

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La proliferación de cerveceros artesanales es una tendencia mundial que ha llegado a Tarija. La Asociación de cerveceros artesanales en Tarija reúne a 12 cervecerías de producción local, entre ellas Barbosa, Macabra, Alquimia, Hops, Valkirya, Bière Landeau, Marquiri, entre otras (Montaño, 2019).

La creciente demanda de esta bebida es beneficiosa tanto para los partícipes directos e indirectos de esta cadena productiva de la industria de cerveza artesanal; el consumo mundial de esta bebida y el modelo de negocio que incluye una producción en mayor escala a futuro generará residuos cerveceros en grandes cantidades (Jurado, 2018).

El grano gastado de la cerveza (BSG) es el subproducto más abundante generado en el proceso de elaboración de la cerveza. Este material está formado por las cáscaras de grano de cebada obtenidas como residuo sólido después de la producción de mosto. El BSG es rico en fibra y proteínas y, hasta la fecha, el principal uso para la eliminación de este subproducto ha sido como pienso. Sin embargo, debido a su contenido nutricional, es de interés para la aplicación y fortificación de productos alimenticios para humanos, particularmente en vista de su bajo costo y disponibilidad en grandes cantidades (Lynch et al., 2016).

En el departamento de Tarija empresas como Hops Craftbeer Tarija, Cerveza Artesanal Macabra, Thaqrexa, etc, producen cerveza entre 6 a 8 veces por mes, generando entre (25 a 50) kg de este residuo por cada una de sus producciones, lo que da lugar a una disponibilidad anual (Macabra, 2021).

Investigadores del Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), organismo dedicado a la ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos ubicado en Argentina, comenzaron a estudiar el BSG como materia prima con el fin de incorporar este subproducto rico en fibra y proteínas en alimentos farináceos como lo son las barras de cereales para personas que

padecen de diabetes. También puede ser elaborado para personas que no sufren de esta enfermedad (Bucci et al., 2020).

En Bolivia, los cereales aún no son parte de la canasta básica existen otros alimentos que se consumen a primeras horas de la mañana, como parte del desayuno o la merienda. El consumo per cápita de cereales procesados en Bolivia es de 0,25 kg/año, la mitad de lo que se come en los países de Sudamérica (0,5 kg) y tres veces menos que el promedio en América Latina (0,8 kg anuales), datos proporcionados por Nestlé Bolivia (Vásquez, 2021).

1.2. Justificación

- ✚ El presente trabajo de investigación tiene el propósito de elaborar barras energéticas incorporando bagazo cervecero; con el fin de disminuir este contaminante orgánico que genera gases de efecto invernadero, como son metano (CH_4) el cual es más tóxico que el dióxido de carbono (CO_2); que deteriora la calidad del aire y atmósfera
- ✚ Así mismo, el bagazo cervecero contiene en su composición fibra, proteína, hidratos de carbono y minerales que podrían ser aprovechados para la elaboración de barras energéticas, las cuales pueden ser incluidas para los desayunos escolares; con la finalidad de contribuir a disminuir el índice de sobrepeso y obesidad.
- ✚ Finalmente tomando en cuenta la producción de cerveza artesanal en la provincia Cercado, el presente trabajo tiende a generar valor agregado al bagazo cervecero con lo cual se podría mejorar los ingresos de los productores de cerveza artesanal.
- ✚ El empleo de insuflados de quinua y amaranto en la elaboración de barras energéticas permite mejorar la digestibilidad y asimilación en el organismo de los niños por el alto valor nutricional que contienen estos cereales.

1.3. Objetivos

Los objetivos planteados para el presente trabajo de investigación, son los siguientes:

1.3.1. Objetivo general

Aplicar la metodología experimental mediante el proceso de tecnología de cereales, para elaborar barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflados de quinua y amaranto, con la finalidad de obtener un producto de calidad en la provincia Cercado.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✚ Determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y micronutrientes del bagazo cervecero con el fin de conocer su valor nutritivo e inocuo.
- ✚ Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la miel de abeja con el fin de conocer su composición.
- ✚ Determinar las características microbiológicas de la leche instantánea en polvo y hojuela de avena instantánea con el fin de valorar su inocuidad.
- ✚ Realizar evaluación sensorial con el fin de establecer la muestra más adecuada de barras energéticas.
- ✚ Aplicar el diseño factorial mixto de 3 variables (AxBxC) en la etapa de dosificación, con la finalidad de establecer la muestra con mejores características organolépticas.
- ✚ Aplicar diseño factorial 2^2 en la etapa de horneado con el fin de determinar las variables de control en el proceso.

- ✚ Determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y micronutrientes del producto final, con la finalidad de dar a conocer el valor nutritivo e inocuo de las barras energéticas con incorporación de bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto
- ✚ Realizar el control de humedad en el almacenamiento durante un mes con el fin de evaluar la durabilidad del producto.
- ✚ Realizar el balance de materia y energía del proceso de elaboración de barras energéticas con el fin de conocer el rendimiento en el proceso.

1.4. Objeto de estudio

Es la aplicación de la metodología experimental mediante el proceso de tecnología de cereales, para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflados de quinua y amaranto.

1.5. Campo de acción

El campo de acción del presente trabajo de investigación quedaría delimitado por las siguientes variables:

✚ **Espacial**

La investigación se desarrolló en la provincia Cercado del departamento de Tarija.

✚ **Temporal**

El presente trabajo de investigación, se realizó entre los años 2021-2022.

✚ **Institución**

Las instituciones en las que se llevó a cabo la investigación fue el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael

Saracho y el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA).

1.6. Situación problemática

Las empresas productoras de cerveza artesanal en la provincia Cercado, se constituyen en un problema ambiental debido a la generación de residuos resultantes de la actividad cervecera, uno de ellos; es el bagazo de cerveza, el cual se constituye en un residuo orgánico que contiene nutrientes como fibra, proteína, hidratos de carbono y minerales, los cuales no son aprovechados de manera eficiente por parte de los productores y se desechan. Así mismo los insuflados de quinua y amaranto son poco consumidos por los niños en etapa escolar, por lo tanto, la tecnología de cereales permitirá obtener barras energéticas con calidad nutricional.

1.7. Formulación del problema

¿Cuál será la metodología experimental de tecnología de cereales a ser aplicada para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflados de quinua y amaranto, con la finalidad de obtener un producto de calidad en la provincia Cercado?

1.8. Hipótesis

La aplicación de la metodología experimental mediante el proceso de tecnología de cereales permitirá elaborar barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflados de quinua y amaranto, con la finalidad de obtener un producto de calidad en la provincia Cercado.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1. Origen de las barras energéticas

Durante la década de 1960 en EEUU, un grupo de científicos de alimentos de la empresa Pillsbury Company, dirigidos por el Dr. Howard Bauman, desarrollaron para la NASA una barra de energía que en realidad era comestible. El palo largo y masticable podría deslizarse en un puerto hermético ubicado en el casco de un astronauta para proporcionar nutrición esencial en caso de emergencia. Pillsbury lanzó un derivado comercial de su creación, llamando al producto "Space Food Sticks" (Lefcowitz, 2007).

Descrito como un "bocadillo energético equilibrado no congelado en forma de barra que contiene cantidades nutricionalmente equilibradas de carbohidratos, grasas y proteínas", las barras energéticas originales venían en varios sabores, incluidos caramelo, chocolate, malta, menta, naranja y la siempre popular mantequilla de maní. Estaban envueltos en papel de aluminio especial para darles una apariencia adicional de la era espacial (Lefcowitz, 2007).

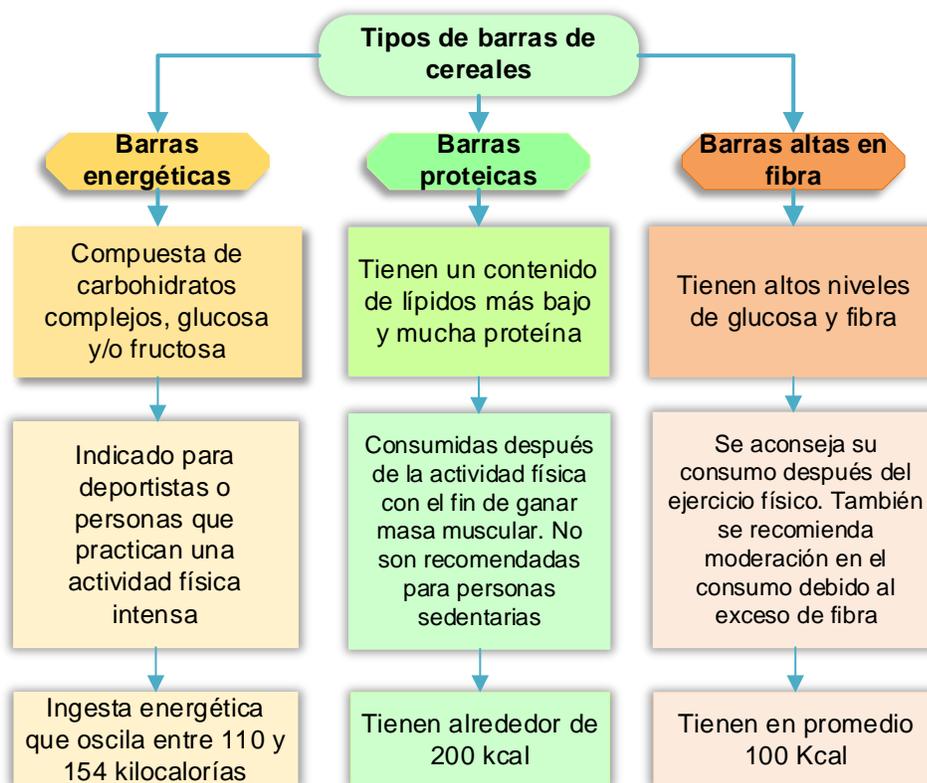
2.2. Definición de barras energéticas

Según NB 312056:2010 "*Cereales, leguminosas y productos derivados - Barra energética de amaranto – Requisitos*", se entiende por barra energética al complemento dietético de proteínas con minerales, vitaminas, carbohidratos y grasas, para una rápida recuperación y cubrir las necesidades aumentadas por el esfuerzo físico interno.

2.3. Clasificación de las barras de cereales

Según (Rawat & Darappa, 2015), comercialmente, se encuentran disponibles varios tipos de barras, como barras de reemplazo de comidas, barras dirigidas a las necesidades nutricionales de diabéticos, mujeres y niños, ricas en proteínas, fibra, calorías, minerales y vitaminas, también barras con aditivos funcionales como prebióticos, etc.

En la figura 2.1, se muestra la clasificación de barras de cereales atendiendo al macronutriente principal que las integre según (Reyna et al., 2016) y (Machado & Unimed, 2017).



Fuente: (Reyna et al., 2016) y (Machado & Unimed, 2017)

Figura 2.1. Clasificación de barras de cereales en función del macronutriente principal que las integre

2.4. Composición química de las barras de cereales

Según (Siles & Paladino 2020), las barras de cereales se hallan compuestas de:

2.4.1 Hidratos de carbono

Como indica su nombre, los hidratos de carbono o carbohidratos (CHO) son compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Existe un gran número de hidratos de carbono; los más conocidos son la sacarosa, la glucosa, la fructosa, el almidón y la celulosa. La estructura química de los

carbohidratos determina su funcionalidad y características, mismas que repercuten de diferentes maneras en los alimentos, principalmente en el sabor, la viscosidad, la estructura y el color. Es decir, las propiedades de los alimentos, tanto naturales como procesados, dependen del tipo de carbohidrato que contienen y de las reacciones en que éstos intervienen (Badui, 2006).

En general, los azúcares simples no se encuentran libres en la naturaleza, sino en forma de polisacáridos, como reserva energética (almidones), o como parte de la estructura firme del producto (fibra dietética, vg. celulosa, pectinas, gomas y hemicelulosa), en cuyo caso no son digeribles, ya que el organismo humano no puede metabolizarlos; sin embargo, la fibra dietética absorbe agua en el intestino y ayuda a la formación y eliminación de heces (Badui, 2006).

2.4.2. Lípidos o grasas

Los lípidos son una fuente importante de energía metabólica (ATP). De hecho, de todos los nutrientes, los lípidos son los compuestos más energéticos. De aquí que los lípidos se pueden utilizar como energía, de modo tal que las proteínas, nutrientes mucho más valubles, se destinen exclusivamente para el crecimiento (FAO, 1989).

Para (Valenzuela et al., 2002), los lípidos representan la principal fuente de energía, son fundamentales en la formación de estructuras celulares como las membranas; proveen de ácidos grasos esenciales necesarios para la síntesis de los eicosanoides y de otros derivados bioactivos; constituyen el vehículo de vitaminas liposolubles, y organolépticamente aportan la palatabilidad y el sabor de las comidas además de ser los componentes más importantes en la saciedad post-prandial que producen los alimentos. El manejo tecnológico de los lípidos es más complejo que el de los otros macronutrientes (las proteínas y los carbohidratos) básicamente por la condición de insolubilidad o de escasa

solubilidad en agua de sus constituyentes (triglicéridos, fosfolípidos, y esteroides).

2.4.3. Proteínas

Para (Rembado & Sceni, 2009), las proteínas son moléculas de gran tamaño constituidas por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Algunas poseen además azufre y fósforo y, en menor proporción, hierro, cobre y magnesio. Estas sustancias desempeñan funciones fundamentales en el organismo, como la regulación de procesos bioquímicos (forman parte de hormonas, vitaminas y enzimas), defensa (formación de anticuerpos), transporte (por ejemplo, transporte de oxígeno en la sangre por medio de la hemoglobina), aporte energético (4 kcal/g de proteína), catálisis (aceleran la velocidad de las reacciones químicas), contracción muscular (a través de la miosina y la actina), estructura y sostén del organismo (tejido conjuntivo)

2.4.4. Calorías

Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua pura de 14,5 a 15,5 °C a la presión atmosférica. El valor calórico de los alimentos depende de su contenido en proteínas, en lípidos, en glúcidos y en alcohol, sabiendo que:

- ❖ 1 gramo de proteínas aporta 4 calorías
- ❖ 1 gramo de lípidos aporta 9 calorías
- ❖ 1 gramo de glúcidos aporta 4 calorías
- ❖ 1 gramo de alcohol aporta 7 calorías

El agua, las sales minerales, los oligoelementos y las vitaminas no tienen valor calórico determinado. Las necesidades en calorías son variables según los individuos y los aportes en calorías superiores a las necesidades implican inevitablemente un aumento de peso (Dorosz, 1996).

En la tabla 2.1, se muestra los requisitos fisicoquímicos con los que deben de cumplir las barras energéticas según NB 312056:2010.

Tabla 2.1

Requisitos fisicoquímicos para barras energéticas

Parámetros	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	-	8,00
Cenizas totales (%)	-	3,00
Proteína (%)	10,00	-
Grasa (%)	8,50	25,00
Carbohidratos (%)	72,00	-
Fibra (cruda) (%)	2,50	-
Valor energético (Kcal/100 g)	454,00	-
Calcio (mg)	95,00	-
Hierro (mg)	5,00	-

Fuente: IBNORCA, 2010

2.5. Características microbiológicas de las barras energéticas

En la tabla 2.2, se muestran los requisitos microbiológicos establecidos en la NB 312056:2010 “Cereales, leguminosas y productos derivados - Barra energética de amaranto”

Tabla 2.2

Requisitos microbiológicos para barras energéticas de amaranto

Microorganismos	Unidad	Límite máximo
Aerobios mesófilos totales	UFC/g	10 ⁴
Mohos	UFC/g	10 ³
Coliformes totales	NMP/g	<3
Salmonella en 50 g	UFC/g	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10
<i>Clostridium sulfato reductores</i>	UFC/g	10 ²

Fuente: IBNORCA, 2010

2.6. Composición nutricional de las barras de cereales

Según Márquez & Pretell (2018): “las barras de cereales representan un producto alternativo que podría usarse para introducir nutrientes y compuestos funcionales beneficiosos para la salud en la dieta” (Pág. 69).

En relación a la composición química, los principales componentes de las barras de cereal, son hidratos de carbono (principalmente almidón y otros azúcares como sacarosa, fructosa y glucosa) y fibra alimentaria. Permiten obtener calorías (energía) extra con una ración pequeña, y sin requerir un gran esfuerzo digestivo (INTI, 2011; como se citó en Capella, 2016).

Para Delgado & Barraza (2014), los hidratos de carbono, en forma de glucosa y fructosa, son el ingrediente principal de estos productos permitiendo recargar rápidamente los depósitos de glucógeno, además contienen minerales y vitaminas esenciales para el organismo. Las vitaminas B1, B2 y B6, favorecen la asimilación de los hidratos de carbono para liberar energía; la vitamina C, además de su efecto antioxidante (evita la oxidación de los radicales libres), mejora la recuperación y la absorción de hierro (mineral indispensable para el transporte de oxígeno, desde los pulmones a todos los tejidos)

El valor nutricional de estas barras es muy diferente entre unas y otras, pero en términos generales aportan cada 100 gramos: (60–80) % de carbohidratos (por eso resultan tan energéticas), (3–24) % de grasas, (4–15) % de proteínas, (370–490) calorías y enriquecidas con vitaminas y minerales (Ochoa, 2012).

En la tabla 2.3, se muestra la composición nutricional de diferentes barras energéticas comercializadas en el mercado de la ciudad de Tarija, en donde se realizó una clasificación nutricional en función del tipo y marcas de las barras energéticas. Cada una de las barras mencionadas en la tabla fueron adquiridas de distintas tiendas de la ciudad de Tarija (Anexo H) y los datos tabulados corresponden a la información nutricional que presenta cada una de las barras en su empaque.

Tabla 2.3
Composición nutricional de barras de cereales disponibles en el
mercado de la Ciudad de Tarija

Nombre	Marca	Barra (g)	Ingredientes mayoritarios	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasas (g)	HC (g)	Fibra (g)
Barra de cereales andinos con chocolate (quinua, cañahua y amaranto) - Nutribarra con Chocolate	Irupana	20	Extruido de cereales (harinas de arroz y maíz), Hojuela de avena, Chocolate, Insuflado de amaranto, Glucosa,	80,87	1,36	1,97	14,56	0,13
Barra de cereales, quinua, avena con almendras y coco QUINUITO	ANAPQUI	22	Insuflado de quinua, Extruido de cereales (Harina de arroz y maíz), Hojuela de avena instantánea, Piña deshidratada,	98,31	1,66	2,31	17,72	No indica
Barra de cereal con Quinua, Amaranto y Cañahua sabor Chocolate BOCATO	Sabor Andino	30	Quinua extruida, Chocolate cobertura, Hojuela de quinua instantánea, Insuflado de amaranto, Azúcar,	135,6	1,83	5,25	20,26	0,41
Barras de cereal sabor Vainilla con cobertura de chocolate con leche- Barras de cereal Quaker Mousse de Chocolate	Quaker	26	Avena arrollada, Crispin de arroz extruido (harina de arroz, azúcar, harina de trigo enriquecida), Jarabe de maíz,	84,76	1,69	1,56	16,12	1,9
Barra de Cereal de Maiz, Quinua, Arroz, Avena con Platano, Chocolate y Pasas - Fruta Bar	Princesa	20	Cereal para barras (harina de maíz, quinua, arroz, avena, amaranto, azúcar, vitaminas y minerales), Glucosa, Avena laminada, Manzana deshidratada, Insuflado de quinua,	No cuenta con información nutricional				
Barra de cereal Cereal Mix original	Cereal Mix	23	Jarabe de glucosa, Alimento a base de harina de arroz, Avena arrollada, Azúcar, Maní tostado, Jarabe de maíz de alta fructosa,	93,38	1,52	2,76	15,64	0,71

Fuente: Elaboración propia

2.7. Aplicación de las barras energéticas

Las barras energéticas tienen las siguientes aplicaciones:

2.7.1. Aplicaciones de las barras energéticas en la salud

Los beneficios que podemos obtener en la salud son los siguientes:

- ✚ Según (Reyna et al., 2016), están compuestas de carbohidratos complejos, glucosa y/o fructosa, que permiten recargar rápidamente los depósitos de glucógeno, además de contener fibra, vitaminas y minerales esenciales para el organismo. En general, las barras energéticas proporcionan una ingesta energética que oscila entre (110 y 154) kilocalorías.
- ✚ El consumo de cereales, leguminosas, semillas y frutos secos en barras de cereales, nutritivas, energéticas o llamadas barritas son benéficos para la salud ya que el cereal cubre las deficiencias de aminoácidos azufrados de la leguminosa y ésta cubre la deficiencia de lisina o triptófano del cereal además son una buena fuente de fibra dietética, ricas en omegas 3 y 9 debido a las semillas, y la mezcla de un grupo de estos componentes en barras forman un complemento nutricional (Bourges, 2000).
- ✚ Se han reconocido algunos compuestos bioactivos en alimentos que se cree contribuyen a disminuir el riesgo de padecer enfermedades del corazón, cáncer, diabetes, hipertensión y otras enfermedades. Con esta finalidad los alimentos son combinados, enriquecidos o fortificados, buscando beneficiar la salud de las personas que los consumen. Uno de estos alimentos funcionales son los cereales precocidos diseñados para ser consumidos en el desayuno o la idea derivada de estos cereales, listos para consumo (“ready-to-eat”): las barras de cereales (Iñarritu & Vega, 2001).

- ✚ Previene la anemia, el cuerpo necesita hierro para producir hemoglobina, que es la proteína que transporta oxígeno desde los pulmones hasta el resto del cuerpo. Justamente, muchas barras contienen avena, un ingrediente que se caracteriza por sus altas dosis de hierro (El Clarín, 2017).

2.8. Materia prima para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero con insuflado de quinua y amaranto

La materia prima empleada en la elaboración de barras energéticas, se describe a continuación:

2.8.1. Bagazo de cerveza

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más populares y consumidas del mundo. La principal materia prima utilizada en la producción es la cebada malteada, que cuando es sometida a un proceso de cocción y maceración permite obtener el mosto cervecero, licor que luego atraviesa una etapa de fermentación para lograr el resultado final. En este proceso se producen cantidades importantes de un residuo insoluble, conocido localmente como bagazo cervecero e internacionalmente como “Brewer’s spent grain” (Alimentos Argentinos, 2019). En la figura 2.2, podemos observar el bagazo de cerveza.



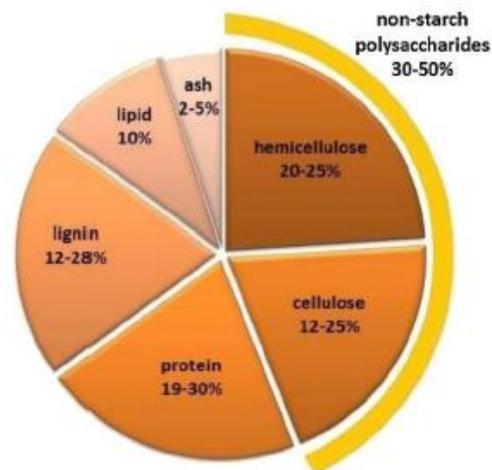
Fuente: Alimentos Argentinos, 2019
Figura 2.2 Bagazo cervecero

Según (Mussatto, 2014), el grano gastado de la cervecera (BSG) es el subproducto más abundante generado en el proceso de elaboración de la cerveza, lo que representa aproximadamente el 85% del total de subproductos obtenidos. Este material está constituido básicamente por las cáscaras del grano de cebada.

Para (Alimentos Argentinos, 2019), es una materia prima de interés para la aplicación en diferentes áreas debido a su bajo costo, disponibilidad durante todo el año y valiosa composición química. Es destinada mayormente a la alimentación de ganado y en algunos casos se emplea como abono en tierras de cultivo, sin embargo, en las zonas urbanizadas constituye un serio problema ambiental.

2.8.1.1. Composición química del bagazo de cerveza

Respecto a su composición química (porcentaje en base seca), este subproducto presenta según bibliografía consultada 10 % de lípidos, 2-5% de cenizas, 19-30% de proteínas (conteniendo lisina 14,3 %, aminoácido esencial limitado generalmente en los alimentos) y fibras más del 50%. Esta composición puede variar en mínimas concentraciones dependiendo las condiciones de la elaboración de la cerveza de las diferentes empresas o pymes (Bucci et al., 2020). En la figura 2.3, se muestra la composición química del bagazo cervecero.



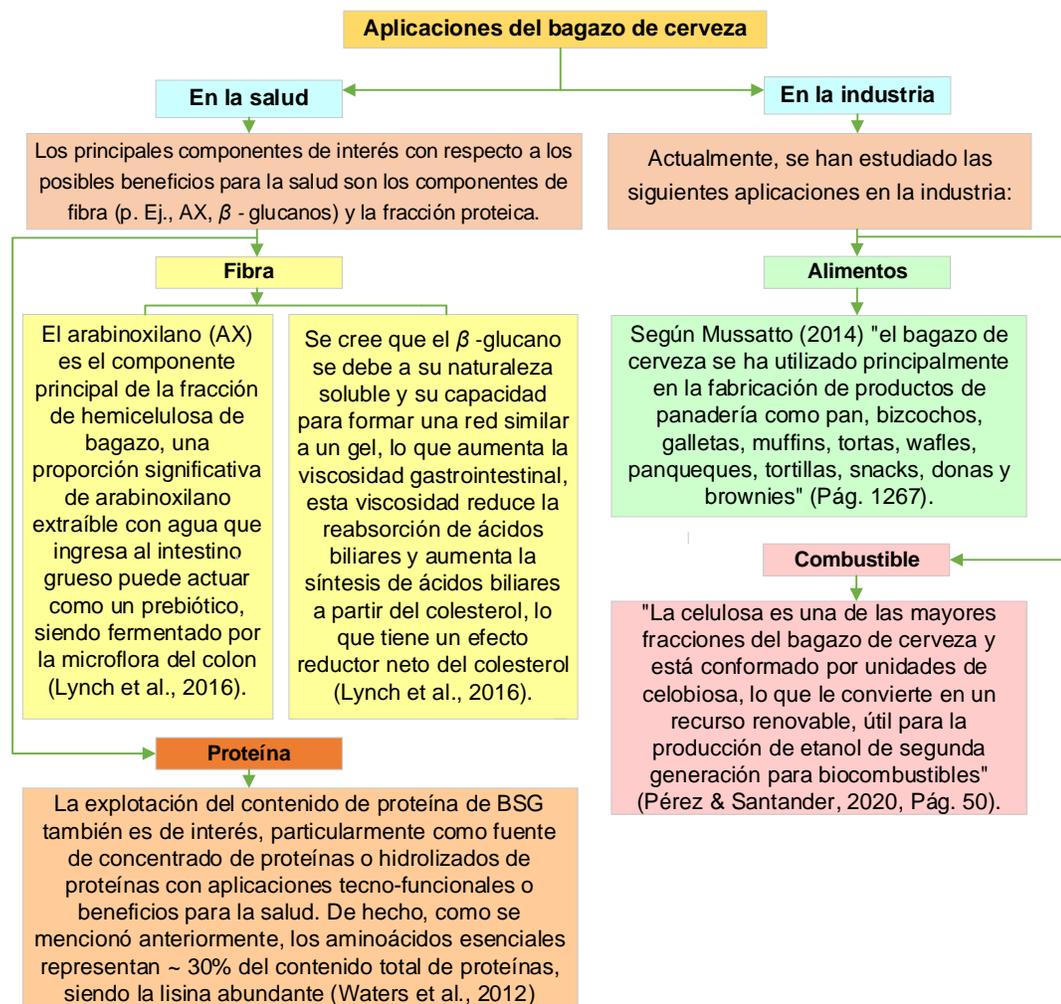
Fuente: Lynch et al., 2016
Figura 2.3 Composición química del BSG

Según (Fărcas et al., 2014) la celulosa y la hemicelulosa comprenden juntas casi el 50% (p/p) de la composición de BSG, revelando la presencia de una gran cantidad de azúcares en este material, siendo xilosa, glucosa y arabinosa el más abundante. Las fibras dietéticas han demostrado tener efectos beneficiosos en la prevención de varias enfermedades, como enfermedades cardiovasculares, estreñimiento, colon irritable, cáncer de colon, obesidad y diabetes.

Según Mussatto & Roberto (2006): los granos gastados también contienen cantidades considerables de minerales presentes en cenizas, tales como: calcio, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, selenio, sodio y azufre (Pág. 268).

2.8.1.2. Aplicaciones del bagazo de cerveza

La figura 2.4, muestra algunas de las aplicaciones del bagazo de cerveza.



Fuente: Mussatto, 2014; Lynch et al., 2016; Pérez & Santander, 2020 y Waters et al., 2012

Figura 2.4 Aplicaciones del bagazo de cerveza

2.8.2. Miel de abeja

Según NB 38023:2014 "Azúcares y derivados - Miel de abejas-Requisitos", se define a la miel de abeja como la sustancia dulce natural producida por las abejas (*Apis Milifera*) a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes-vivas de -plantas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de plantas, que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, almacenan y dejan en el panal para que madure.

2.8.2.1. Características fisicoquímicas de la miel de abeja

La miel natural se compone de 82,4% de carbohidratos, (de los cuales 38,5% corresponden a fructosa, 31% a glucosa y 12,9% de otros azúcares), 17,1% de agua, 0,5% de proteína, ácidos orgánicos, minerales, aminoácidos, vitaminas, fenoles y una miríada de otros compuestos menores. Además, la miel consiste en cantidades menores de componentes bioactivos, que incluyen ácido fenólico, flavonoide y α -tocoferol (Ferrerres,1993). En la tabla 2.4, se muestran los requisitos con los que debe de cumplir la miel de abeja según NB 38023:2014.

Tabla 2.4

Requisitos fisicoquímicos de la miel de abeja

Parámetros	Unidad	Mínimo	Máximo
Azúcar reductor (calculados como azúcar invertido)	%	60,0	-
Contenido de humedad	%	-	20,0
Contenido aparente de sacarosa	%	-	5,0
Contenido de sólidos insolubles en agua	%	-	0,3
Contenido de sustancias minerales (cenizas) (%)	%	-	0,6
Acidez libre	meq/kg	-	40,0
Actividad diastásica (método colorimétrico)	ND/min	3,0	-
Actividad diastásica (método bianchi)	UD	64,0	-
Contenido de hidroximetilfurfural (HMF)	mg/kg	-	40,0
Densidad relativa a 20°C	-	1,42	-
Densidad relativa a 27°C	-	1,37	-
pH a 20°C	-	3,50	4,5

Fuente: IBNORCA, 2014

2.8.2.2. Características microbiológicas de la miel de abeja

En la tabla 2.5, se muestran los requisitos microbiológicos con los que debe de cumplir la miel de abeja según NB 38023:2014.

Tabla 2.5**Requisitos microbiológicos de la miel de abeja**

Microorganismos	N	c	M	M
Aerobios mesófilos UFC/g	5	2	10	10000
Coliformes totales UFC/g	5	0	Ausencia	-
Salmonella spp-Shigella spp UFC/ 25 g	10	0	Ausencia	-
Hongos y levaduras UFC/g	5	2	10	100
Clostridium sulfito reductores UFC/g	10	0	Ausencia	-

Fuente: IBNORCA, 2014

2.8.2.3. Aplicaciones de la miel de abeja en la salud

Los beneficios de consumir miel de abeja son los siguientes:

- ✚ La miel se ha usado tradicionalmente para tratar heridas, picaduras de insectos, quemaduras, trastornos de la piel, llagas y forúnculos. La documentación científica de las capacidades de curación de heridas de la miel valida su eficacia como promotor de la reparación de heridas y un agente antimicrobiano (Moland, 2006).
- ✚ La miel natural está compuesta de enzimas que facilitan la absorción de moléculas, como azúcares y almidón. Las moléculas de azúcar en la miel están en una forma que puede ser fácilmente absorbida por el cuerpo. También proporciona algunos nutrientes, como minerales, fitoquímicos y flavonoides, que ayudan a los procesos digestivos en el cuerpo (Ajibola et al., 2012).
- ✚ La miel es útil para el tratamiento de muchas enfermedades orales. Además, también se ha aplicado para la prevención de placa dental, gingivitis, úlceras bucales y periodontitis. Las propiedades antibacterianas y antiinflamatorias de la miel pueden estimular el crecimiento del tejido de granulación, lo que lleva a la reparación de las células dañadas (Anyanechi & Saheeb, 2015).

2.8.3. Leche entera en polvo instantánea

Según NB 33010:2006 "*Productos lácteos - Leche en polvo - Requisitos*", se entenderá como el producto obtenido por la eliminación de agua de constitución de la leche entera descremada o de la parcialmente descremada mediante procesos tecnológicos adecuados.

2.8.3.1. Características fisicoquímicas de la leche entera en polvo instantánea

En la tabla 2.6, se muestran los requisitos con los que debe de cumplir la leche entera en polvo instantánea según NB 33010:2006.

Tabla 2.6

Requisitos fisicoquímicos de la leche entera en polvo instantánea

Parámetros	Unidad	Mínimo	Máximo
Materia grasa	% (m/m)	26	40,00
Humedad	% (m/m)	-	3,50
Acidez (expresada como ácido láctico)	% (m/m)	-	0,15
Cenizas	% (m/m)	-	7,00
Índice de solubilidad	ml	-	0,50
Partículas quemadas	Mg	5	10,00
Proteínas	% (m/m)	24	-

Fuente: IBNORCA, 2006

2.8.3.2. Características microbiológicas de la leche entera en polvo instantánea

En la tabla 2.7, se muestran los requisitos microbiológicos con los que debe de cumplir la leche entera en polvo instantánea según NB 33010:2006.

Tabla 2.7
Requisitos microbiológicos de la leche entera en polvo instantánea

Microorganismos	N	C	m	M
Aerobios mesófilos UFC/g	5	2	30000	10000
Coliformes totales UFC/g	5	2	10	100
<i>Escherichia coli</i> UFC/g	5	2	0	<10
Mohos y levaduras UFC/g	5	2	100	500
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	5	1	10	<100
Salmonella en 25g	10	0	0	-

Fuente: IBNORCA, 2006

2.8.3.3. Aplicaciones de la leche entera en la salud

El consumo de leche entera nos proporciona los siguientes beneficios para la salud:

- ✚ La leche y los derivados lácteos son alimentos de un elevado valor nutritivo ya que en su composición entran a formar parte prácticamente todos los nutrientes en cantidades relativamente elevadas. Además de proveer energía, son una excelente fuente de proteínas de elevado valor biológico y de otros nutrientes como calcio, magnesio, fósforo, zinc, yodo, selenio y de vitaminas del complejo B, así como de vitaminas A y D (FEN & FINUT, 2015).
- ✚ Entre los componentes bioactivos de leche, el calcio y la vitamina D han sido los más estudiados para valorar sus efectos sobre el peso corporal y el tejido adiposo. Las proteínas lácteas parecen tener un efecto positivo en el control del peso corporal tanto en sujetos normales como con sobrepeso u obesidad, lo que parece mediado por un aumento de la saciedad y disminución del apetito (Visioli & Strata, 2014)
- ✚ El consumo de leche y otros productos lácteos se ha asociado positivamente con la protección contra el síndrome de resistencia a la insulina (SRI), la enfermedad coronaria, la presión arterial y algunos tipos de cáncer. Así también se ha relacionado positivamente con la

salud ósea en estudios observacionales, retrospectivos y de intervención (Weaver, 2010).

2.8.4. Hojuela de avena

Según NB 312016:2005 "*Cereales - Avena en hojuelas – Requisitos*", se entiende por avena en hojuelas al producto sometido a limpieza, precocido y laminado, obtenido de los granos de avena sin cáscara, de cualquier variedad de las especies de *A. Sativa L.* y *A. Byzantina*.

2.8.4.1. Características fisicoquímicas de la hojuela de avena

En la tabla 2.8, se muestran los requisitos con los que debe de cumplir la hojuela de avena según NB 312016:2005.

Tabla 2.8

Requisitos fisicoquímicos de la hojuela de avena

Parámetros	Mínimo	Máximo
Ácidos grasos libres (%)	-	8,0
Humedad (%)	-	11,5
Proteína (%)	10,5	-
Cenizas (%)	-	2,1
Grasas (%)	6,0	-
Fibra cruda (%)	-	3,0
Actividad enzimática	Negativa después de 15 min	

Fuente: IBNORCA, 2005

2.8.4.2. Características microbiológicas de la hojuela de avena

En la tabla 2.9, se muestran los requisitos microbiológicos con los que debe de cumplir la hojuela de avena según NB 312016:2005.

Tabla 2.9**Requisitos microbiológicos de la hojuela de avena**

Microorganismos	N	C	m	M
Mohos y levaduras UFC/g	3	1	100	1000
<i>Escherichia coli</i> NMP	3	0	<3	0
Salmonella en 25 g	3	0	0	-
Aerobios mesófilos	3	1	5000	20 000

Fuente: IBNORCA, 2005

2.8.4.3. Aplicaciones de la hojuela de avena en la salud

Entre los beneficios que se obtienen del consumo de la avena tenemos los siguientes:

- ✚ El mecanismo por el cual los β -glucanos de avena reducen los niveles de colesterol involucra una unión a los ácidos biliares y un mayor transporte de éstas al tracto gastrointestinal; esta situación induce una mayor utilización de colesterol para suplir la deficiencia en sales biliares (Ronco, 2013).
- ✚ Las personas que padecen enfermedades derivadas de la alimentación al igual que personas sanas, al consumir alimentos ricos en fibra dietética logran controlar los niveles de azúcar en la sangre, ya que, disminuye la absorción de esta y se incrementa la sensibilidad a la insulina (Nestlé, 2020).
- ✚ La avena también contiene una variedad variada de compuestos fenólicos que incluyen conjugados de glicerol unidos a éster, conjugados de alquilo unidos a éster, glicéridos unidos a éter y éster, ácidos antranílicos y avenantramidas. Estos compuestos poseen un alto nivel de actividad antioxidante (Rasane et al., 2015).

2.9. Caracterización de los insumos utilizados para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Los insumos que se utilizaron en la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto son los siguientes:

2.9.1 Jarabe de glucosa

Según Norma CXS 212-1999, se entiende por jarabe de glucosa a la solución acuosa concentrada y purificada de sacáridos nutritivos obtenidos del almidón y/o la inulina. El jarabe de glucosa tiene un contenido equivalente de dextrosa de no menos del 20% m/m (expresado como D-glucosa sobre peso seco), y un contenido total de sólidos de no menos del 70% m/m. En la figura 2.4, se muestra el jarabe de glucosa.



Fuente: Pantec, 2021

Figura 2.5 Jarabe de glucosa

Los edulcorantes son uno de los componentes más importantes de las barras energéticas comerciales, hace parte de los macronutrientes dentro de la formulación, cumplen funciones nutricionales y estructurales importantes, al igual que el componente graso, hace parte del complejo aglomerante, aporta una gran cantidad de energía, puesto que la gran mayoría de ellos son carbohidratos (Castañeda & Contreras, 2019).

2.9.2. Aceite mezcla de soya y girasol

De acuerdo a CXS 210-1999, los aceites vegetales comestibles son productos alimenticios constituidos principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales. Podrán contener pequeñas cantidades de otros lípidos, tales como fosfátidos, de constituyentes insaponificables y de ácidos grasos libres naturalmente presentes en la grasa o el aceite. En la figura 2.5, se muestra el aceite vegetal.



Fuente: CODHEZ, 2022

Figura 2.6 Aceite de soya y girasol

Según Castañeda & Contreras (2019), "el componente graso ayuda en el proceso de producción junto con las temperaturas de operación a dar cocción a los demás componentes y reducir la actividad del agua (a_w) de la barra evitando la proliferación de microorganismos" (Pág. 44).

2.9.3. Lecitina de soya

Según NMX-F-047-SCFI-2006, es el producto obtenido por el secado de las gomas de soya. Se pueden obtener diferentes tipos y grados de lecitina de soya de acuerdo a los procesos y técnicas de fabricación usadas y también a los aditivos que se empleen para agregar a las lecitinas y modificar sus características físicas y químicas. En la figura 2.6, se muestra la lecitina de soya.



Fuente: Cherry Chile, 2021
Figura 2.7 Lecitina de soya

La característica principal de la lecitina de soja es su poder emulsionante. Ya que gracias a que sus moléculas poseen una parte polar hidrofílica y otra polar lipofílica, ayuda a reducir la tensión y permite la mezcla de combinaciones como por ejemplo el agua y el aceite (ESAH, 2021).

2.9.4. Aroma líquido a leche condensada

Según el reglamento técnico MERCOSUR/GMC/RES N° 46/93, son las sustancias o mezclas de sustancias con propiedades aromáticas y/o sápidas capaces de conferir o reforzar el aroma y/o el sabor de los alimentos.

El olor representa entre un 80-90% del sentido del gusto, y el sabor de un alimento viene determinado mayoritariamente por los químicos volátiles que contiene. Son los aromas alimentarios o aromatizantes los que, en alimentos procesados, aportan gran parte de la gracia al producto y están presentes en muchísimos de ellos (Lirola, 2019).

2.9.5. Chocolate de cobertura amargo

Según NB 312056:2010 “*Cereales, leguminosas y productos derivados - Barra energética de amaranto – Requisitos*”, se entiende por chocolate de cobertura al chocolate que utilizan los pasteleros como materia prima. Puede ser negro o con leche, pero en todo caso se trata de un chocolate con una proporción de

manteca de cacao de alrededor del 30%, lo que supone el doble que en los otros tipos de chocolate. La cobertura se usa para conseguir un alto brillo al templar el chocolate y porque se funde fácilmente y es muy moldeable.

2.9.6. Insuflados de quinua y amaranto

Los cereales insuflados o inflados se obtienen mediante un proceso de vaporización explosiva del agua interna que contiene el grano, con disminución repentina de la presión, lo cual provoca la hinchazón de los granos hasta alcanzar tamaños mayores que los originales, pudiendo obtenerse: insuflado de amaranto, quinua, arroz, etc (PROALNAT, 2022).

Los cereales constituyen junto con otros ingredientes el cuerpo de la barra energética, con la finalidad de que estos ayuden a mejorar propiedades como la textura o el factor crocante del producto, el sabor, el olor, la apariencia y en cuanto a granulometría se buscan materias primas que ocupen un mayor volumen en el cuerpo de la barra para disminuir costos de producción (Castañeda & Contreras, 2019).

2.9.7. Frutos secos

Según artículo 887 del Código Alimentario Argentino, se entiende por fruta seca a aquella que presenta, en su estado natural de maduración un contenido de humedad tal, que permite su conservación sin necesidad de un tratamiento especial. Se presentan con endocarpio más o menos lignificados, siendo la semilla la parte comestible (nuez, avellana, almendra, castaña, pistacho, entre otras).

Los frutos secos tienen una apreciable carga antioxidante y hay evidencia de sus efectos beneficiosos sobre la incidencia de varias enfermedades crónicas y las tasas de mortalidad general. Además, son ricos en ácidos grasos polinsaturados, que también parecen desempeñar un papel positivo en la neurogénesis (Arias et al., 2019)

2.10. Emulsión

Según Bautista & Nava (2019), “una emulsión son 2 líquidos inmiscibles (no se mezclan entre sí) donde uno de ellos se dispersa en el otro en forma de pequeñas gotitas, generalmente sucede con agua y aceite” (Pág. 66).

Las emulsiones contienen dos fases: una dispersa y una continua.

- ✚ **Fase dispersa:** Está presente en gotas inmersas en la fase continua. Dichas gotas pueden ser amorfas, esféricas, cristalinas o una mezcla de estas. Sus tamaños son muy diminutos, incluso ultramicroscópicos, ya que el diámetro de las mismas varía entre los 10 nm (nanómetros) a las 100 μm (micras) (Bolívar, 2020).
- ✚ **Fase continua:** La fase continua es el medio de dispersión, análogo al disolvente en una solución con el soluto. Un ejemplo sería mezclar un poco de aceite con agua. Cuando se agitan, se forma una emulsión en la cual el aceite es la fase dispersa, mientras que el agua es la fase continua (Bolívar, 2020).

En la tabla 2.10, se muestran las distintas combinaciones del estado físico de la fase dispersa y la fase continua, con el nombre que lleva la mezcla y ejemplos de alimentos o preparaciones.

Tabla 2.10**Ejemplos de fase dispersa y continua en alimentos**

Fase dispersa	Fase continua	Tipo de estado coloidal	Ejemplo
Líquido	Líquido	Emulsión	Leche, mayonesa y crema
Sólido	Líquido	Suspensión, dispersión	Soluciones de proteínas: Clara de huevo y crema inglesa. Soluciones de almidón: Crema pastelera y puré de papas
Líquido	Sólido	Gel	Gelatinas y flanes
Sólido	Sólido	Sólido	Caramelos de azúcar parcialmente cristalizada
Gas	Líquido	Espuma	Espuma de cerveza, clara de huevo batido y cremas batidas
Líquido	Gas	Aerosol	Nieblas y sprays
Sólido	Gas	Aerosol	Humos
Gas	Sólido	Espuma sólida	Miga de pan y helados

Fuente: Koppmann, 2015

Las emulsiones pueden clasificarse según las propiedades que posean sus dos fases.

2.10.1. Emulsión seca

Las emulsiones secas son composiciones que comprenden una fase líquida hidrófoba dispersada en una matriz sólida. Son susceptibles de ser obtenidas por secado de una emulsión que comprende una fase acuosa en la que se dispersa la fase líquida hidrófoba, la fase acuosa comprende el compuesto hidrosoluble o hidrodispersable que constituirá toda o parte de la matriz después del secado. Las composiciones en forma de emulsiones secas y sus procedimientos de preparación son conocidas por los expertos en la técnica. Las emulsiones secas se presentan generalmente en forma de polvo o gránulos (Chimie, 2012).

2.11. Horneado de alimentos

El horneado es semejante a la cocción al vapor en cuanto al empleo de aire a alta temperatura para transferir el calor. Curiosamente, aunque la temperatura

del horno sea de (150 a 200) °C, 80° más que la de ebullición del agua, el tiempo de horneado es mayor que la cocción en agua, ya que el coeficiente de conductividad térmica del aire es mucho menor que el del agua. Por otro lado, la corriente de convección del vapor de agua durante la cocción es mayor que la del aire en el horneado, pues el horno se mantiene cerrado, lo cual explica que hornear sea más lento que cocer (García et al., 2005).

El horneado es una técnica de cocción excelente, también sirve para otro tipo de alimentos menos ricos en agua, en éstos, el objetivo del horneado es contrario y se pretende provocar una desecación u obstaculización de la posibilidad de reacciones químicas y actuaría como método antimicrobiano, dando seguridad sanitaria y aumentando la vida útil de los alimentos. Un ejemplo de ello es el que sucede en el caso de masas de galletas, las cuales mediante el horneado ayudaría a su deshidratación y estabilización para su posterior consumo en un tiempo prolongado (Segovia, 2014).

Capítulo III
METODOLOGÍA
EXPERIMENTAL

3.1. Desarrollo del trabajo experimental

La parte experimental del trabajo de investigación “Elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero con insuflado de quinua y amaranto” se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) y Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA); ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2. Tipos de intervención para la parte experimental

El presente trabajo de investigación se basó en la aplicación de la metodología experimental para poder obtener barras energéticas incorporando bagazo de cerveza artesanal e insuflado de quinua y amaranto, cuyos métodos son los siguientes:

- ✚ Análisis fisicoquímico, microbiológico y micronutrientes del bagazo cervecero.
- ✚ Análisis fisicoquímico y microbiológico de la miel de abeja.
- ✚ Análisis microbiológico de la hojuela de avena y leche entera en polvo instantánea.
- ✚ Análisis organoléptico de las barras energéticas para obtener producto final.
- ✚ Análisis factorial mixto de tres variables $A \times B \times C$ para el proceso de dosificación de barras energéticas.
- ✚ Análisis factorial 2^2 para el proceso de horneado de barras energéticas.
- ✚ Análisis fisicoquímico, microbiológico y micronutrientes de barras energéticas.

- ✚ Operacionalización de las variables en el proceso de dosificado para la elaboración de barras energéticas.

3.3. Tipo de investigación

La investigación científica, cualquiera que sea la ciencia o su nivel de profundidad, está encaminada a la solución de problemas sociales, en beneficio de la sociedad, que sigue en búsqueda de comodidades y paliativos para los problemas que afronta en su existencia cotidiana (Muñoz, 2015). Según Agudelo et al., (2008), “un experimento es una investigación en la cual el investigador manipula y controla una o más variables independientes y observa la o las variables dependientes para medir las variaciones concomitantes” (Pág. 2).

El presente trabajo se desarrolló por medio de la investigación experimental, aplicado en el proceso de dosificación y horneado para la obtención de barras de cereales incorporando bagazo de cerveza artesanal e insuflado de quinua y amaranto.

3.4. Paradigma de la investigación

Según (Hernández & Mendoza, 2018): “El paradigma es un conjunto de concepciones y premisas acerca del mundo y los métodos y técnicas que se consideran apropiadas para conocerlo e investigarlo” (Pág. 4). El presente trabajo de investigación asumió el **paradigma positivista**, conocido también como cuantitativo o empírico-analítico. Así también, se relacionaron las variables dependientes e independientes con el objetivo de formular la hipótesis de tipo empírica.

3.4.1. Paradigma positivista

Entre las características de este paradigma, desde el punto de vista metodológico se destacan, significativamente, la utilización de métodos y técnicas válidos y confiables, el procesamiento estadístico para un análisis objetivo y riguroso de los datos, la posibilidad de generalizar los resultados y el distanciamiento del investigador en la relación sujeto-objeto., buscando una neutralidad en la obtención de los datos evitando los sesgos que pudieran producirse por preferencias subjetivas e inclinaciones personales del investigador (Hernández et al., 2018).

3.5. Enfoque de la investigación

El enfoque asumido por el presente trabajo de investigación fue de tipo **cuantitativo**. Este enfoque es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos. El orden es riguroso, parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la hipótesis (Hernández et al., 2018).

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos

El método significa el camino por seguir mediante una serie de operaciones y reglas prefijadas de antemano para alcanzar el resultado propuesto, ya que procura establecer los procedimientos que deben seguirse. Las técnicas se vuelven respuestas al “cómo hacer” y permiten la aplicación del método en el ámbito donde se aplica y los instrumentos son los apoyos que se tienen para que las técnicas cumplan su propósito (Baena, 2017).

Los métodos y técnicas empleados para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto, se describen a continuación:

3.6.1. Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes del bagazo de cerveza

En la figura 3.1, se muestran los métodos y técnicas empleados para valorar los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes del bagazo de cerveza; realizados en el laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Análisis fisicoquímico				Análisis micronutrientes	Análisis microbiológicos
Gravimetría Pesado	Método Gerber Separación	Cálculo Cálculo indirecto	Volumetría Estequiometría	Absorción atómica	Placa fluida Recuento en placa
Ceniza (%) NB 38025:06	Grasa (%) NB 228:98	Hidratos de Carbono(%) NB 312031:2010	Proteína (%) NB/ISO 8968-1:08	Fósforo SM 4500-P-D	Bacterias aerobias mesófilas UFC/g NB 32003:05
Fibra (%) NB 35004:14		Valor energético (Kcal/100g) NB 312032:2006		Potasio (mg/100g)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/a) NB 32005:02
Humedad (%) NB 38027:14					Mohos y levaduras (UFC/a) NB 32006:03
					<i>Salmonella</i> (PIA/25g) NB 32007:03

Métodos
 Técnicas

Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.1 Análisis fisicoquímicos, micronutrientes y microbiológicos del bagazo de cerveza

3.6.2. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la miel de abeja

En la figura 3.2, se muestran los métodos y técnicas empleados para valorar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la miel de abeja; realizados en el Laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Análisis fisicoquímico					Análisis microbiológicos
Gravimetría Pesado	Método Gerber Separación	Cálculo Cálculo indirecto	Volumetría Estequiometría	Método de Fehling-Causse-Bonnans	Placa fluida Recuento en placa
Ceniza (%) NB 38025:06	Grasa (%) NB 228:98	Hidratos de Carbono(%) NB 312031:2010	Proteína (%) NB/ISO 8968-1:08	Azúcares reductores NB 38033:06	Bacterias aerobias mesófilas UFC/g NB 32003:05
Fibra (%) NB 35004:14		Valor energético (Kcal/100g) NB 312032:2006	Acidez libre (meq/kg) NB 38026:06		Coliformes totales (UFC/g) NB 32005:02
Humedad (%) NB 38027:14					Mohos y levaduras (UFC/g) NB 32006:03

Métodos
 Técnicas

Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la miel de abeja

3.6.3. Análisis microbiológico de la leche entera en polvo instantánea

La figura 3.3 muestra el método y técnica empleada para valorar los análisis microbiológicos de la leche entera en polvo instantánea; realizados en el laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis microbiológicos
Placa fluida
Recuento en placa
Bacterias aerobias mesófilas UFC/g
NB 32003:05

Métodos
 Técnicas

Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.3 Análisis microbiológico de la leche entera en polvo instantánea

3.6.4. Análisis microbiológico de la hojuela de avena instantánea

La figura 3.4 indica el método y técnica empleada para valorar los análisis microbiológicos de la hojuela de avena instantánea; realizados en el laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis microbiológicos	
Placa fluida	Métodos
Recuento en placa	Técnicas
Bacterias aerobias mesófilas UFC/g	
NB 32003:05	
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	
NB 32005:02	
Mohos y levaduras (UFC/g)	
NB 32006:03	
<i>Salmonella</i> (P/A/25g)	
NB 32007:03	

Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.4 Análisis microbiológico de la hojuela de avena instantánea

3.6.5. Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes de las barras energéticas incorporando bagazo de cerveza

En la figura 3.5, se muestran los métodos y técnicas empleados para valorar los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes de las barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto; realizados en el laboratorio CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis fisicoquímico			Análisis micronutrientes	Análisis microbiológicos
Gravimetría Pesado	Cálculo Cálculo indirecto	Volumetría Estequiometría	Absorción atómica	Placa fluida Recuento en placa
Ceniza (%) NB 39034:10	Hidratos de Carbono(%) NB 312031:2010	Proteína (%) NB/ISO 8968-1:08	Fósforo SM 4500-P-D	Bacterias aerobias mesófilas UFC/g NB 32003:05
Fibra (%)	Valor energético (Kcal/100g) NB 312032:2006	Grasa (%) NB 313019:06		<i>Escherichia coli</i> (UFC/α) NB 32005:02
Humedad (%) NB 38027:14				Mohos y levaduras (UFC/α) NB 32006:03
				<i>Salmonella</i> (PIA/25g) NB ISO 6579:08

Métodos
 Técnicas

Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.5 Análisis fisicoquímicos, micronutrientes y microbiológicos de la barra energética.

3.6.6. Análisis físico de las barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

La figura 3.6, detalla los métodos y técnicas empleados para valorar los análisis físicos en el control de almacenamiento de las barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto; realizados en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos perteneciente a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis físico	
Gravimetría	 Métodos Técnicas
Cálculo	
Humedad (%)	
NB 312026:06	

Fuente: CEANID, 2022

Figura 3.6 Análisis físico de la barra energética con bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

3.7. Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina para la elaboración de barras energéticas

Los equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios que se utilizan para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

3.7.1. Equipos

La figura 3.7 muestra las especificaciones técnicas correspondientes a los equipos empleados para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Las fotografías de cada equipo se muestran en el (Anexo G).

<p>Cocina industrial a gas</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: Dako <input type="checkbox"/> Industria: Brasileria <input type="checkbox"/> Gas GNP <input type="checkbox"/> Potencia: 3,0 kW <input type="checkbox"/> Presión: 2,8 kPa 	<p>Horno industrial a gas natural</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: Metalfer <input type="checkbox"/> Industria: Boliviana <input type="checkbox"/> Gas GNP <input type="checkbox"/> Material: Acero inoxidable
<p>Molino de martillos</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: Quaker City Grinding Mills <input type="checkbox"/> Modelo 4E <input type="checkbox"/> Industria: Estadounidense <input type="checkbox"/> Potencia 1/3 HP 	<p>Estufa de precisión</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: J.P. SELECTA <input type="checkbox"/> Modelo: 2005167 <input type="checkbox"/> Industria: Española <input type="checkbox"/> Consumo: 1600 W <input type="checkbox"/> Medidas: 50x38x40 cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 Equipos empleados en el trabajo de investigación

3.7.2. Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio empleados en la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, se muestran en la figura 3.8. y se detalla en el (Anexo G).

Balanza analítica digital	Balanza de precisión	Refractómetro digital de mano	Termobalanza
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: METLER Toledo <input type="checkbox"/> Industria : Suiza <input type="checkbox"/> Modelo: PB 1502 <input type="checkbox"/> Capacidad: (0,5-1510)g <input type="checkbox"/> Precisión: 0,01 g 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: RADWAG <input type="checkbox"/> Industria: Polonia <input type="checkbox"/> Modelo:PS 4500 <input type="checkbox"/> Capacidad: (0,5-310)g <input type="checkbox"/> Precisión: 0,01g 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: Hanna <input type="checkbox"/> Industria : Romania <input type="checkbox"/> Modelo: Hi96801 <input type="checkbox"/> Rango: (0-85)% Brix <input type="checkbox"/> Temperatura: (0-80)°C 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marca: RADWAG <input type="checkbox"/> Industria : Polonia <input type="checkbox"/> Modelo: PM 60.3Y.WH <input type="checkbox"/> Capacidad max: 60g <input type="checkbox"/> Temperatura max: 250°C

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8 Instrumentos de laboratorio empleados en el trabajo de investigación

3.7.3. Materiales de laboratorio

A continuación, se detallan el material de laboratorio empleado para el presente trabajo:

- + **Capsulas:** de porcelana, con capacidad de 30 ml
- + **Termómetro:** de alcohol, con capacidad de (0-100) °C
- + **Cronómetro:** de plástico, tamaño pequeño

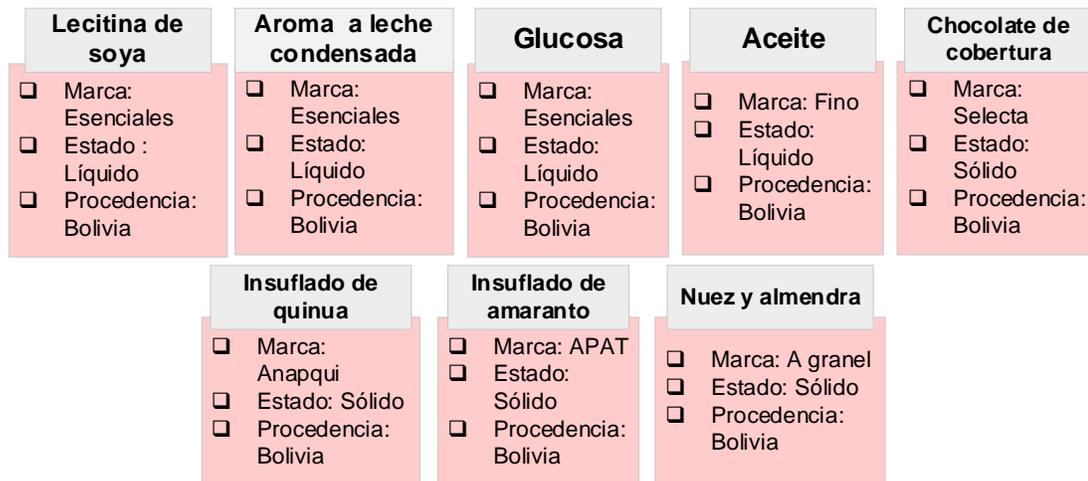
3.7.4. Utensilios de cocina

Para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, se emplearon los siguientes utensilios de cocina:

- + **Olla:** de acero inoxidable, tamaño mediano
- + **Fuente:** de acero inoxidable, tamaño mediano
- + **Espátula:** de madera, tamaño mediano
- + **Bandeja:** Plástico, mediana
- + **Cucharas:** de acero inoxidable, tamaño mediano
- + **Recipientes:** de plástico, tamaño pequeño
- + **Molde:** de acero inoxidable, tamaño pequeño

3.7.5. Insumos y aditivos alimentarios

En la figura 3.9, se muestran los insumos y aditivos alimentarios empleados para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto.

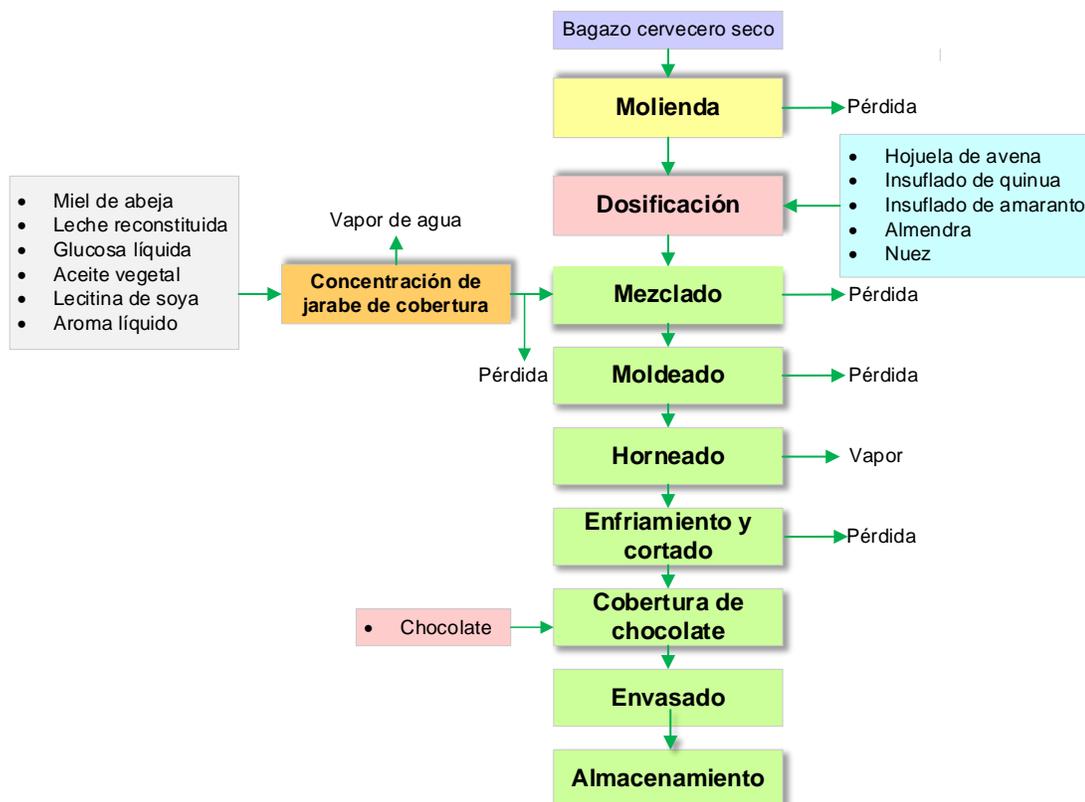


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9 Insumos y aditivos para la elaboración de barras energéticas

3.8. Diagrama de flujo para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto

En la figura 3.10, se muestra el diagrama de flujo para el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.10 Diagrama de flujo para la elaboración de barras energéticas

3.8.1. Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

A continuación, se describen cada una de las etapas del proceso experimental para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.

Molienda del bagazo cervecero seco

La figura 3.11, muestra el proceso de molienda del bagazo cervecero, se empleó un molino de martillos que pertenece al Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.11 Molienda

Dosificación

El proceso de dosificación (Figura 3.12) consistió en el pesado de materias primas e insumos en estado sólido, según formulación. Posteriormente, se procedió al mezclado de todos los ingredientes hasta obtener una mezcla homogénea.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.12 Dosificación

Jarabe de cobertura

Según NB 312056, se entiende por jarabe de cobertura al obtenido mediante la cocción de azúcares. En la figura 3.13, se muestra el jarabe de cobertura obtenido a partir de miel de abeja, glucosa, leche reconstituida, aceite, lecitina de soya y aroma. Toda la mezcla fue llevada a concentración hasta que alcanzó los 80°Brix.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.13 Jarabe de cobertura

Mezclado

La figura 3.14 muestra el proceso de mezclado de los insumos sólidos con el jarabe de cobertura para obtener una mezcla homogénea.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.14 Mezclado

Moldeado

Para el moldeado de las barras energéticas se empleó un molde de acero inoxidable. La mezcla obtenida del proceso anterior se colocó en el molde para que adquiriera forma rectangular, como se muestra en la figura 3.15.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.15 Moldeado

Horneado

La figura 3.16, muestra el proceso de horneado, previo precalentamiento del horno a 180°C, luego se ingresó el molde con la mezcla y se horneó por un tiempo de 10 min.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.16 Horneado

Enfriamiento y cortado

La figura 3.17 muestra las barras energéticas cortadas, previo enfriamiento a temperatura ambiente; para realizar el cortado se empleó un cortador de acero inoxidable.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.17 Cortado

Cobertura de chocolate

La figura 3.18 muestra la barra con cobertura de chocolate, se empleó cobertura de chocolate amargo, la fusión se realiza en baño maría hasta que adquirió la consistencia adecuada para el proceso.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.18 Cobertura

Envasado

Se procedió al envasado de las barras en bolsas de polietileno, como se muestra en la figura 3.19.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.19 Envasado

Almacenamiento

Finalmente, el producto fue almacenado a temperatura ambiente, protegido del sol y la humedad

3.9. Análisis sensorial

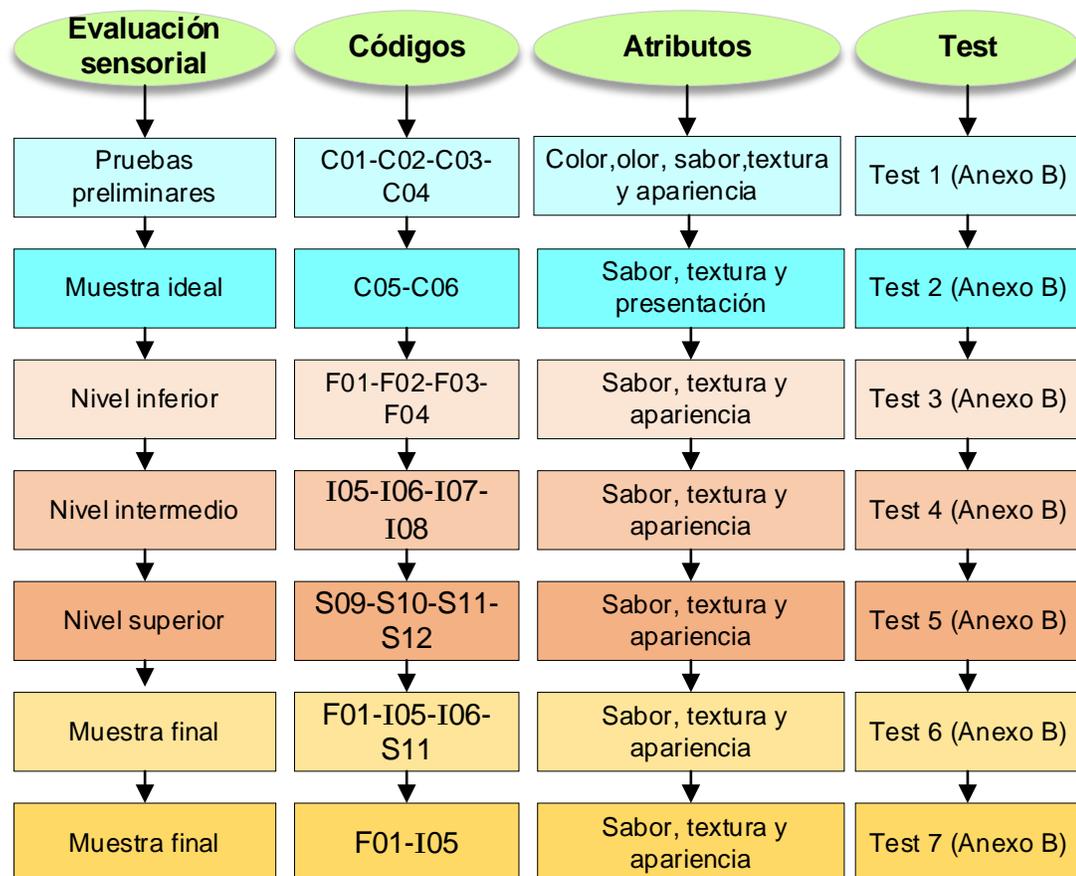
Según (Ibáñez & Barcina, 2001): La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre: desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos. De esta forma, se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden sobre una de las facetas de la calidad global del alimento, la calidad sensorial. La evaluación de esta calidad se lleva a cabo mediante una disciplina científica, el análisis sensorial, cuyo instrumento de medida es el propio hombre. El análisis sensorial no solo se destina a evaluar las características del producto por sí mismo, sino que

también es muy útil para establecer la relación con productos similares que pudieran competir en el mercado.

Las condiciones para el desarrollo y aplicación de las diferentes pruebas sensoriales, son los jueces, los cuales deben ser seleccionados y entrenados, además es necesario proporcionar las condiciones locativas básicas, para la sala de catación o cabinas, para el sitio de preparación de las muestras. También se tiene un especial cuidado en el momento de elegir la prueba que se va a aplicar, el formulario, el número de muestras, las cantidades, los alimentos adicionales que van a servir de vehículo para ingerir la muestra, los recipientes que van a contener las muestras y la otra entre otras. Lo anterior brinda la seguridad y confiabilidad de los resultados, para posteriormente a través del estudio estadístico, lograr un análisis significativo permitiendo determinar la aceptabilidad esperada por el consumidor (Hernández, 2005).

3.9.1. Aplicación de la evaluación sensorial para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la figura 3.20 se detallan las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo de investigación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20 Evaluaciones sensoriales para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

3.10. Diseño experimental

Para (Hernández & Mendoza, 2018) los diseños experimentales manipulan y prueban tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control. Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.

3.10.1. Diseño factorial mixto de tres variables

Según (Gutiérrez & De la vara, 2008), cuando se quiere investigar la influencia de tres factores (A, B y C) sobre una o más variables de respuesta, y el número de niveles de prueba en cada uno de los factores es a, b y c, respectivamente, se puede construir el arreglo factorial $a \times b \times c$, que consiste de $a \times b \times c$ tratamientos o puntos experimentales.

Se tiene un diseño factorial mixto cuando los factores estudiados no tienen el mismo número de niveles. Por ejemplo, el factorial $4 \times 3 \times 2$ significa que se experimenta con tres factores, con 4, 3 y 2 niveles, respectivamente. El total de tratamientos es 24. La necesidad de utilizar un diseño factorial mixto surge por las mismas razones de un factorial 3^k . La diferencia es que el diseño factorial mixto es más frecuente que se utilice cuando, por su naturaleza discreta o categórica, los factores tienen un número finito y distinto de niveles, y el interés es estudiar todos los niveles. Por ejemplo, las tres marcas de cierto material. La otra razón, menos frecuente en los diseños mixtos que en los factoriales 3^k , es la posibilidad de estudiar efectos de curvatura de los factores con más de dos niveles (Gutiérrez & De la vara, 2008).

3.10.1.1. Diseño factorial mixto de tres variables en la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas con bagazo cervecero

Para la elaboración de barras energéticas con bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto se aplicó diseño experimental en la etapa de dosificación de acuerdo a (Ecuación 3.1), cuyo diseño factorial corresponde a:

$$A \times B \times C \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Compuesto de los siguientes niveles de variación para cada factor, como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1**Niveles de variación de los factores en la etapa de dosificación**

Factores	Unidad	Niveles de variación		
		Inferior	Intermedio	Superior
A: Bagazo de cerveza	%	4	9	14
B: Glucosa líquida	%	15	-	25
C: Leche líquida	%	20	-	30

Fuente: Elaboración propia

Correspondiendo a un modelo experimental según (Ecuación 3.2)

$$3 \times 2^2 = 3 \times 2 \times 2 = 12 \text{ corridas/pruebas} \quad \text{(Ecuación 3.2)}$$

En la tabla 3.2 se muestra la matriz de variables en la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.

Tabla 3.2**Matriz de diseño mixto en la etapa de dosificación**

	B1				B2			
	C1		C2		C1		C2	
A1	A1B1C1	ARF1	A1B1C2	ARF2	A1B2C1	ARF3	A1B2C2	ARF4
	R-A1B1C1	ARF5	R-A1B1C2	ARF6	R-A1B2C1	ARF7	R-A1B2C2	ARF8
A2	A2B1C1	ARF9	A2B1C2	ARF10	A2B2C1	ARF11	A2B2C2	ARF12
	R-A2B1C1	ARF13	R-A2B1C2	ARF14	R-A2B2C1	ARF15	R-A2B2C2	ARF16
A3	A3B1C1	ARF17	A3B1C2	ARF18	A3B2C1	ARF19	A3B2C2	ARF20
	R-A3B1C1	ARF21	R-A3B1C2	ARF22	R-A3B2C1	ARF23	R-A3B2C2	ARF24

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

A: Porcentaje de bagazo de cerveza (%)

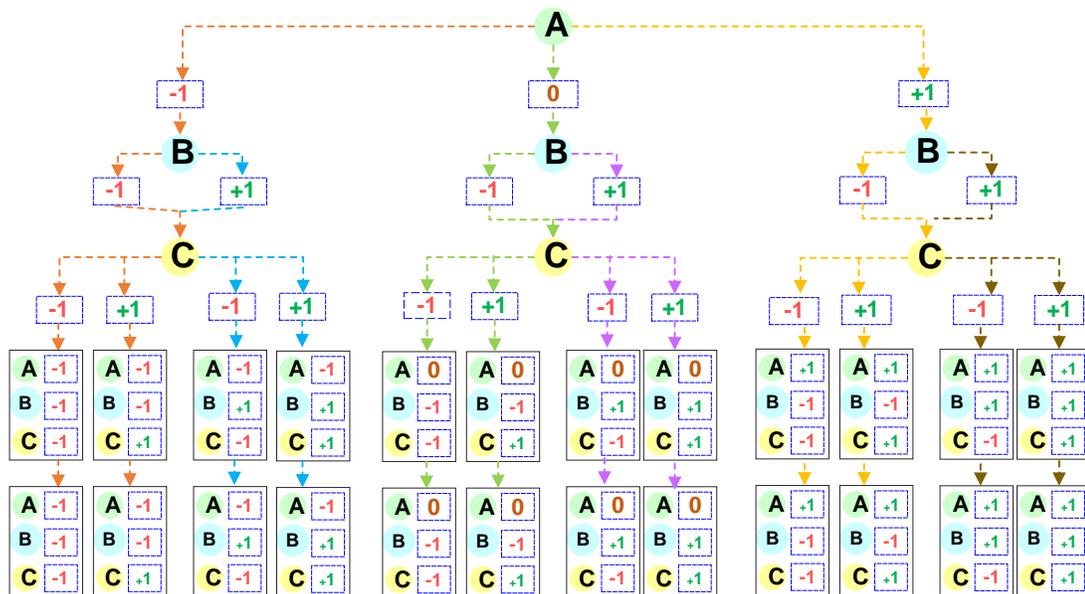
B: Porcentaje de glucosa líquida (%)

C: Porcentaje de leche reconstituida (%)

R-: Réplica

ARF: Variable respuesta (Porcentaje azúcar reductor y contenido en mg de Fósforo)

En la figura 3.21, se muestra el algoritmo de variables para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.21 Algoritmo para el diseño factorial de tres variables en la etapa de dosificación

3.10.2. Diseño factorial 2^k

Para (Walpole, 2012) los diseños experimentales en los que el plan experimental requiere estudiar el efecto sobre una respuesta de k factores, cada uno en dos niveles. A éstos se les conoce como experimentos factoriales 2^k . Es frecuente que los niveles se denoten por “alto” y “bajo”, aunque esa notación podría ser arbitraria en el caso de variables cualitativas. El diseño factorial completo requiere que cada nivel de cada factor ocurra con cada nivel de cada uno de los demás factores, lo que da un total de 2^k combinaciones de tratamientos

3.10.2.1. Diseño factorial en la etapa de horneado para la elaboración de barras energéticas

Para la elaboración de barras energéticas, se aplicó diseño experimental en la etapa de horneado de acuerdo la (Ecuación 3.3), cuyo diseño factorial corresponde a:

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ corridas/prueba} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- ✚ Tiempo (A) = 2 niveles
- ✚ Temperatura (B) = 2 niveles

En la tabla 3.3, se muestra la matriz de variables en la etapa de horneado, para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto.

Tabla 3.3

Matriz de variables para el diseño factorial 2^k en el proceso de horneado

Combinación	Variables		Interacciones	Variable respuesta
	A	B	AB	Y_i
(1)	-	-	+	Y_1
A	+	-	-	Y_2
B	-	+	-	Y_3
Ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Gutiérrez & de la Vara, 2008

Dónde:

Y_i = Porcentaje de humedad (%)

En la tabla 3.4 se muestra los niveles de variación de los factores en la etapa de horneado para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.

Tabla 3.4***Niveles de variación de factores en la etapa de horneado***

Factores	Unidades	Niveles de variación	
		Inferior	Superior
Tiempo	Min	10	15
Temperatura	°C	160	180

Fuente: Elaboración propia

3.11. Operacionalización de variables para la elaboración de barras energéticas con bagazo de cerveza

La operacionalización de las variables, es un proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, partiendo desde lo más general hasta lo más específico; es decir que estas variables se dividen (si son complejas) en dimensiones, áreas, aspectos, indicadores, índices, subíndices, ítems; mientras que si son concretas solamente en indicadores, índices e ítems (Moreno, 2013).

En el cuadro 3.1, se describe la operacionalización de la variable independiente y dependiente para el presente trabajo de investigación.

Cuadro 3.1

Operacionalización de la variable dependiente e independiente para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto

Hipótesis			Definición	Dimensiones	Indicadores	Escala	
La aplicación de una metodología experimental de tecnología de cereales para elaborar barras de cereales a partir de bagazo de cerveza artesanal permitirá generar alternativas para su utilización	VARIABLE INDEPENDIENTE	Metodología experimental de tecnología de cereales	Aplicación de la ciencia e ingeniería para la producción, procesamiento, empaque, distribución, preparación y uso de los alimentos elaborados a partir de cereales (Slideshare, 2008).	Análisis fisicoquímico	Ceniza	%	
					Fibra	%	
					Grasa	%	
					Hidratos de Carbono	%	
					Humedad	%	
					Proteína	%	
				Análisis microbiológico	Recuento en placa	UFC/g	
	Diseño experimental	ANVA Tukey	Estadística				
	Control del proceso experimental	Dosificación	%				
		Tiempo	min				
		Temperatura	°C				
		VARIABLE DEPENDIENTE		Definición	Dimensiones	Indicadores	Escala
		Barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	Según NB 312056:2010, se entiende por barra energética al complemento dietético de proteínas con minerales, vitaminas, carbohidratos y grasas, para una rápida recuperación y cubrir las necesidades aumentadas por el esfuerzo físico interno.	Análisis fisicoquímico	Ceniza	%	
	Fibra				%		
Grasa	%						
Hidratos de Carbono	%						
Humedad	%						
Proteína	%						
Análisis micronutrientes	Fósforo			mg/100g			
Análisis microbiológico	Bacterias aerobias mesófilas			UFC/g			
	Escherichia coli			UFC/g			
	Mohos y levaduras			UFC/g			
	<i>Salmonella</i>			P/A 25g			
Análisis sensorial	Sabor			Hedónica			
	Textura			Hedónica			
	Apariencia	Hedónica					

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

DE RESULTADOS

4.1. Caracterización del bagazo cervecero

Para caracterizar el bagazo cervecero se toma en cuenta los resultados de los análisis fisicoquímicos, micronutrientes y microbiológicos realizados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, los que se detallan a continuación:

4.1.1. Análisis fisicoquímico del bagazo de cerveza

En la tabla 4.1, se muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del bagazo de cerveza, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.1

Parámetros fisicoquímicos del bagazo de cerveza

Parámetros	Unidad	Resultados
Cenizas	%	2,58
Fibra	%	10,95
Grasa	%	5,13
Hidratos de carbono	%	54,97
Humedad	%	9,87
Proteína total (Nx6,25)	%	16,50
Valor energético	Kcal/100g	332,05

Fuente: CEANID, 2022

La tabla 4.1, indica los resultados del análisis fisicoquímico del bagazo de cerveza, presenta: ceniza 2,58%, fibra 10,95%, grasa 5,13%, hidratos de carbono 54,97%, humedad 9,87%, proteína total 16,50%, y valor energético 332,05 Kcal/100g.

4.1.2. Análisis de micronutrientes del bagazo cervecero

En la tabla 4.3, se puede observar los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos del bagazo cervecero de datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.2**Análisis de micronutrientes del bagazo cervecero**

Parámetros	Unidad	Resultados
Fósforo	mg/100	382,40
Potasio	mg/100	3,29

Fuente: CEANID, 2022

La tabla 4.2, detalla los resultados del análisis de micronutrientes del bagazo cervecero, presenta: fósforo 382,4 mg/100 y potasio 3,29 mg/100g.

4.1.3. Análisis microbiológicos del bagazo cervecero

En la tabla 4.3, se puede observar los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos realizados al bagazo cervecero, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.3**Parámetros microbiológicos del bagazo cervecero**

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	$1,7 \times 10^3$
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	$4,0 \times 10^2$
<i>Salmonella</i>	P/A/25g	Ausencia

Fuente: CEANID, 2022

La tabla 4.3, expresa los valores microbiológicos del bagazo cervecero: bacterias aerobias mesófilas $1,7 \times 10^3$ UFC/g, *Escherichia coli* $<1,0 \times 10^1$ UFC/g, mohos y levaduras $4,0 \times 10^2$ UFC/g y ausencia de *Salmonella*. Donde $1,0 \times 10^1$ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias.

4.2. Caracterización de la miel de abeja

Para la caracterización de la miel de abeja, se toma en cuenta los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico, los cuales se detallan a continuación:

4.2.1. Análisis fisicoquímico de la miel de abeja

En la tabla 4.4, se muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la miel de abeja, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.4

Parámetros fisicoquímicos de la miel de abeja

Parámetros	Unidad	Resultados
Acidez libre	meq/kg	25,59
Azúcares reductores	%	67,78
Cenizas	%	0,21
Fibra	%	n.d.
Hidratos de carbono	%	80,96
Humedad	%	18,20
Proteína total (Nx6,25)	%	0,63
Valor energético	Kcal/100g	326,36

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.4, se puede observar los resultados del análisis fisicoquímico del análisis de la miel de abeja, presenta: Acidez 25,59 meq/kg, azúcares reductores 67,78%, cenizas 0,21%, fibra no detectada, hidratos de carbono 80,96%, humedad 18,20%, proteína total 0,63%, y valor energético 326,36 Kcal/100g.

4.2.2. Análisis microbiológico de la miel de abeja

La tabla 4.5, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizados a la miel de abeja, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.5

Parámetros microbiológicos de la miel de abeja

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	<1,0x10 ¹ (*)
Coliformes totales	UFC/g	<1,0x10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	3,0x10 ¹

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.5, se expresan los valores microbiológicos en la miel de abeja: bacterias aerobias mesófilas <1,0x10¹ UFC/g, coliformes totales

<1,0x10¹UFC/g, mohos y levaduras 3,0x10¹ UFC/g. Donde 1,0x10¹ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias.

4.3. Caracterización de la leche entera en polvo instantánea

Para la caracterización de la leche entera en polvo instantánea, se toma en cuenta los resultados del microbiológico, el cual se detalla a continuación:

4.3.1. Análisis microbiológico de la leche entera en polvo instantánea

En la tabla 4.6, se puede observar el resultado obtenido del análisis microbiológico realizado a la leche entera en polvo instantánea, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.6

Parámetros microbiológicos de la leche entera en polvo instantánea

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	4,8x10 ²

Fuente: CEANID, 2022

La tabla 4.6, expresa el valor microbiológico en la leche entera en polvo instantánea: bacterias aerobias mesófilas 4,8x10² UFC/g

4.4. Caracterización de la hojuela de avena instantánea

Para caracterizar la hojuela de avena, se toma en cuenta los resultados del análisis microbiológico, que se detalla a continuación:

4.4.1. Análisis microbiológico de la hojuela de avena instantánea

En la tabla 4.7, se puede observar el resultado obtenido del análisis microbiológico realizado a la hojuela de avena instantánea, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.7**Parámetros microbiológicos de la hojuela de avena instantánea**

Microorganismos	Unidad	Resultados
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	2,0x10 ²
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<1,0x10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	<1,0x10 ¹ (*)
<i>Salmonella</i>	P/A/25g	Ausencia

Fuente: CEANID, 2022

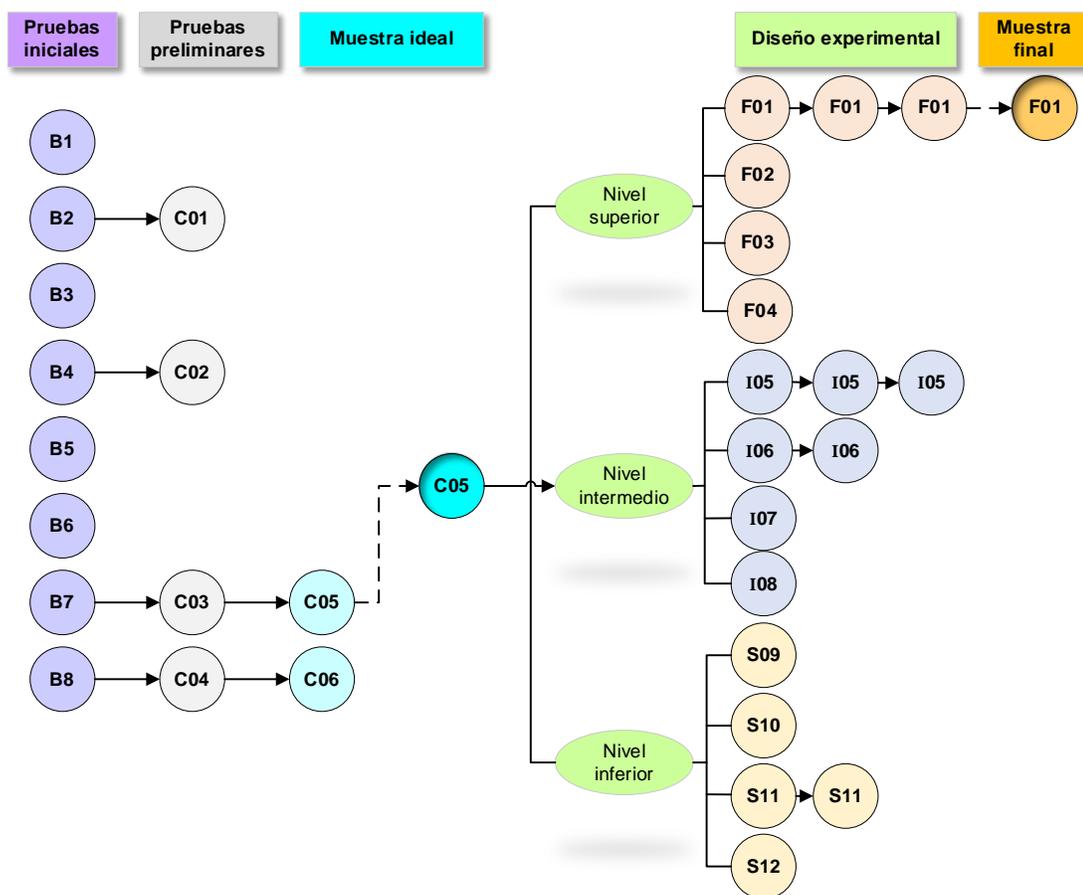
La tabla 4.7 expresa los valores microbiológicos de la hojuela de avena instantánea: bacterias aerobias mesófilas 2,0x10² UFC/g, *Escherichia coli* <1,0x10¹UFC/g, mohos y levaduras 3,0x10¹ UFC/g y ausencia de *Salmonella*. Donde 1,0x10¹ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias.

4.5. Caracterización de las variables del proceso para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Para la caracterización de las variables del proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, se toma en cuenta las siguientes pruebas experimentales y preliminares con el fin de obtener la metodología que permita su elaboración.

4.5.1. Pruebas experimentales para la obtención de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo (figura 4.1), se realiza inicialmente ocho pruebas, variando los porcentajes de materia prima e insumos con la finalidad de obtener cuatro pruebas preliminares, las cuales son sometidas a evaluación sensorial con el fin de obtener la muestra ideal para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.

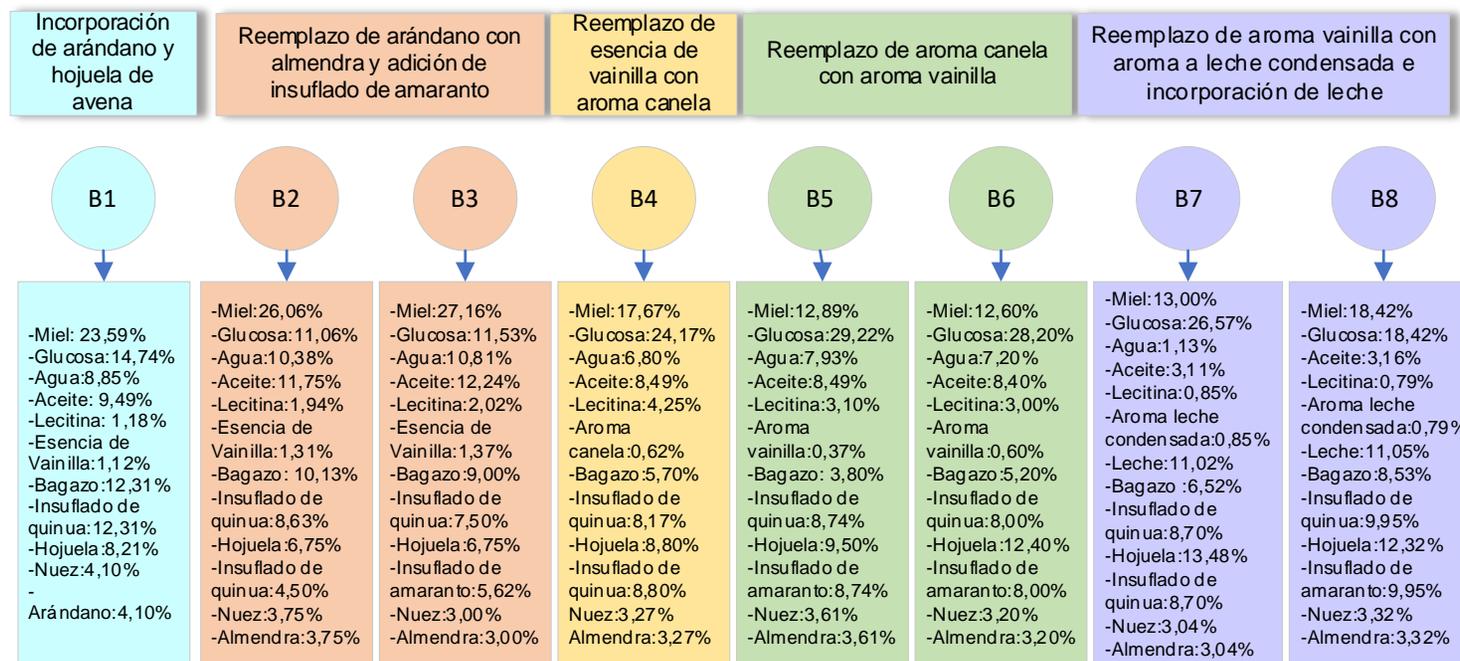


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1 Desarrollo de las pruebas experimentales para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

4.5.1.1. Elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto para las pruebas iniciales

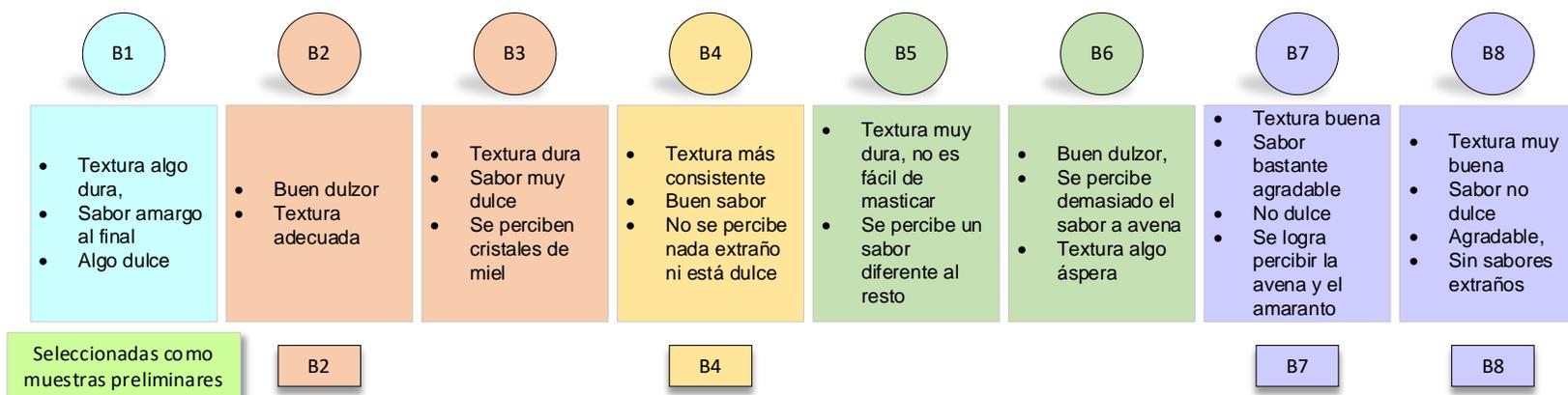
Se elaboran ocho pruebas iniciales (figura 4.1), variando los porcentajes de materia prima e insumos (figura 4.2). La formulación empleada parte de la desarrollada por Jurado (2018); con el fin de establecer la formulación básica de las barras energéticas; en función de los insumos a ser utilizados en cada muestra elaborada hasta obtener un producto intermedio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 Formulación para pruebas iniciales de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Las pruebas iniciales fueron valoradas de manera subjetiva, por parte del personal de Laboratorio de Taller de alimentos (LTA) con la finalidad de seleccionar las muestras preliminares. En la figura 4.3 se muestran los resultados obtenidos.



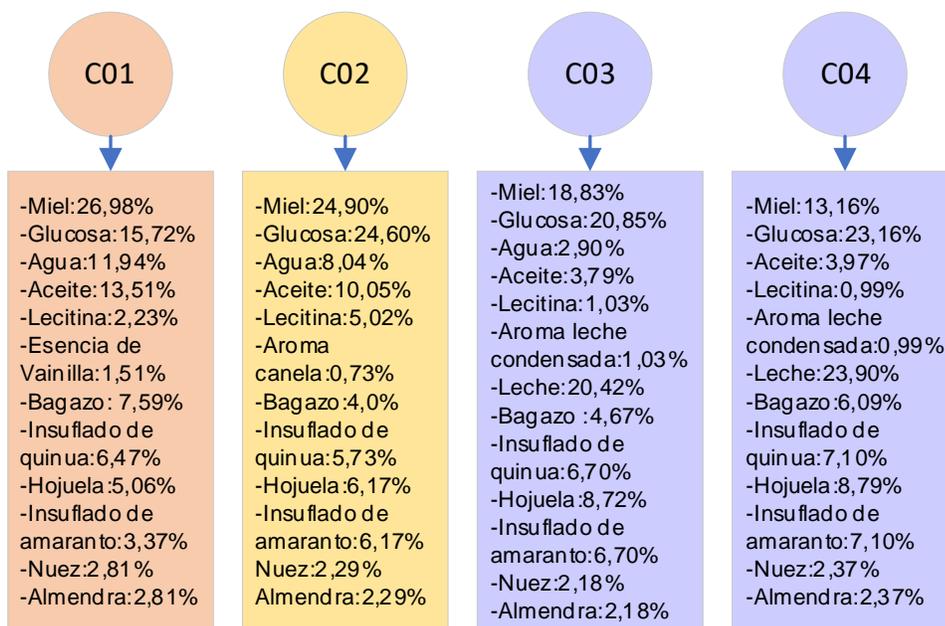
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Valoración subjetiva para barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

4.5.1.2. Elaboración de pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la elaboración de las muestras preliminares de las barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, se toma en cuenta las muestras (B2, B4, B7 y B8); según la valoración que recibieron, cada una de ellas en la evaluación subjetiva (figura 4.3). Para tal efecto, se recodifican las muestras iniciales como (C01, C02, C03 y C04) con la finalidad de realizar una mejora en la formulación respecto a la composición de materias primas e insumos que son tomadas en cuenta en las muestras iniciales para mejorar las propiedades organolépticas. En la figura 4.4, se detalla la dosificación utilizada para las pruebas preliminares utilizando 20 jueces no entrenados

para evaluar los atributos sensoriales en escala hedónica de siete puntos para: color, olor, sabor, textura y apariencia en las barras energéticas.

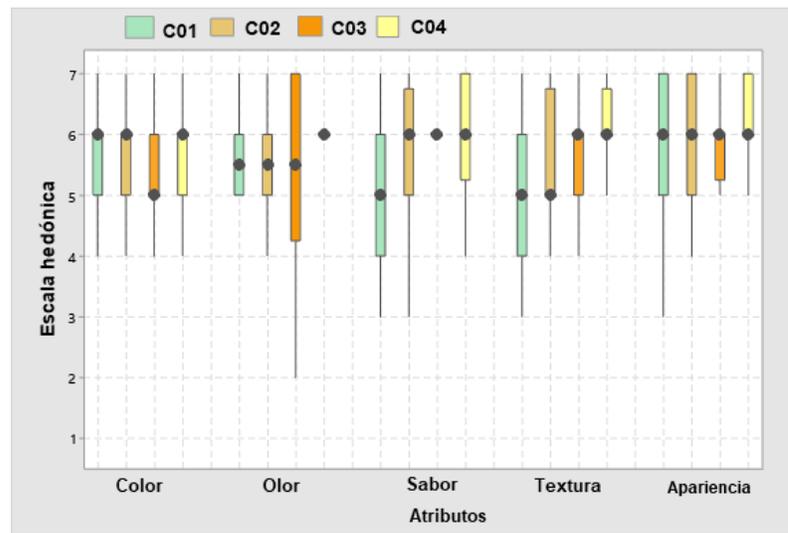


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Formulación para pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

4.5.1.2.1. Estadístico de caja y bigote de pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

La figura 4.5 muestra los resultados estadísticos de caja y bigote datos extraídos del Anexo C, para los atributos: color (tabla C.1), olor (tabla C.3), sabor (tabla C.5), textura (tabla C.8) y apariencia (tabla C.10).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 Caja y bigote de las pruebas preliminares para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Según la figura 4.5, se puede observar que los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: color 6,0 (C01, C02 y C04), 5,0 (C03); olor 5,5 (C01, C02 y C03), 6,0 (C04); sabor 6,0 (C02, C03, y C04), 5,0 (C01); textura 5,0 (C01 y C02), 6,0 (C03 y C04), apariencia 6,0 (C01, C02, C03 y C04). Realizando el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que existe diferencia significativa entre las muestras en función al atributo sabor para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4.5.1.2.2. Estadístico de Tukey del atributo sabor de pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

La tabla 4.8 indica los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo de sabor de datos extraídos de la tabla C.7 (Anexo C).

Tabla 4.8
Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de pruebas preliminares

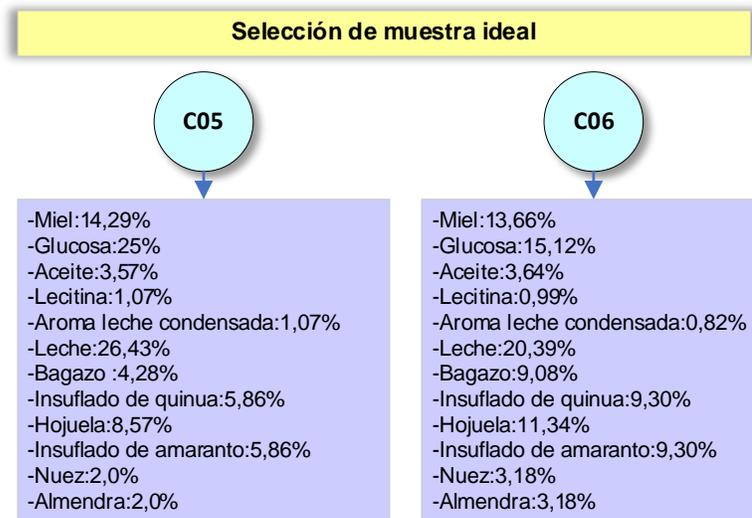
Factor	N	Mediana	Agrupación	
Sabor C04	20	6,0	A	
Sabor C03	20	6,0	A	B
Sabor C02	20	6,0	A	B
Sabor C01	20	5,0		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.8, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras C04 (6,0), C03 (6,0), C02 (6,0) y C01 (5,0), mientras no existe diferencia entre las muestras C04, C03 y C02 ya que comparten la misma mediana para un nivel de confianza $\alpha=0,05$.

4.5.2. Selección de la muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto

Para seleccionar la muestra ideal de barras energéticas, se toma en cuenta las muestras (C03 y C04) que son seleccionadas de las pruebas preliminares por evaluación sensorial, se recodificaron como (C05 y C06). Tomando en cuenta la dosificación se hace algunas modificaciones de materia prima e insumos (figura 4.6), de esta forma se realiza la evaluación sensorial en escala hedónica de siete puntos para valorar los atributos: sabor, textura y apariencia.

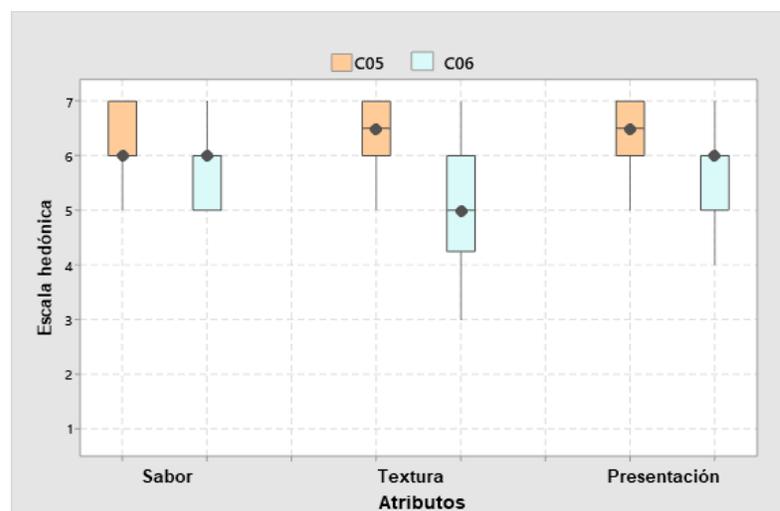


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Dosificación para selección de muestra ideal de barras energéticas

4.5.2.1. Estadístico de caja y bigote en la variación de la dosificación para la selección de la muestra ideal

En la figura 4.7, se puede observar caja y bigote para las dos muestras de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, valorando los atributos: sabor, textura y presentación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Caja y bigote en la variación de la dosificación de muestra ideal

Según la figura 4.7, se puede observar que los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6,0 (C05 y C06); textura 6,5 (C05), 5,0 (C06) y presentación 6,5 (C05), 6,00 (C06). Realizando el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que existe diferencia significativa entre las muestras en función a los atributos sabor, textura y presentación para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4.5.2.2. Estadístico de Tukey del atributo sabor para selección de muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

La tabla 4.9 muestra los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor, datos extraídos de la tabla C.14 (Anexo C).

Tabla 4.9

Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de muestra ideal

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Sabor C05	24	6,3	A	
Sabor C06	24	5,8		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.9, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras C05 (6,3) y C06 (5,8) para un nivel de confianza $\alpha=0,05$

4.5.2.3. Estadístico de Tukey del atributo textura para selección de muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo de sabor, datos extraídos de la tabla C.17 (Anexo C).

Tabla 4.10
Estadístico de Tukey del atributo textura para la selección de muestra ideal

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Textura C05	24	6,5	A	
Textura C06	24	5,0		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.10, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras C05 (6,5) y C06 (5,0) para un nivel de confianza $\alpha=0,05$.

4.5.2.4. Estadístico de Tukey del atributo presentación para selección de muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la tabla 4.11, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo de sabor de datos extraídos de la tabla C.20 (Anexo C).

Tabla 4.11
Estadístico de Tukey del atributo presentación para la selección de muestra ideal

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Presentación C05	24	6,5	A	
Presentación C06	24	6,0		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.11, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras C05 (6,5) y C06 (6,0) para un nivel de confianza $\alpha=0,05$.

4.6. Diseño factorial AxBxC en el proceso de dosificación de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto

En base a la muestra seleccionada como ideal (C05), se procedió a aplicar el diseño factorial AxBxC (tabla 3.2) en la etapa de dosificación para elaborar barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y

amaranto, en donde las variables respuesta fueron: azúcares reductores (%) y fósforo (mg/100g)

4.6.1. Diseño factorial de la variable respuesta (azúcares reductores) en la etapa de dosificación

El diseño factorial que se utilizó para el presente trabajo de investigación fue de 3x2x2 lineal, en el cual las variables analizadas fueron: bagazo de cerveza (A), glucosa líquida (B) y leche reconstituida (C), teniendo como variable respuesta el contenido de azúcares reductores.

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación se realizó el análisis estadístico de las variables respuesta azúcares reductores (tabla 4.12) en el programa estadístico Minitab 2019 para Windows y los resultados se detallan en el Anexo D.

Tabla 4.12

Análisis de varianza de la variable respuesta azúcares reductores en la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas

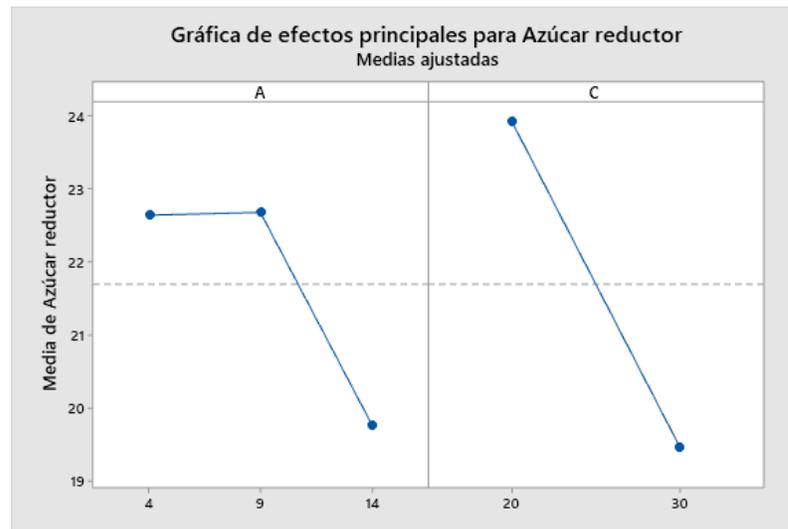
Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de Cuadrados ajustada (SC)	Cuadrado medio ajustado (CM)	Valor F	Valor p
Factor A	2	44,550	22,275	7,60	0,007
Factor B	1	2,774	2,774	0,95	0,350
Factor C	1	119,260	119,260	40,67	0,000
Interacción AB	2	20,898	10,449	3,56	0,061
Interacción AC	2	3,558	1,779	0,61	0,561
Interacción BC	1	4,217	4,217	1,44	0,254
Interacción ABC	2	5,027	2,514	0,86	0,449
Error	12	35,188	2,932		
Total	23	235,473			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.12 muestra el análisis de varianza para la variable respuesta azúcares reductores en la etapa de dosificación, de la cual se puede observar que el factor B (glucosa líquida), las interacciones: AC, BC y ABC no son significativas dado que $p > 0,05$ mientras que el factor A (bagazo cervecero) y

C (leche reconstituida) si resultan significativos por presentar un valor $p < 0,05$. Así también, el valor p para la interacción AB es de 0,061 de modo que se debería considerar.

En la figura 4.8 se muestra los efectos principales para la variable respuesta de los factores: bagazo de cerveza (A) y leche reconstituida (C) en relación a la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas.

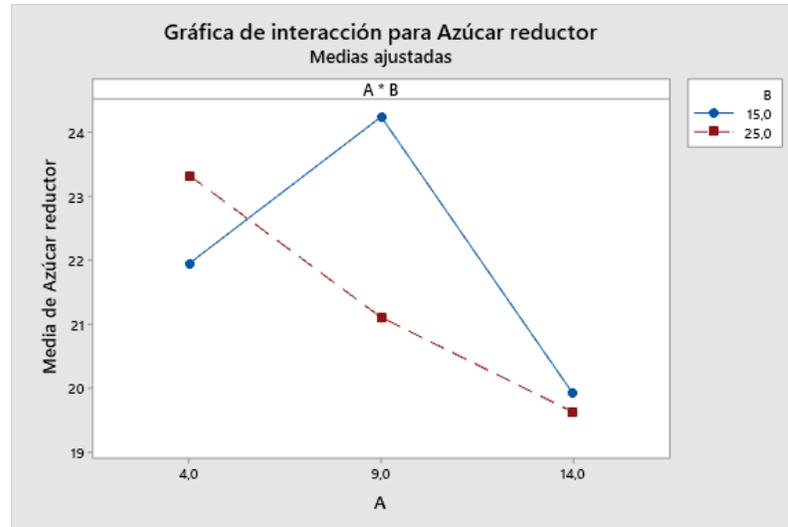


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8 Efectos principales para variable respuesta azúcar reductor

Según la figura 4.8, se puede observar que los efectos que existe sobre factor A (bagazo cervecero) entre los tres niveles en función a los azúcares reductores entre (4,0 y 9,0) % del porcentaje de bagazo es lineal de 22,8% y cuando el porcentaje de bagazo es del 14% los azúcares reductores son menor del 19,7% cuando el porcentaje del bagazo cervecero es alto. Así mismo, cuando el factor C está entre (20-30) % de leche reconstituida existe un alto contenido de azúcares reductores entre 19,5% hasta 24,0%

En la figura 4.9, se muestra la interacción AB (bagazo de cerveza-glucosa líquida) para la variable respuesta azúcar reductor.

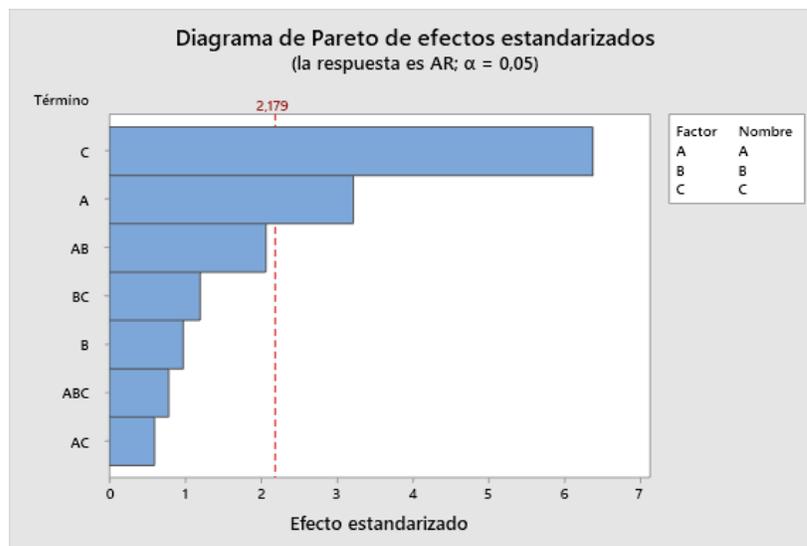


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9 Interacción para variable respuesta azúcar reductor

En la figura 4.9, se puede observar la interacción entre los porcentajes de bagazo cervecero en función del factor B (porcentaje de glucosa líquida) en función del factor respuesta los azúcares reductores y cuando el porcentaje es 4,0% presenta un contenido de 22 % de azúcar reductor; cuando el porcentaje del 9,0% se presenta por encima del 25% de azúcares reductores y finalmente cuando se tiene 14,0% de bagazo cervecero presenta un valor por debajo del 20% de azúcares reductores.

En la figura 4.10 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores tomados en cuenta para el diseño factorial, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con el valor de 2,179, de tal manera si las barras exceden la línea de referencia indican que son significativas para un nivel de confianza $\alpha=0,05$ de datos extraídos del anexo D.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10 Diagrama de Pareto estandarizado para variable respuesta azúcar reductor

En la figura 4.10 se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores bagazo de cerveza (A), leche reconstituida (C) son estadísticamente significativas, debido a que los factores sobrepasan la línea vertical de referencia, así también la interacción AB (bagazo de cerveza-glucosa líquida) se halla próxima a sobrepasar la línea vertical de referencia.

4.6.2. Diseño factorial de la variable respuesta (fósforo) en la etapa de dosificación

El diseño factorial utilizado para el presente trabajo de investigación es de 3x2x2 lineal, en el cual las variables analizadas son: bagazo de cerveza (A), glucosa líquida (B) y leche reconstituida (C), teniendo como variable respuesta el contenido de fósforo en las barras energéticas.

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación se realiza el análisis estadístico de la variable: contenido de fósforo (tabla 4.13) en el programa estadístico Minitab 2019 para Windows y los resultados se detallan en el Anexo D.

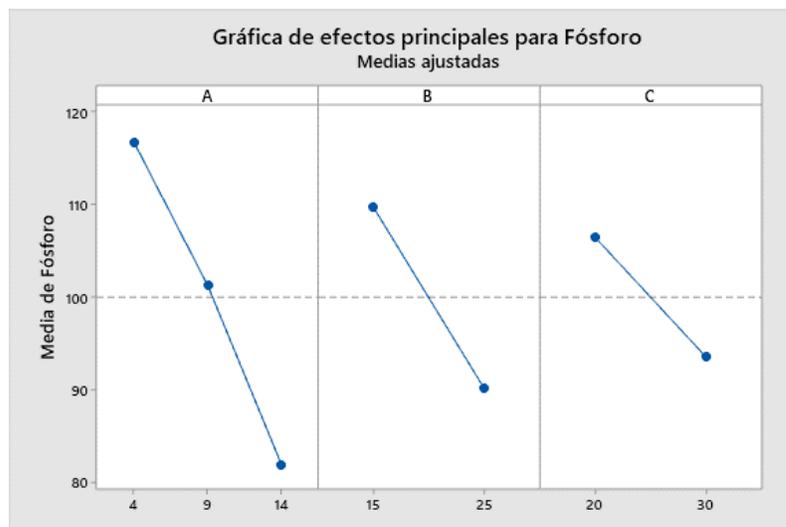
Tabla 4.13
Análisis de varianza de la variable respuesta contenido de fósforo en la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de Cuadrados ajustada (SC)	Cuadrado medio ajustado (CM)	Valor F	Valor p
Factor A	2	4885,1	2442,5	1,93	0,188
Factor B	1	2301	2301	1,82	0,203
Factor C	1	1001	1001	0,79	0,391
Interacción AB	2	885,1	442,5	0,35	0,712
Interacción AC	2	238,6	119,3	0,09	0,911
Interacción BC	1	6048,4	6048,4	4,77	0,049
Interacción ABC	2	237,2	118,6	0,09	0,911
Error	12	15200,5	1266,7		
Total	23	30797			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.13 muestra el análisis de varianza para la variable respuesta contenido de fósforo en la etapa de dosificación, de la cual se puede observar que ninguno de los factores e interacciones resultan significativos por presentar un valor $p > 0,05$.

En la figura 4.11 se muestra los efectos principales para la variable respuesta de los factores: bagazo de cerveza (A), glucosa líquida (B) y leche reconstituida (C) en relación a la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas.

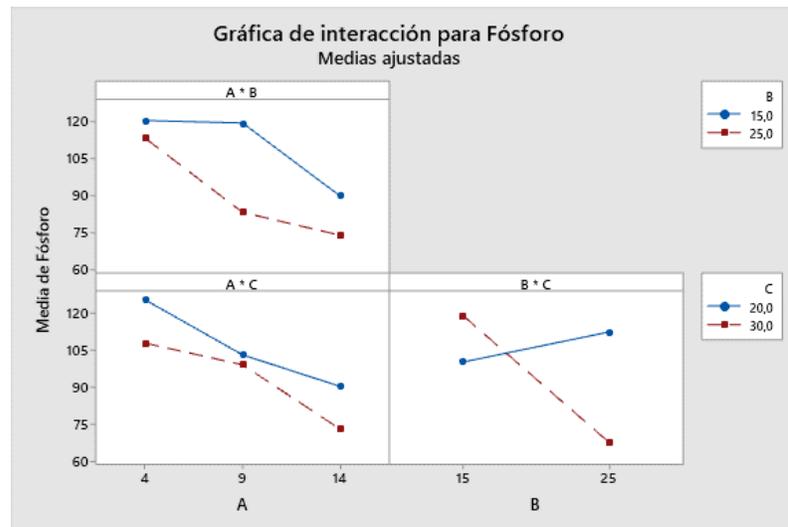


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11 Efectos principales para variable contenido de fósforo

En la figura 4.11, se puede observar los factores A, Factor B y factor C en función al porcentaje de fósforo en las barras energéticas, cuando el porcentaje de bagazo cervecero es (4,0) % se obtiene el mayor porcentaje de fósforo 118% en comparación cuando el contenido de bagazo cervecero es alto (14,00) % se obtiene un menor porcentaje de fósforo de 81%. En el caso del factor B: porcentaje de glucosa líquida entre (15-25) % existe una diferencia menor entre (90-110) % de fósforo y finalmente cuando el factor C está entre (20-30) % se presenta un menor porcentaje de fósforo entre (93-108) %, que es menor en comparación con los otros factores.

En la figura 4.12, se muestra las interacciones de los factores: bagazo de cerveza (A), glucosa líquida (B) y leche reconstituida (C) para la variable respuesta azúcar reductor.

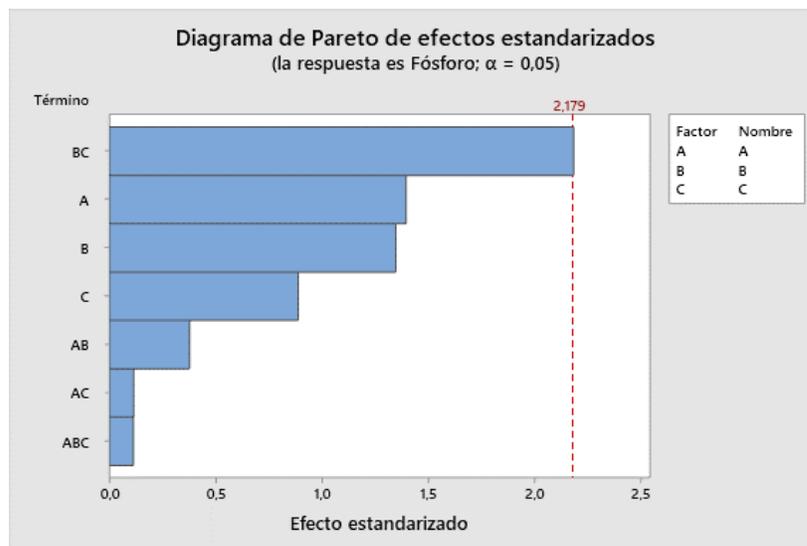


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12 Interacción para variable contenido de fósforo

Según la figura 4.12, se puede observar la interacción de los factores: factor A, factor B y factor C; en donde se puede observar que la interacción entre el factor B*factor C tiene influencia sobre el porcentaje de fósforo, cuyos valores están entre (15-25)% para la glucosa líquida que cuando interacciona con el factor C (leche reconstituida), entre (20-30)%; dan lugar a un valor alrededor del 105% para el contenido de fósforo en la formulación de la mezcla de las barras energéticas para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

En la figura 4.13 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores tomados en cuenta para el diseño factorial, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con el valor de 2,179, de tal manera si las barras exceden la línea de referencia indican que son significativas para un nivel de confianza $\alpha=0,05$ de datos extraídos del anexo D.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13 Diagrama de Pareto estandarizado para variable respuesta contenido de fósforo

En la figura 4.13 se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores bagazo de cerveza (A), glucosa líquida (B), leche reconstituida (C) y las respectivas interacciones no son estadísticamente significativas, debido a que los factores y las interacciones no sobrepasan la línea vertical de referencia. Así también, la interacción BC (bagazo de cerveza-leche reconstituida) se halla próxima a sobrepasar la línea vertical de referencia.

4.7. Evaluación sensorial en el diseño experimental $A \times B \times C$ en la etapa de dosificación de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Se realiza la evaluación sensorial en el diseño experimental $axbxc$ de la etapa de dosificación, separando los doce tratamientos de las muestras en tres grupos, cuatro para el nivel inferior, cuatro para el nivel intermedio y cuatro para el nivel superior; con el fin de complementar el diseño experimental y corroborar los efectos de los factores considerados.

4.7.1. Dosificación del nivel inferior para la elaboración de barras energéticas

En la figura 4.14, se muestra los rangos de dosificación de las cuatro muestras elaboradas para el nivel inferior del diseño factorial

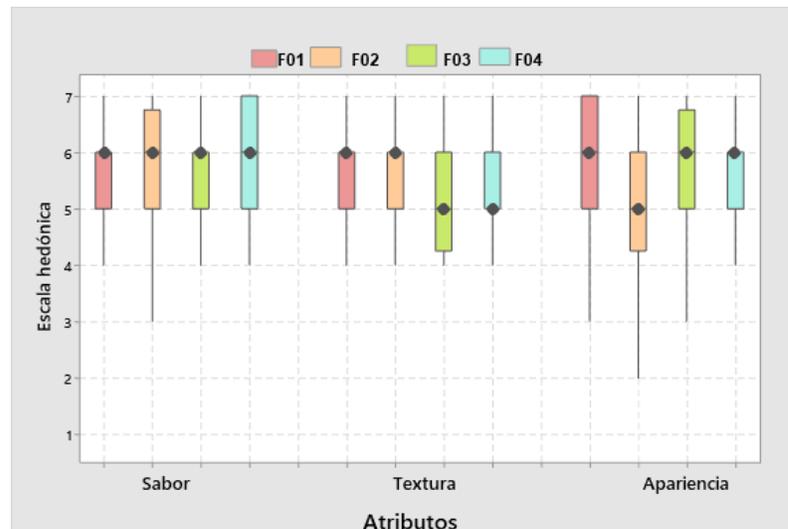
Nivel inferior	
F01	Miel 31,00%, glucosa 15,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 20,00%, bagazo 4,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de Avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%
F02	Miel 21,00%, glucosa 15,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 30,00%, bagazo 4,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%
F03	Miel 21,00%, glucosa 25,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 20,00%, bagazo 4,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%
F04	Miel 11%, glucosa 25,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 30,00%, bagazo 4,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14 Dosificación para el nivel inferior

4.7.1.1. Estadístico de caja y bigote para el nivel inferior de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

La figura 4.15 muestra los estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos de Anexo C, para el atributo de sabor (tabla C.21), textura (C.23), y apariencia (tabla C.25) para el nivel inferior.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15 Caja y bigote para el nivel inferior

Según la figura 4.15, se puede observar que los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6,0 (FO1, FO4, F03 y F04); textura 6,0 (FO1-FO2) y apariencia 6,0 (FO1, FO3 y FO4), 5,0 (F02). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre las muestras en función de los atributos evaluados para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4.7.2. Dosificación del nivel intermedio para la elaboración de barras energéticas

La figura 4.16 indica los rangos de dosificación de las cuatro muestras elaboradas para el nivel intermedio del diseño factorial.

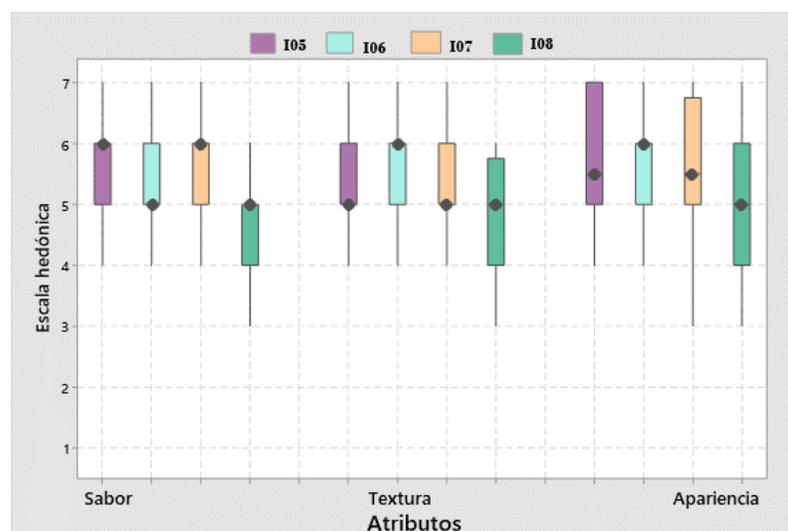
Nivel intermedio	
I05	Miel 26,00%, glucosa 15,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 20,00%, bagazo 9,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de Avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%
I06	Miel 16,00%, glucosa 15,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 30,00%, bagazo 9,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%
I07	Miel 16,00%, glucosa 25,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 20,00%, bagazo 9,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%
I08	Miel 6,00%, glucosa 25,00%, aceite 3,57%, lecitina 1,07%, aroma leche condensada 1,07%, leche 30,00%, bagazo 9,00%, insuflado de quinua 5,86%, hojuela de avena 8,57%, insuflado de amaranto 5,86%, nuez 2,00% y almendra 2,00%

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16 Dosificación para el nivel intermedio

4.7.2.1. Estadístico de caja y bigote para el nivel intermedio de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la figura 4.17, se muestran los estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos de Anexo C, para los atributos sabor (tabla C.27), textura (tabla C.30), y apariencia (tabla C.34) para el nivel intermedio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17 Caja y bigote para el nivel intermedio

Según la figura 4.17, se puede observar que los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6,0 (IO5 e IO7), 5,00 (IO6 e IO8), textura 6,0 (IO6), 5,00 (IO5, IO7 e IO8) y apariencia 6,0 (IO6), 5,5 (IO5 e IO7), 5,00 (IO8). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que si existe diferencia significativa entre las muestras en función de los atributos sabor y textura evaluados para un nivel de significancia $\alpha=0,05$

4.7.2.2. Estadístico de Tukey del atributo sabor en el nivel intermedio del diseño factorial

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de datos extraídos de la tabla C.29 (Anexo C).

Tabla 4.14

Estadístico de Tukey del atributo sabor en el nivel intermedio

Factor	N	Mediana	Agrupación
Sabor IO7	20	6,0	A
Sabor IO5	20	6,0	A
Sabor IO6	20	5,0	A
Sabor IO8	20	5,0	B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.14, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras IO7 (6,0), IO5 (6,0) e IO6 (5,0), IO8 (5,0), mientras no existe diferencia entre las muestras IO7 e y IO5, como también IO6 e IO8 que comparten la misma mediana para un nivel de confianza $\alpha=0,05$.

4.7.2.3. Estadístico de Tukey del atributo textura en el nivel intermedio del diseño factorial

La tabla 4.15 detalla los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de datos extraídos de la tabla C.33 (Anexo C).

Tabla 4.15
Estadístico de Tukey del atributo textura en el nivel intermedio

Factor	N	Mediana	Agrupación	
Textura IO6	20	6,0	A	
Textura IO5	20	5,0	A	B
Textura IO7	20	5,0	A	B
Textura IO8	20	5,0		B

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.15, se puede observar que existe diferencia significativa entre las medianas de las muestras IO6 (6,0) e IO5 (5,0), IO7 (5,0), IO8 (5,0), mientras no existe diferencia entre las muestras IO5, IO7 e IO8, así ya que comparten la misma mediana para un nivel de confianza $\alpha=0,05$.

4.7.3. Dosificación del nivel superior para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

La figura 4.18 muestra los rangos de dosificación de las cuatro muestras elaboradas para el nivel superior del diseño factorial

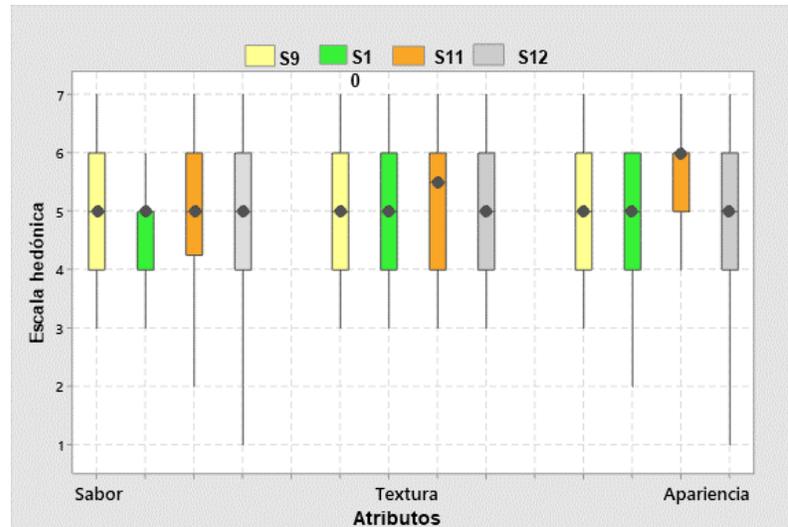


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18 Dosificación para el nivel superior

4.7.3.1. Estadístico de caja y bigote para el nivel superior de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la figura 4.19, se muestran los estadísticos de caja y bigote de los datos extraídos de Anexo C, para los atributos sabor (tabla C.36), textura (tabla C.38), y apariencia (tabla C.40) para el nivel superior.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19 Caja y bigote para el nivel superior

Según la figura 4.19, se puede observar que los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 5,0 (S09-S10-S11-S12); textura 5,5 (S11), 5,0 (S09, S10 y S12) y apariencia 5,0 (S09, S10 y S12), 6,0 (S11). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre las muestras en función de los atributos evaluados para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

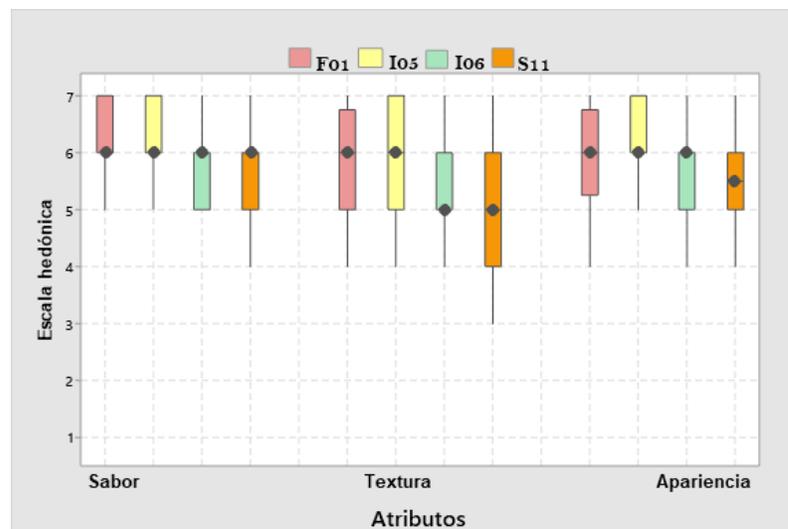
4.8. Selección de producto final de paletas de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En base a los resultados de las evaluaciones sensoriales del diseño factorial $A \times B \times C$, se realiza la evaluación sensorial de las muestras experimentales F01,

I05, I06 y S11 factorial, seleccionadas por tener la mayor preferencia de acuerdo a las valoraciones de los jueces.

4.8.1. Estadístico de caja y bigote para selección de muestras finales

En la figura 4.20, se puede observar caja y bigote para las cuatro muestras, considerando los atributos: sabor, textura y presentación para la selección de muestras finales de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20 Caja y bigote para selección de muestras finales

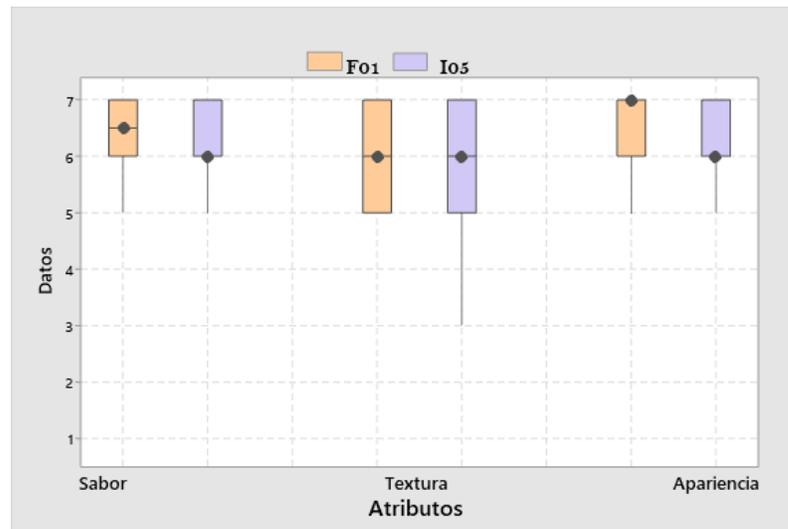
Según la figura 4.20, se observa los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6,0 (F01, I05, I06 y S11), textura 6,0 (F01, I05), 5,0 (I06, S11) y apariencia 6,0 (F01, I05, I06), 5,5 (S11). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los atributos sabor, textura y apariencia, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

De las cuatro muestras sometidas a evaluación sensorial, las muestras F01 e I05 son las mejores valoraciones dado por los jueces, siendo seleccionadas

para ser sometidas a una evaluación sensorial final con el objeto de obtener la muestra ganadora.

4.8.2. Estadístico de caja y bigote para producto final

En la figura 4.21, se puede observar caja y bigote para la selección de la muestra final con los atributos: sabor, textura y presentación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21 Caja y bigote para producto final

Según la figura 4.21, se observa los resultados de las medianas en función a los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 6,5 (F01), 6,0 (I05); textura 6,0 (F01, I05) y apariencia 7,0 (F01), 6,0 (I05). Así mismo, realizando el análisis estadístico de varianza, se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los atributos sabor, textura y apariencia, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

4.9. Diseño factorial 2² en la etapa de horneado de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Para aplicar el diseño experimental en el proceso de horneado se toma en cuenta como variables independientes: tiempo de horneado (A) entre un rango de (10-15) minutos y temperatura de horneado (B) entre (160-180) °C y como

variable respuesta el contenido de humedad final. Las muestras obtenidas son valoradas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) y los resultados de cada muestra se encuentra en el Anexo A.

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de dosificación se realiza el análisis estadístico de la variable respuesta contenido de humedad (tabla 4.16) en el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión, para Windows.

Tabla 4.16

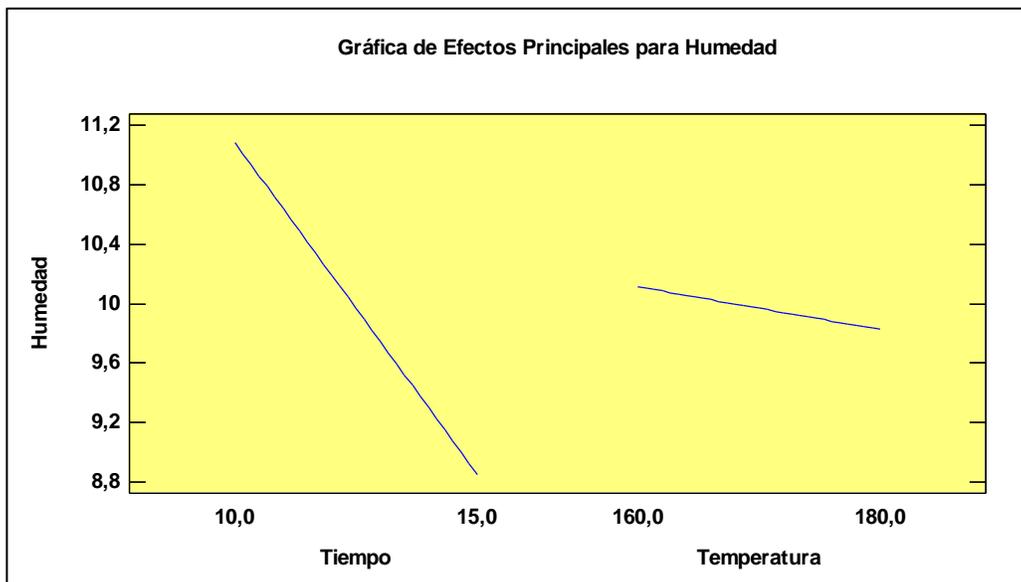
Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de humedad

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Valor-P
Factor A	9,92351	1	9,92351	8,43	0,0440
Factor B	0,165312	1	0,165312	0,14	0,7269
Interacción AB	1,87211	1	1,87211	1,59	0,2759
Error total	4,71035	4	1,17759		
Total	16,6713	7			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.16 muestra el análisis de varianza para la variable respuesta contenido de humedad en la etapa de horneado, de la cual se puede observar que el factor A (temperatura), es significativa por presentar un valor $p < 0,05$ para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

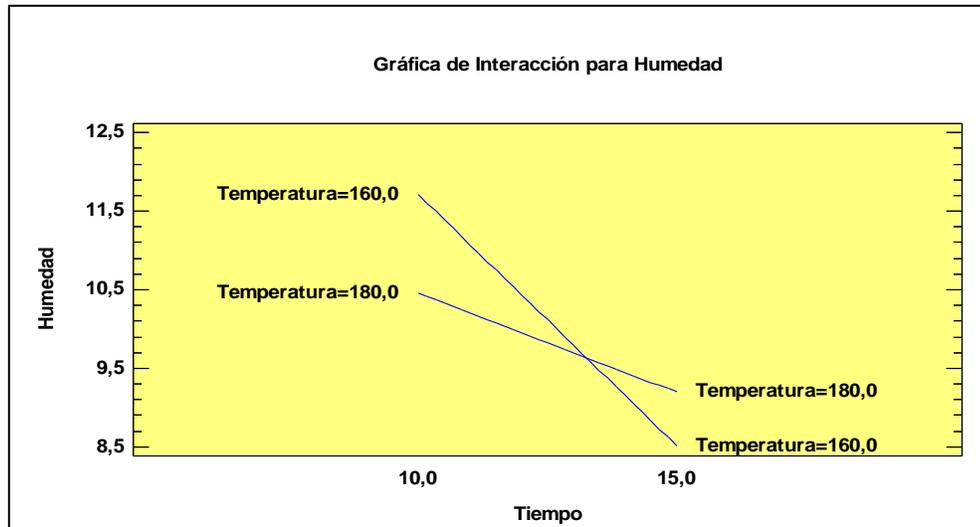
En la figura 4.22 se muestra los efectos principales para la variable respuesta de los factores: tiempo (A) y temperatura (B) en relación a la etapa de horneado para la elaboración de barras energéticas. Para tal efecto, se puede observar que el factor (tiempo de horneado) influye significativamente sobre la variable respuesta del contenido de humedad (%), para un rango de (10 -15) minutos, para un nivel alto del factor A, disminuye el contenido de humedad de las barras energéticas; mientras que el factor B (temperatura) influye levemente sobre el contenido de humedad para el nivel bajo y alto de temperatura.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22 Efectos principales para el contenido de humedad en el horneado

En la figura 4.23, se muestra la interacción AB (tiempo-temperatura) para la variable contenido de humedad.



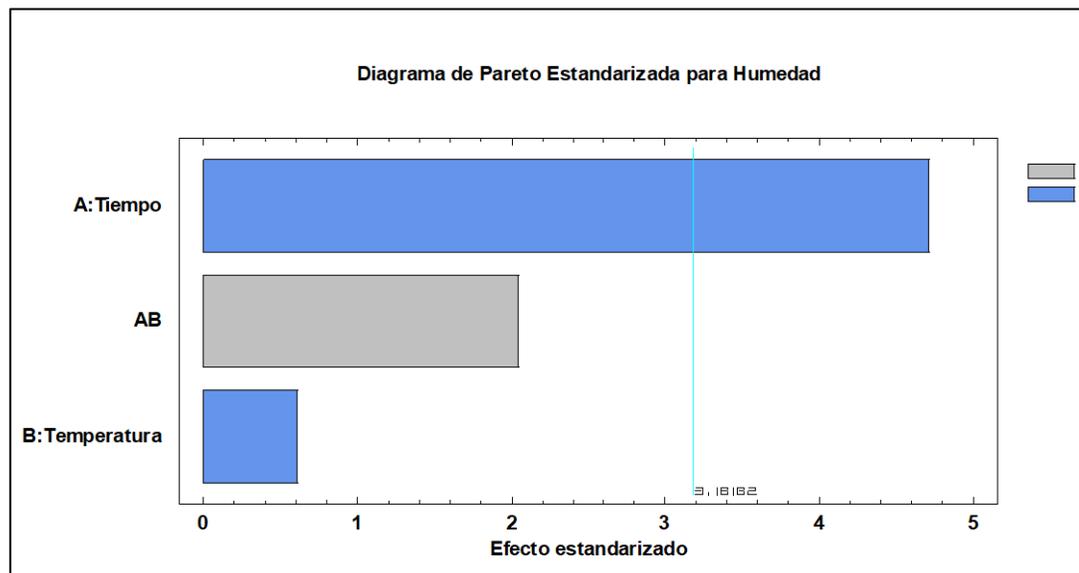
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23 Interacción para variable contenido de humedad

En la figura 4.23, se observa que el contenido de humedad de la barra energética para un rango de tiempo entre (10-15) minutos y un nivel alto del factor B (temperatura,) oscila entre (8,7-10,5) %; mientras que para el nivel

bajo el contenido de humedad oscila entre (8,5-11,8) %, por lo que a un nivel más bajo de temperatura que se utilice el contenido de humedad el rango será ideal, ya sea a un nivel alto o bajo del factor A.

En la figura 4.24 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores tomados en cuenta para el diseño factorial, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con el valor de 3,181, de tal manera si las barras exceden la línea de referencia indican que son significativas para un nivel de confianza $\alpha=0,05$ de datos extraídos del anexo D.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24 Diagrama de Pareto estandarizado para variable contenido de humedad

En la figura 4.24 se muestra los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde el factor A (tiempo) es estadísticamente significativo, debido a que el factor sobrepasa la línea vertical de referencia,

4.10. Caracterización del producto final

En la caracterización del producto terminado, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos, micronutrientes y microbiológicos de las barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, que se detallan a continuación:

4.10.1. Análisis fisicoquímico de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la tabla 4.17, se puede observar los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico en las barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto (Anexo A).

Tabla 4.17

Análisis fisicoquímicos de barras energéticas

Parámetros	Unidad	Resultado
Ceniza	%	1,06
Fibra	%	2,57
Grasa	%	5,10
Hidratos de carbono	%	78,72
Humedad	%	5,84

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.17, se observa que las barras energéticas con incorporación de bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto contiene cenizas 1,06%, fibra 2.57%, grasa 5,10%, hidratos de carbono 78,72% y humedad 78,72%,

4.10.2. Análisis de micronutrientes de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la tabla 4.18, se indica el resultado obtenido del análisis de micronutrientes en las barras energéticas con incorporación de bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, datos extraídos del Anexo A.

Tabla 4.18

Análisis de micronutrientes de barras energéticas

Micronutrientes	Unidad	Resultado
Fósforo	mg/100 g	113

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.18, se observa que las barras energéticas contienen 113 mg/100 g de fósforo.

4.10.3. Análisis microbiológico de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la tabla 4.19, se muestra los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos en las barras energéticas con incorporación de bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.19

Análisis microbiológicos de barras energética

Microorganismos	Unidades	Resultado
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<1,0 x10 ¹ (*)
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	<1,0 x10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/g	<1,0 x10 ¹ (*)
<i>Salmonella</i>	P/A/25g	<1,0 x10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.19, se expresan los valores microbiológicos de la barra energética: *Escherichia coli* <1,0 x10¹ (*) UFC/g, bacterias aerobias mesófilas <1,0 x10¹ UFC/g (*), mohos y levaduras <1,0 x10¹ (*) UFC/g, y salmonella <1,0 x10¹ (*) UFC/g (*). Donde 1,0x10¹ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias.

4.11. Control de contenido de humedad en la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto durante el almacenamiento

Para llevar a cabo el control de contenido de humedad durante el almacenamiento, se elaboró una muestra (BE1) en función a la formulación del producto final, envasada en polietileno, se realiza el control día por medio de la muestra exceptuando feriados y fines de semana. Se utiliza el método de secado por estufa, cuya metodología se detalla en el Anexo E.

4.11.1. Control de humedad en barras energéticas con incorporación de bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

La tabla 4.20 muestra los resultados obtenidos de la variación de humedad en las muestras de barras energéticas; en función del tiempo de almacenamiento.

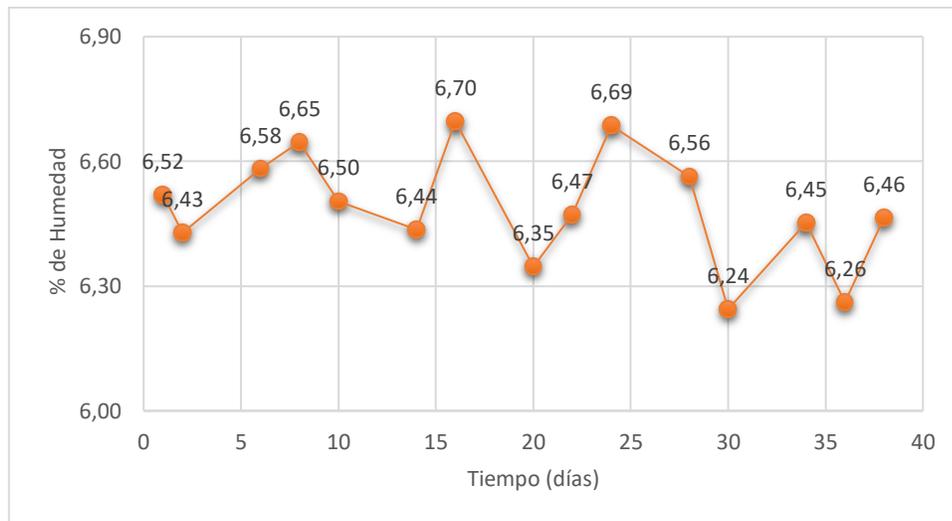
Tabla 4.20

Control de humedad en almacenamiento

Tiempo (días)	% Humedad
1	7,50
2	6,52
6	7,30
8	6,74
10	7,14
14	7,17
16	6,97
20	6,17
22	6,47
24	6,69
28	6,74
30	6,24
34	6,45
36	6,97
38	6,72

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.25 se muestra el control de contenido de humedad en barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto durante el almacenamiento en base a los datos de la tabla 4.18.



Fuente: Elaboración propia

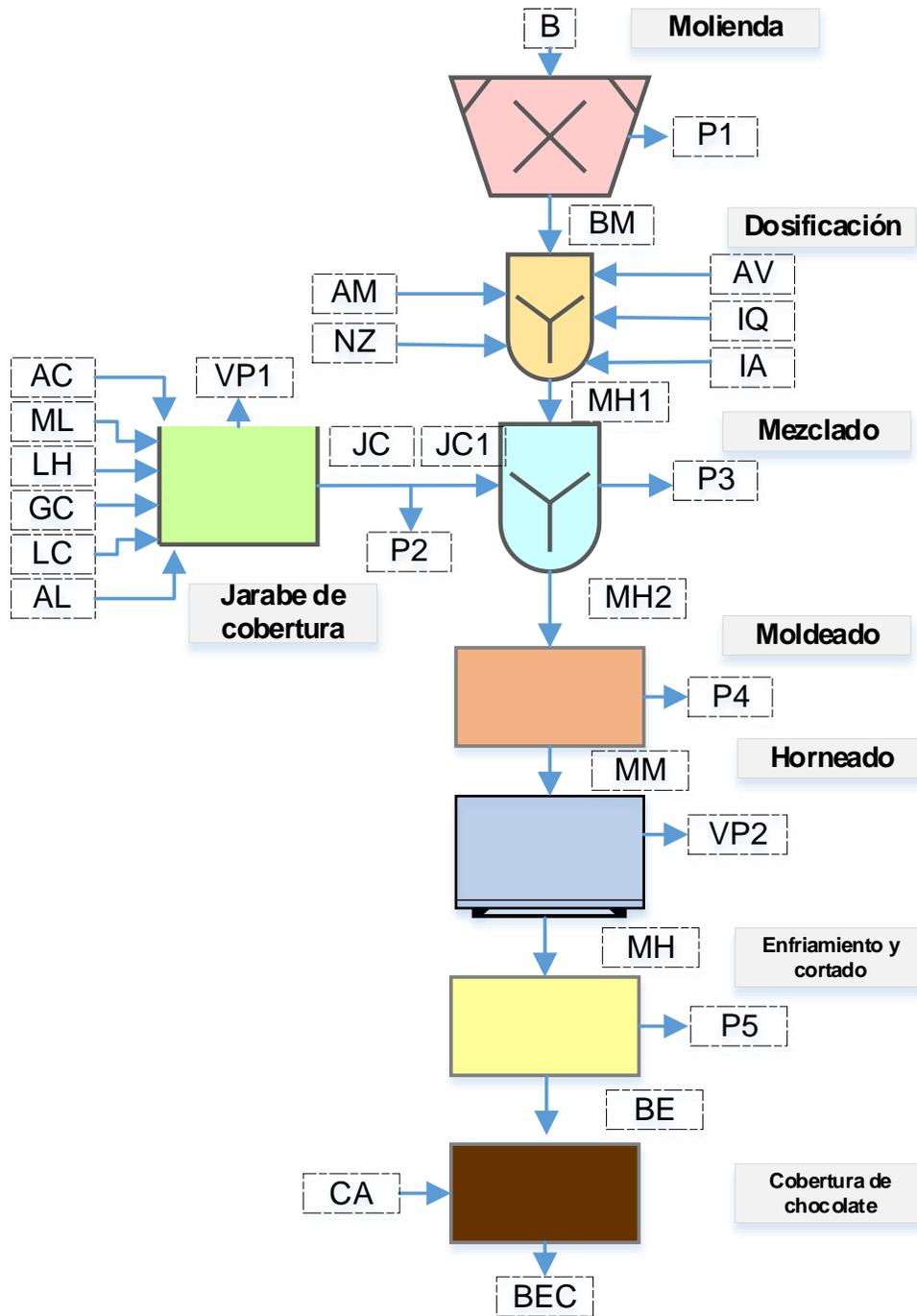
Figura 4.25 Control de contenido de humedad en barras energéticas

Según la figura 4.25, la muestra BE1 presentó para el primer día un contenido de humedad de 6,52%, sin embargo, en los próximos treinta y ocho días se registraron lecturas entre (6,24-6,70) % para contenido de humedad de las muestras.

De esta manera se lleva a cabo un almacenamiento de treinta y ocho días con un porcentaje de humedad que se mantuvo por debajo del límite permitido según *NB 312056: Cereales, leguminosas y productos derivados-Barra energética de amaranto-Requisitos*, la cual indica que una barra energética debe tener una humedad máxima del 8%.

4.12. Balance de materia en el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la figura 4.26, se detallan las operaciones realizadas en el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, para el procesamiento de 246,70 g de barras energéticas.



Fuente: Elaboración propia

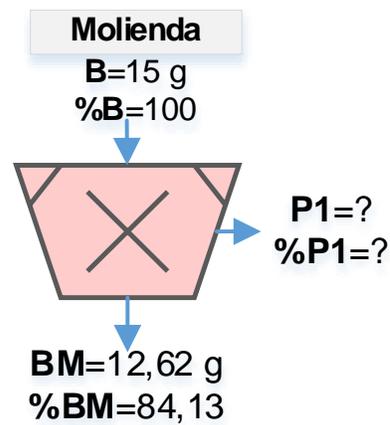
Figura 4.26 Balance de materia en el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Dónde

B= Bagazo de cerveza (g)	JC= Jarabe de cobertura (g)
P1= Pérdida 1 (g)	JC1=Jarabe de cobertura que ingresa a la mezcla (g)
BM= Bagazo molido (g)	P2= Pérdida 2 (g)
AV= Hojuela de avena(g)	MH2= Mezcla homogénea 2 (g)
IQ= Insuflado de quinua (g)	P3= Pérdida 3 (g)
IA= Insuflado de amaranto(g)	MM= Mezcla moldeada (g)
AM=Almendra (g)	VP2= Vapor de agua 2 (g)
NZ= Nuez(g)	MH= Mezcla horneada (g)
MH1= Mezcla homogénea 1 (g)	P4= Pérdida 4 (g)
AC= Aceite (g)	BE= Barras energéticas (g)
ML= Miel de abeja (g)	CA= Chocolate amargo
LH= Leche (g)	BEC= Barras energéticas con chocolate(g)
GC= Glucosa líquida	AL= Aroma a leche condensada
LC= Lecitina de soya	P5=Pérdida 5 (g)
VP1= Vapor de agua 1 (g)	

4.12.1. Balance de materia en la etapa de molienda

La figura 4.27 muestra la etapa de molienda, partiendo de 15 g de bagazo de cerveza seco.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.27 Etapa de molienda

Balance general de materia para la etapa de molienda

$$B = BM + P1$$

Ecuación 4.1

Despeje de P1 de la ecuación 4.1:

$$P1 = 15 \text{ g} - 12,62 \text{ g}$$

$P1 = 2,38 \text{ g}$ de pérdida en la etapa de molienda

Cantidad de porcentaje de pérdida en la etapa de molienda

$$\frac{B}{\%B} = \frac{P1}{\%P1}$$

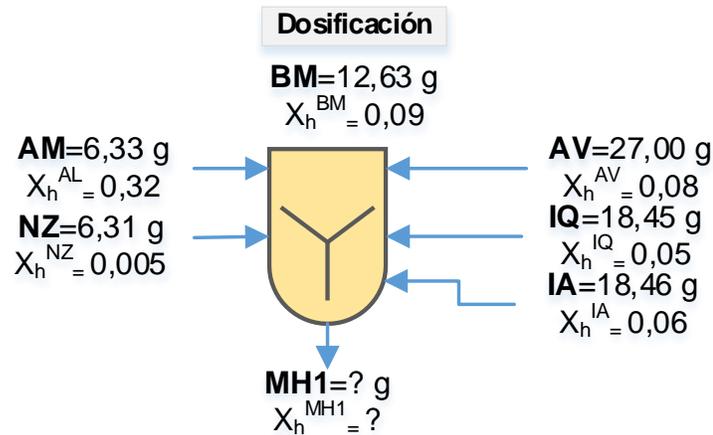
$$\%P1 = \frac{P1 \times \%B}{B}$$

$$P1 = \frac{2,38 \times 100\%}{14,51}$$

$P1 = 15,87 \%$ de pérdida en la etapa de molienda

4.12.2 Balance de materia en la etapa de dosificación

En la figura 4.28, se muestra el balance de materia en la etapa de dosificación.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.28 Etapa de dosificación

Dónde:

X_h^{AV} = Fracción contenido de humedad de la hojuela de avena

X_h^{IQ} = Fracción contenido de humedad del insuflado de quinua

X_h^{IA} = Fracción contenido de humedad del insuflado de amaranto

X_h^{AM} = Fracción contenido de humedad de la almendra

X_h^{NZ} = Fracción contenido de humedad de la nuez

X_h^{BM} = Fracción contenido de humedad del bagazo molido

X_h^{MH1} = Fracción contenido de humedad de la mezcla homogénea 1

Balance general de materia para la etapa de dosificación:

$$BM + AV + IQ + IA + AM + NZ = MH1 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Balance parcial para la fracción contenido de humedad en la etapa de dosificación:

Ecuación 4.3

$$BM(X_h^{BM}) + AV(X_h^{AV}) + IQ(X_h^{IQ}) + IA(X_h^{IA}) + AL(X_h^{AM}) + NZ(X_h^{NZ}) = MH1(X_h^{MH1})$$

Resolviendo ecuación 4.2:

$$MH1 = 12,63 \text{ g} + 27 \text{ g} + 18,45 \text{ g} + 18,46 \text{ g} + 6,33 \text{ g} + 6,31 \text{ g}$$

MH1 = 89,18 g de mezcla homogénea en la etapa de dosificación.

Despejando X_h^{MH1} de ecuación 4.3:

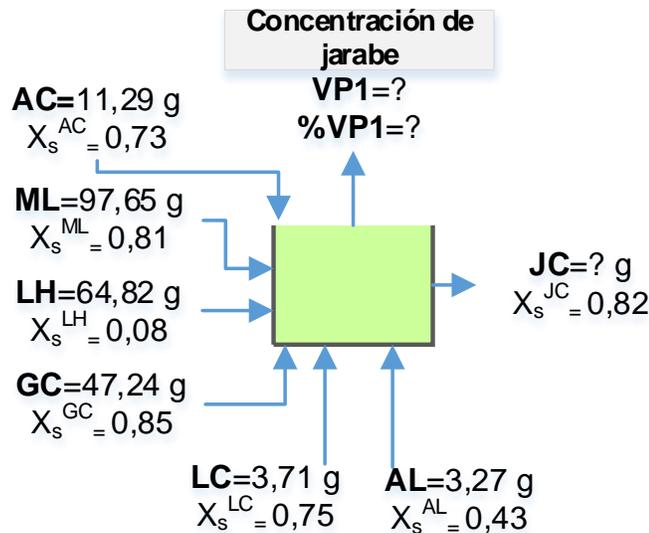
$$X_h^{MH1} = \frac{BM(X_h^{BM}) + AV(X_h^{AV}) + IQ(X_h^{IQ}) + IA(X_h^{IA}) + AL(X_h^{AL}) + NZ(X_h^{NZ})}{MH1}$$

$$X_h^{MH1} = \frac{12,63 \text{ g}(0,09) + 27 \text{ g}(0,08) + 18,45 \text{ g}(0,05) + 18,46 \text{ g}(0,06) + 6,33 \text{ g}(0,32) + 6,31 \text{ g}(0,005)}{89,18 \text{ g}}$$

$$X_h^{MH1} = 0,0828$$

4.12.3. Balance de materia en la etapa de concentración de jarabe de cobertura

En la figura 4.29, se muestra el balance de materia en la etapa de concentración del jarabe de cobertura



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29 Etapa de concentración de jarabe

Dónde:

X_s^{AC} = Fracción de sólidos de aceite comestible

X_s^{ML} = Fracción de sólidos de miel de abeja

X_s^{LH} = Fracción de sólidos de leche reconstituida

X_s^{GC} = Fracción de sólidos de glucosa líquida

X_s^{LC} = Fracción de sólidos de lecitina de soya

X_s^{AL} = Fracción de sólidos de aroma a leche condensada

X_s^{JC} = Fracción de sólidos de jarabe de cobertura

Balance general de materia para la etapa de concentración de jarabe:

$$AC+ML+LH+GC+LC+AL = JC+VP1 \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Balance parcial para la fracción de sólidos en la etapa de concentración de jarabe:

Ecuación 4.5

$$AC(X_s^{AC}) + ML(X_s^{ML}) + LH(X_s^{LH}) + GC(X_s^{GC}) + LC(X_s^{LC}) + AL(X_s^{AL}) = JC(X_s^{JC})$$

Despejando JC de ecuación 4.5:

$$JC = \frac{AC(X_s^{AC}) + ML(X_s^{ML}) + LH(X_s^{LH}) + GC(X_s^{GC}) + LC(X_s^{LC}) + AL(X_s^{AL})}{X_s^{JC}}$$

$$JC = \frac{11,29 \text{ g}(0,73) + 97,65 \text{ g}(0,81) + 64,82 \text{ g}(0,08) + 47,24 \text{ g}(0,85) + 3,71 \text{ g}(0,75) + 3,27 \text{ g}(0,43)}{0,82 \text{ g}}$$

JC = 166,91 g de jarabe de cobertura

Despejando VP1 de ecuación 4.4:

$$VP1 = AC + ML + LH + GC + LC + AL - JC$$

$$VP1 = 11,29 \text{ g} + 97,65 \text{ g} + 64,82 \text{ g} + 47,24 \text{ g} + 3,71 \text{ g} + 3,27 \text{ g} - 166,91 \text{ g}$$

VP1 = 61,07 g de vapor de agua

Cantidad de porcentaje de pérdida en la etapa de concentración

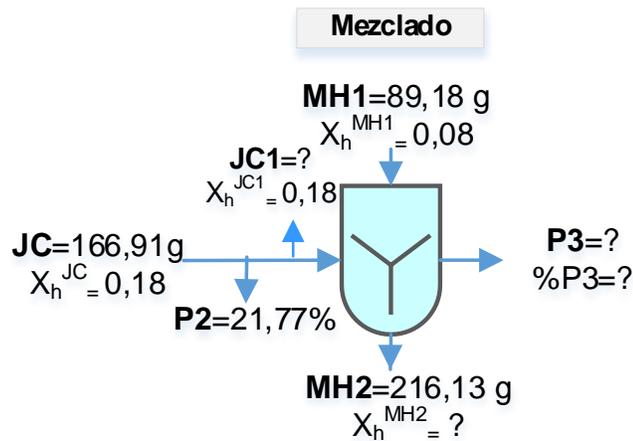
$$\frac{\sum(\text{AC} + \text{ML} + \text{LH} + \text{GC} + \text{LC} + \text{AL})}{\% \sum(\text{AC} + \text{ML} + \text{LH} + \text{GC} + \text{LC} + \text{AL})} = \frac{VP1}{\%VP1}$$

$$\%VP1 = \frac{VP1 \times \% \sum(\text{AC} + \text{ML} + \text{LH} + \text{GC} + \text{LC} + \text{AL})}{\sum(\text{AC} + \text{ML} + \text{LH} + \text{GC} + \text{LC} + \text{AL})}$$

$$VP1 = \frac{61,07 \times 100\%}{227,98} = 26,79\% \text{ de pérdida en la etapa de concentración}$$

4.12.4. Balance de materia en la etapa de mezclado

En la figura 4.30, se muestra el balance de materia en la etapa de mezclado.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.30 Etapa de mezclado

Dónde:

X_h^{MH1} = Fracción contenido de humedad de la mezcla homogénea 1

X_h^{JC} , X_h^{JC1} = Fracción contenido de humedad del jarabe de cobertura

X_h^{MH2} = Fracción contenido de humedad de la mezcla homogénea 2

Balance general de materia para la etapa de mezclado:

$$JC1 + MH1 = MH2 + P3$$

Ecuación 4.6

Balance parcial para la fracción contenido de humedad en la etapa de mezclado:

$$JC1(Xh^{JC1}) + MH1(Xh^{MH1}) = MH2(Xh^{MH2}) \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Resolviendo ecuación 4.6:

Se debe de considerar que el jarabe que ingresa a la etapa sufre una pérdida previa aproximada del 22%, al quedarse adherido en los utensilios empleados.

Entonces el jarabe que ingresa a la etapa de mezclado es:

$$JC1 = JC (21,77\%) = (0,166,91 \text{ g} (1-0,2177)) = 130,57 \text{ g}$$

Despejando P3 de ecuación 4.6:

$$P3 = JC1 + MH1 - MH2$$

$$P3 = 130,57 \text{ g} + 89,18 \text{ g} - 216,13 \text{ g}$$

$$P3 = 3,62 \text{ g}$$

Cantidad de porcentaje de pérdida en la etapa de mezclado

$$\frac{\sum(JC1 + MH1)}{\% \sum(JC1 + MH1)} = \frac{P3}{\%P3}$$

$$\%P3 = \frac{P3 \times \% \sum(JC1 + MH1)}{\sum(JC1 + MH1)}$$

$$VP1 = \frac{3,62 \text{ g} \times 100\%}{219,75} = 1,65\% \text{ de pérdida en la etapa de mezclado}$$

Despejando Xh^{MH2} de ecuación 4.7:

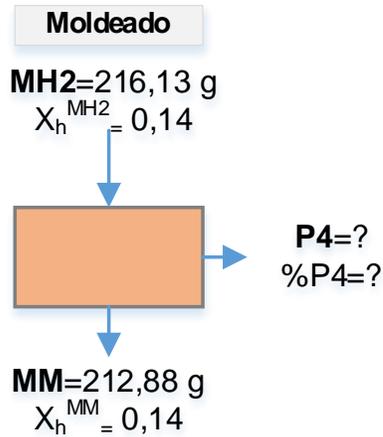
$$Xh^{MH2} = \frac{JC(Xh^{JC}) + MH1(Xh^{MH1})}{MH2}$$

$$Xh^{MH2} = \frac{130,57\text{g}(0,18) + 89,18\text{g}(0,08)}{216,13 \text{ g}}$$

$$Xh^{MH2} = 0,1417$$

4.12.5. Balance de materia en la etapa de moldeado

En la figura 4.31, se muestra el balance de materia en la etapa de moldeado.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.31 Etapa de moldeado

Dónde:

X_h^{MH2} = Fracción contenido de humedad de la mezcla homogénea 2

X_h^{MM} = Fracción contenido de humedad de la mezcla moldeada

Balance general de materia para la etapa de moldeado

$$MH2 = MM + P4$$

Ecuación 4.7

Despeje de P4 de la ecuación 4.7:

$$P4 = 216,13 \text{ g} - 212,88 \text{ g}$$

P4 = 3,25 g de pérdida en la etapa de moldeado

Cantidad de porcentaje de pérdida en la etapa de moldeado

$$\frac{MH2}{\%MH2} = \frac{P4}{\%P4}$$

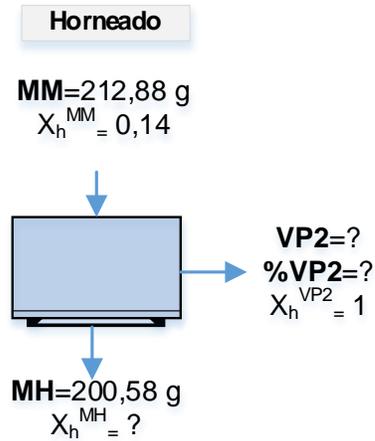
$$\%P4 = \frac{P4 \times \%MH2}{MH2}$$

$$P4 = \frac{3,25 \times 100\%}{216,13}$$

$P4 = 1,50 \%$ de pérdida en la etapa de moldeado

4.12.6. Balance de materia en la etapa de horneado

En la figura 4.32, se muestra el balance de materia en la etapa de horneado.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.32 Etapa de horneado

Donde:

X_h^{MM} = Fracción contenido de humedad de la mezcla moldeada

X_h^{MH} = Fracción contenido de humedad de la mezcla horneada

X_h^{VP2} = Fracción contenido de vapor de agua 2

Balance general de materia para la etapa de horneado

$$MM = MH + VP2$$

Ecuación 4.8

Balance parcial para la fracción contenido de humedad en la etapa de horneado:

$$MM(X_h^{MM}) = MH(X_h^{MH}) + VP2(X_h^{VP2})$$

Ecuación 4.9

Despeje de VP2 de la ecuación 4.8:

$$VP2 = MM - MH$$

$$VP2 = 212,88 - 200,58 \text{ g}$$

VP2 = 12,3 g de pérdida en la etapa de moldeado

Cantidad de porcentaje de pérdida en la etapa de horneado

$$\frac{MM}{\%MM} = \frac{VP2}{\%VP2}$$

$$\%VP2 = \frac{VP2 \times \%MM}{MM}$$

$$VP2 = \frac{12,3 \times 100\%}{212,88}$$

VP2 = 5,78 % de pérdida en la etapa de horneado

Despejando Xh^{MH} de ecuación 4.9:

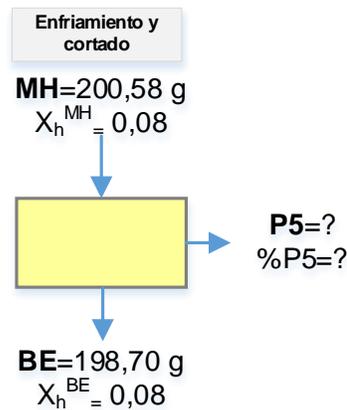
$$Xh_{MH} = \frac{MM(Xh_{MM}) - VP2(Xh_{VP2})}{MH}$$

$$Xh_{MH} = \frac{212,88g(0,14) - 12,3g(1)}{207,58 \text{ g}}$$

$$Xh_{MH} = 0,084$$

4.12.7. Balance de materia en la etapa de enfriamiento y cortado

En la figura 4.33, se muestra el balance de materia en la etapa de enfriamiento y cortado.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.33 Etapa de enfriamiento y cortado

Donde:

X_h^{MH} = Fracción contenido de humedad de la mezcla horneada

X_h^{BE} = Fracción contenido de humedad de las barras energéticas

Balance general de materia para la etapa de enfriamiento y cortado

$$MH = BE + P5$$

Ecuación 4.10

Despeje de P5 de la ecuación 4.10:

$$P5 = MH - BE$$

$$P5 = 200,58 \text{ g} - 198,70 \text{ g}$$

$P5 = 1,88 \text{ g}$ de pérdida en la etapa de enfriamiento y cortado

Cantidad de porcentaje de pérdida en la etapa de enfriamiento y cortado

$$\frac{MH}{\%MH} = \frac{P5}{\%P5}$$

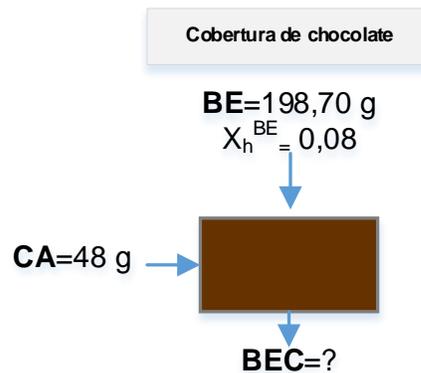
$$\%P5 = \frac{P5 \times \%MH}{MH}$$

$$P5 = \frac{1,88 \times 100\%}{200,58}$$

$P5 = 0,94 \%$ de pérdida en la etapa de enfriamiento y cortado

4.12.8. Balance de materia en la etapa de cobertura de chocolate

En la figura 4.34, se muestra el balance de materia en la etapa de cobertura de chocolate.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.34 Etapa de cobertura

Balance general de materia para la etapa de cobertura

$$BE + CA = BEC$$

Ecuación 4.11

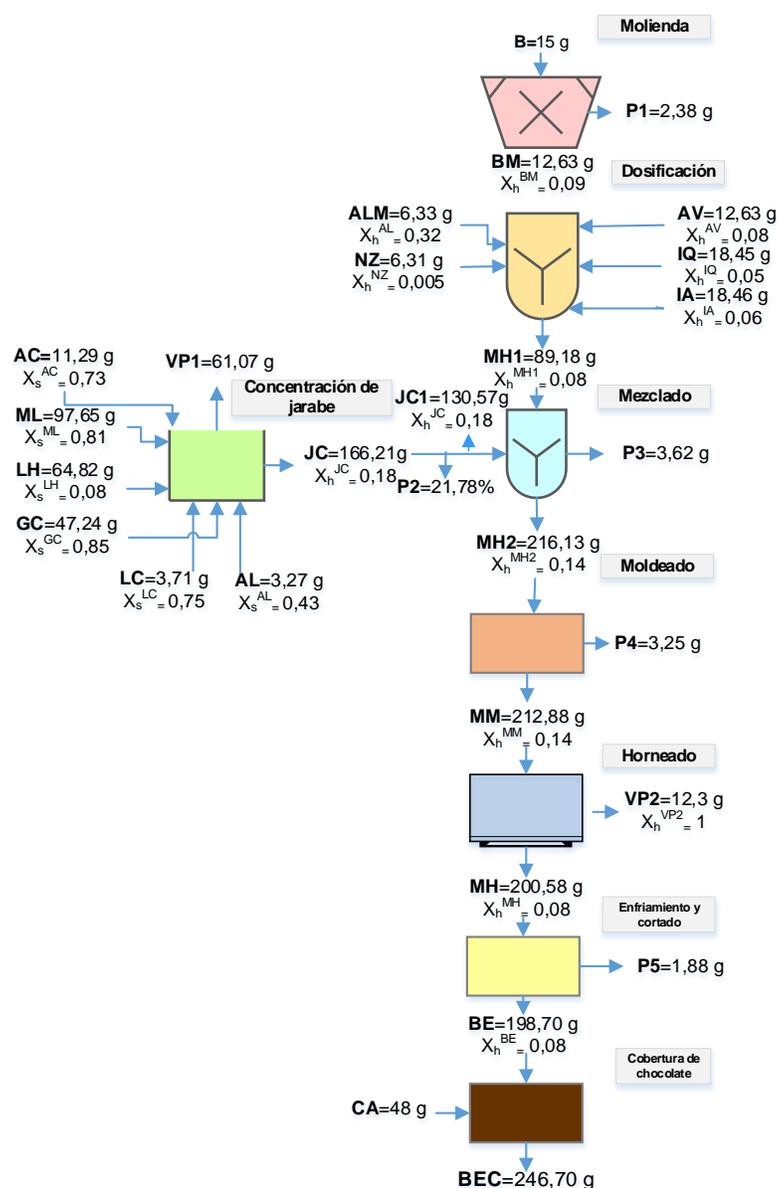
Resolviendo BEC de ecuación 4.11

$$198,70 \text{ g} + 48 \text{ g} = BEC$$

$$246,70 \text{ g} = BEC$$

4.12.9. Resumen general del balance de materia para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

En la figura 4.35, se muestra el resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.35 Resumen general de balance

4.12.10. Rendimiento del proceso de elaboración de barras energéticas

Para el cálculo de rendimiento en el proceso de elaboración de barras energéticas, se tomó en cuenta la siguiente ecuación 4.12, citada por el autor Barros (2019):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa obtenida}}{\text{Flujo másico de entrada}} \times 100 \quad \text{Ecuación 4.12}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{BEC}{B + AV + IQ + IA + AL + NZ + AC + ML + LH + GC + LC + AL + CA} \times 100$$

Rendimiento

$$= \frac{228,70 \text{ g}}{(15 + 27 + 18,45 + 18,46 + 6,33 + 6,31 + 11,29 + 97,65 + 64,82 + 47,24 + 3,71 + 3,27 + 30) \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 65,43\%$$

4.13. Balance de energía para el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Para realizar el balance de energía, se consideró las siguientes etapas:

Cálculo de la energía eléctrica

Según Valiente (1994), la ecuación para la potencia eléctrica es:

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo (\theta)}} \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de molienda

$$E = P \times \theta = \frac{1}{3} \text{ HP} \left(\frac{0,7457 \text{ kw}}{1 \text{ HP}} \right) \times 0,5 \text{ h} = 0,25 \text{ kwh}$$

Cálculo de consumo de energía en la etapa de concentración y cobertura de chocolate

$$E_c = \frac{C_G (t_{EC})}{\rho_G} \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Donde:

E_c = energía que genera el gas consumido por la cocina

C_G = consumo de gas por la cocina = 1800g/h (Selectra, 2022)

t_{EC} = tiempo de uso de la cocina

ρ_G =densidad del gas=0,753 kg/m³ (Selectra, 2022)

$$E_c = \frac{1,800 \frac{kg}{h} \times 0,3 h}{0,753 km/m^3} \times \frac{1 pie^3}{0,28317 m^3} \times \frac{1086,65 kj}{1 pie^3} \times \frac{0,0002778 kwh}{1 kj} = 764,49 kwh$$

Cálculo de energía total

$$ET = E + E_c = 0,25 kwh + 764,49kwh = 764,74 kwh$$

4.13.1. Balance de energía para el proceso de horneado de barras energéticas

El balance de energía para el horneado de la mezcla de barras energéticas se realiza para 212,88 g de mezcla por lo que los cálculos se realizan en base a las condiciones de la ciudad de Tarija de 1866 msnm (Zrazhevsky, 2018) y presión atmosférica de 609 mmHg (Jiménez, 2022).

Para realizar el balance de energía en el horneado se tomó en cuenta la cantidad de calor necesario para calentar el aire dentro del horno, el calor necesario para hornear la mezcla y el calor necesario para evaporar el agua de la mezcla de barras energéticas.

4.13.1.1. Balance de energía para calentar el horno

Para determinar el calor necesario para calentar el aire dentro del horno, inicialmente se determinó la masa del aire dentro del horno para el cual se utilizó la fórmula matemática para hallar el volumen del horno (ecuación 4.15) y posteriormente la masa del aire en base a la densidad (ecuación 4.16).

$$V = a \times b \times c \text{ (Cromer, 2006)} \quad \text{(Ecuación 4.15)}$$

Donde: a= Ancho del horno (m)

b= base del horno (m)

c= altura del horno (m)

V=Volumen del aire (m³)

Las medidas del horno empleado corresponden a 59 x 60 x 58 cm.

Reemplazando datos en la ecuación 4.15 para hallar el volumen del horno:

$$V = (0,59 \times 0,60 \times 0,56) \text{ m}^3$$

$$V = 0,20 \text{ m}^3 \text{ volumen del horno}$$

Para determinar la masa del aire dentro del horno se utilizó la fórmula de densidad

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (Treybal, 1997)} \quad \text{(Ecuación 4.16).}$$

Dónde: ρ = Densidad del aire ($1,18 \text{ kg/m}^3$) (Treybal, 1997)

m = masa del aire (kg)

V = Volumen del aire (m^3)

Despejando m_{aire} y reemplazando datos en la ecuación despejada:

$$\text{Por tanto: } m_{\text{aire}} = \rho \times V$$

$$\text{Entonces: } m_{\text{aire}} = 1,18 \text{ kg/m}^3 \times 0,20 \text{ m}^3 = 0,24 \text{ kg}$$

Determinando la masa del aire dentro del horno en base a la ecuación 4,22 según (Treybal, 1997), se determinó el calor necesario para calentar el aire dentro el horno que inicia con la temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y alcanzar una temperatura final de $180 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{aire}} = m_{\text{aire}} \times C_{p \text{ aire}} \times \Delta T \quad \text{(ecuación 4.17).}$$

Dónde: Q_{aire} = calor necesario para calentar el aire dentro del horno (kcal)

m_{aire} = masa del aire (kg)

$C_{p \text{ aire}}$ = capacidad calorífica del aire ($0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$) (Lira & Guevara, 2018)

$\Delta T = (T_f - T_i)$ variación de la temperatura en el horno ($180 - 20$) $^\circ\text{C}$

Reemplazando los datos en la ecuación 4.17:

$$Q_{aire} = 0,24 \text{ kg} \times 0,24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (180 - 20)^\circ\text{C} = 9,22 \text{ kcal}$$

4.13.1.2. Balance de energía para calentar el molde de barras energéticas

Para determinar el calor necesario para calentar el molde se utiliza la ecuación 4.18.

$$Q_{molde} = m_{molde} \times C_p \text{ molde} \times \Delta T \quad (\text{Ecuación 4.18}).$$

Dónde: Q_{molde} = calor necesario para calentar el molde (kcal)

m_{molde} = masa del molde 0,797(kg)

$C_{p_{molde}}$ =capacidad calorífica del molde (0,119 kcal/kg°C) (Grumeber, 2021)

$\Delta T=(T_f-T_i)$ variación de la temperatura en el horno (180-20) °C

Reemplazando los datos en la ecuación 4.18

$$Q_{molde} = 0,797 \times 0,119 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (180 - 20)^\circ\text{C} = 15,17 \text{ kcal}$$

4.13.1.3. Balance de energía para calentar la bandeja del horno

Para determinar el calor necesario para calentar la bandeja del horno se utiliza la ecuación 4.19

$$Q_{bandeja} = m_{bandeja} \times C_p \text{ molde} \times \Delta T \quad (\text{ecuación 4.19}).$$

Dónde: $Q_{bandeja}$ = calor necesario para calentar la bandeja del horno (kcal)

$m_{bandeja}$ = masa de la bandeja 1,130(kg)

$C_{p_{bandeja}}$ =capacidad calorífica de la bandeja (0,22 kcal/kg°C) (Moebs et al., 2021)

$\Delta T=(T_f-T_i)$ variación de la temperatura en el horno (180-20) °C

Remplazando los datos en la ecuación 4.19:

$$Q_{bandeja} = 1,130 \text{ kg} \times 0,22 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (180 - 20)^\circ\text{C} = 39,78 \text{ kcal}$$

4.13.1.4. Balance de energía para hornear la mezcla de barras energética

Para obtener el calor necesario para hornear la mezcla, primero se debe determinar el $C_{pmezcla}$, en base a la ecuación 4.20. Según Velásquez & Martínez (como se citó en Lewis, 1993). Esta ecuación es aplicada cuando se conoce la composición nutricional de la mezcla como ser: carbohidratos, agua, proteína, grasa entre otras (Pág. 536).

$$C_{pmezcla} = Ma \times Ca + Mc \times Cc + Mp \times Cp + Mg \times Cg + Mz \times Cz \quad (\text{ecuación 4.19}).$$

Donde: Ma, Mc, Mp, Mg y Mz= Fracciones de masa de los componentes del alimento

Ca, Cc, Cp, Cg y Cz= Calores específicos de los componentes del alimento

En la tabla 4.21, se muestra los calores específicos de cada componente alimentario.

Tabla 4.21

Calores específicos de componentes alimentarios

Componente	Calor específico	Unidad
Agua (CA)	0,9990	Kcal/Kg°C
Carbohidrato (CC)	0,2916	Kcal/Kg°C
Proteína (CP)	0,4541	Kcal/Kg°C
Grasa (CG)	0,4541	Kcal/Kg°C
Ceniza (CZ)	0,4302	Kcal/Kg°C

Fuente: Lewis, 1993

Para el valor de las fracciones de la masa de cada componente, se tomó en cuenta los resultados obtenidos según (CEANID, 2022) (Anexo A) y en base a estos datos se convierte a fracción, obteniendo:

Ma=0,0584 (fracción de masa del componente agua)

Mc=0,7872 (fracción de masa del componente carbohidrato)

Ma=0,0584 (fracción de masa del componente agua)

Mp=0,0590 (fracción de masa del componente proteína)

Mg=0,0510 (fracción de masa del componente grasa)

Mz=0,0106 (fracción de masa del componente ceniza)

Se procede a reemplazar los datos en la ecuación 4.19

$$C_{pmezcla} = 0,7872 \times 0,9990 + 0,0584 \times 0,2916 + 0,0590 \times 0,4541 \\ + 0,0510 \times 0,4541 + 0,0106 \times 0,4302$$

$$C_{pmezcla} = 0,86 \text{ kcal/kh}^\circ\text{C}$$

Determinado el Cp de la mezcla, se halló el calor necesario para el horneado de la masa de magdalena en base a la ecuación 4.20

$$Q_{mezcla} = m_{mezcla} \times C_{pmezcla} \times \Delta T + m_{agua \text{ evap.}} \times \lambda \quad \text{Ecuación 4.20}$$

Dónde: Q_{mezcla} = calor necesario para hornear la mezcla (kcal)

m_{mezcla} = masa de la mezcla (0,212 kg)

$C_{pmezcla}$ = capacidad calorífica de la bandeja (0,85 kcal/kg°C)

$\Delta T = (T_f - T_i)$ variación de la temperatura en el horno (180-20) °C

$m_{agua \text{ evap.}}$ = masa del agua evaporada (0,0123 kg)

λ = landa de evaporización del agua (547 kcal/kg (Ocon & Tojo, 1970))

Reemplazando los datos en la ecuación 4.20

$$Q_{mezcla} = (0,212 \times 0,85 \times (180 - 20)) + 0,0123 \times 547 = 35,56 \text{ kcal}$$

4.13.1.5. Balance de energía para evaporar el agua de la mezcla

En el horneado, la humedad que contiene la mezcla inicia a 20°C hasta los 93°C (Jiménez, 2022) temperatura de ebullición del agua, de ahí en adelante se convierte en vapor y se forma una mezcla con el aire contenido en el horno. Así mismo se determina la variación de energía a partir de los 20°C hasta los 93°C como agua, en los 93°C con un cambio de fase y para finalizar se toma otra variación de energía de 93°C hasta los 180°C.

Por lo que para determinar el calor necesario para evaporar el agua de la masa se aplica la ecuación 4.21 de Valiente (1986).

$$Q_{\text{vapor de agua}} = Q_s + Q_A \quad \text{Ecuación 4.21}$$

Dónde: $Q_{\text{vapor de agua}}$ = calor que se necesitó evaporar el agua (kcal)

Q_s = Calor necesario para evaporar la humedad (Kcal)

Q_A = Calor necesario para el cambio de fase del agua (Kcal)

Para determinar Q_s , se utilizó la ecuación 4.22 de Valiente (1986).

$$Q_s = (m_{\text{mezcla}} \times X^{\text{HV}}) + C_{p\text{agua}} \times (T_m - T_i) \quad \text{Ecuación 4.22}$$

Donde: m_{mezcla} = masa de la mezcla (0,200 kg)

X^{HV} = contenido de humedad de la mezcla (0,14)

$C_{p\text{agua}}$ = capacidad calorífica del agua (1 kcal/kg°C) (Moebis, 2021)

$\Delta T = (T_m - T_i)$ variación de la temperatura en el horno (93-20) °C

Reemplazando los datos en la ecuación 4.22

$$Q_s = (0,2 \times 0,14) + 1(93 - 20) = 73,03 \text{ kcal}$$

Para determinar Q_A , se utilizó la ecuación 4.23

$$Q_A = (m_{\text{vapor}} \times X^{\text{HV}}) \lambda_{\text{vaporización}} \quad \text{Ecuación 4.24}$$

Donde: m_{vapor} = masa de agua evaporada (0,0123 kg)

X^{HV} = contenido de humedad en el agua evaporada (1)

λ = landa de evaporización del agua (547 kcal/kg)

Reemplazando los datos en la ecuación 4.24

$$Q_A = (0,0123 \times 1)547 = 6,73 \text{ kcal}$$

Reemplazando datos en ecuación 4.21

$$Q_{\text{vapor de agua}} = 73,03 + 6,73 = 79,76 \text{ kcal}$$

4.13.2. Balance de energía para determinar la cantidad de calor necesaria para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto

Para determinar la cantidad total de calor necesario para la elaboración de barras se emplea la ecuación 4.25:

$$Q_T = \sum Q_i \quad (\text{Valiente, 1986}) \quad \text{Ecuación 4.25}$$

Dónde: Q_T =Calor total necesario para llevar a cabo el proceso

$\sum Q_i$ =Sumatoria de calores involucrados en el proceso

Reemplazando los datos obtenidos en el proceso en la ecuación 4.25

$$Q_T = Q_{\text{aire}} + Q_{\text{molde}} + Q_{\text{bandeja}} + Q_{\text{mezcla}} + Q_{\text{vapor}}$$

$$Q_T = (9,22+15,17+39,78+35,56+79,76)\text{kcal}$$

$$Q_T = 179,49 \text{ kcal}$$

Capítulo V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✚ De acuerdo al análisis fisicoquímico, el bagazo cervecero obtuvo: ceniza 2,58%, fibra 10,95%, materia grasa 5,13%, hidratos de carbono 54,67%, humedad 9,87%, proteína total 16,05% y valor energético 332,05 kcal/100 g. Sobre la base del análisis de micronutrientes presenta: potasio 3,29 mg/100 y fósforo 382,4 mg/100g. De acuerdo al análisis microbiológico presenta: bacterias aerobias mesófilas $1,7 \times 10^3$ UFC/g, *Escherichia coli* $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, mohos y levaduras $4,0 \times 10^2$ UFC/g. Donde $< 1,0 \times 10^1$ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias.
- ✚ Sobre la base del análisis fisicoquímico la miel presentó acidez libre 25,59 meq/kg, azúcares reductores 67,78%; cenizas 0,21%; hidratos de carbono 80,96%; humedad 18,20%; proteína total 0,63% y valor energético 326,36 Kcal/100g. El resultado del análisis microbiológico indica: Bacterias aerobias mesófilas $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, Coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y Mohos y Levaduras $3,0 \times 10^1$ UFC/g. Donde $< 1,0 \times 10^1$ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias
- ✚ Se determinaron las propiedades microbiológicas de la leche instantánea en polvo, dando como resultado: Bacterias aerobias mesófilas $4,8 \times 10^2$ UFC/g y de la hojuela instantánea cuyos resultados corresponden a: Bacterias aerobias mesófilas $2,0 \times 10^2$ UFC/g, *Escherichia coli* $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, Mohos y Levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y ausencia de Salmonella. Donde $< 1,0 \times 10^1$ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias.
- ✚ Experimentalmente, se partió de ocho pruebas iniciales (B1 – B8) variando su composición porcentual de materia prima e insumos; para obtener cuatro pruebas preliminares; con el fin de seleccionar la

muestra ideal, que de acuerdo a la elección de los jueces y en función de las medianas, la muestra ideal fue C05.

- ✚ Para la etapa de dosificación, se aplicó un diseño factorial de 3 factores $A \times B \times C$, donde se establece las variables independientes: (A) bagazo de cerveza (4,0 – 9,0 – 14,0) %, (B) glucosa (15 – 25) % y (C) leche reconstituida (20 – 30) %. Considerando como variables respuesta el contenido de azúcares reductores y fósforo. De acuerdo al análisis estadístico de Pareto se estableció que si existe significancia para los factores (A y C) en el contenido de azúcares reductores mientras que, para el contenido de fósforo, ninguno de los factores fue estadísticamente significativo para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.
- ✚ En base al diseño factorial de tres factores se realizó la evaluación sensorial para el límite inferior, intermedio y superior, de esta instancia se seleccionaron cuatro muestras (F01, I05, I06 y S11) según valoración de los jueces, posteriormente se realizó otra evaluación sensorial dando como resultado la selección de las muestras I05 y F01 para que una de ellas sea elegida como muestra final. De esta manera, F01 fue seleccionada como muestra final.
- ✚ Para la etapa de horneado se aplicó un diseño factorial 2^2 donde se establecieron las variables independientes: (A) tiempo (10-15) % y (B) temperatura (160 – 180) °C, considerando como variable respuesta el contenido de humedad. De acuerdo al análisis estadístico de Pareto se estableció que si existe significancia para el factor (A) en el contenido de humedad para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.
- ✚ El resultado del análisis fisicoquímico de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto indicó los siguientes resultados: cenizas 1,06%, fibra 2,57%, grasa 5,10%,

hidratos de carbono 78,72%, humedad 5,84% y proteína total 5,90%; en cuanto al análisis de minerales presentó: fósforo 113 mg/100 g. Y el resultado del análisis microbiológico indica: Bacterias aerobias mesófilas $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g, *Escherichia coli* $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g Mohos y Levaduras $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y ausencia de Salmonella. Donde $<1,0 \times 10^1$ (*) es igual a no se observa desarrollo de colonias

- ✚ Realizado el control de humedad durante treinta y ocho días de almacenamiento del producto final, se estableció que la muestra presentó un porcentaje de humedad que oscila entre (6,24-6,70) % a lo largo del tiempo, permaneciendo dentro del límite permitido (8%) de acuerdo a NB 312056:2010.
- ✚ Según el balance de materia de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto, se obtuvo 246,70 g con un rendimiento de 65,43%, sobre el balance de energía en la etapa de horneado, la cantidad de calor necesaria fue 179,79 kcal, mientras que para el resto de procesos se requirió 764,74 kwh de energía

5.2. Recomendaciones

- ✚ Se recomienda investigar e implementar procesos de secado del bagazo de cerveza, dado que durante el proceso el residuo desprende olores poco agradables, establecer metodologías para esta etapa permitirá diversificar su empleo.
- ✚ Así también se recomienda su análisis en laboratorios pertenecientes a RELOAA en otros departamentos del país, esto debido a que cuentan con mayores parámetros de análisis lo cual permitirá caracterizar de mejor manera el bagazo cervecero, especialmente en cuanto a

contenido de fibra se refiere, siendo esta una de sus características más llamativas para su utilización.

- ✚ Finalmente se recomienda la implementación piloto de una línea de barras energéticas que permita a los estudiantes de la carrera de Ingeniería de alimentos poder desarrollar variedad de fórmulas para este producto, dado que permite la introducción de ingredientes que pueden incrementar su valor nutricional, además de que contar con esta línea permitiría cambiar el proceso de horneado por el de refrigeración para la reducción del contenido de humedad.