078$). El tratamiento con adición del 5% de sachá inchi influyó en el contenido final de fibra, con respecto al contenido de carbohidratos existieron diferencias entre la interacción sachá inchi y cacao ($p > 0,0153$). La adición de cacao influyó sobre el sachá inchi debido a su alto contenido de polifenoles, presentando un valor de 1,24 g EAG/100g como mejor tratamiento al A2B2 (10% de sachá inchi y 10% de cacao). Mientras, el sachá inchi influyó en los contenidos de antioxidantes totales por FRAP y ABTS debido a su alto contenido de lípidos y ácidos grasos, destacando como mejor tratamiento al A3B3 (15% de sachá inchi y 15% de cacao).

Palabras clave: Sachá inchi, cacao, barra energética, polifenoles, antioxidantes.

ABSTRACT AND KEYWORDS

In the present study an energy bar enriched with Amazonian raw materials was elaborated: sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) and cocoa (*Theobroma cacao*). The raw materials were characterized by bromatology and the addition levels of sacha inchi and cocoa in the energy bar were evaluated. Finally, polyphenol and antioxidant contents were determined by ABTS and FRAP, in the experimental design 2 factors were considered (sacha inchi and cocoa) with 3 levels (5, 10, 15%), factorial experimental design of 3^2 . There was a high percentage of protein and fat in the seeds of *Plukenetia volubilis*. With respect to the moisture content presented differences between the interaction sacha inchi and cocoa ($p > 0.05$). The present protein content is contributed by both the sacha inchi and the cocoa, by addition percentages. The fat content did not present a difference between the interaction sacha inchi and cocoa ($p > 0, 1078$). The treatment with addition of 5% of sacha Inchi influenced the final fiber content, with respect to the carbohydrate content there were differences between the interaction sacha inchi and cocoa ($p > 0.0153$). The addition of cocoa influenced Sacha inchi due to its high content of polyphenols, presenting a value of 1.24 g EAG / 100g as the best treatment for A2B2 (10% sacha inchi and 10% cocoa). Meanwhile, the sacha inchi influenced the total antioxidant content by FRAP and ABTS due to its high content of lipids and fatty acids, highlighting as best treatment the A3B3 (15% of sacha inchi and 15% of cocoa).

Keywords: Sacha inchi, cocoa, energy bar, polyphenols, antioxidants.

TABLA DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA.....	2
1.2. HIPÓTESIS.....	2
1.3. OBJETIVOS	2
2. CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. BARRAS ENERGÉTICAS	3
2.1.1. Características nutricionales en las barras energéticas.....	3
2.1.2. Tipos de barras energéticas.....	4
2.2. SACHA INCHI “ <i>PLUKENETIA VOLUBILIS</i> ”	5
2.2.1. Generalidades.....	5
2.2.2. Contenido nutricional	6
2.3. CACAO “ <i>THEOBROMA CACAO</i> ”	7
2.3.1. Generalidades.....	7
2.3.2. Contenido de polifenoles y antioxidantes.....	8
2.3.3. Principales Usos	9
2.4. MIEL DE ABEJA.....	10
2.4.1. Contenido nutricional	10
2.4.2. Contenido de polifenoles y antioxidantes.....	11
2.5. AVENA “ <i>AVENA SATIVA L.</i> ”	12
2.6. ALIMENTOS FUNCIONALES	12
2.7. POLIFENOLES.....	14
2.8. ANTIOXIDANTES	14

3.	CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1.	LOCALIZACIÓN	15
3.1.1.	<i>Condiciones experimentales</i>	15
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	15
3.3.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	16
3.3.1.	<i>Caracterización bromatológica de las materias primas</i>	16
3.3.2.	<i>Elaboración de la barra energética con sachá inchi y cacao</i>	20
3.3.3.	<i>Análisis de polifenoles totales</i>	23
3.3.4.	<i>Determinación espectrofotométrica de actividad antioxidante a través del método ABTS (Ácido 2,2 –azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico)</i>	24
3.3.5.	<i>Determinación espectrofotométrica de actividad antioxidante a través del método FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power)</i>	26
3.4.	TRATAMIENTO DE DATOS	28
3.4.1.	<i>Diseño experimental</i>	28
3.5.	RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES	30
3.5.1.	<i>Materias primas</i>	30
3.5.2.	<i>Equipos utilizados</i>	30
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LAS MATERIAS PRIMAS	33
4.2.	CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LAS BARRAS ENRIQUECIDAS CON SACHA INCHI Y CACAO	34
4.2.1.	<i>Humedad</i>	34
4.2.2.	<i>Ceniza</i>	35
4.2.3.	<i>Proteína</i>	36
4.2.4.	<i>Grasa</i>	37
4.2.5.	<i>Fibra</i>	38
4.2.6.	<i>Carbohidratos</i>	39

4.2.7.	<i>Aporte calórico</i>	40
4.3.	ANÁLISIS DE POLI FENOLES TOTALES Y ANTIOXIDANTES.....	41
4.3.1.	<i>Polifenoles totales</i>	41
4.3.2.	<i>Antioxidantes mediante el método FRAP</i>	42
4.3.3.	<i>Antioxidantes mediante el método ABTS</i>	43
5.	CONCLUSIONES	45
7.	RECOMENDACIONES	46
8.	BIBLIOGRAFÍA	47
9.	ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición físico química.....	7
Tabla 2. Perfil de ácidos grasos de semillas y tortas de <i>Plukenetia Volubilis</i>	7
Tabla 3. Contenido de las semillas (cacao por cada 100g)	8
Tabla 4. Composición química de la miel.....	11
Tabla 5. Componentes funcionales.....	13
Tabla 6. Condiciones ambientales de la provincia de Pastaza.....	15
Tabla 7. Preparación de la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de 1 000 mg/l. volumen final 10 ml (agua destilada).....	23
Tabla 8. Preparación de la curva patrón de TROLOX a partir de una disolución concentrada de 1 000 mg/l. volumen final 10 ml (agua destilada).....	25
Tabla 9. Preparación de la curva patrón de TROLOX a partir de una disolución concentrada de 1000 mg/l. volumen final 10 ml (agua destilada).....	27
Tabla 10. Diseño experimental para la elaboración de las barras energéticas	28
Tabla 11. Configuración del diseño factorial (2^2) en la forma original y codificada de las variables independientes (A y B)	29
Tabla 12. Resultados del análisis proximal de las materias primas del diseño experimental	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la barra energética	22
Figura 2. Curva patrón de ácido gálico para la determinación de polifenoles por el método de Folin-Ciocalteu.	23
Figura 3. Curva patrón de TROLOX para la determinación de antioxidante por el método de ABTS	25
Figura 4. Curva patrón de TROLOX para la determinación de antioxidante por el método de FRAP.	27
Figura 5. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de humedad ($p < 0,05$), a, b, letras distintas difieren significativamente	34
Figura 6. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de ceniza ($p < 0,05$), a, b, c letras distintas difieren significativamente	35
Figura 7. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de proteína ($p < 0,05$), a, b, c letras distintas difieren significativamente	36
Figura 8. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de grasa ($p < 0,05$) a, b, letras distintas difieren significativamente	37
Figura 9. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de fibra ($p < 0,05$) a, b, c, letras distintas difieren significativamente	38
Figura 10. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de carbohidratos ($p < 0,05$), a, b, letras distintas difieren significativamente	39
Figura 11. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el porcentaje del aporte energético ($p < 0,05$), a, b, c, letras distintas difieren significativamente	40
Figura 12. Estimación de los efectos estandarizados de los factores considerados sobre el contenido de polifenoles mediante el método gráfico de Half-Daniel	41
Figura 13. Estimación de los efectos estandarizados de los factores considerados sobre el contenido de antioxidantes mediante el método FRAP - gráfico de Half-Daniel	43
Figura 14. Estimación de los efectos estandarizados de los factores considerados sobre el contenido de antioxidantes mediante el método ABTS - gráfico de Half-Daniel	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico de humedad	54
Anexo 2. Análisis estadístico de ceniza	54
Anexo 3. Análisis estadístico de proteína	55
Anexo 4. Análisis estadístico de grasa	55
Anexo 5. Análisis estadístico de fibra	56
Anexo 6. Análisis estadístico de carbohidratos.....	56
Anexo 7. Análisis estadístico de aporte energético	57
Anexo 8. Configuración del diseño factorial (2^2) en la forma original y codificada de las variables independientes (A y B) y los resultados experimentales de las variables de respuesta.....	58
Anexo 9. Resultados del ANOVA para TPC a través del Software Desing Expert.....	59
Anexo 10. Resultados del ANOVA para FRAP a través del Software Desing Expert.....	59
Anexo 11. Resultados del ANOVA para ABTS a través del Software Desing Expert	60

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La importancia de elaborar alimentos nutritivos se extiende para diferentes necesidades cuando se dice que no hay alimentos malos, sino dietas malas, creando la necesidad que exista en el mercado barras energéticas con opciones alternativas: sin gluten, sin lactosa, sin glucosa, y para ser más especiales; ecológicas, aptas para veganos y funcionales.

Las barras de cereales, energéticas o nutritivas son productos obtenidos a partir de la compresión de los cereales, frutos secos, oleaginosas, semillas y jarabes de azúcar usados como agentes ligantes, por lo que se constituyen en una opción de comida saludable (Peterson, et al., 2006).

No hay duda que las barras energéticas, también llamadas barras nutritivas, son una alternativa de alimentos específicos con nutrientes que pueden mejorar la salud de las personas. La empresa ecuatoriana Batery Alimentos le apuesta a la comercialización de productos alimenticios saludables, funcionales y prácticos elaborados con materias primas producidas en Ecuador, entre ellas están: mora silvestre, maracuyá, uvilla, quinua, cacao nacional, café nacional y pétalos de rosas orgánicas.

Para mencionar el uso que más demanda tiene las barras energéticas es en el ámbito deportivo como: ciclismo, trail, triatlón, ultra fondos, deportes al aire libre, senderismos y aquellos deportes que requieren un importante gasto energético. Además de que son de un tamaño práctico, no son voluminosas, son saludables y se pueden consumir en cualquier momento, haciendo de esto llamativo al consumidor.

Dentro de posibles materias primas de origen amazónico que atribuyan nutrientes importantes en la formulación de barras energéticas y al momento no son potencializadas en la industria se destacan el sacha inchi "*Plukenetia volubilis*", por su importancia desde el punto de vista nutricional y funcional debido a su contenido proteína con 29,6% y de ácidos grasos esenciales como el omega 3 con 50,6%, omega 6 como 34,6% y omega 9 con 8,7% según Ruiz, Díaz, Anaya y Rojas (2013). Así como la utilización del cacao "*Teobroma cacao*" que posee un alto contenido de polifenoles (6,66 g EAG/100g) (Padilla, Rincón y Bou-Rached, 2008).

Es por esto que la presente investigación se enfoca en la elaboración de una barra energética enriquecida con materias primas amazónicas como el sachá inchi y cacao que resalta las características nutritivas y funcionales para el consumo de las personas.

1.1. PROBLEMA

La industria alimenticia no emplea materias primas de origen amazónico como alternativa en la elaboración de barras energéticas, lo que se lograría gracias a la incorporación de estas dentro sus formulaciones otorgando características funcionales.

1.2. HIPÓTESIS

Las barras energéticas enriquecidas con materias primas amazónicas como el *Plukenetia volubilis* (sachá inchi) y *Theobroma cacao* (cacao) presentarán características nutricionales, energéticas y antioxidantes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Elaborar una barra energética enriquecida con materias primas amazónicas.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar mediante análisis bromatológico al *Plukenetia volubilis* (sachá inchi) y *Theobroma cacao* (cacao).
- b) Evaluar los niveles de adición de sachá inchi y cacao en la elaboración de la barra energética enriquecida.
- c) Determinar el contenido de polifenoles y el poder antioxidante mediante el método ABTS y FRAP en las barras energéticas enriquecidas.

2. CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Barras Energéticas

Las barras energéticas son un complemento calórico y nutricional que incrementa la energía o los nutrientes que aporta la dieta y sirven para cubrir necesidades puntuales dentro de la alimentación diaria (Quitral et al., 2016).

Se trata de productos comercializados bajo diferentes marcas y que, en poco espacio y peso, aportan gran densidad de energía (Vigo et al. 2016). El peso de cada unidad envuelta individualmente oscila entre los 25 y los 70 gramos lo que resulta fácil transportar, conservar y consumir; por estos motivos su uso se está generalizando en muchos ámbitos como el deportivo (Martínez-Sanz y Urdampilleta, 2012).

Hoy en día en el mercado existe todo tipo de barras, cada opción resalta diferentes características para lograr llamar la atención de los consumidores (Gutkoski et al., 2007; Zenteno, 2014). Las opciones son muy variadas, se extienden desde barras según estilos de dietas (bajas en carbohidratos, altas en proteínas, barras para meriendas, barras para sustituir comidas, orgánicas, veganas, etc), hasta barras deportivas según la necesidad del deportista (pre-ejercicio, durante o post ejercicio).

Su textura y sabor son objeto de estudio y mejora constante, esto hace que los tipos, marcas y ejemplares de barritas diferentes se hayan multiplicado en los últimos tiempos y que sus composiciones y perfiles varíen con mucha rapidez (Placentino, 2004).

2.1.1. Características nutricionales en las barras energéticas

Las barras energéticas son un suplemento dietético indicado principalmente para deportistas o personas que practican una actividad física intensa. Están compuestas de carbohidratos complejos, glucosa y/o fructosa, que permiten recargar de manera rápida los depósitos de glucógeno, además de contener fibra, vitaminas y minerales esenciales para el organismo (Reyna et al., 2015). Facilitando una ingesta energética que oscila entre 110 y 154 kilocalorías para 25- 30 g (Astbury, 2014).

Las barras energéticas tienen una importante demanda para aquellas personas que les gusta sus valores nutricionales. Según estudios realizados por Iñarritu (2001) dio a conocer la composición proximal de una barra de cereales comercial compuesta por: avena, arroz crocante, pasas de uva, glucosa y saborizantes; la misma que contiene lo siguiente: valor calórico (2,53%), carbohidratos (55,5%), proteína (12,2%), lípidos (8,8%), fibra (2,9%), vitamina C (33,3%). (Taype, 2017), elaboró una barra energética con kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y linaza (*Linum usitatissimum L.*) la misma que tiene características fisicoquímicas aceptables debido al aporte nutricional que son los siguientes: humedad (14,64%), carbohidratos (59,52 %), proteína (7,19%), lípidos (12,95%), fibra (4,18 %), y ceniza (1,52 %). (Bordin, 2010) elaboró una barra de cereales con: camu camu, soya, leguminosas y cacao. El resultado de la composición proximal en 27gramos de la barra es la siguiente: calorías (14,9%), carbohidratos (55,40%), proteínas (15,81%), lípidos (5,55%), fibra (1,59%) y vitamina C (52%).

Analizando la variedad de barras energéticas que actualmente existe en el mercado, es que se basan en la elaboración de productos con nutrientes específicos para contribuir al gasto de los mismos por realizar actividades físicas e incluso el uso como dietas saludables para las personas.

2.1.2. Tipos de barras energéticas

Según Ruiz (2018) las barritas energéticas se pueden clasificar de acuerdo al contenido principal de nutrientes, según su ingrediente prioritario y según su función.

Según el nutriente principal de la barrita energética, que no tiene que por qué coincidir siempre con el nutriente mayoritario, se encuentran las siguientes:

- **Barritas hidrocarbonadas.**- Su contenido en este macronutriente llega como mínimo a la mitad de todo el producto, alcanzando hasta más del 70% de carbohidratos.
- **Barritas proteicas.**- Aunque su contenido carbohidratos sea elevado, la cantidad de proteínas entre 5-20% que contienen hace que se catalogue como barras proteicas.

Según el ingrediente prioritario o característico de la barra energética:

- Barritas de cereales: avena, muesli, trigo, maíz, arroz.
- Barritas con chocolate.
- Barritas con multifrutas.

Según su función:

- **Barritas hidrocarbonadas.-** Están diseñadas para su uso en deportes intensos y prolongados con un mayor componente aeróbico: maratones, ciclismo, tenis, travesías, senderismo; a su vez contienen una cantidad significativa de grasas, aportan energía de liberación mantener el calor corporal cuando las condiciones ambientales son adversas, es decir, colaboran con el mantenimiento del aislante térmico del organismo en deportes como montañismo, largas travesías, triatlón.
- **Barritas proteicas.-** Aunque contienen muchos hidratos, se encaminan principalmente a mejorar el rendimiento en deportes más anaeróbicos o de fuerza., musculación, gimnasia, escalada, etc.

2.2. Sacha Inchi “*Plukenetia Volubilis*”

2.2.1. Generalidades

El Sacha Inchi es una oleaginosa, nativa de la Amazonía, cuyo nombre científico es *Plukenetia volubilis linneo*, perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Comúnmente se conoce como maní del monte, sachá maní, maní del inca, amui, sachá yuchi, sachá yuchiqui, sampannankii, suwaa, inca inchi o sachá inchi (Perúbiodiverso, 2009).

Es una planta trepadora y semileñosa, sus hojas son alternas de forma acorazonada de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, elípticas, aserrados y con pecíolos de 2 a 6 cm de largo. Las nervaduras nacen en la base de la nervadura central orientándose al ápice (Tasso et al., 2013).

El fruto, tiene forma de estrella, el número de lóbulos puede variar de 4 hasta ocho, poseen una dimensión 6 a 7 cm de diámetro y 3 a 4 cm espesor. Dentro de los lóbulos presenta semillas de color marrón oscuro, corrugadas y venadas, de forma lenticular y con 1,5 a 2 cm de diámetro y 1 g como peso promedio (Gómez, 2005).

El cultivo de sacha inchi se desarrolla desde los 100 a 2000 msnm, a una temperatura que oscila con un mínimo de 10°C y un máximo de 36°C; es ideal que el suelo posea una textura franco-arcillosa a franco y con un pH que oscile en un rango de 5,5 a 7,5 (Calero, 2013).

La siembra se puede realizar de a través de siembra directa que consiste en colocar dos semillas por hoyo a una profundidad de 3 cm directamente en el suelo, sin realizar tratamientos pre-germinativos y la siembra indirecta que radica en realizar una pre-germinación de las semillas a través de almácigos para posteriormente transplantar. Una vez realizada la siembra transcurre de 220 a 230 días para la primera cosecha, siendo su fructificación continua durante todo el año aunque en las épocas de máxima precipitación su productividad biológica es menor. El rendimiento promedio de cosecha es de 150 a 300 Kg por hectárea a partir del primer año de producción del cultivo, pudiendo desarrollarse en asociación con otros cultivos de cobertura durante 10 años de edad (Gómez, 2005).

2.2.2. Contenido nutricional

Las semillas de sacha inchi se caracterizan principalmente por su alto contenido de proteína, aceites, presencia de vitamina A y E. Contienen un porcentaje de 49% de aceite y 29,6% de proteína como se presenta en la tabla 1. El principal interés reside en el alto contenido de aceite y la presencia significativa de ácidos grasos como el omega 3 (más del 50,6%), omega 6 (34,6%) y omega 9 (8,7%) como se muestra en la tabla 2. De esta manera se convierte en un gran potencial de aplicación en la industria alimenticia y farmacéutica (Gutiérrez, Rosada, y Jiménez 2011).

Tabla 1. Composición físico química

Componente	<i>Plukenetia volubilis</i>	
	Semillas	Torta
Grasa	49 ± 1,0	7,8 ± 0,2
Proteína	29,6 ± 0,5	59,0 ± 0,7
Cenizas	2,7 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Fibra	6,6 ± 0,7	4,5 ± 0,6
Carbohidratos	12,1 ± 1,3	23,9 ± 1,7

Fuente: (Ruiz et al., 2013).

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos de semillas y tortas de *Plukenetia Volubilis*

Ácido graso	<i>Plukenetia volubilis</i>	
	Semillas	Torta
Oleico (18:1)	8,7	10,5
Linoleico (18:2)	34,6	36,0
Linolénico (18:3)	50,6	47,1

Fuente: Ruiz et al. (2013)

2.3. Cacao “*Theobroma cacao*”

2.3.1. Generalidades

El cacao es un árbol de gran importancia económica, que ha sido utilizado con diversos fines tanto alimenticio, medicinal, ritual, etc, por numerosas culturas a lo largo de la historia. Pertenece a la familia de las Malvaceae. Su nombre científico es *Theobroma cacao*, *Theo* significa Dios y *broma* significa alimento, por lo que lo denominan en griego, el “*alimento de los dioses*”, remontando su origen hace más de 5000 años (Andalón, 2010).

El cultivo de cacao se desarrolla desde los 100 a 2000 msnm, a una temperatura que oscila con un mínimo de 15°C y un máximo de 35°C; es ideal que el suelo posea una textura franco-arcillosa con un pH en un rango de 4 a 7,4. Es un árbol perenne que puede alcanzar entre 10 a 20 m de altura. Posee hojas que llegan a medir hasta 30 cm, sus frutos son unas bayas grandes de forma alargada de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de ancho que se denominan mazorcas y pueden llegar a pesar hasta 1 Kg cada uno. El fruto posee una pulpa

blanca que contiene de 20 a 40 semillas que son de color chocolate o púrpuro, de 2 a 3 cm de largo y poseen un sabor amargo. Están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco, de sabor dulce y acidulado. Posee 2 cotiledones ricos en almidón, proteínas y materia grasa, lo cual les confiere un valor nutritivo real (Tabla 3) (Chacón, Ramis, y Gómez, 2011).

Tabla 3. Contenido de las semillas (cacao por cada 100g)

Detalle	Contenido por cada 100g
Calorías	456
Agua	3,6 ml
Proteína	12 g
Grasa	46,3 g
Carbohidratos totales	34,7 g
Fibra	8,6 g
Glucosa	8 – 13 g
Sucrosa	0,4 – 0,9 g
Calcio	106 mg
Fosforo	537 mg
Hierro	3,6 mg
Tiamina	0,17 – 0,24 mg
Riboflavina	0,14 – 0,41 mg
Niacina	1,7 mg
Ácido ascórbico	3,0 mg
Nicotiamida	2,1 mg

Fuente: (Chacón et al., 2011).

2.3.2. Contenido de polifenoles y antioxidantes

Se ha considerado que alimentos como el vino, las frutas, té verde y algunas verduras son las principales fuentes de compuestos polifenólicos, sin embargo, en los últimos años diversos autores han demostrado que el cacao y sus productos como el licor de cacao, chocolate amargo, polvo de cacao o cocoa, son alimentos ricos en estas sustancias, principalmente en catequinas (epicatequina, epigallocatequina, galocatequina y catequina),

además de otros flavonoides como las procianidinas, antocianinas, flavononas y flavonol glicosídicos. La concentración de polifenoles en las semillas de cacao secas y libres de grasa oscila entre el 15-20% y están constituidos por un 37% de catequinas, un 4% de antocianinas y un 58% de proantocianidinas (Wollgast, 2000).

Los polifenoles en los granos de cacao se encuentran en las células pigmentarias de los cotiledones, que le aportan colores que van desde el blanco hasta un morado oscuro, dependiendo de la cantidad de antocianinas almacenadas (Zapata, Tamayo y Rojano, 2013).

2.3.3. Principales Usos

Del cacao todo puede ser aprovechado, desde la mazorca para alimentación animal hasta la baba para fabricar productos como el vinagre. Dentro de los principales productos que se puede obtener del cacao, se destaca la pasta de cacao, manteca de cacao, polvo de cacao, licor de cacao, y múltiples chocolates como chocolate negro, chocolate de cobertura, chocolate a la taza, chocolate con leche, chocolate blanco y chocolate relleno así como los nibs de cacao (ElKhorri, Paré, Bélanger, & Pérez, 2007).

Los nibs de cacao son pedacitos de la semilla del cacao natural, fermentado y tostado, nutritivos y saludables con un aroma intenso del cacao. Son crujientes y con un delicioso e intenso sabor a chocolate puro, ligeramente amargo. Poseen grandes beneficios ya que son ricos en antioxidantes y magnesio, calcio, hierro, cobre, zinc y potasio. Proporcionan energía saludable y ayudan a mejorar el estado de ánimo. Se los puede consumir como un snack acompañado de nueces y otros frutos rojos o secos, con yogurt, en ensaladas, en té, infusiones y como materia prima para elaboración de granolas y barras energéticas (Herrera y Ospina, 2016).

En cuanto a su valor nutricional, una onza de estos nibs contiene 130 calorías, de las cuales 13 gramos son de grasas buenas, 10 gramos de carbohidratos y 3 gramos de proteína. Estos además son uno de las mejores fuentes dietéticas de magnesio con 272 miligramos de magnesio por 100 gramos. Por lo tanto, los nibs de cacao son una deliciosa manera de satisfacer las necesidades dietéticas de este importante nutriente. Además de magnesio, los nibs de cacao tienen más antioxidantes hasta que los mismos arándanos, vino tino y té verde. Estos trocitos de cacao también nos brindan otro tipo de beneficios a la salud gracias

a sus componentes. Por su alto contenido en teobromina nos da un impulso de energía saludable y por su alto contenido en triptófano nos ayuda a calmar la ansiedad y a mejorar el estado de ánimo. Y por si fuera poco, ayuda con los síntomas del síndrome premenstrual (SPM), todo gracias al magnesio.

2.4. Miel de abeja

La miel es una sustancia natural dulce producida por la abeja *Apis mellifera* o por diferentes subespecies, a partir del néctar de las flores y de otras secreciones extra florales que las abejas liban, transportan, transforman, combinan con otras sustancias, deshidratan, concentran y almacenan en panales. Constituye uno de los alimentos más primitivos que el hombre aprovechó para nutrirse. Su composición es compleja y los carbohidratos representan la mayor proporción, dentro de los que destacan la fructosa y glucosa, pero contiene una gran variedad de sustancias menores dentro de los que destacan las enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antioxidantes, vitaminas y minerales (Ulloa, Mondragón, Rodríguez, Reséndiz y Rosas (2010).

El tipo de miel varía según su origen como materia prima para las abejas. La producción de miel mediante el néctar de las flores puede ser: monofloral, multifloral y de montaña, es decir, se basa en función a las especies de plantas que un apicultor usa para la producción de miel. También hay miel de mielada que se produce a partir de secreciones dulces de plantas que se produce por la acción de áfidos pulgones, cochinillas y otros insectos que se alimentan de savia (Astete y Huaman, 2012).

2.4.1. Contenido nutricional

La miel es un producto natural producida por las abejas (*Apis mellifera*) y ha sido un alimento primitivo usado por el hombre e incluso usado en la medicina. Las moléculas que forman parte de la miel de abeja hace de esta una materia prima para elaborar diversos productos como: cosméticos, medicinas, conservantes, alimentos y otros usos. Para fines de este estudio, se describirá la importancia que tiene para la elaboración de alimentos como barras energéticas.

The National Honey Board (2007) cita que la miel contiene: vitaminas del grupo B, vitamina C, tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico, biotina, hierro, aluminio y magnesio. Krell (1999) describe la composición química de la miel *Apis mellifera* de la siguiente forma:

Tabla 4. Composición química de la miel

COMPONENTE	VALOR PROMEDIO
Proteínas verdaderas	168.6 %
Azúcares simples reductores	76.75 %
Fructuosa	38.38 %
Glucosa	30.61 %
Acidez total	29.12 meq/kg
Humedad	17.2 %
Sacarosa	1.31 %
Relación fructuosa/glucosa	1.23
Minerales (ceniza)	0.169%

Fuente: (Krell, 1999)

Rodríguez (2011) cita que la miel es un producto de nutrientes naturales que produce la acción metabólica de la abeja dando resultado moléculas que son muy aprovechadas en la ingesta del hombre. Los nutrientes de la miel actúan directamente en el equilibrio biológico produciendo bien estar y salud. También aporta con el 70% de azúcares simples como: fructosa, glucosa y sacarosa que proporciona una importante fuente de energía para deportistas debido a su acción dinamogénica y estimulante del corazón.

2.4.2. Contenido de polifenoles y antioxidantes

Vit, Gutiérrez, Titera, Bednar y Rodríguez (2008) analizaron la actividad antioxidante de origen botánico de mieles checas de tipos: flora, mielada y mixta, que presentan un valor total entre 43,55 y 290,35 μ moles equivalentes Trolox/100 g miel. Y respecto a polifenoles para los mismos tipos de mieles obtuvieron valores totales entre 47,39 y 265,49 mg equivalentes Ácido Gálico/100 g miel.

2.5. Avena “*Avena sativa L.*”

La avena (*Avena sativa L.*) es una gramínea cultivada en zonas templadas y subtropicales que tiene diferentes usos. Perteneció a la familia de las Poaceae Barnhart y su distribución se encuentra en países como: Argentina, Bolivia, Brasil, Ecuador, Sudáfrica, su producción mundial en el año 2016 superó los 25 millones de toneladas. Luna (2016) describe que la avena tiene la siguiente composición química en valores por 100g: agua (8.22g), energía (389kcal), proteína (16.89g), grasas (6.90g), carbohidratos (66.27g), fibra (10.6g), calcio (54.0g), fósforo (523.0g), potasio (429.0g), tiamina (0.763mg), niacina (0.961mg). Estos nutrientes son utilizados para dietas en el hombre y para alimentos de animales de granja.

2.6. Alimentos funcionales

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un gran interés de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano. Esto ha generado una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponde a la de los alimentos funcionales (Alvírez, González y Jiménez, 2002).

En Japón en la década de los 80's fue propuesto por primera vez el término Alimento Funcional en la publicación de la reglamentación para los "Alimentos para uso específico de salud" ("Foods for specified health use" o FOSHU) que se refiere a los alimentos procesados que contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutritivo, favoreciendo la salud, la capacidad física y estado mental de una persona (Arai, 1996).

Actualmente existen una variedad de alimentos funcionales en el mundo, siendo Estados Unidos uno de los países que tiene muy claro el objetivo de los alimentos funcionales para llegar a prevenir enfermedades en la población, por ejemplo, barras de cereales destinadas a mujeres de mediana edad, suplementadas con calcio para prevenir la osteoporosis, o por proteína de soya para reducir el riesgo de cáncer de mama y con ácido fólico, para un corazón más sano, panecillos energizantes y galletas adicionadas con proteínas, zinc y antioxidantes. En Alemania se comercializan golosinas adicionadas con vitamina Q y vitamina E.

En Italia las perchas de los supermercados ofrecen yogures con omega 3 y vitaminas, mientras que en Francia ofrecen azúcar adicionada con fructo-oligosacaridos para fomentar el desarrollo de la flora benéfica intestinal (Hasler, 2000).

Hasler (2000) detalla los principales componentes funcionales de la siguiente manera en la Tabla 5:

Tabla 5. Componentes funcionales

CLASE	COMPONENTE	ORIGEN	BENEFICIO POTENCIAL
Carotenoides	Beta caroteno	Zanahoria	Neutraliza los radicales libres que podrían dañar a las células
	Luteína	Vegetales verdes	Contribuye a una visión sana
	Licopeno	Tomate	Podría reducir el riesgo de cáncer de próstata
Fibras dietéticas	Fibra insoluble	Cáscara de trigo	Podría reducir el riesgo de cáncer de colon
	Beta glucano	Avena	Reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular
Ácidos grasos	Omega 3, ácido graso DHA	Aceites de peces	Podrían reducir el riesgo de enfermedades cardiovascular y mejorar funciones mentales y visuales
	Ácido linoléico	Queso, productos cárnicos	Podrían mejorar la composición corporal, podrían reducir el riesgo de ciertos tipos de cáncer
Flavonoides	Catequinas	Te	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
	Flavonas	Cítricos	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
Esteroles vegetales	Ester estanol	Maíz, soya, trigo	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
Prebióticos/Probióticos	Fructooligosacáridos	Achicoria, cebolla	Podría mejorar la salud gastrointestinal
	Lactobacilos	Yogurt	Podría mejorar la salud gastrointestinal
Fitoestrógenos	Isoflavonas	Alimentos con soya	Podrían reducir los síntomas de la menopausia

2.7. Polifenoles

Los polifenoles son un grupo grande de sustancias químicas y heterogéneas de metabolitos secundarios biológicamente activos en plantas. Dentro de los polifenoles se encuentran los flavonoides, y dentro de este grupo se encuentran las catequinas (catequina y epicatequina), más conocidas como flavonoles monoméricos. A diferencia de las vitaminas y minerales, los polifenoles no son componentes esenciales en la dieta humana. Sin embargo, se consumen a diario debido a su presencia en alimentos de origen vegetal (Todorovic, et al., 2015).

2.8. Antioxidantes

Todo el mundo habla de los antioxidantes y de sus efectos saludables, pero son pocos los que conocen su estructura química, procedencia y sobre todo lo que deberíamos hacer para incorporar a nuestro organismo estos agentes naturales tan protectores de nuestras células y tejidos. Los antioxidantes son sustancias naturales o elaboradas que ayudan a prevenir o retrasar algunos daños causados a las células por los llamados radicales libres, que son moléculas que consiguen su estabilidad modificando a las moléculas colindantes, lo que provoca una reacción en cadena que termina dañando a muchas células. Es ahí cuando los antioxidantes se encargan de estabilizar a los radicales libres e inhiben su oxidación para proteger a los órganos y sistemas que puedan verse afectados. El exceso de radicales libres, al no poder ser eliminado por el cuerpo, daña las membranas de las células y facilitan el desarrollo de diversos tipos de enfermedades (Gámiz, 2018).

3. CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo experimental del presente proyecto se realizó en cooperación con la empresa Saquifranca dentro de las instalaciones de procesamiento y en el laboratorio de Química y Biología de la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en la provincia, cantón Pastaza, parroquia Puyo en el Km. 2 ½ vía Napo.

3.1.1. Condiciones experimentales

La provincia de Pastaza está constituida por 4 cantones, Pastaza, Arajuno, Santa Clara y Mera, de los cuales la presente investigación se realizó en el cantón Pastaza, que limita al norte con el cantón Arajuno, al sur con la provincia de Morona Santiago, al este con la República del Perú y al oeste con el cantón Mera y Santa Clara; sus coordenadas geográficas son de 0° 59' -1" S de latitud y 77° 49' 0" W de longitud. Se encuentra a una altura de 950 m.s.n.m. con un clima subtropical húmedo y una temperatura promedio de 17° C y 24°C (INAMHI, 2017).

Tabla 6. Condiciones ambientales de la provincia de Pastaza

PARÁMETROS	MEDIDA
Altitud	954 m.s.n.m.
Humedad relativa	85%
Temperatura promedio	25,9 °C
Precipitación	4500 mm/año

Fuente: (INAMHI, 2017)

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de innovación corresponde a una investigación de tipo experimental, donde se detalla las variables, niveles y tratamientos con los que se va a desarrollar la barra energética enriquecida con sachá inchi y cacao.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Caracterización bromatológica de las materias primas

Determinación de humedad

Se pesó la caja Petri vacía en la balanza analítica y se tomó su peso, posteriormente se pesó 5 gramos de muestra en la caja Petri, a continuación, se colocó la caja Petri con la muestra dentro de estufa a 205°C durante 2 horas. Se tomó las cajas Petri y se colocó en el desecador para evitar que adquiriera humedad la muestra y nuevamente se tomó los pesos (Tirado, Montero y Acevedo, 2015).

$$\%H = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} * 100$$

Donde:

%=Porcentaje de Humedad

P_i=Peso inicial de la muestra en g

P_f=Peso final después de la mufla en g

Determinación de ceniza

Se pesó 2 gramos de muestra en el crisol previamente pesado, se secó la muestra en una estufa durante 30 minutos a 400°C y luego se calcinó la muestra en la mufla a 600 °C por 2 horas hasta conseguir cenizas blancas o ligeramente grises, enfriar en el desecador y a continuación se pesó la muestra obtenida en el crisol en la balanza analítica misma que posee un margen de error de ±0,01 (Olivera et al., 2012).

$$\%C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100$$

Donde:

%C=Porcentaje de ceniza

m2=Peso del crisol con ceniza en g

m1=Peso del crisol con muestra en g

m=Peso del crisol vacío en g

Determinación de grasa

La determinación de grasa o extracto etéreo consiste en la extracción de grasa a partir del material seco y molido con éter de petróleo, éter etílico o hexano en un equipo de extracción llamado Soxhlet (AOAC, 1999).

Se pesó 2 gramos de muestra seca de cada muestra a analizar y se colocó dentro de un cartucho de papel filtro, este cartucho se instaló dentro del extractor soxhlet. Previamente se midió 110 ml de éter de petróleo dentro del balón de extracción de cuello esmerilado y se adaptó el equipo completo de extracción durante 2 horas. Posteriormente se dejó enfriar el balón con la muestra de grasa obtenida y se pesó en la balanza analítica.

$$G = \frac{m1 - m2}{m} * 100$$

Donde:

G=Porcentaje de Grasa

m2=Peso del balón vacío g

m1=Peso del balón + grasa en g

m=Peso de muestra desengrasada en g

Determinación de proteína

Para la determinación de proteínas se utilizó el método Kjeldahl, el cual consta de tres etapas: digestión, destilación y titulación. Se efectuó el análisis por triplicado al sachá inchi, nibs de cacao y las 3 formulaciones de las barras energéticas, reportándose el promedio de las tres mediciones, referido al porcentaje.

El método se basa en la digestión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta amoníaco, el cual queda en solución en forma de sulfato de amonio. El amoníaco digerido una vez alcalinizado con hidróxido de sodio concentrado se destila para desprender el amoníaco, el cual está atrapado y titulado.

Se pesó 0.200 g de muestra, 1.2 g de catalizador Kjeldahl y 3ml de ácido sulfúrico concentrado, se colocó en un balón para digestión en el equipo macro Kjeldahl durante 1 hora y 30 minutos a 400°C. Se tomó el balón del macro Kjeldahl, se dejó enfriar dentro de la sorbona y se colocó 100 ml de agua destilada hasta que se disuelva la muestra. Se añadió 10 ml de ácido bórico al 4% más 3 gotas de indicador tashiroy dentro un erlenmeyer de 250 ml y 10 ml de hidróxido de sodio al 45,4% en cada balón de digestión para luego colocarlos en el destilador durante 15 minutos hasta que se destile 50 ml aproximadamente dentro de cada erlenmeyer. Se tituló con ácido sulfúrico al 0,2 N hasta el cambio de color verde esmeralda a púrpura y tomar el valor del consumo de ácido sulfúrico (AOAC, 1999).

$$P = \frac{V * N * F * 0,014}{m} * 100$$

Donde:

P=Contenido de proteína

V=ml de ácido sulfúrico consumido

N=Normalidad del ácido

F=Factor para convertir el contenido de nitrógeno a proteína (6,25 proteína en general)

m=Peso de muestra en g

Determinación de fibra

La fibra cruda es el residuo del lavado, secado y pesado que queda luego de la digestión de la muestra desengrasada con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio diluido (AOAC, 1999).

Para el análisis de fibra se pesó la muestra desengrasada en un vaso de 250 ml, se agregó 100 ml de ácido sulfúrico al 0,255 N y posteriormente se colocó a digerir a 400°C durante 30 minutos (contando a partir de la ebullición) añadiendo una gota de antiespumante. Se filtró en caliente a través de una tela de lino y luego se realizó el lavado con agua potable hasta que se haya eliminado el ácido, mismo que se verificó agregando una gota de anaranjado de metilo hasta que se torne una coloración anaranjada. La digestión básica se realizó agregando 100 ml de hidróxido de sodio al 0,313 N en un vaso de precipitación y se digirió a 400°C durante 30 minutos (contando a partir de la ebullición) añadiendo una gota de antiespumante. Se filtró en caliente a través de una tela de lino y luego se realizó el lavado con agua potable hasta que se haya eliminado el hidróxido, mismo que se verificó agregando una gota de fenoltaleína hasta que el agua de residuo no adquiriera ninguna coloración. Se realizó 3 enjuagues con 10 ml de alcohol etílico y un enjuague con agua destilada. Se trasvasó el residuo seco a un crisol, se colocó el crisol más la muestra en la estufa a 105°C durante 5 minutos hasta que se seque y luego se tomó el peso en frío. A continuación, el crisol más la muestra se colocó en la mufla a 600°C durante 30 minutos. Una vez incinerada la muestra se colocó dentro del desecador para que se enfríe y tomar el peso en la balanza analítica (AOAC, 1999).

$$F = \frac{m1 - m2}{m} * 100$$

Donde:

F=Contenido de fibra %

m1= Peso del crisol + muestra (estufa)

m2=Peso del crisol + muestra (mufla)

m=Peso de muestra desengrasada

Determinación de Carbohidratos

El porcentaje de carbohidratos se calculó por diferencia, partiendo de los 100 g de muestra y tomando en cuenta los otros componentes de la muestra como son: porcentajes de humedad, grasas, fibras, proteínas y cenizas (AOAC, 1999).

$$\% C = 100 - (G + P + F + C)$$

Donde:

%C= Porcentaje de carbohidratos

G= Porcentaje de grasas totales de la muestra

P= Porcentaje de proteínas totales de la muestra

F= Porcentaje de fibras totales de la muestra

C= Porcentaje de cenizas totales de la muestra

3.3.2. Elaboración de la barra energética con sachá inchi y cacao

Para la elaboración de las barras energéticas se realizó la recepción de las materias primas, el Sachá Inchi se obtuvo en la finca Ili en la parroquia Fátima, los nibs de cacao en la ciudad de Puyo, hojuelas de avena marca Schullo y miel de abeja de marca Osos Mieleros de la ciudad del Tena.

El sachá inchi pasó en primera instancia por un proceso de pelado de su tercera corteza, posteriormente se realizó el pelado y triturado con la finalidad de obtener partículas más finas.

Una vez con las materias primas listas se procedió con el pesado de acuerdo a los porcentajes de estudio según la formulación 1,2, y 3. Se tostó en una olla de acero inoxidable el sachá inchi, la avena y los nibs de cacao utilizando una espátula, esta operación fue manual por un tiempo de 20 minutos, posteriormente se realizó el segundo mezclado en el cual se añadió la miel de abeja.

La mezcla obtenida se vació en un molde de vidrio de forma rectangular de 30 x 20 x 5, para luego prensar con un soporte de 4 kilogramos. A continuación, se introdujo en un cuarto frío a una temperatura de 9°C durante 30 minutos para compactar la mezcla. Posteriormente se fragmentó la masa en barras de un tamaño de 9 cm de largo, 4 cm de ancho y 1cm de espesor. Las barras elaboradas poseen un peso de 30 g aproximadamente mismas que fueron empaquetadas en fundas de aluminio de grado alimenticio de manera individual.

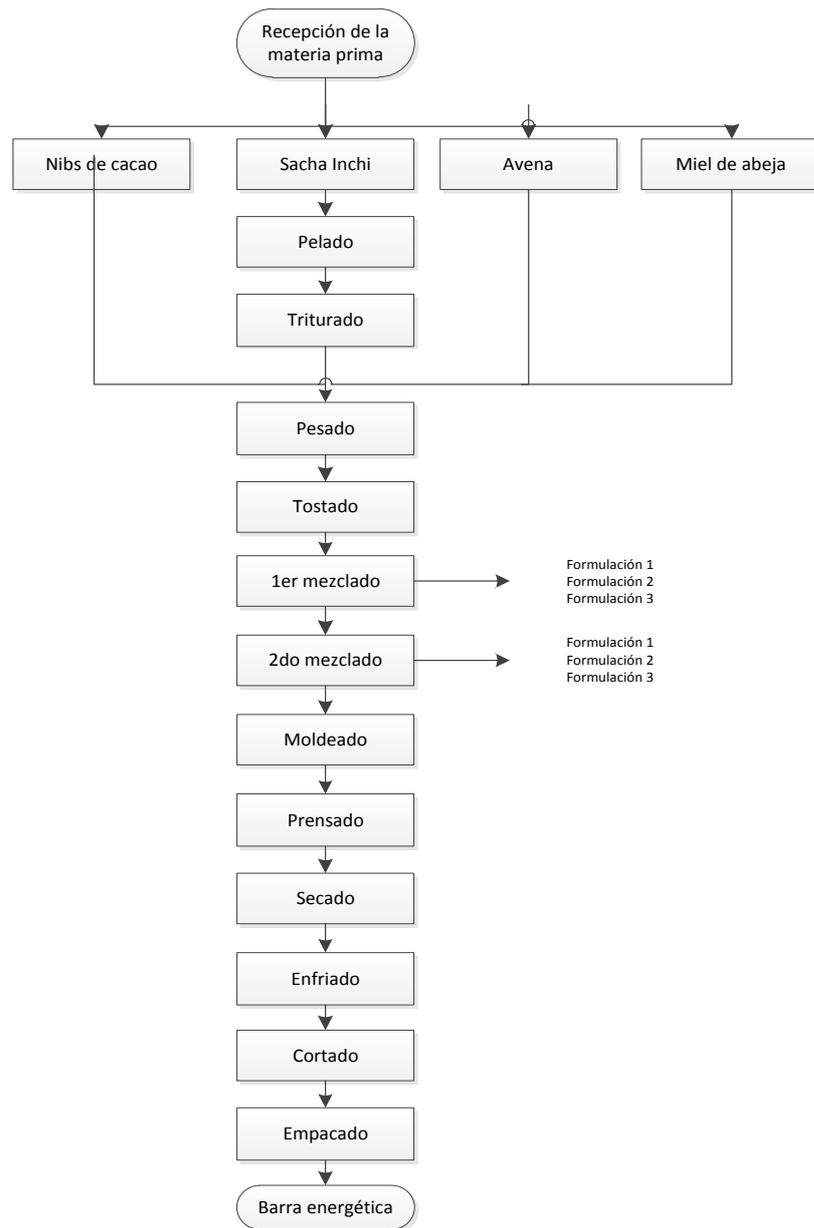


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la barra energética

3.3.3. Análisis de polifenoles totales

Para la implementación del ensayo de Folin-Ciocalteu (Proestos & Varzakas, 2017; Yoshioka et al., 2017; Mansour et al., 2017; Apostolou et al., 2013), se necesitó la construcción previa de una curva de calibración mediante diluciones sucesivas a partir de una disolución concentrada (disolución madre) de 1000 mg/L de ácido gálico (estándar de referencia). A partir de esta disolución se prepararon 10 mL de cada una de las disoluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido gálico entre 5 y 25 mg. L⁻¹.

Tabla 7. Preparación de la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de 1 000 mg/l. volumen final 10 ml (agua destilada).

Componentes añadidos	Concentración de ácido gálico (mg.L ⁻¹)				
	5	10	15	20	25
Ácido gálico patrón (µL)	50	100	150	200	250
Reactivo de Folin-Ciocalteu (µL)	500	500	500	500	500
Disolución de Carbonato de sodio 10% (µL)	500	500	500	500	500

Fuente: Dr. Luis Bravo Sánchez

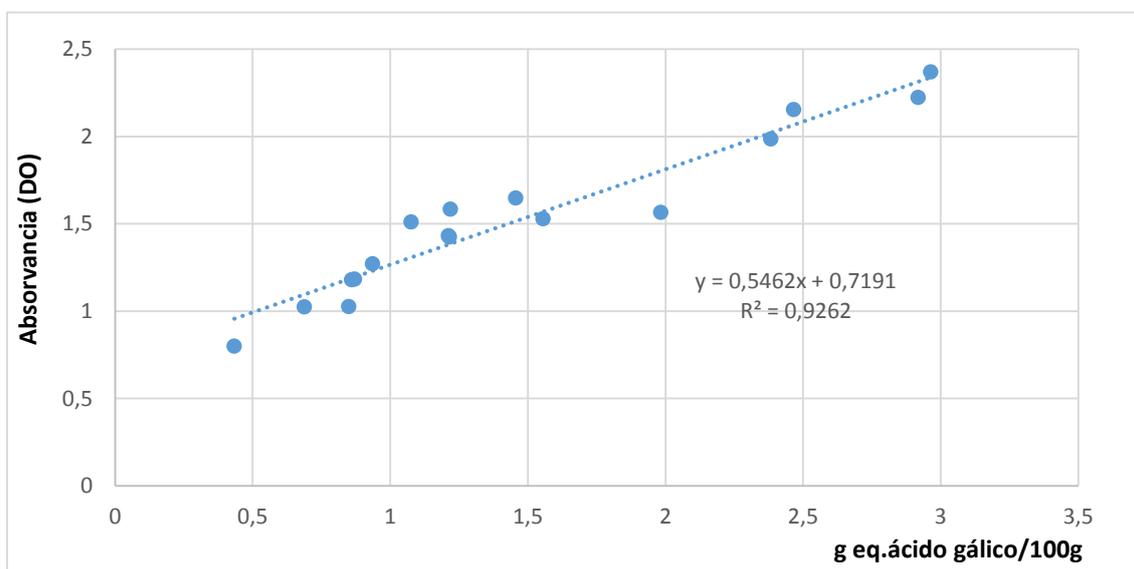


Figura 2. Curva patrón de ácido gálico para la determinación de polifenoles por el método de Folin-Ciocalteu.

Para la preparación de las muestras, 100 μL de extracto y 500 μL de reactivo de Folin-Ciocalteu se colocaron en un matraz aforado de 10 mL, se agitó y se dejó reposar protegido de la luz durante 10 minutos. Se añadieron después 500 μL de la disolución de carbonato de sodio al 10% y se llevó a un volumen de 10 mL con agua destilada. Se homogenizó la disolución agitando manualmente el matraz aforado y se mantuvo en la oscuridad a temperatura ambiente durante 2 horas. Se midieron las absorbancias de las muestras de extractos y de patrones a 765 nm contra el blanco de reactivos.

3.3.4. Determinación espectrofotométrica de actividad antioxidante a través del método ABTS (Ácido 2,2 –azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico).

Se genera químicamente el radical ABTS, utilizando persulfato de potasio, a temperatura ambiente, en ausencia de luz en un tiempo entre 12 a 16 horas. El persulfato de potasio y el ABTS reaccionan estequiométricamente.

Procedimiento

a. Preparación de disolución ABTS 7 mM.

Se pesa 0,0384 g de ABTS en un matraz de 10 mL y se enrasa con agua destilada.

b. Preparación de disolución de persulfato de potasio 2,45 mM

Se pesa 0,0662 g de persulfato de potasio en un matraz aforado de 100 mL y se enrasa con agua destilada. Se mezclan en partes iguales la disolución de ABTS 7 mM y la de persulfato de potasio 2,45 mM y se mantienen en la oscuridad a temperatura ambiente durante un tiempo estimado entre 12 y 16 horas, suficientes para la formación del radical. Esta disolución es estable durante 2 días.

La disolución del radical ABTS se diluye con etanol al 99 % v/v para obtener una absorbancia de alrededor de 0,873 nm.

c. Confección de la curva de calibración con patrón de TROLOX

La disolución madre se prepara disolviendo 0,01 g de Trolox en 5mL de metanol y 5 mL de agua destilada. A partir de esta disolución madre se hacen las diluciones que serán los distintos puntos de la recta, con concentraciones de 19, 59, 79, 119, 159, μL .

Tabla 8. Preparación de la curva patrón de TROLOX a partir de una disolución concentrada de 1 000 mg/l. volumen final 10 ml (agua destilada).

Componentes añadidos	Concentración de TROLOX (mg.L^{-1})				
	5	10	15	20	25
Ácido TROLOX (μL)	19	59	79	119	159
Persulfato de potasio 2,45 mM (ul)	50	50	50	50	50
Agua destilada (ul)	140	100	80	40	0

Fuente: Dr. Luis Bravo Sánchez

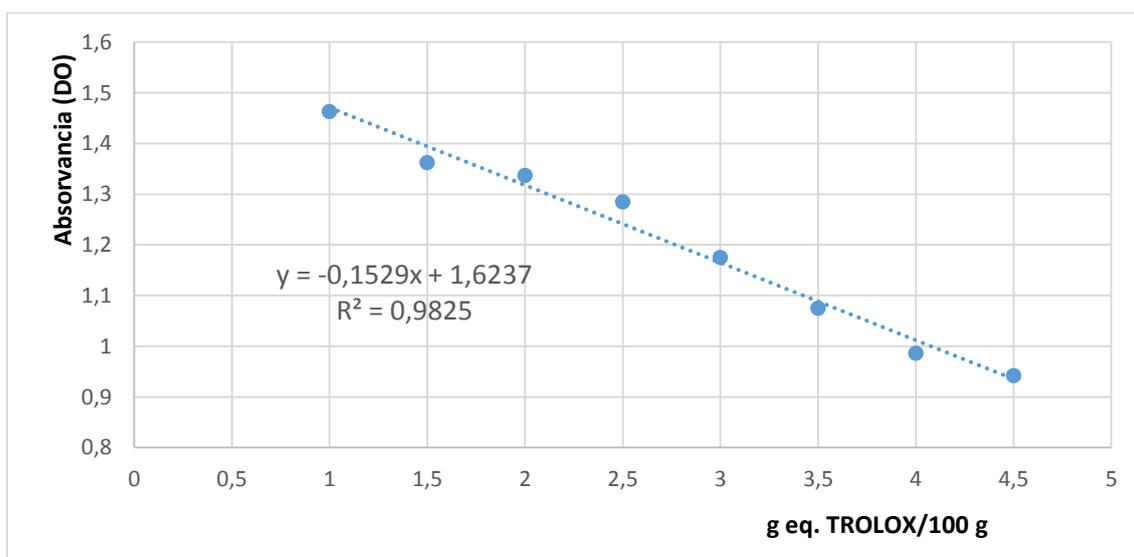


Figura 3. Curva patrón de TROLOX para la determinación de antioxidante por el método de ABTS

d. Preparación de muestra

Se toman 100 μL de la muestra a analizar y se colocan directamente en la cubeta del espectrofotómetro. Se adicionan 2 mL de la disolución del radical. Se esperan 7 minutos y se realiza la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 730,0 nm contra un blanco de etanol.

3.3.5. Determinación espectrofotométrica de actividad antioxidante a través del método FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power)

Este método se basa en la capacidad que tiene la sustancia antioxidante para reducir Fe^{3+} a Fe^{2+} . El complejo férrico: 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) incoloro es reducido a complejo ferroso coloreado (Benzi y Strain 1996; Pulido et al., 2000).

Preparación de reactivos

a. Preparación de disolución de ácido clorhídrico (HCl) 40 mM

Se diluye 535 μL HCl (37%) en 100 mL de agua destilada.

b. Preparación de disolución de tampón acetato 0,3 mM

Se disuelve 0,0061 g de acetato de sodio en 200 mL de agua destilada, se añade ácido clorhídrico 40 mM hasta que la mezcla llegue a un pH de 3,5 y enrasa con agua destilada hasta llegar a 250 mL.

c. Preparación de disolución de TPTZ 10 mM

Se coloca 0,0352 g de reactivo TPTZ y se disuelve en agua destilada, se transfiere a un matraz aforado de 10 mL y se enrasa con ácido clorhídrico 40 mM.

d. Preparación de disolución de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20 mM

Se disuelve 0,1352 de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (cloruro de hierro III) en 25 mL de agua destilada.

e. Preparación de la disolución de trabajo diario FRAP.

Esta disolución deberá prepararse a diario, para lo cual se mezcla 2,5 mL de disolución de TPTZ con 2,5 mL de disolución de cloruro de hierro III y 25 mL de tampón de acetato.

f. Confección de la curva de calibración con patrón de TROLOX

Se disuelve 0,1 g de TROLOX en 5 mL de metanol y 5 mL de agua destilada. A partir de esta disolución madre se hacen diluciones para los distintos puntos de la recta, con concentraciones de: 79, 119, 159, 199, 239, 279, 319,359 y 399 μM .

Tabla 9. Preparación de la curva patrón de TROLOX a partir de una disolución concentrada de 1000 mg/l. volumen final 10 ml (agua destilada).

Componentes añadidos	Concentración de TROLOX ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)				
	5	10	15	20	25
Ácido TROLOX (μL)	19	59	79	119	159
Disolución FRAP	500	500	500	500	500
Agua destilada	500	500	500	500	500

Fuente: Dr. Luis Bravo Sánchez

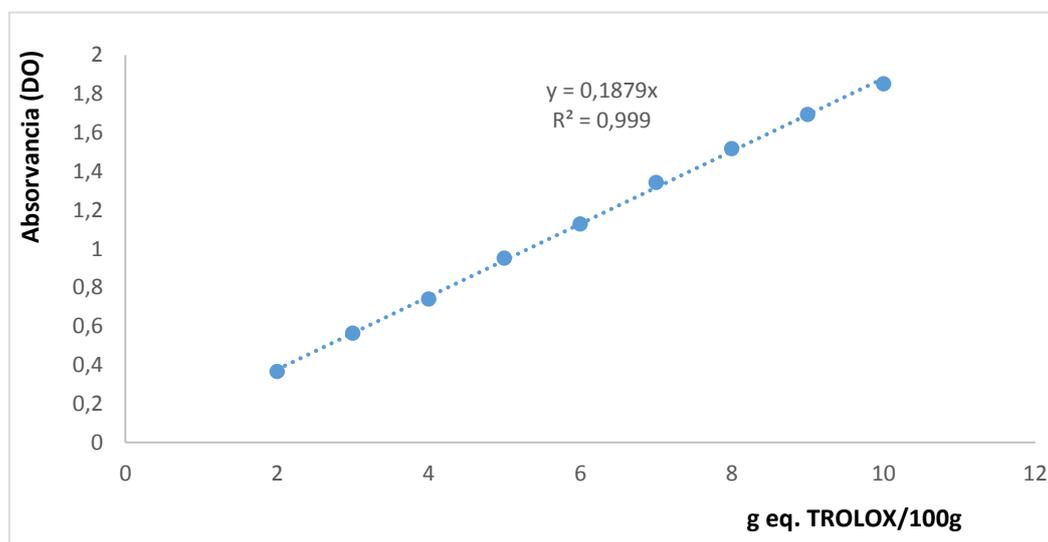


Figura 4. Curva patrón de TROLOX para la determinación de antioxidante por el método de FRAP.

g. Preparación de la muestra

Se coloca en un matraz de 10 mL, 80 μ L de muestra y se adicionan 5 mL de disolución de FRAP. Se enrasa con agua destilada. Se dejó reposar en una estufa a 37°C por 30 minutos. Se registran las absorbancias a una longitud de onda de 593 nm.

3.4. TRATAMIENTO DE DATOS

3.4.1. Diseño experimental

Fase 1: Efecto de adición de la sachá inchi y cacao en los tratamientos.

Para el diseño experimental en la elaboración de las barras energéticas se consideró 2 factores (sachá inchi y cacao) con 3 niveles (5, 10, 15%) y 3 repeticiones, por lo que es un experimento factorial de 3².

Tabla 10. Diseño experimental para la elaboración de las barras energéticas

FACTORES	NIVELES %	IDENTIFICACIÓN	COMBINACIONES	# REPETICIONES	TUE (g)
SACHA INCHI	5	A1	A1B1	3	300 g
	10	A2	A1B2		
			A1B3		
			A2B1		
	15	A3	A2B2		
	CACAO	5	B1		
10		B2	A3B1		
			A3B2		
			A3B3		
15		B3			
2		3	6	9	27

Fase 2: Evaluación del poder antioxidante del sachá inchi y cacao en la barra energética

En la realización de los experimentos fue aplicado un diseño de experimento factorial de dos niveles de tipo (2²) con 3 repeticiones y 3 puntos centrales, y un tamaño único de la muestra de 300 g, lo que permitió la evaluación de la curvatura del modelo.

De esta forma, se consideró la influencia de dos factores como variables independientes (sacha inchi y cacao) y como variable de respuesta el efecto de TPC, FRAP y ABTS.

Además, el método gráfico de Half-Daniel se usó para determinar los efectos significativos, de acuerdo con P. Whitcomb and Oehlert (2007).

Se utilizó el software estadístico *Design Expert Version 10.0.2* (Stat Ease, EE. UU). Así como ANOVA para el análisis de los resultados. El diseño factorial se detalla en la Tabla 5, que también incluye las variables de respuesta.

Tabla 11. Configuración del diseño factorial (2^2) en la forma original y codificada de las variables independientes (A y B)

		Factores	
		Sacha Inchi (%) (A)	Cacao (%) (B)
Niveles	Exp*		
	1	5	5
	2	15	5
	3	15	15
	4	15	15
	5	15	5
	6	5	5
	7	15	15
	8	15	5
	9	5	15
	10	5	15
	11	10	10
	12	10	10
	13	5	15
	14	5	5
15	10	10	

3.4.1. Análisis estadístico

Para la interpretación estadística de TPC, ABTS y FRAP se utilizó software *Design Expert Version 10.0.2* (Stat Ease, EE. UU). Y el Software Estadístico SPSS¹⁹ versión 2008, a través del método Test:Bonferroni mediante el cual se comprobó el diseño experimental del análisis proximal, a través de los siguientes análisis:

- Análisis de Varianza (ANOVA).
- Método gráfico de Half-Daniel

3.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

3.5.1. Materias primas

Dentro de las principales materias primas que se utilizaron en la presente investigación destacan las hojuelas de avena y miel de abeja; enfatizando el uso de materias primas amazónicas dentro su formulación como el *Theobroma cacao* y *Plukenetia volubilis* mismas que se obtuvieron en la finca Saquifracia de la ciudad del Puyo y en la finca Ili en la parroquia Fátima.

3.5.2. Equipos utilizados

Equipos utilizados para elaboración de la barra

- Balanza analítica
- Bandejas
- Estufa
- Cuchillos
- Espátula
- Molde rectangular
- Empaques de aluminio grado alimenticio
- Selladora al vacío

Equipos utilizados para análisis de laboratorio

- Balanza analítica
- Cajas Petri
- Estufa
- Mufla
- Papel aluminio
- Equipo macro Kjeldahl
- Balones de 1000ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Erlenmeyer de 1000 ml
- Desecador
- Crisol
- Pinza para crisol
- Papel filtro
- Equipo Soxhlet
- Bureta de 50ml
- Vasos de precipitación
- Embudos
- Tela de lino
- Pipetas graduadas

Reactivos utilizados para análisis de laboratorio

- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido sulfúrico al 0,255 N
- Pastillas kjeldahl
- Hidróxido de sodio 45,4%
- Hidróxido de sodio al 0,313 N
- Ácido bórico al 4%
- Indicador tashiro
- Ácido sulfúrico 0,2 N estandarizado

- Agua destilada
- Éter de petróleo
- Alcohol potable
- Antiespumante (OCTYL alcohol)

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización bromatológica de las materias primas

En la Tabla 12 se observan los resultados del análisis proximal de las materias primas de carácter innovador utilizadas para la elaboración de las barras energéticas; en la que se determinaron los valores de humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra y carbohidratos totales de las semillas de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) y *Theobroma cacao* (cacao).

En la Tabla 12 se puede observar el alto porcentaje de proteína (30,62%) y grasa (51,2%) presente en las semillas de *Plukenetia volubilis*, valores que están cercanos a los descritos por (Ruiz et al., 2013) con 29,6% y 49% respectivamente.

En cuanto a los porcentajes determinados en los análisis realizados en el laboratorio, se obtuvo que para el *Theobroma cacao*, el contenido de grasa (11,70%) y proteína (8,75%) son los componentes que más resaltan dentro de su composición. Contenidos de nivel menor en comparación con lo descrito por Lares et al. (2012) que presenta un contenido de proteína (2,12%) y grasa (45,42%).

Tabla 12. Resultados del análisis proximal de las materias primas del diseño experimental

Componente	Sacha Inchi	Cacao
	Datos obtenidos en laboratorio	Datos obtenidos en laboratorio
Humedad (%)	6,29 ± 0,16	2,71 ± 0,02
Cenizas (%)	2,71 ± 0,03	3,01 ± 0,04
Proteína cruda (%)	30,62 ± 0,38	8,75 ± 0,56
Grasa cruda (%)	51,20 ± 0,13	11,70 ± 0,02
Fibra (%)	7,30 ± 0,04	11,20 ± 0,04
Carbohidratos (%)	8,17 ± 0,37	65,34 ± 0,62

4.2. Caracterización bromatológica de las barras enriquecidas con sachá inchi y cacao

4.2.1. Humedad

Con respecto al contenido de humedad existe diferencias significativas entre la interacción entre sachá inchi y cacao ($p > 0,05$), porque presenta una $p < 0,0281$ con un R^2 de 0,74 de correlación entre los factores estudiados, por lo que se podría mencionar que, la humedad no depende en su totalidad de la adición de sachá inchi y cacao, si no que se podría atribuir a los otros ingredientes presentes en la formulación como la avena y la miel de abeja (Anexo 1).

En la figura 5, se observa el efecto del porcentaje de humedad, que aporta el tratamiento S1 (5% de sachá inchi) de $6,11 \pm 0,13\%$.

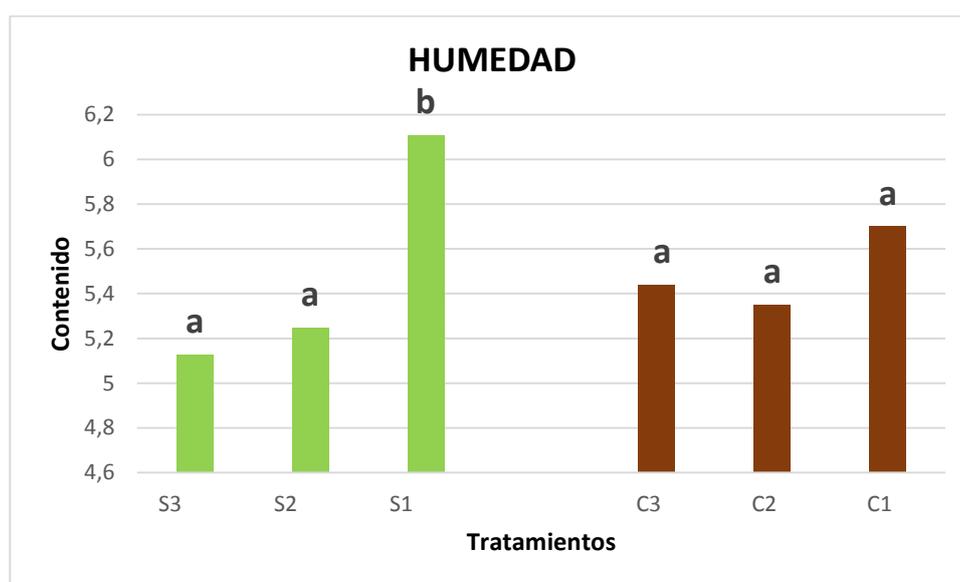


Figura 5. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de humedad ($p < 0,05$), a, b, letras distintas difieren significativamente

Yacila y Barraza (2014) determinaron el contenido de humedad en barras energéticas de quinua, kiwicha y sachá inchi con un porcentaje de 6,27%, valor cercano al obtenido de la presente investigación.

Olivera et al. (2012) refieren los valores de humedad antes y después del secado de barras energéticas constituidas por ovoalbúmina y germen de trigo encontrándose en los niveles de 7,6 %. Se puede manifestar que el contenido de humedad estará en función de los ingredientes de la barra energética.

Los contenidos de humedad obtenidos permiten una adecuada estabilidad en el almacenamiento como lo manifiesta Lloyd et al. (1982). El contenido de humedad está relacionado con la actividad de agua, parámetro importante para prevenir el daño microbiológico (Toledo, 1991).

4.2.2. Ceniza

Existe una diferencia altamente significativa entre la interacción sachá inchi y cacao, ($p < 0,0001$), el coeficiente de correlación presente un valor de 0,97 que evidencia que el efecto de adición del sachá inchi y cacao influyen sobre los tratamientos.

El mayor efecto de ceniza en las barras se atribuye al sachá inchi que difieren significativamente en los porcentajes añadidos. Mientras que la adición del cacao influye únicamente al 15%.

Como se detalla en la figura 6 se puede observar el contenido de ceniza en los tratamientos

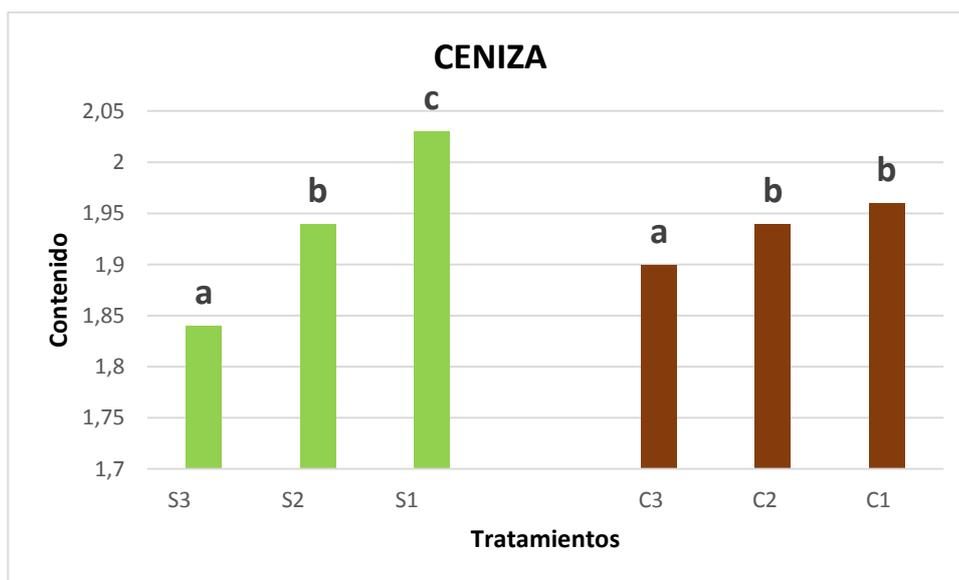


Figura 6. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de ceniza ($p < 0,05$), a, b, c letras distintas difieren significativamente

Moncada y Gualdrón (2006) afirma que el aporte de cenizas actúa como indicador de minerales totales en los alimentos. Yacila et al. (2012) en su investigación sobre la aceptabilidad de una barra energética con kiwicha, quinua y sachá inchi describe que las barras con menor porcentaje de adición de sachá inchi en la formulación poseen un contenido final de ceniza de 0,88 g, mientras que en las barras elaboradas con sachá inchi y cacao para la presente investigación presentaron un contenido de ceniza de 1,84 a 2,03 g.

4.2.3. Proteína

Existe una diferencia altamente significativa entre la interacción sachá inchi y cacao, ($p < 0,0001$), siendo el coeficiente de correlación presente de un valor de 1,00 que evidencia el efecto de adición del sachá inchi y cacao influyen en su totalidad sobre las formulaciones de las barras.

El contenido de proteína presente en las barras lo aportan tanto el sachá inchi como el cacao, de acuerdo a sus porcentajes de adición al 5, 10 y 15 % como se detalla en la figura 7 y anexo 3.

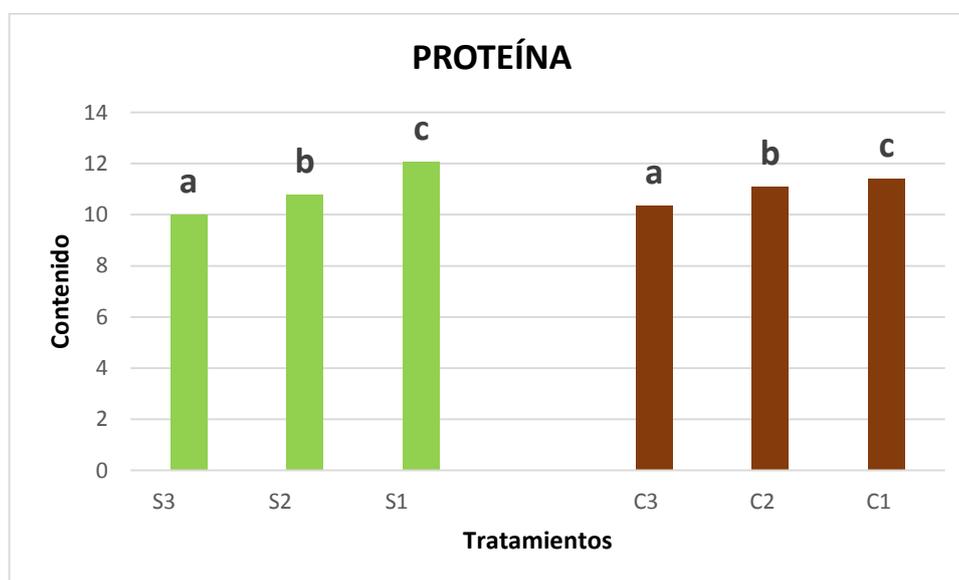


Figura 7. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de proteína ($p < 0,05$), a, b, c letras distintas difieren significativamente

Al hablar que el contenido de proteína varía en función de la materia prima incorporada en las barras energéticas como es el caso del sachá inchi que posee 30,62% y el cacao 8,75 que influyen significativamente en su contenido final de las barras. De esta manera se podría considerar que la barra objeto de estudio aporta energía y proteína con 11,12 a 12,08%.

En este contexto, investigaciones relacionadas a barras energéticas citan que la utilización de proteínas disminuye la ingesta energética y promueve la pérdida de peso del tejido adiposo mucho mayor que la que producen carbohidratos o grasas (Reyna et al., 2015).

La recomendación de ingesta de proteína para personas sedentarias es de 0,8 g/Kg de peso corporal mientras que para individuos atléticos es superior con una ingesta recomendada de 2 a 3 g /Kg de peso corporal al día (Escanero, Villanueva, Guerra y Cordova, 1991).

4.2.4. Grasa

El contenido de grasas en las barras energéticas no presentan diferencia significativa entre la interacción sachá inchi y cacao ($p > 0,1078$), esta afirmación se puede corroborar en el análisis del coeficiente de correlación que presenta un valor de 0,55 que indica que independientemente de la adición de sachá inchi y cacao en la barra energética el contenido de grasa se mantiene en función de los niveles añadidos. Anexo 4.

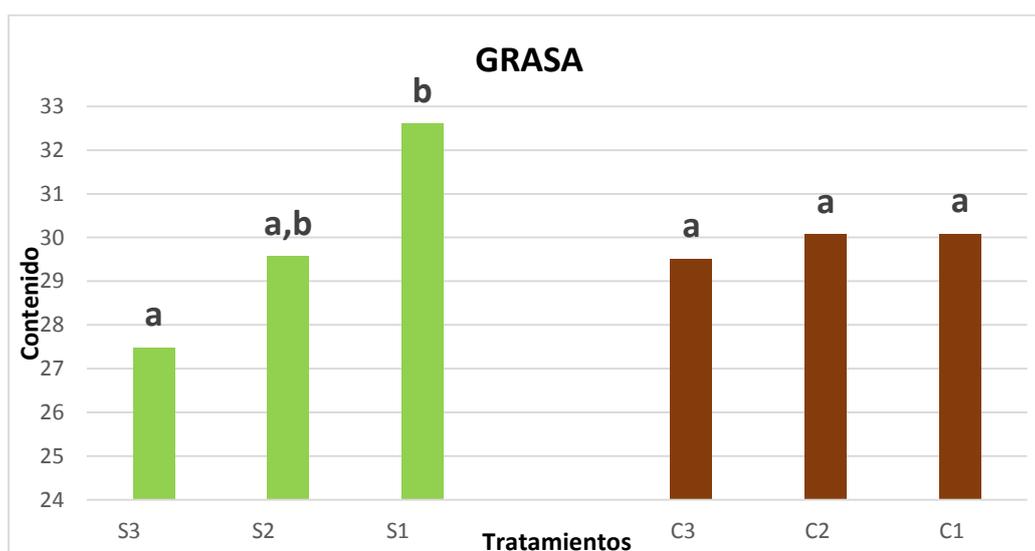


Figura 8. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de grasa ($p < 0,05$)
a, b, letras distintas difieren significativamente

El contenido de grasa presente en el sachá inchi (51,20%) y cacao (11,70%) para la elaboración de las barras energéticas

El contenido de grasa presente en las barras energéticas estudiadas reportó un valor elevado (27,48 – 32,60%), a comparación de barras elaboradas con Quinua, kiwicha y sachá inchi (4,37 a 5,04%) (Yacila et al., 2012).

Estos valores se relacionan directamente por la adición de sachá inchi (51,20%) y cacao (11,70%) que son materias primas con alto contenido de lípidos. Principalmente el sachá inchi que posee ácidos grasos esenciales como el omega 3 (50,6%), omega 6 (34,6%) y omega 9 (8,7%) como elementos de carácter funcional en el organismo (Ruiz et al., 2013).

4.2.5. Fibra

En la determinación de la fibra se evidencia que existe diferencia significativa entre la interacción sachá inchi y cacao, ($p < 0,0001$), y el coeficiente de correlación presente es un valor de 0,96 que evidencia que el efecto de adición del sachá inchi y cacao influyen en su totalidad sobre las formulaciones de las barras, sin embargo el tratamiento con adición del 5% de sachá inchi es el que influye de mayor manera en el contenido final de fibra en la barra energética por lo que se atribuye que el contenido elevado en este tratamiento lo aporta la avena.

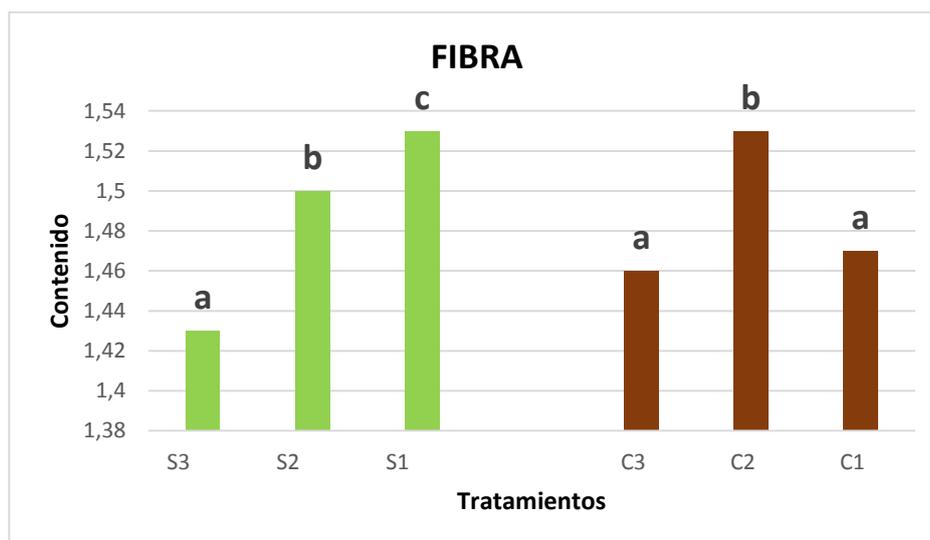


Figura 9. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de fibra ($p < 0,05$)
a, b, c, letras distintas difieren significativamente

Escudero y Gonzales (2006) señalan que la recomendación adecuada de los distintos tipos de fibra en una dieta es de 20-35 g/día proveniente de diferentes fuentes.

El contenido de fibra de las formulaciones de estudio presentó valores en el rango de 1,46 – 1,50%, valor que según Iñarritu et al. (2001) está dentro del nivel permitido de 0-2% de fibra en barras de cereales y energéticas.

4.2.6. Carbohidratos

Con respecto al contenido de carbohidratos existe diferencias significativas entre la interacción entre sachá inchi y cacao ($p > 0,0153$), con un coeficiente de correlación 0,72 entre los factores estudiados. Tanto la adición de sachá inchi y cacao presentan este bajo coeficiente de correlación que puede atribuirse a la presencia de miel de abeja como posible factor que contribuye al incremento en el porcentaje de carbohidratos presentes en las barras energéticas.

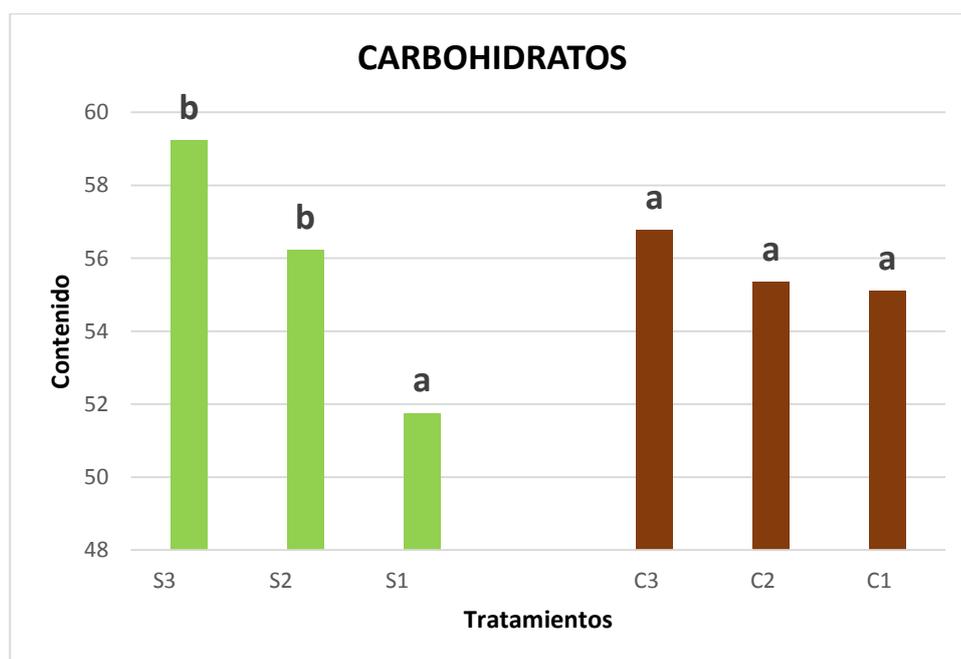


Figura 10. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el contenido de carbohidratos ($p < 0,05$), a, b, letras distintas difieren significativamente

Los alimentos con un alto contenido de carbohidratos son importantes debido a que constituyen la base de la mayoría de las dietas (Latham, 2002). El contenido de carbohidratos en las barras a base de sachá inchi y cacao presentaron valores entre 51,75 –

59,23%. Valores que se encuentran relacionados por los que presenta Zenteno (2014) en su investigación con 55,5% para una barra de cereal comercial.

Es por ello que las barras energéticas estudiadas en la presente investigación a más de su alto contenido de proteína podrían ser opción alternativa para complementar la alimentación de personas con alto desgaste energético.

4.2.7. Aporte calórico

Para el análisis del aporte calórico de las barras energéticas existe una diferencia significativa entre la interacción sachá inchi y cacao, ($p < 0,0001$), el coeficiente de correlación presente con un valor de 0,97 que muestra que la adición del sachá inchi y cacao influyen sobre las características de las barras energéticas en sus diferentes formulaciones. El aporte energético podría atribuirse al sachá inchi por cuanto presentan elevado contenido de proteína (30,62%) y grasa (51,20%).

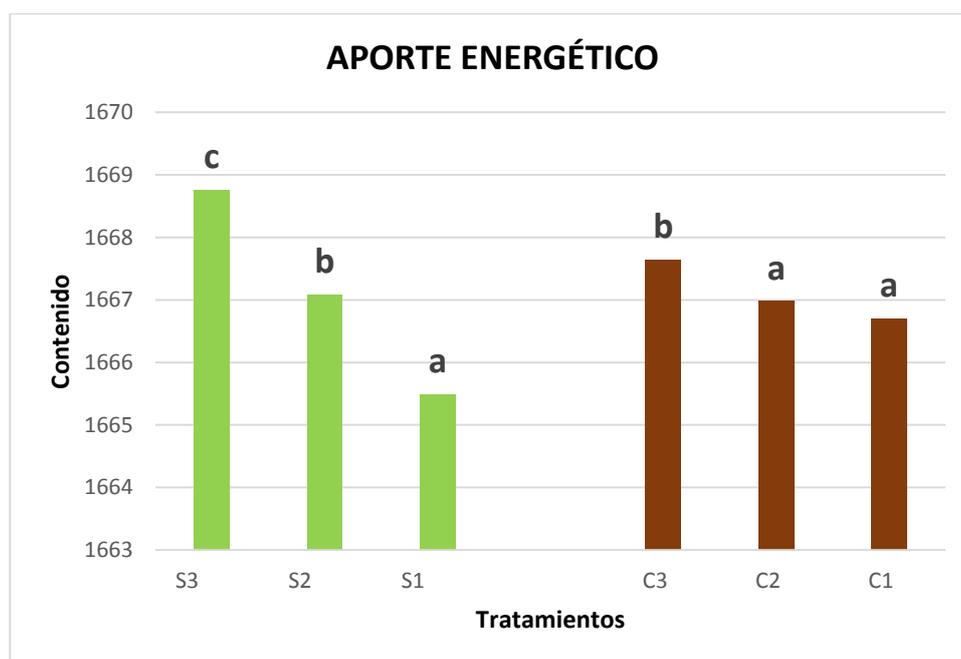


Figura 11. Efecto de la adición de sachá inchi y cacao en el porcentaje del aporte energético ($p < 0,05$), a, b, c, letras distintas difieren significativamente

Las barras elaboradas a base de sachá inchi y cacao con altos contenidos de proteína y grasa aportan un valor energético considerable en la formulación final.

Peterson et al. (2006) indica que las barras usualmente presentan de 350 a 500 calorías por cada 100 gramos, siendo una alternativa de obtención de energía extra a parte de la dieta diaria. Ahí radica la utilización de consumir estos productos antes, durante y después del ejercicio sin que la digestión interfiera en el esfuerzo (Placentino, 2004).

4.3. Análisis de poli fenoles totales y antioxidantes

4.3.1. Polifenoles totales

La Figura 12 muestra la estimación de los efectos estandarizados el contenido de polifenoles. En correspondencia a lo planteado por Whitcomb & Anderson (2004) a las variables más significativas, les corresponden valores más altos de efectos estandarizados, como se puede observar el factor B (Cacao) y su interacción (AB) tienen mayor influencia sobre la variable de respuesta. Sin embargo, el factor A (sachá inchi) no tiene un efecto significativo en las condiciones consideradas en el estudio.

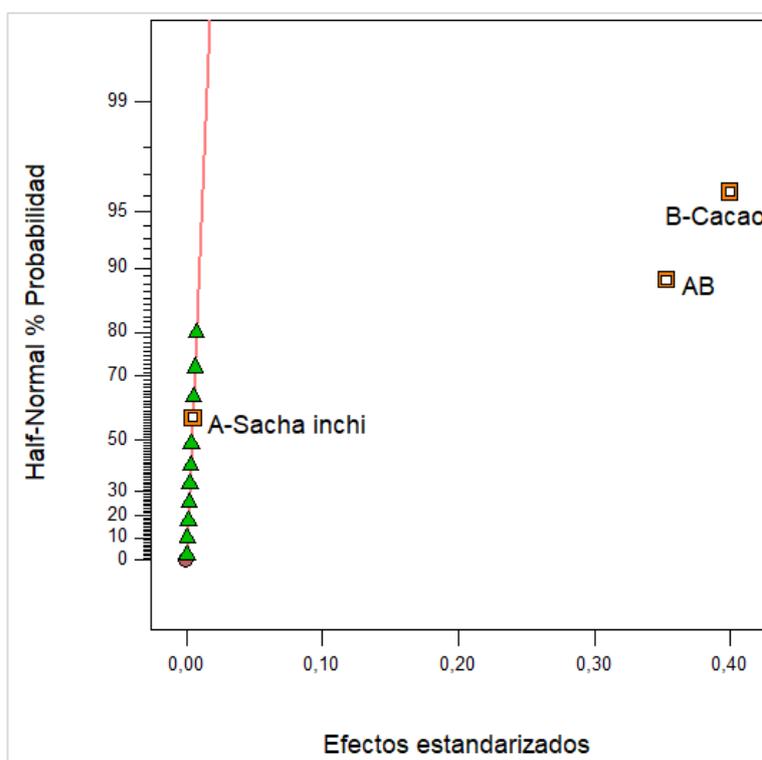


Figura 12. Estimación de los efectos estandarizados de los factores considerados sobre el contenido de polifenoles mediante el método gráfico de Half-Daniel

Para el modelo factorial de las variables consideradas en el diseño experimental a través del Software Desing Expert se detalla el ANOVA en el anexo 9. El efecto del contenido de polifenoles por el ensayo de Folin-Ciocolteau (Proestos et al, 2017) presenta una diferencia significativa de (p-valor < 0,0081) con un R² de 0,8002.

Por lo que la adición de cacao influye sobre el contenido de polifenoles de las barras energéticas. Debido a que el cacao posee un alto contenido de polifenoles (6,66 g EAG/100g) según (Padilla, Rincón y Bou-Rached 2008) en comparación con el sachá inchi (1,55 g EAG/100g) (Muñoz et al, 2013). Los polifenoles presentes en las almendras de cacao otorgan el aroma (olor ácido, verde y afrutado) y sabor (amargo y astringente), contribuyendo a la palatabilidad de los alimentos que los contienen (Vázquez, Ovando, Adriano, Betancur, y Salvador, M. 2016)

4.3.2. Antioxidantes mediante el método FRAP

La estimación de los efectos estandarizados del contenido de antioxidantes por el método FRAP se muestra en la Figura 13. Donde el contenido de antioxidantes del factor A (sachá inchi) tiene mayor efecto sobre la variable respuesta a diferencia del factor (B) y la interacción AB que poseen un efecto menor pero significativo.

El ANOVA para el modelo factorial de las variables consideradas en el diseño experimental a través del Software Desing Expert se detallan en el anexo 10. El efecto del contenido de antioxidantes por el método FRAP, presenta una diferencia significativa de (p-valor < 0,0001) con un R² de 0,9979. Por lo que en la interacción influye el sachá inchi debido a su alto contenido de lípidos y ácidos grasos.

Dado el caso del sachá inchi, que posee un alto contenido de lípidos, dentro de los cuales sobresale los ácidos grasos esenciales como el omega 3 (50,6%), omega 6 (34,6%) y omega 9 (8,7%) considerados como antioxidantes (Ruiz et al, 2013).

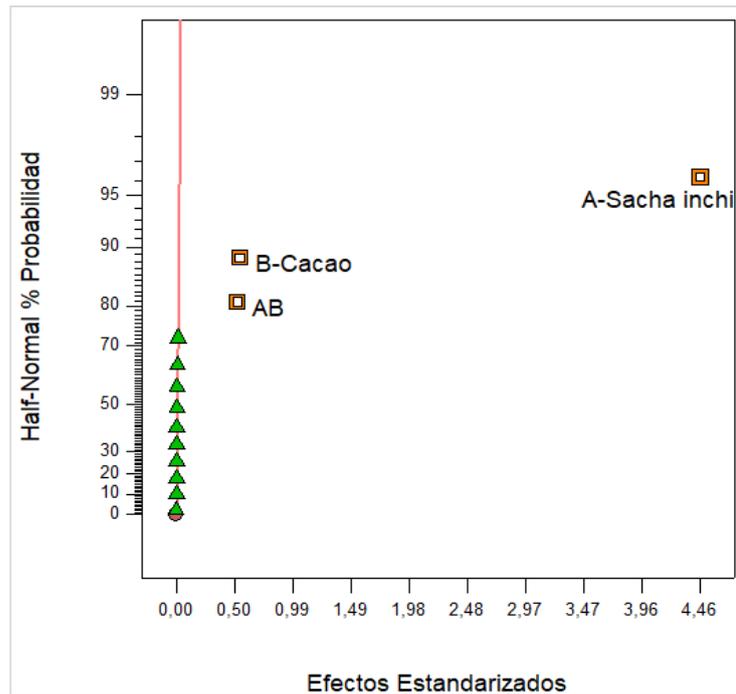


Figura 13. Estimación de los efectos estandarizados de los factores considerados sobre el contenido de antioxidantes mediante el método FRAP - gráfico de Half-Daniel

4.3.3. Antioxidantes mediante el método ABTS

La figura 14 muestra la estimación de los efectos estandarizados el contenido de antioxidantes por el método ABTS. Donde el contenido de antioxidantes del factor A (sacha inchi) tiene mayor efecto sobre la variable respuesta, sin embargo el factor (B) y la interacción AB que poseen un efecto menor pero significativo.

En el anexo 11 se muestran los resultados del ANOVA para el modelo factorial de las variables consideradas en el diseño experimental a través del Software Desing Expert. El efecto del contenido de antioxidantes por el método ABTS, presenta una diferencia significativa de ($p < 0,0001$) con un R^2 de 0,8402 entre la adición de los factores estudiados, por lo que se podría mencionar que, sachá inchi posee un efecto superior en relación al cacao dentro de la formulación.

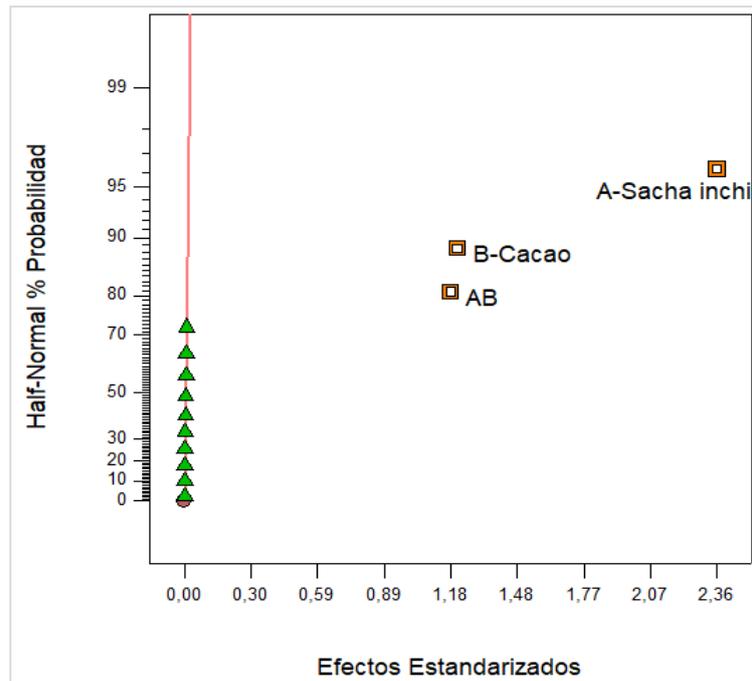


Figura 14. Estimación de los efectos estandarizados de los factores considerados sobre el contenido de antioxidantes mediante el método ABTS - gráfico de Half-Daniel

5. CONCLUSIONES

- Las materias primas objeto de estudio *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) y *Theobroma cacao* (cacao) dentro del análisis proximal resaltan, el sacha inchi por su contenido en proteína (30,62%) y grasa (51,2%) y el *Theobroma cacao* por su contenido de grasa (11,70%) y proteína (8,75%), materias primas potenciales para elaborar barras de carácter energético o proteico.
- La barra a base de sacha inchi y cacao presenta mayor contenido de proteína, grasa y carbohidratos, se destaca la formulación con adición del 5% de sacha inchi con mejores resultados, que otorga a la barra características energéticas y proteicas.
- El contenido de polifenoles presentes en las barras energéticas estudiadas se debe principalmente a la adición de cacao en la formulación sobre el sacha inchi, destacándose el tratamiento A2B2 (10% de sacha inchi y 10% de cacao) presentando un valor de 1,24 g EAG/100g como mejor tratamiento.
- El sacha inchi posee un mayor efecto en el nivel de antioxidantes ya sea por el método FRAP (4,39 g EAG/100g) o ABTS (7,65 g EAG/100g) en las barras energéticas sobre la adición de cacao, considerado al tratamiento A3B3 (15% de sacha inchi y 15% de cacao) como el mejor tratamiento.
- Las barras enriquecidas con materias primas amazónicas como el sacha inchi y cacao, presentaron características nutricionales, energéticas y antioxidantes significativos, dentro de la investigación por su alto contenido en proteína, grasa, polifenoles y antioxidantes.

7. RECOMENDACIONES

- Para profundizar la investigación se debería comprobar el efecto funcional de las barras a base de sachá inchi y cacao.
- Se recomienda utilizar otras materias primas Amazónicas como potenciales fuentes de proteína, lípidos y fibra.
- Realizar estudios sobre las fracciones de polifenoles y antioxidantes.
- Las barras a base de sachá inchi y cacao por su alto contenido en proteína, lípidos, carbohidratos y presencia de polifenoles y antioxidantes, pueden ser consideradas energéticas y funcionales.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alvídrez, A., González, B., y Jiménez, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Revista salud pública y nutrición*, 3(3).
- Andalón, G. (2010). *El cacao en Mesoamérica: Aspectos Naturales y Culturales* (tesis de Maestría en Estudios Mesoamericanos). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- AOAC. (1999). Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis. Cunnig, P. (editor). 16th Ed., 5th Revision. Maryland, USA: AOAC International.
- Apostolou, A., Stagos, D., Galitsiou, E., Spyrou, A., Haroutounian, S., Portesis, N., Trizoglou, I., Wallace, A., Tsatsakis, A., Kouretas, D. (2013). Assessment of polyphenolic content, antioxidant activity, protection against ROS-induced DNA damage and anticancer activity of *Vitis vinifera* stem extracts. *Food Chem Toxicol. Nov*, 61, 60-8.
- Arai, S. (1996). Studies on functional foods in Japan. State of the art. *Biosci. Biotech. Biochem*, 60(1), 9-15.
- Astbury, N., Taylor, M.A., French, S.J., y Macdonald, I.A. (2014). Snacks containing whey protein and polydextrose induce a sustained reduction in daily energy intake over 2 wk under free-living conditions. *Am J Clin Nutr*, 99(5), 1131-40.
- Astete, E., y Huaman, B. (2012). *Efecto de la miel y el polen en las características físicas, químicas, nutritivas y organolépticas en el yogurt natural batido*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.
- Bordin, V., y Paz, Y. (2010). Caracterización y aceptación de barras de Cereales añadido sustancias proteicas texturadas: Soja y camu – camu. *Santa María- Brasil*. ISSN 0103-4235.
- Calero, B. R. (2013). *La cadena de valor del sacha inchi en la región San Martín* -

Análisis y lineamientos estratégicos para su desarrollo. Lima, Perú: Perubiodiverso. Recuperado de http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Cadena_Valor_Sacha_inchi.pdf

- Chacón, De R., Ramis, C., y Gómez, C. (2011). Descripción morfológica de frutos y semillas del cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao L.*) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.* 28 (1), 1-13.
- ElKhorri, S., Paré, J., Bélanger, J., & Pérez, E. (2007). The microwave-assisted process (MAP TM1): Extraction and determination of fat from cocoa powder and cocoa nibs. *Journal of food engineering*, 79(3), 1110-1114.
- Escanero, J., Villanueva, J., Guerra, M., y Cordova, A. (1991). Necesidades proteicas en el deportista. *Archivos de medicina del deporte*, 3(30), 119-126.
- Escudero, E., y Gonzales, P. (2006). La fibra dietética. *Revi. Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 61-72.
- Gámiz, P. (2018) Antioxidantes, ¿qué son y para qué sirven?. *Revista Salud y Corazón*, 126.
- Gómez, J. (2005). Monografía y cultivo de sachá inchi, oleaginosas promisorias para la diversificación productiva en el trópico. *Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria CORPOICA*. Primera edición.
- Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M., & Jiménez, Á. (2011). Chemical composition of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y aceites*, vol. 62(8), 76-83.
- Gutkoski, L., De Almeida, J., De Freitas, T., y Pedó, I. (2007). Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 27(2), 355-363.
- Hasler, C. (2000). The changing face of functional foods. *J. Am. Coll. Nutr.* 19(1), 499-506.

- Herrera, C., y Ospina, N. (2016). *Nibs de cacao orgánico para mercados verdes*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Iñarritu, M., y Vega, L. (2001). Las barras de cereales como alimento funcional en los niños. *Revista Mexicana de Pediatría*, 68(1), 8-12.
- Krell, R. (1999). Value-added products from beekeeping. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 12, 18-20.
- Latham, M. (2013). C. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*.
- Lloyd, I., McDonald, B., y Crampton, E. (1982). *Fundamentos de nutrición*. Zaragoza, España, España: Edi. Acribicia.
- Luna, J. (2016). *Desarrollo de una bebida a partir de aguacate (Persea americana) y avena (Avena sativa L.) previo a un estudio de mercado en la ciudad de Quito* (Tesis de pregrado). Universidad de la Américas, Quito, Ecuador.
- Mansour, A., Celano, R., Mencherini, T., Picerno, P., Piccinelli, A., Foudil-Cherif, Y., Csupor, D., Rahili, G., Yahi, N., Nabavi, S., Aquino, R., & Rastrelli, L. (2017). A new cineol derivative, polyphenols and nortriterpenoids from Saharan myrtle tea (*Myrtus nivellei*): Isolation, structure determination, quantitative determination and antioxidant activity. *Fitoterapia*. Mar 28(119), 32-39.
- Martínez-Sanz, J. M., y Urdampilleta, A. (2012). Necesidades nutricionales y planificación dietética en deportes de fuerza Motricidad. *European Journal of Human Movement*, 29(1).95-114.
- Moncada, L., y Gualdrón, L. (2006). Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. *Revista de Investigación Universidad La Salle*, 6(2), 179-187.
- Muñoz, A., Alvarado, C., Ramos, F., Castañeda, B., Barnett, B., Cárdenas, L., Yáñez, J., Cajaleón, D., y Encina, Ch. (2013). Estudio de polifenoles, taninos y métodos químicos para determinar la actividad antioxidante de la semilla de Sacha Inchi

(*Plukenetia volubilis* L). *Horiz Med*, 13 (1), 11-18.

Olivera, M., Ferreyra, V., Giacomino, S., Curia, A., Pellegrino, N., Fournier, M., y Apro, N. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Rev. chil. Nut*, 39(3), 18-25.

Padilla, F. C., Rincón, A. M., y Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(3), 303-308. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=dei_arttext&pid=S0004-06222008000300014

Perúbiodiverso. (2009). *Manual de producción de sachá inchi con el marco conceptual operativo del Biocomercio y la agroforestería sostenible*. Lima, Perú.

Peterson, G., Aguilar, D., Espeche, M., Mesa, M., Jáuregui, P., Díaz, H., Simi, M., y Tavella, M. (2006). Ácidos grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en Argentina. *Revista Chilena de Pediatría*, 77(1), 92-101.

Peterson, G., Aguilar, D., Espeche, M., Mesa, M., Jáuregui, P., Díaz, H., Simi, M., y Tavella, M. (2006). Ácidos grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en Argentina. *Revista Chilena de Pediatría*, 77(1), 92-101.

Placentino, C. (2004). Barras de cereal: ¿una opción saludable? Departamento de Dietética y Alimentación Hospital de Clínicas "José de San Martín".

Placentino, C. (2004). Barras de cereal: ¿una opción saludable? *Departamento de Dietética y Alimentación Hospital de Clínicas "José de San Martín"*.

Proestos, Ch., & Varzakas, Th. (2017). Aromatic Plants: Antioxidant Capacity and Polyphenol Characterisation. *Foods*, 6(4), 28.

Pulido, R., Bravo, L., & Saura, F. (2000). "Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay". *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 3396-3402.

- Quitral, R., Atalah, S., Jara, C., Echeverría, G., Vivanco, L., y López, A., (2016). Estudio de aceptabilidad y saciedad de barritas de cereal altas en fibra dietética en escolares de una escuela rural de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 43 (1), 68-74.
- Reyna, N., Moreno, R., Mendoza, L., Parra, K., Linares, S., Reyna, E., y Cámara, F. (2015). Formulación de barras nutricionales con proteínas lácteas: índice glucémico y efecto de saciedad. *Nutrición Hospitalaria*, 33(2), 395-400. Recuperado de http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v33n2/33_original31.pdf
- Rodríguez, I. (2011). Curación de heridas sépticas con miel de abejas. *Revista Cubana de Cirugía* 2011, 50(2), 187-196.
- Ruiz, A. (20 de abril de 2018). Barritas energéticas. *Web Consultas Revista de Bienestar y Salud*. Recuperado de <https://www.webconsultas.com/ejercicio-y-deporte/nutricion-deportiva/composicion-y-tipos-de-barritas-energeticas-12145>
- Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J., y Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y torta de 2 especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista Soc Quím Perú*, 79 (1).
- Tasso, H.M.O., La Serna, H.V.M., Piccardo, R.L.J., Ventura, M.A.J., Córdova, S.R., Castillo, S.A.M. (2013). *Boletín técnico, cultivo de sachá inchi (Plukenetia volubilis L)*. Ministerio de Agricultura de Competitividad Agraria. Lima, Perú.
- Taype, J. (2017). Efecto de la proporción de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y linaza (*Linum usitatissimum L.*) en las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas de una barra energética alimenticia. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Tirado, D., Montero, P., y Acevedo, D. (2015). Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias. *Inf. Tecnol*, 26(2), 03-10.

- Todorovic, V., Radojic, I., Todorovic, Z., Jankovic, G., Dodevska, M., Sobajic, S. (2015). Polyphenols, methylxanthines, and antioxidant capacity of chocolates produced in Serbia. *J Food Comp Anal.* 41(1), 137-143.
- Toledo, R. (1991). *Fundamentals of food process engineering*. New York, USA: Van Nostrand Reinhold.
- Ulloa, J., Mondragón, P., Rodríguez, R., Reséndiz, J., Rosas, P. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente Año 2*,(4).
- Vázquez, A., Ovando, I., Adriano, L., Betancur, D., Salvador, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición* 66(3).
- Vigo, M., Mallozzi, L., Drago, S., Walz, F., y Martinelli, M. (2016). Formulación y evaluación sensorial de barras de cereales con alto contenido en povidexrosa y su relación con el IMC y el sexo. *Diaeta (B.Aires)* 4(157). 34-39. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1852-73372016000400007
- Vit, P., Gutiérrez, M., Titera, D., Bednar, M., y Rodríguez, A. (2008). Mieles checas categorizadas según su actividad antioxidante. *Bioquímica Clínica*, 42(2), 237-44.
- Whitcomb, P., & Anderson, M. (2004). Screening process factors in the presence of interactions.
- Yacila, L., y Barraza, G. (2014). Efecto de la proporción de *Chenopodium quinoa* (quinua), *Amaranthus caudatus* (kiwicha) y *Plukenetia volubilis* l. (sacha inchi) en la aceptabilidad general y el análisis proximal de una barra energética. *Cientifi-k*, 2(2).
- Yoshioka, Y., Li, X., Zhang, T., Mitani, T., Yasuda, M., Nanba, F., Toda, T., Yamashita, Y., Ashida, H. (2017). Black soybean seed coat polyphenols prevent

AAPH-induced oxidative DNA-damage in HepG2 cells. *J Clin Biochem Nutr. Mar, 60(2)*, 108-114.

Zapata, S., Tamayo, A., y Rojano, B. (2013). Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales, 18(3)*, 391-404.

Zenteno, S. (2014). Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Revista de Investigación Universitaria, 3 (2)*. 58-66.

9. ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico de humedad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUMEDAD	27	0,74	0,63	7,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,85	8	0,98	6,52	0,0005
Sacha Inchi	5,17	2	2,58	17,16	0,0001
Cacao	0,58	2	0,29	1,93	0,1747
Sacha Inchi*Cacao	2,10	4	0,53	3,49	0,0281
Error	2,71	18	0,15		
Total	10,55	26			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,48264

Error: 0,1505 gl: 18

Sacha Inchi Medias	n	E.E.
S3	5,13	9 0,13 A
S2	5,25	9 0,13 A
S1	6,11	9 0,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,48264

Error: 0,1505 gl: 18

Cacao Medias	n	E.E.
C2	5,35	9 0,13 A
C3	5,44	9 0,13 A
C1	5,70	9 0,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2. Análisis estadístico de ceniza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CENIZA	27	0,97	0,96	0,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,23	8	0,03	83,40	<0,0001
Sacha Inchi	0,17	2	0,08	244,05	<0,0001
Cacao	0,01	2	0,01	21,47	<0,0001
Sacha Inchi*Cacao	0,05	4	0,01	34,04	<0,0001
Error	0,01	18	3,4E-04		
Total	0,23	26			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,02297

Error: 0,0003 gl: 18

Sacha Inchi Medias	n	E.E.
S3	1,84	9 0,01 A
S2	1,94	9 0,01 B
S1	2,03	9 0,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,02297

Error: 0,0003 gl: 18

Cacao Medias	n	E.E.
C3	1,90	9 0,01 A
C2	1,94	9 0,01 B
C1	1,96	9 0,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 3. Análisis estadístico de proteína

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PROTEÍNA	27	1,00	1,00	0,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34,31	8	4,29	3477,11	<0,0001
Sacha Inchi	19,48	2	9,74	7897,98	<0,0001
Cacao	5,22	2	2,61	2117,87	<0,0001
Sacha Inchi*Cacao	9,60	4	2,40	1946,29	<0,0001
Error	0,02	18	1,2E-03		
Total	34,33	26			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,04369

Error: 0,0012 gl: 18

Sacha Inchi Medias	n	E.E.
S3	10,02	9 0,01 A
S2	10,78	9 0,01 B
S1	12,08	9 0,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,04369

Error: 0,0012 gl: 18

Cacao Medias	n	E.E.
C3	10,36	9 0,01 A
C2	11,12	9 0,01 B
C1	11,40	9 0,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4. Análisis estadístico de grasa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRASA	27	0,55	0,35	10,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	201,55	8	25,19	2,78	0,0341
Sacha Inchi	119,26	2	59,63	6,58	0,0072
Cacao	1,92	2	0,96	0,11	0,9001
Sacha Inchi*Cacao	80,37	4	20,09	2,22	0,1078
Error	163,08	18	9,06		
Total	364,63	26			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=3,74471

Error: 9,0599 gl: 18

Sacha Inchi Medias	n	E.E.
S3	27,48	9 1,00 A
S2	29,57	9 1,00 A B
S1	32,60	9 1,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=3,74471

Error: 9,0599 gl: 18

Cacao Medias	n	E.E.	
C3	29,51	9	1,00 A
C2	30,07	9	1,00 A
C1	30,08	9	1,00 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 5. Análisis estadístico de fibra

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FIBRA	27	0,96	0,94	1,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,19	8	0,02	47,89	<0,0001
Sacha Inchi	0,05	2	0,03	55,22	<0,0001
Cacao	0,03	2	0,01	27,07	<0,0001
Sacha Inchi*Cacao	0,11	4	0,03	54,63	<0,0001
Error	0,01	18	5,0E-04		
Total	0,20	26			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,02772

Error: 0,0005 gl: 18

Sacha Inchi Medias	n	E.E.	
S3	1,43	9	0,01 A
S2	1,50	9	0,01 B
S1	1,53	9	0,01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,02772

Error: 0,0005 gl: 18

Cacao Medias	n	E.E.	
C3	1,46	9	0,01 A
C1	1,47	9	0,01 A
C2	1,53	9	0,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 6. Análisis estadístico de carbohidratos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CARBOHIDRATOS	27	0,72	0,59	5,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	419,34	8	52,42	5,77	0,0010
Sacha Inchi	254,76	2	127,38	14,01	0,0002
Cacao	14,83	2	7,41	0,82	0,4582
Sacha Inchi*Cacao	149,76	4	37,44	4,12	0,0153
Error	163,64	18	9,09		
Total	582,98	26			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=3,75121

Error: 9,0914 gl: 18

Sacha Inchi Medias	n	E.E.	
S1	51,75	9	1,01 A
S2	56,21	9	1,01 B
S3	59,23	9	1,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=3,75121

Error: 9,0914 gl: 18

Cacao Medias	n	E.E.	
C1	55,09	9	1,01 A
C2	55,34	9	1,01 A
C3	56,77	9	1,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 7. Análisis estadístico de aporte energético

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
APORTE ENERGÉTICO	27	0,97	0,96	0,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	65,70	8	8,21	83,40	<0,0001
Sacha Inchi	48,07	2	24,03	244,05	<0,0001
Cacao	4,23	2	2,11	21,47	<0,0001
Sacha Inchi*Cacao	13,41	4	3,35	34,04	<0,0001
Error	1,77	18	0,10		
Total	67,47	26			

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,39041

Error: 0,0985 gl: 18

Sacha Inchi Medias	n	E.E.	
S1	1665,49	9	0,10 A
S2	1667,08	9	0,10 B
S3	1668,76	9	0,10 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Bonferroni Alfa=0,05 DMS=0,39041

Error: 0,0985 gl: 18

Cacao Medias	n	E.E.	
C1	1666,70	9	0,10 A
C2	1666,98	9	0,10 A
C3	1667,64	9	0,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 8. Configuración del diseño factorial (2^2) en la forma original y codificada de las variables independientes (A y B) y los resultados experimentales de las variables de respuesta

Exp*	Sacha Inchi (%) (A)	Cacao (%) (B)	TPC	FRAP	ABTS
1	5	5	0,83	0,79	2,41
2	15	5	0,48	1,97	6,30
3	15	15	1,23	4,37	7,40
4	15	15	1,22	4,33	7,42
5	15	5	0,47	1,98	6,33
6	5	5	0,81	0,78	2,38
7	15	15	1,21	4,39	7,39
8	15	5	0,46	1,96	6,36
9	5	15	0,86	0,82	2,42
10	5	15	0,86	0,83	2,40
11	10	10	1,23	2,13	7,63
12	10	10	1,22	2,14	7,65
13	5	15	0,87	0,81	2,43
14	5	5	0,81	0,80	2,40
15	10	10	1,24	2,12	7,62

Anexo 9. Resultados del ANOVA para TPC a través del Software Desing Expert

Std. Dev.	0,18	R-Squared	0,8010
Mean	0,92	Adj R-Squared	0,7195
C.V. %	19,70	Pred R-Squared	0,6969
PRESS	0,49	Adeq Precision	8,014

ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	0,85	3	0,28	8,60	0,0032	Significativo
A-Sacha inchi	7,500E-005	1	7,500E-005	2,283E-003	0,9627	
B-Cacao	0,48	1	0,48	14,49	0,0029	
AB	0,37	1	0,37	11,30	0,0064	
Residual	0,36	11	0,033			
Lack of Fit	0,36	1	0,36	3861,16	< 0.081	No significativo
Pure Error	9,333E-004	10	9,333E-005			
Cor Total	1,21	14				

Anexo 10. Resultados del ANOVA para FRAP a través del Software Desing Expert

Std. Dev.	0,069	R-Squared	0,9979
Mean	2,01	Adj R-Squared	0,9974
C.V. %	3,43	Pred R-Squared	0,9971
PRESS	0,073	Adeq Precision	100,117

ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	25,33	3	8,44	1767,16	< 0.0001	significant
A-Sasha inchi	16,73	1	16,73	3502,61	< 0.0001	
B-cacao	4,40	1	4,40	921,98	< 0.0001	
AB	4,19	1	4,19	876,89	< 0.0001	
Residual	0,053	11	4,777E-003			
Lack of Fit	0,050	1	0,050	187,06	< 0.0001	significant
Pure Error	2,667E-003	10	2,667E-004			
Cor Total	25,38	14				

Anexo 11. Resultados del ANOVA para ABTS a través del Software Desing Expert

Std. Dev.		R-Squared	0,8402
Mean		Adj R-Squared	0,7693
C.V. %	26,74	Pred R-Squared	0,7501
PRESS		Adeq Precision	

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	61,40	3	20,47	10,44	0,0015	significant
A-Sasha inchi	59,67	1	59,67	30,45	0,0002	
B-cacao	0,90	1	0,90	0,46	0,5128	
AB	0,83	1	0,83	0,42	0,5280	
Residual	21,56	11	1,96			
Lack of Fit	21,55	1	21,55	58778,25	< 0.0001	significant
Pure Error	3,667E-003	10	3,667E-004			
Cor Total	82,96	14				