

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE ALIMENTOS

**Tema: “Sustitución de sacarosa por el edulcorante taumatina e inulina en la elaboración de una barra de chocolate negro con quinua extruida (*Chenopodium quinoa*)”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniera en Alimentos

AUTORA: Morillo Gordon Emelie Lizbeth

TUTORA: Ing. Rodríguez Machado Ana Lucía, MSc.

Tulcán, 2023

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Morillo Gordon Emelie Lizbeth con el número de cédula 0401944186 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Sustitución de sacarosa por el edulcorante taumatina e inulina en la elaboración de una barra de chocolate negro con quinua extruida (*Chenopodium quinoa*)"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto,

---

Ing. Rodríguez Machado Ana Lucía, MSc.

**TUTORA**

Tulcán, enero de 2024

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Morillo Gordon Emelie Lizbeth con cédula de identidad número 0401944186 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

Emelie Morillo

---

Morillo Gordon Emelie Lizbeth

**AUTORA**

Tulcán, enero de 2024

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Morillo Gordon Emelie Lizbeth declaro ser autora de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Sustitución de sacarosa por el edulcorante taumatina e inulina en la elaboración de una barra de chocolate negro con quinua extruida (*Chenopodium quinoa*)" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

Emelie Morillo

---

Morillo Gordon Emelie Lizbeth

**AUTORA**

Tulcán, enero de 2024

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que todo le doy gracias a Dios por permitir llevar a cabo mi carrera, por darme sabiduría, salud y mucha dedicación para cumplir una meta más en mi vida.

Un agradecimiento especial a mi madre por su infinito apoyo, por su amor, comprensión para poder alcanzar este logro que fue mi motor y mi mayor motivación por ayudarme a convertirme en la persona que soy hoy en día. Eres mi mayor fortaleza, mamá,

A mi abuelito gracias por darme la fuerza y la valentía para enfrentar los desafíos de la vida. Eres mi mayor alegría, abuelito, gracias por llenar mi vida de humildad respeto, de risas, amor y felicidad para salir adelante

A mis tíos y tías, Fernando, Edgar, Javier, Francisco, Lorena, Carmen, y a mi prima Estefany por estar en buenas y en los malos momentos durante mi vida, gracias por todos los momentos que hemos compartido, gracias por inculcarme por los buenos camino por enseñarme que es lo bueno y lo malo.

A mi tutora. MSc. Rodríguez Ana Lucía por su gran dedicación, por su paciencia por su confianza y esfuerzo, que con sus conocimientos inculco en mí grandes cosas para poder llevar con éxito mis estudios.

Finalmente, un eterno agradecimiento a esta prestigiosa UNIVERSIDAD POLICTENICA ESTATAL DEL CARCHI por abrir sus puertas para estudiar.

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi madre que gracias a su apoyo, amor y esfuerzo estuvo constantemente conmigo en el transcurso de mi carrera dándome los mejores consejos para que este sueño tan anhelado se haga realidad gracias porque siempre estuvo allí conmigo sin importar, dándome ánimos para poder graduarme. Mamita dedico con todo mi corazón mi tesis pues sin ella no lo había logrado ya que, con tu bendición a diario a lo largo de mi vida, me protege y me lleva por el camino del bien, por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía Te amo mamita.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	14
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	14
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	15
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	17
1.4.1. Objetivo General .....	17
1.4.2. Objetivos Específicos .....	17
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	17
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	18
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	18
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	21
2.2.1. Cacao .....	21
2.2.2. Historia del Chocolate .....	25
2.2.3. Edulcorante .....	31
2.2.4. Quinoa .....	33
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	41
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO</b> .....	41
3.1.1. Enfoque .....	41
3.1.2. Tipo de Investigación .....	41
<b>3.2. HIPÓTESIS</b> .....	41
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES</b> .....	41
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS</b> .....	45
3.4.1. Proceso de elaboración de chocolate negro.....	45

<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	52
3.5.1. Procesamiento y análisis de datos .....	53
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	54
<b>4.1. RESULTADOS</b> .....	54
4.1.1. Resultados del Análisis Sensorial .....	54
4.1.2. Resultados del Análisis Sensorial de amargor .....	57
<b>4.2. DISCUSIÓN</b> .....	64
4.2.1. Evaluación sensorial.....	64
4.2.2. Evaluación fisicoquímica .....	66
4.2.3. Evaluación microbiológica .....	68
4.2.4. Evaluación reológica.....	69
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	70
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	70
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	71
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	73
<b>VII. ANEXOS</b> .....	76

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional del grano del cacao en 100g .....	25
Tabla 2. Una tableta de chocolate de 100g contiene los siguientes minerales.....	30
Tabla 3. Valor nutricional Quinoa por cada 100g .....	38
Tabla 4. Operacionalización de variables.....	43
Tabla 5. Formulación para la elaboración de chocolate negro.....	45
Tabla 6. Formulaciones del chocolate negro con sustitución de sacarosa por taumatina e inulina en porcentaje.....	45
Tabla 7. Formulación de la barra de chocolate con quinua extruida en porcentaje. .....	46
Tabla 8. Formulación de barra de chocolate con quinua extruida en gramos.....	46
Tabla 9. Ponderación para la evaluación sensorial.....	48



Tabla 10. Factores y niveles del modelo estadístico para la sustitución de sacarosa por taumatina e inulina en la barra de chocolate con quinua extruida.....	52
Tabla 11. Formulación de los tratamientos con la interacción de los factores.....	53
Tabla 12. Resultado de análisis sensorial: color. ....	54
Tabla 13. Resultado de análisis sensorial: textura .....	55
Tabla 14. Resultado de análisis sensorial: brillo. ....	55
Tabla 15. Resultado de análisis sensorial: dureza. ....	55
Tabla 16. Resultado de análisis sensorial: fracturabilidad. ....	56
Tabla 17. Resultado de análisis sensorial: dulzor.....	56
Tabla 18. Resultado de análisis sensorial: acidez. ....	57
Tabla 19. Resultado de análisis sensorial: amargor.....	57
Tabla 20. Resultados del análisis de contenido de humedad: T1 Y T9.....	59
Tabla 21. Resultados del análisis de contenido de ceniza con sus tres repeticiones de la muestra T1 y T9. ....	60
Tabla 22. Resultados del análisis de contenido de ceniza con sus tres repeticiones de la muestra T1 y T9. ....	62
Tabla 23. Evaluación microbiológica del tratamiento T1 testigo y del mejor tratamiento T9.....	62
Tabla 24. Evaluación microbiológica de aerobios mesófilos del tratamiento T1 testigo y del mejor tratamiento T9 con sus respectivas repeticiones.....	63
Tabla 25. Evaluación reológica T1 testigo con sus respectivas repeticiones.....	63
Tabla 26. Evaluación reológica T9 testigo con sus respectivas repeticiones.....	64

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Flujograma de elaboración de chocolate negro y barra de chocolate negro con quinua extruida. ....	47
---	----

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	77
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	77

## RESUMEN

La presente investigación realizada en la Universidad Politécnica del Carchi tiene la finalidad de realizar una barra de chocolate mediante la cual se pretende dar un valor agregado con la adición de los edulcorantes taumatina e inulina en la sustitución de la sacarosa. Es por ello la finalidad de esta investigación es la formulación de una barra de chocolate con la adición de taumatina e inulina como edulcorantes naturales, tomando en cuenta que la taumatina cuenta con un dulzor de 200.000-300.000, disminuye el sabor amargo, mantiene una percepción ácida y tiene la limitación de que en altas cantidades promueve la duración de cualidades positivas del sabor, gusto y aroma. La inulina tiene un poder endulzante al 10%, es un agente de carga el cual es un polímero formado por moléculas de fructosa unidas entre sí y al final de su cadena se encuentra una molécula de glucosa, este polímero se obtiene de raíces de achicoria, plátano, cebolla, yacón, y tiene una resistencia al daño térmico y físico, viscosidad plástica, absorción de humedad, ayuda a darle luminosidad al chocolate, además aporta mayor estabilidad al almacenamiento prolongado. En esta investigación se realizó nueve tratamientos con diferentes porcentajes de inulina 0 %, 3,75%, 7,50% y taumatina 0%, 11,25%, 22,50%, se tomó en cuenta las pruebas afectivas con escala hedónica tanto de color ,textura ,brillo, olor, fracturabilidad, dureza, dulzor, acidez, amargor con pruebas descriptivas de 5 niveles, se tomó en cuenta los dos mejores tratamientos para las pruebas fisicoquímicas, microbiológica y reológicas las cuales fueron el tratamiento uno (T1) con 70% de chocolate , sacarosa 30%, taumatina 0%, inulina 0% y el tratamiento nueve con 70% de chocolate, 0% sacarosa, 22,5% taumatina, inulina 7%, y el 35% de quinua teniendo en cuenta que el chocolate endulzado con inulina y taumatina pueden adquirirlo tanto los diabéticos como los no diabéticos ya que es un alimento funcional. Para verificar la mejor formulación se debe que cumplir con los estándares de calidad de la norma de chocolate INEN 621-2010. Se realizaron análisis, fisicoquímicos, microbiológicos, y reológicos que fueron confirmados por un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación del Ecuador (SAE) en la Universidad de Ambato. Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos identifican un porcentaje fue óptimo de los chocolates.

**Palabras Claves:** Chocolate, edulcorante, inulina, taumatina, azúcar.

## ABSTRACT

The present research carried out at the Polytechnic University of Carchi has the purpose of making a chocolate bar through which it is intended to give added value with the addition of the sweeteners thaumatin and inulin in the substitution of sucrose. That is why the purpose of this research is the formulation of a chocolate bar with the addition of thaumatin and inulin as natural sweeteners, taking into account that thaumatin has a sweetness of 200,000-300,000, reduces the bitter taste, maintains an acidic and has the limitation that in high quantities it promotes the duration of positive qualities of flavor, taste and aroma. Inulin has a 10% sweetening power, it is a bulking agent which is a polymer formed by fructose molecules linked together and at the end of its chain there is a glucose molecule, this polymer is obtained from chicory roots, banana, onion, yacon, and has resistance to thermal and physical damage, plastic viscosity, moisture absorption, helps to give luminosity to the chocolate, and also provides greater stability to prolonged storage. In this research, nine treatments were carried out with different percentages of inulin 0%, 3,75%, 7,50% and thaumatin 0%, 11,25%, 22,50%, the affective tests with hedonic scale were taken into account for color, texture, brightness, smell, breakability, hardness, sweetness, acidity, bitterness with 5-level descriptive tests, the two best treatments were taken into account for the physicochemical, microbiological and rheological tests, which were treatment one (T1) with 70% chocolate, 30% sucrose, 0% thaumatin, 0% inulin and treatment nine with 70% chocolate, 0% sucrose, 22,5% thaumatin, 7,5% inulin, and 35% quinoa taking into account that chocolate sweetened with inulin and thaumatin can be purchased by both diabetics and non-diabetics since it is a functional food. To verify the best formulation, it must comply with the quality standards of the INEN 621-2010 chocolate standard. Physicochemical, microbiological, and rheological analyzes were carried out that were confirmed by a laboratory accredited by the Accreditation Service of Ecuador (SAE). at the University of Ambato. The results obtained from the physicochemical and microbiological analyzes identify an optimal percentage of the chocolates.

**Keywords:** Chocolate, sweetener, inulin, thaumatin, sugar.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los mejores productores de cacao, el cual es muy valorado y reconocido en todo el mundo. Es comúnmente conocido como "Cacao Arriba Nacional" por sus buenas características de aroma y sabor.

El chocolate es uno de los productos más demandados en este momento, nuevas formulaciones innovadoras de chocolate bajo en azúcar, a través de la sustitución de edulcorantes, ayudarán a mantener una dieta equilibrada, que contribuya para mantener una mejor salud o con fines estéticos, como una alternativa de productos sanos y más nutritivos. A menudo se habla del aumento de las tasas de obesidad y diabetes que se produce en el país, por lo que la necesidad de cambiar los hábitos alimentario diarios de las personas es un tema importante. Cada vez hay más productos en el mercado que pueden ayudar con este problema, sin embargo, se encuentran alimentos ricos en vitaminas y minerales, pero no existe una amplia oferta de chocolates bajos en azúcares, de bajo poder calórico.

Para encontrar la mejor formulación de un nuevo chocolate, se analizarán los diferentes tratamientos con distintos porcentajes de edulcorantes naturales de taumatina la cual contiene un alto poder edulcorante y la inulina es un agente de carga, los mismo que pueden sustituir a la sacarosa, el cambio de azúcar por el edulcorante se realizará de acuerdo con el poder de dulzor que determina la cantidad a utilizar. De igual forma se analizarán los parámetros sensoriales, fisicoquímicos, microbiológicos y reológicos en el producto final es por ello que se vio la necesidad de realizar una prueba sensorial a un grupo de estudiantes del octavo, tercero y primero de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de la Carrera de Alimentos.

En las pruebas realizadas se logró evaluar los efectos de la sustitución de sacarosa por los edulcorantes taumatina e inulina en la elaboración de una barra de chocolate negro con quinua extruida, la cual tiene un valor nutricional que radica en el equilibrio ideal de aminoácidos en su proteína, es un superalimento con excelente aporte nutricional para el organismo por ende se convierten en insumos óptimos para elaborar una barra de chocolate dietética y funcional lo que lo convierte en un ingrediente ideal en la dieta, la quinua es considerada el único alimento del reino

vegetal que aporta todos los aminoácidos esenciales, los cuales están muy cerca de los estándares de nutrición humana .

Alcanzada la fórmula adecuada para el chocolate con cada uno del edulcorante se procede a realizar la prueba sensorial a los nueve tratamientos y los fisicoquímicos, microbiológicos y reológico, se analizó al testigo y al mejor tratamiento.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los hábitos alimentarios han ido evolucionando con el tiempo, influenciados por varios factores como el estilo de vida, accesibilidad a los alimentos, normas, presión social, cultura, evolución, falta de tiempo por exceso de trabajo, etc. Es por ello, que la sociedad está en una transición nutricional, llevando una alimentación a base de alimentos ultra procesados, con grasas saturadas, variedad de golosinas o alimentos con exceso de azúcar, denominados comida chatarra, lo que ha provocado la disminución del consumo de alimentos frescos que son de gran aporte nutricional (Royo, 2017).

Hoy en día, tanto la población infantil como la adulta tienen preferencia por las golosinas, caramelos, galletas, bebidas carbonatadas y principalmente el chocolate, este último es un producto obtenido a partir del cacao, el chocolate comercial tiene exceso de grasa y azúcar, tal es el caso, que 100g de chocolate aportan 500 calorías, valor mayor al que aporta la carne, la leche entera y el pan, por lo que, si el chocolate no es consumido por personas que hacen actividad física, genera sobrepeso, obesidad y diabetes, en la actualidad existe un gran consumo de productos sucedáneos de chocolate los cuales son elaborados con grasa vegetales, aceite de palma o soya, sabores artificiales y un bajo porcentaje de cacao en polvo, mientras que un chocolate puro es elaborado a base de 70% cacao (Valenzuela, 2007).

Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), en el Ecuador sufren de obesidad y sobrepeso, dos de cada tres personas entre 19 y 59 años y tres de cada diez niños en edad escolar, mientras que uno de cada diez ecuatorianos sufre de diabetes, afectando al 6,7% de la población, esto debido al consumo de comida chatarra alta en grasa y carbohidratos (Organización Panamericana de la Salud, 2018).

En la elaboración de chocolate con bajo contenido calórico y nutritivos, como alternativa la sacarosa juega un papel importante para que el producto contenga

características reológicas y sensoriales adecuadas, por lo que se agrega entre un 30 a 60% de sacarosa, convirtiendo al chocolate en un problema para la salud siendo un alimento alto en azúcar y poco nutritivo, es por ello que la industria alimentaria a visto la necesidad de sustituir el azúcar por edulcorantes no calóricos, sin embargo, unos tienen capacidad edulcorante menor al azúcar siendo un problema en la rentabilidad de la industria y otros edulcorantes poseen mayor capacidad edulcorante pero son sintéticos los cuales con el pasar del tiempo pueden causar problemas graves de salud (García et al., 2013).

Por otro lado, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la quinua es un superalimento que se encuentra en América Latina desde hace cinco mil años aproximadamente, sin embargo, estos alimentos son poco industrializados, según una encuesta realizada en 2016 en el Ecuador se consume entre media y una libra de quinua al año, lo cual no representa ni el 1% en relación al consumo de arroz y maíz, evidenciándose un bajo consumo debido a la falta de interés y aceptación social, además por la falta de conocimiento de su aporte nutricional se convierte en un alimento marginado con muy poca industrialización como es la elaboración de harina y cereales, aunque su consumo generalmente es en sopas y ensaladas (Cuadrado, 2012).

Con la utilización de la quinua en la elaboración del chocolate se podría dar solución a la falta de nutrientes en un chocolate que comúnmente se encuentra en el mercado ya que al incrementar la quinua se puede dar un valor agregado con alto poder nutricional (Cuadrado, 2012).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo influye la sustitución de la sacarosa por edulcorante taumatina e inulina en las características de una barra de chocolate negro con quinua extruida (*Chenopodium quinoa*)?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El chocolate está elaborado de semillas de cacao. Europa procesa el 40% del cacao seguido de Asia 23%, Latinoamérica 22% y África 15%. En América Latina, Ecuador y Perú son los mayores productores de cacao, alcanzando hasta 600 y 700kg por hectárea, en consecuencia, Ecuador es uno de los principales exportadores de cacao a Europa. En la actualidad existen empresas como Hershey, Nestlé, Mars, Mondelez-Kraft, Ferrero, entre otras que producen más del 60% de chocolate en el

mundo, mientras que en el Ecuador las marcas principales son Pacari, Caoni, Hoja verde, República del Cacao y Montecristi. Entre los tipos de chocolate producido se encuentra el chocolate negro, blanco, con leche, con frutas, frutos secos y cereal (Vargas, 2021).

El chocolate es un producto que al ser consumido amargo o usando edulcorantes no calóricos, puede favorecer al organismo por sus numerosos beneficios ya que tiene poder antidepresivo, mejora la capacidad de concentración, saciar el hambre y reduce la ansiedad, es una fuente rica de proteínas, ácido fólico, vitamina A, fibra y antioxidantes, ayuda a la circulación, reduce la tensión arterial, evita la anemia y gracias a su fuente de magnesio es una excelente fuente de energía (Valenzuela, 2007).

En la actualidad existen barras de chocolate negro con una gran diversidad de rellenos que son de agrado para niños y adultos, sin embargo, al ser un producto con alto porcentaje de azúcar, se debe su consumo para evitar problemas cardiovasculares, sobrepeso y diabetes. No obstante, si se sustituye la sacarosa por un edulcorante natural como la taumatina (E597) se obtiene un producto bajo en calorías, más el uso de inulina como agente de carga y quinua extruida, se obtiene un producto funcional debido al aporte prebiótico de la inulina, y el aporte nutricional de la quinua.

Es de gran importancia buscar la forma de sustituir el uso de edulcorantes calóricos como el azúcar por edulcorantes no calóricos para mejorar la alimentación de la población ecuatoriana, de igual forma, agregar alimentos nutritivos que se produzcan en el país.

La taumatina es un edulcorante natural que no solo tiene un alto poder edulcorante (1g equivale a 2000g de sacarosa), además es un potenciador de sabor, posee alta solubilidad en agua, altamente estable en pH ácido y al calor. Cuenta con la aprobación de su uso y consumo por la Unión Europea convirtiéndose en una propuesta médica para mejorar el estilo de vida de personas con problemas de salud como la hipertensión, diabetes y obesidad, además los estudios demuestran que no genera problemas de salud a largo plazo como otros edulcorantes (Palacio et al., 2017).

Al usar taumatina como edulcorante en el chocolate aumenta significativamente la viscosidad plástica por lo que se requiere de agentes de carga para mejorar este



parámetro, un agente de carga es la inulina, el cual es un polímero formado por moléculas de fructosa unidas entre sí y al final de su cadena se encuentra una molécula de glucosa, este polímero se obtiene de raíces de achicoria, plátano, cebolla, yacón, entre otras. Es altamente beneficiosa ya que es rica en fibra dietética por lo que estimula el desarrollo de la flora intestinal, baja en grasa y azúcar (10% de la sacarosa), agente prebiótico y ayuda a disminuir concentraciones de triglicéridos en el cuerpo. En el chocolate influye en la dureza (resistencia a la rotura), resistencia al daño térmico y físico, viscosidad plástica, absorción de humedad y sensación en la boca, ayuda a darle luminosidad al chocolate, además aporta mayor estabilidad al almacenamiento prolongado (Palacio et al., 2017).

Por otro lado, la quinua (*Chenopodium quinoa*) es un alimento que se produce en la sierra ecuatoriana, el 38% de la producción nacional se encuentra en la provincia del Carchi, es un cereal con alto aporte de proteínas (13%), grasas (6,10%), hidratos de carbono (71%), hierro (5,2%) y un aporte calórico de 399kcal, siendo un alimento que aporta los macro y micronutrientes necesarios para el organismo, además tiene un alto contenido de fibra, convirtiéndolo en un alimento ideal para eliminar toxinas del organismo (FAO, 2011).

#### **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

##### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar los efectos de la sustitución de sacarosa por edulcorantes taumatina e inulina en la elaboración de una barra de chocolate negro con quinua extruida.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer una formulación para la elaboración de una barra de chocolate con quinua extruida.
- Determinar el mejor tratamiento mediante una evaluación del perfil sensorial.
- Evaluar la calidad de la barra de chocolate mediante evaluación fisicoquímica, microbiológica y reológica.

##### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los insumos para formular una barra de chocolate negro?
- ¿Qué parámetros reológicos, fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos permiten medir la calidad de la barra de chocolate negro?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

“Elaboración de confitería a base de chocolate con edulcorantes no calóricos” proyecto desarrollado por Serrano Boris Mauricio y Zambrano Bernal Yadira Lucía en Cuenca-Ecuador en 2016. En este trabajo de titulación se detallan los aspectos más relevantes relacionados a la investigación, formulación y elaboración del chocolate, cada uno de los chocolates se realizó con una particularidad de estar endulzado con edulcorantes no calóricos como: stevia, sucralosa y jarabe de yacón, disminuyendo así el contenido de calorías presentes en los mismos. Entre los tres chocolates elaborados la mejor formulación fue seleccionada mediante una prueba de cata resultando ganador el chocolate endulzado con jarabe de yacón, debido a que posee las mejores características sensoriales resaltando principalmente el dulzor y el sabor. Se comprobó que la mejor formulación cumple con los estándares de calidad de las normas INEN, a los chocolates se les realizó un análisis físico-químico y se corroboró estos resultados con un laboratorio certificado por parte del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE). Los resultados obtenidos determinan que el porcentaje de grasa es menor a los chocolates existentes en el mercado. Además, se realizó pruebas de dureza para analizar las propiedades de textura presentes en el chocolate. Destacando que el chocolate endulzado con jarabe de yacón puede ser consumido por personas diabéticas y no diabéticas, al no tener en su formulación sacarosa como endulzante principal.

Se realizó un estudio de “Edulcorantes naturales utilizados en la elaboración de chocolates” proyecto desarrollado por Esteban Palacios Vásquez, John Heverth Hurtado en Palmira – Colombia en 2019. La demanda de productos de confitería y su consumo masivo, conlleva a que la industria agroalimentaria incluya en sus procesos de transformación insumos que mejoren la calidad nutricional de los productos finales. Teniendo en cuenta que el chocolate tiene un alto porcentaje de azúcar (sacarosa del 30-60%), es necesario emplear alternativas edulcorantes para su elaboración, que promuevan una dieta saludable. El objetivo de la presente revisión

es caracterizar algunos edulcorantes naturales como eritritol, stevia (estevisido y rebaudisido-A), taumatina y agentes de carga como inulina y polidextrosa con funciones estructurales y reológicas; resaltando aspectos como su origen, aportecalórico, poder edulcorante, IDA (Ingesta Diaria Admisible) e influencia en parámetros de calidad del chocolate. Aunque pueden afectar sus propiedades sensoriales, estos edulcorantes cuentan con amplias ventajas por su bajo aporte calórico y alta potencia en el dulzor, en comparación con la sacarosa. Finalmente, se evidenció que el uso de edulcorantes naturales genera beneficios en la salud y un impacto en la calidad sensorial y reológica del chocolate.

En el estudio denominado "Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de una barra de chocolate, formulada con edulcorantes no calóricos" proyecto desarrollo por María Camila Vásquez Rivadeneira en 2019 en Ecuador. El chocolate es un producto que ha incrementado su demanda cada año al igual que la preocupación de la población en cuanto al consumo de productos bajos en calorías. Por estas razones, las industrias chocolateras han optado por utilizar edulcorantes de origen natural o artificial. Sin embargo, al utilizar estos compuestos afecta a la reología del chocolate, como: viscosidad, humedad y grasa final en el producto. Por lo que, se escogieron tres tipos de edulcorantes como stevia, sucralosa, yacón que son utilizados comúnmente, en su mayoría por las industrias de alimentos.

La elaboración de los chocolates con los edulcorantes se realizó a partir de la variedad de cacao CCN-51, la cual es una variedad muy cotizada en el Ecuador. Una vez que se obtuvo los granos secos y fermentados de cacao, procedieron a elaborar las tabletas de chocolate con edulcorantes partiendo de una formulación de chocolate al 60% y se obtuvo de los tres tratamientos un análisis físico, como: viscosidad y tamaño de partícula de la pasta de chocolate final; y análisis químicos, como: humedad y grasa del producto final (tableta de chocolate moldeada). A continuación, se realizó pruebas de análisis sensoriales con jueces o panelistas consumidores, los cuales evaluaron la aceptabilidad entre los tres tratamientos y finalmente, del tratamiento que tuvo mayor aceptación obtuvo el perfil de sabor.

En el estudio denominado "Propiedades reológicas, comportamientos de fusión y características de calidad física de chocolates sin azúcar procesados con mezclas de carga de inulina/polidextrosa endulzados con extractos de stevia y taumatina" proyecto desarrollado por Roger Philip, Emmanuel Afoakwa, Koen Dewettinck en 2015 Ghana-Acra. La demanda de uso de edulcorantes naturales y compuestos

prebióticos para la elaboración de chocolates sin azúcar ha aumentado dramáticamente durante la última década. Sin embargo, sus aplicabilidades en la formulación de productos afectarán a las propiedades reológicas y a las características de calidad física que siguen siendo un gran desafío. Este estudio investigó las propiedades reológicas, los comportamientos de fusión y las propiedades físicas como es la calidad del chocolate sin azúcar que fueron elaborados a partir de mezclas de inulina y polidextrosa como agentes de carga que son endulzados con extractos de stevia y taumatina. El chocolate de referencia estándar era desarrollado con sacarosa y los efectos de los ingredientes inulina/polidextrosa y stevia/taumatina en las propiedades reológicas, perfiles de fusión, color y dureza de los productos derivados medidos utilizando métodos estándar. En general, los chocolates sin azúcar mostraron un flujo (reológico) y un punto de fusión similares. Las propiedades en comparación con el chocolate de referencia. Reemplazó de sacarosa con inulina/polidextrosa y los extractos de stevia/taumatina dieron como resultado una viscosidad. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el comportamiento de fusión y textura de los chocolates sin azúcar. Los chocolates que contienen sustitutos del azúcar registraron temperaturas de inicio más bajas y picos más altos y anchos que la muestra de referencia. Las mezclas de inulina y polidextrosa podrían usarse para alimentos sin azúcar fabricación de chocolate con propiedades fisicoquímicas satisfactorias cuando se endulza con stevia o extractos de taumatina.

En el estudio denominado "Estrategias para reducir el azúcar en chocolates: importancia tecnológica e impacto en la aceptabilidad del consumidor" proyecto desarrollado por Laura Semper García en España - Zaragoza en 2019. El chocolate es un producto elaborado con cacao en polvo o pasta de cacao y azúcar molido, con la adición o no de manteca de cacao. Puede tener efectos beneficiosos para la salud, pero se trata de uno de los alimentos más consumidos en todo el mundo y en muchas ocasiones se consume sin control. Su sabor dulce es una de las razones de su éxito y es que el chocolate, en especial el chocolate con leche y el chocolate blanco, tiene un alto contenido de azúcar. Para evitar problemas se ha propuesto reducir el azúcar en chocolates mediante diferentes estrategias; reformulación del producto, reducción gradual, integración multisensorial y distribución heterogénea. En este estudio, se realizó una evaluación sensorial con 46 panelistas no entrenados para evaluar dos estrategias; la reformulación del producto, mediante la

comparación de dos chocolates con leche, uno con azúcar y otro elaborado con maltitol, y la distribución heterogénea, mediante la comparación de dos chocolates negros, uno con pepitas de chocolate y otro sin pepitas. El análisis sensorial se llevó a cabo en la Planta Piloto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Zaragoza. La evaluación sensorial mostró que en general y de manera significativa, el chocolate con leche con azúcar fue mejor valorado que el chocolate con maltitol. El chocolate con maltitol fue significativamente menos dulce y con un sabor menor a chocolate. Los diferentes edulcorantes usados en la industria chocolate son una buena alternativa al azúcar, pero alteran la textura, el sabor e incluso el proceso de elaboración del chocolate. Con respecto al chocolate negro no se encontraron diferencias significativas entre ambos tipos de chocolate.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### 2.2.1. Cacao

El cacao es una planta originaria de las selvas tropicales del continente americano, vive a la sombra de los bosques en suelos húmedos, bien drenados y ricos en materia orgánica. Requiere precipitaciones anuales superiores a 2.000mm y temperaturas superiores a 16°C, solo se distribuye entre los 18° de latitud norte y los 15° de latitud sur, y prospera desde el nivel del mar hasta los 1.000 metros (Coe, 2006).

El cacao se caracteriza por la producción de flores y frutos del tronco; en la naturaleza el cacao a menudo crece en densidades muy bajas, alrededor de 5 plantas por hectárea con pocas flores y frutos. En condiciones del cultivo se pueden cultivar aproximadamente 1000 plantas por hectárea, las plantas cultivadas producen cientos de flores, de las cuales solo del 1 al 3 por ciento dan frutos. Las semillas germinan en unos pocos días y no se pueden almacenar por más de tres meses. Los árboles jóvenes comienzan la producción de frutos dependiendo de la variedad entre los tres y los cinco años (Coe, 2006).

Los frutos contienen entre 25 y 40 semillas rodeadas de una pulpa de agradable sabor. Como las plantas no tienen un mecanismo para que los frutos puedan abrirse, requieren de la intervención del hombre, monos o ardillas para la dispersión de sus semillas. Los frutos requieren de un periodo de entre cuatro y cinco meses para alcanzar su completo desarrollo y aproximadamente un mes para madurar, regularmente se realizan dos cosechas al año (Coe, 2006).

## 2.2.1.1. Procesamiento de cacao

### 2.2.1.1.1. Recolección de la fruta

Sabiendo arrancar la fruta del árbol el proceso debe ser manual, porque el árbol del cacao es muy delicado, especialmente el criollo. El trabajo lo realiza una sola persona utilizando un trozo largo de madera con una hoja afilada en el extremo, teniendo mucho cuidado de separarlo del árbol, dejando que caiga al suelo sin dañar el resto de la fruta. Solo la fruta madura se puede separar del árbol, después de cosechar el fruto, ábralo con un machete, pártalo por la mitad, las semillas quedarán cubiertas con una capa blanca con un suave sabor dulce, luego retire con cuidado las semillas y colóquelas en canastas para transportarlas al lugar de fermentación (Jaramillo, 2011).

### 2.2.1.1.2. Fermentación

Este paso es importante porque afecta el aroma del chocolate porque las semillas se colocan en cajas de madera cubiertas con hojas de plátano que contienen bacterias que ayudan con la fermentación y debido a las altas temperaturas. La pulpa blanca se vuelve líquida, momento en el que el azúcar de la pulpa se convierte en alcohol por acción de los microorganismos, y el alcohol se oxida para producir ácido acético, por lo que las semillas deben moverse de vez en cuando para que el oxígeno ayude a las semillas a expulsar este ácido. El proceso de fermentación se desarrolla entre tres y cuatro días, aunque es más corto en criollos y más largo en extranjeros, este proceso cambia el color de las semillas convirtiéndolas en chocolate (Jaramillo, 2011).

### 2.2.1.1.3. Secado

En esta etapa, los granos de cacao reducen el porcentaje de agua del 50% al 6% o 7%, esto evitará que las semillas se pudran. Este paso requiere luz solar y dura de cinco a siete días. Las semillas se colocan sobre camas de bambú y ratán para que se sequen durante el día, y por la noche se colocan bajo el techo debido a la humedad.

### 2.2.1.1.4. Depuración

Incluye eliminación de posibles piedritas, trocitos de madera que puedan estar mezclados con las semillas para que no afecte a su posterior elaboración.

#### 2.2.1.1.5. Tostado

El tostado les da a las semillas el color y el sabor deseados. Para asar las semillas a mano, colóquelas en un horno cilíndrico giratorio para asar las semillas de manera uniforme. El tiempo de tostado suele ser de 30 minutos dependiendo de la variedad de cacao, la temperatura también depende de la variedad de semilla de la variedad criolla, más fina, la temperatura debe ser inferior a 120°C, variedades como el forastero se tuestan entre 120°C y 130°C (Jaramillo, 2011).

#### 2.2.1.1.6. Descascarillado

Las cáscaras de las semillas se eliminan, utilizando para ello un clasificador de viento, la función de esta máquina es soplar aire lo que hace que las cáscaras las que son más livianas que las semillas, vuelen para sí limpiar las semillas.

#### 2.2.1.1.7. Molido

Se machacan las semillas con un rodillo y sale una mezcla caliente, y al enfriarse queda lo que se llama un licor de cacao. El licor de cacao se compone únicamente de cacao, manteca de cacao y la pasta de cacao.

#### 2.2.1.2. Formulación, conchado y el refinado del chocolate

El conchado es un paso fundamental en el proceso de elaboración del chocolate donde el sabor del chocolate depende de varios procesos realizados correctamente y la textura se refinan mediante la mezcla continua a una temperatura cálida, donde se tiene la última oportunidad para lograr mejorarlo de acuerdo a los requerimientos del producto (Beckett S., 2009).

Este es uno de los procesos más extensos, se divide en tres fases: seca, plástica y líquida, allí se dan cambios en la concentración de los compuestos antioxidantes, debido a las reacciones que ocurren por efecto de la temperatura (Acevedo, 2017).

De acuerdo con su propósito se divide en dos etapas, que tiene lugar en una misma máquina.

El primero es el desarrollo del sabor, eliminando indeseados ácidos volátiles, lo segundo es convertir el chocolate de una pasta seca, espesa o en polvo en un líquido de flujo libre que puede ser usado para obtener el producto final (Acevedo, 2017).

Con respecto a la temperatura de conchado a 45°C no se presenta un efecto significativo sobre la capacidad antioxidante en la capacidad antioxidante es a 60°C (Acevedo, 2017).

#### 2.2.1.2.1. Fases del conchado

Existen tres fases en el conchado y tienen marcadas diferencias en la condición físicas del producto mezclado, condiciones de temperatura, esfuerzo o gasto energético y cambios químicos de la mezcla.

En la fase seca se alimenta los ingredientes hacia la máquina conchadora en forma de polvo, granulado y en grasa. Esta última junto a la acción de mezclado convertirán a la masa en desmenuzable y permitirá una disminución en el contenido de humedad, llevando consigo muchos sabores no deseados, también la temperatura debe aumentarse lentamente para permitir que la humedad se escape, pero sin arriesgarse a provocar aglomeraciones (Beckett, 2009).

En la fase plástica, la energía aplicada hacia la mezcla por la acción mecánica del equipo en el final de la fase seca e inicio de la fase pastosa es muy alta, esto provoca un aumento acelerado de la temperatura. Por lo que el agua de la chaqueta de la conchadora debería mantenerse uno pocos grados centígrados por debajo de la temperatura de la masa, con el fin de acercarse a la constante de temperatura requerida para el proceso. Este aumento repentino de la temperatura tiene un efecto considerable en el sabor final del chocolate quiere decir, que es particularmente crítico, por lo que el termostato de la chaqueta de agua debe ser capaz de reaccionar ante estos cambios bruscos (Beckett S., 2009).

La fase líquida es la de menor duración, en él se mezclan los últimos ingredientes de la receta final como el emulsificante, como la lecitina, señala que: cuando el conchado llega con alta temperatura a esta fase, puede requerir un tiempo adicional para permitir que el chocolate se enfríe para poder agregar el emulsificante ya que la leticiiana es menos eficiente cuanto la temperatura está alrededor de los 60°C (Beckett S., 2009).

#### 2.2.1.2.2. Proceso del refinado del chocolate

Proceso que genera la refinación total de las partículas del cacao pulverizándolo, con una dimensión para el refinamiento que consiste en moler la pasta de cacao para que se componga de partículas más finas con 17 micras las cuales son más



pequeñas que las papilas gustativas, el conchado desarrolla el sabor deseado del chocolate a través de una máquina llamada concha que busca dispersar, desecar y eliminar sustancias volátiles y homogeneizar, con el fin de mejorar la viscosidad y la textura para producir un chocolate con buenas características de fusión (Portal, 2018).

### 2.2.1.3. Valor nutricional del cacao

Los granos de cacao poseen representación en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Valor nutricional del grano del cacao en 100g.

Contenido del grano de cacao	Porcentaje
Alto contenido de grasa	55%
Albúmina	14%
Fécula	9%
Minerales	2.6%
Agua	5%
Cafeína	0,2%
Teobromina	1,5%
Extractos no nitrogenados	14%

**Fuente:** (Jaramillo, 2011).

### 2.2.2. Historia del Chocolate

El chocolate se extrae de las almendras del árbol del cacao y ha sido utilizado por los indígenas sudamericanos para hacer bebidas amargas durante cientos de años, y los europeos han modificado su preparación e ingredientes hasta producir lo que ahora se llama chocolate, en sus variedades negro u oscuro, leche y blanco, el más interesante es el chocolate negro por su alto contenido en flavonoides epicatequina, catequina y proantocianidinas (Balears, 2019).

Se ha demostrado que estos flavonoides ejercen poderosos efectos antioxidantes al inhibir la oxidación de LDL, además de reducir la agregación plaquetaria y disminuir la presión arterial.

El chocolate negro contiene altas cantidades de flavonoides, por lo que su consumo se ha relacionado con la protección de la salud cardiovascular y otras enfermedades. Los efectos antioxidantes y cardioprotectores del chocolate se han demostrado en muchos protocolos experimentales, así como en estudios clínicos y epidemiológicos (Valenzuela, 2007).

### 2.2.2.1. Chocolate

El chocolate es un alimento nutricionalmente completo ya que contiene alrededor de un 30% de grasas, un 6% de proteínas, un 61% de carbohidratos y un 3% de humedad y minerales (fósforo, calcio, hierro), además de aportar vitaminas A y complejo B.

La grasa del chocolate es la manteca de cacao, que contiene un 35% de ácido oleico, un 35% de ácido esteárico y un 25% de ácido palmítico. El 5% restante se compone de varios ácidos grasos de cadena corta que tienen una composición característica de diferentes granos de cacao.

La estructura de los triglicéridos que componen la grasa del chocolate se caracteriza por un punto de fusión del orden de los 27-32°C, y esta es la característica organoléptica más interesante del chocolate, ya que una barra de este producto se funde con relativa rapidez en el ser humano. en boca formando, sin formación de grumos, una masa cremosa de textura y sabor muy agradable (Valenzuela, 2007).

### 2.2.2.2. Tipos de chocolate por su contenido de cacao

#### 2.2.2.2.1. Chocolate dulce/familiar

El chocolate dulce/familiar deberá contener, en extracto seco, no menos del 30% de extracto seco total de cacao, del cual no menos del 18% será manteca de cacao y el 12%, por lo menos, extracto seco magro de cacao (CODEX, 1981).

El chocolate familiar a la taza es el producto que se describe en la sección de la presente Norma y que contiene un máximo del 18% de harina y/o almidón de trigo, maíz o arroz.

#### 2.2.2.2.2. Chocolate de cobertura

El chocolate de cobertura debería contener, en extracto seco, no menos del 35% de extracto seco total de cacao, del cual no menos del 31% será manteca de cacao y el 2,5%, por lo menos, extracto seco magro de cacao (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.2.3. Chocolate con leche

El chocolate con leche deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 25% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2,5% de extracto seco magro de cacao) y un mínimo especificado de extracto seco de leche entre el 12% y el 14% (incluido un mínimo entre el 2,5% y el 3,5% de materia grasa de la leche). La

autoridad competente aplicará el contenido mínimo de extracto seco de leche y de materia grasa de leche de acuerdo con la legislación aplicable. El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse.

Cuando la autoridad competente lo exija, se puede definir un contenido mínimo de manteca de cacao más materia grasa de leche (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.2.4. Chocolate familiar con leche

El chocolate con leche familiar contendrá, en extracto seco, no menos del 20% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2,5% de extracto magro de cacao) y no menos del 20% de extracto seco de leche, (incluido un mínimo del 5% de grasa de leche). El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.2.5. Chocolate de cobertura con leche

El chocolate de cobertura con leche contendrá, en extracto seco, no menos del 25% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2,5% de extracto magro de cacao) y no menos del 14% de extracto seco de leche (incluido un mínimo del 3,5% de grasa de leche) y un total de grasa no inferior al 31%. El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.2.6. Chocolate blanco

El chocolate blanco deberá contener, en extracto seco, no menos del 20% de manteca de cacao y no menos del 14% de extracto seco de leche (incluido un mínimo de grasa de leche entre el 2,5% y el 3,5% según lo aplique la autoridad competente de acuerdo con la legislación aplicable). El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.2.7. Chocolate gianduja

El chocolate gianduja (o uno de los derivados del nombre "Gianduja") es el producto obtenido, en primer lugar, de chocolate con un contenido mínimo de total de extracto seco de cacao del 32%, incluido un contenido mínimo de extracto seco desgrasado de cacao del 8% y en segundo lugar, de sémola fina de avellana en unas

proporciones por las cuales el producto contenga al menos el 20% y no más del 40% de avellanas (CODEX, 1981).

Los ingredientes siguientes se pueden agregar:

a) Leche y/o extracto seco de leche obtenido por evaporación, in proporciones tales que el producto final no contiene más del 5% extracto seco de leche

b) Almendras, avellanas y otras variedades de nueces, enteras o in sémola, in cantidades tales que in combinación con la sémola de avellanas, no representan más del 60% del producto.

#### 2.2.2.2.8. Chocolate para mesa

Chocolate para mesa es el chocolate no refinado donde el tamaño del grano de azúcar es mayor a 70 micras. El chocolate para mesa deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 20% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 11% de manteca de cacao y del 9% de extracto seco magro de cacao) (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.2.9. Chocolate para mesa semiamargo

El chocolate para mesa semiamargo deberá contener, en relación con el extracto seco no menos del 30% (incluido un mínimo del 15% de manteca de cacao y del 14% de extracto seco magro de cacao) (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.3. Tipos de chocolate por su forma

##### 2.2.2.3.1. Chocolate en grano y chocolate en copos/hojuelas

El chocolate en grano y el chocolate en copos/hojuelas son productos del cacao obtenidos mediante una técnica de mezcla, extrusión y endurecimiento que confiere a la consistencia de estos productos propiedades únicas de friabilidad. El chocolate en grano se presenta en forma de granos cilíndricos cortos, y el chocolate en escamas, en forma de trozos pequeños y planos (CODEX, 1981).

##### 2.2.2.3.2. Chocolate con leche en grano/en copos/hojuelas

El chocolate con leche en grano /chocolate con leche en copos/hojuelas deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 20% de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2,5% de extracto seco magro de cacao) y no menos del 12% de extracto seco de leche (incluido un mínimo del 3% de materia grasa de la leche). El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus

proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.3.3. Chocolate relleno

El chocolate relleno es un producto recubierto con uno o más de los chocolates, salvo que el chocolate a la taza, chocolate familiar la taza y chocolate para mesa, cuyo núcleo se distingue claramente, por su composición, del revestimiento. El chocolate relleno no incluye dulces de harina, ni productos de repostería, bizcochos o helados. La parte de chocolate del revestimiento debe representar al menos el 25% del peso total del producto en cuestión (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.3.4. Bombones de chocolate

Se denominan bombones de chocolate los productos del tamaño de un bocado en los cuales la cantidad del componente de chocolate no deberá ser inferior al 25% del peso total del producto (CODEX, 1981).

#### 2.2.2.4. Insumos que se utiliza en la elaboración del chocolate

El proceso de manufactura del chocolate se realizará una vez obtenido el licor de cacao a través de la molienda de los granos fermentados. Después de la obtención del licor de cacao, se adicionará manteca de cacao y el resto de los ingredientes, como: el azúcar, leche o derivados, emulsificantes y productos similares (ICCO, 2019). La proporción de los mismos van a variar dependiendo del tipo de chocolate que se desee elaborar, ya que existen varios tipos de chocolate los cuales tienen usos diferentes y se los clasifica de la siguiente manera:

- Chocolate negro (85% - 95% de licor de cacao), que por lo general este chocolate se utiliza para coberturas, sin embargo, se encuentran en el mercado como barras para su consumo.
- El chocolate amargo (70% - 75% de licor de cacao), este tipo de chocolate se utiliza también como cobertura, no obstante. representación en la Tabla 2.
- El chocolate semiamargo (55%-65% de licor de cacao).
- Chocolate con leche (35%-45% de licor de cacao).

**Tabla 2.** Una tableta de chocolate de 100g contiene los siguientes minerales.

Nombre	Cantidad
Hierro	20%
Magnesio	33%
Potasio	27%
Fósforo	30%
Calcio	13%
Cobre	25%
Grasa saturada	7g
Grasa insaturada	35g

**Fuente:** (ICCO, 2019)

#### 2.2.2.5. Características físicas y químicas del chocolate

El chocolate presenta características físicas y químicas, entre las características físicas, se considera de suma importancia la evaluación de la viscosidad, ya que esta característica en un alimento representa la habilidad de resistir a fluir y permite caracterizarlo debido a que es un producto tixotrópico, esto se refiere a que el chocolate es un fluido no newtoniano, ya que tiende a cambiar su viscosidad en el tiempo, es decir que, a mayor tiempo de esfuerzo, la viscosidad va a disminuir haciendo que el fluido recorra más rápido por una superficie. Esta caracterización reológica del chocolate permite determinar la efectividad del conchado o refinado permitiendo evaluar la capacidad de flujo a lo largo del proceso (Beckett, 2011).

Características físicas, es el tamaño de partícula de los ingredientes ya que, de ellos dependerá la textura final del chocolate, el sabor y la fluidez. Por otro lado, en la industria, el chocolate se refina a tamaños desde 15 $\mu$ m (micras) hasta 35 $\mu$ m. Sin embargo, para un chocolate que se considere de alta calidad, el tamaño de partícula debe estar por debajo de 25 $\mu$ m (Laughter, 2019).

El tamaño de partícula no es percibido por el consumidor, de no ser así el producto final se caracterizaría con una textura arenosa y la habilidad de resistirse a fluir. Sin embargo, el chocolate no es una suspensión fácil (Laughter, 2019).

#### 2.2.2.6. Beneficios del Chocolate

El consumo de cacao y posteriormente de chocolate siempre se ha asociado con beneficios para la salud, como el aumento de la fuerza, la vitalidad sexual, la resistencia al trabajo laboral y las bajas temperaturas, y muchos otros beneficios, aunque en un principio sin base científica comprobada, el conocimiento actual de los beneficios para la salud que brindan muchas sustancias naturales y los avances técnicos que permiten la detección, cuantificación, análisis de las propiedades

químicas y biológicas de estas sustancias, ha posicionado a muchos alimentos y productos naturales en la categoría de saludables y el beneficio de su consumo se asocia directamente con el poder antioxidante de sus componentes (Valenzuela, 2007).

El chocolate contiene flavonoides aportan además beneficios al sistema cerebral, mejorando la memoria y otros procesos cognitivos que mostraron que la capacidad para recordar de los participantes en el ensayo había mejorado de manera significativa.

El chocolate es un producto que al ser consumido amargo puede favorecer al organismo por sus numerosos beneficios ya que tiene poder antidepresivo, mejora la capacidad de concentración, reduce la ansiedad, es una fuente rica de proteínas, ácido fólico, vitamina, proteínas, fibra y antioxidantes, ayuda a la circulación, reduce la tensión arterial, evita la anemia y gracias a su fuente de magnesio es una excelente fuente de energía (Valenzuela, 2007).

### 2.2.3. Edulcorante

Un edulcorante es un compuesto capaz de producir un sabor dulce en la boca dada su estereoquímica y facilidad para formar puentes de hidrógeno, así como la hidrofobia de sus moléculas para provocar un estímulo entre este y el sitio receptor de la boca (Valdés, 2009).

Los edulcorantes se pueden clasificar de diferente manera:

- Por su origen: naturales o artificiales
- Por su estructura: hidratos de carbono, alcoholes poli hídricos, glucósidos, proteínas y otros.
- Por su valor nutritivo: nutritivos, no nutritivos.
- Por su valor calórico: dietéticos, no dietéticos.

La clasificación más común es la que se basa en su valor nutritivo, en dicha clasificación existen dos tipos de edulcorantes: nutritivos y no nutritivos. Los edulcorantes nutritivos proporcionan cuatro calorías por gramo y las variedades no nutritivas casi no aportan calorías al organismo, ya que al ser mucho más dulces que el azúcar, las concentraciones requeridas para dar la misma sensación de dulzor son mucho menores (Valdés, 2009).

### 2.2.3.1. Edulcorantes Naturales

Un endulzante natural tiene propiedades que brindan sabores de alta eficiencia si bien su presencia reduce el amargor, mantiene la acidez y tiene la limitación de que en grandes cantidades favorece el sabor residual.

#### 2.2.3.1.1. Inulina

Es un polímero compuesto por moléculas de fructosa unidas entre sí, con una molécula de glucosa al final de su cadena. Es una mezcla de oligosacáridos y polisacáridos compuesta por unidades de fructosa unidas por enlaces beta.

El valor nutricional de la inulina es el siguiente: rica en fibra, prebiótica, baja en grasas y azúcares, reduce la concentración de triglicéridos en el organismo, es una fibra dietética no digerible que estimula el desarrollo de la flora intestinal.

Una de las propiedades afectadas por el uso de inulina es la dureza, que se puede expresar en términos de "resistencia a la rotura" y está directamente relacionada con la resistencia al calor y al daño físico, la sensación en la boca y la viscosidad plástica del chocolate. chocolate algo reducido pero afectado por la cantidad de grasa utilizada o sustituida en la formulación que establecen que la inulina aumenta la dureza del chocolate, principalmente porque absorbe la humedad y otro de los parámetros de relevancia es el color (Palacio, 2017).

La inulina acompañada de una formulación con una sustitución parcial de la grasa en un chocolate blanco, generó un producto más claro, evidenciado principalmente por un incremento de la luminosidad. Hay quienes establecen que la adición de polisacáridos como la inulina, dispersan la luz y aceleran la caramelización y la reacción de Maillard, generando consecuentemente chocolates más oscuros (Palacio, 2017).

#### 2.2.3.1.2. Factor de carga de la inulina

Es un agente de carga porque incrementa la cantidad de partículas sólidas, reduciendo la fusión del chocolate en boca, sin embargo cabe resaltar que la manteca de cacao presenta polimorfismo y puede cristalizar en seis formas polimórficas, de las cuales la forma 5 (V) es la más estable (temperatura de fusión entre 32-34°C), y se ha reportado que el uso de inulina en concentraciones del 10% favorece la manifestación de dicho polimorfismo, generando un chocolate con



mejor sensación en boca y con mayor estabilidad al almacenamiento prolongado (Palacio, 2017).

La inulina es un agente de carga que tendrá una marcada influencia en la obtención de un chocolate con mejor sensación en boca y mayor estabilidad en el almacenamiento y aunque puede incrementar la dureza, compuestos como la grasa pueden mitigarlo (Palacio, 2017).

#### 2.2.3.1.3. Taumatina

Es una proteína con alta capacidad de dulzura, presente en el fruto de la planta *Taumatococcus danielli Benth*, con alta solubilidad en agua y caracterizada por un alto grado de estabilidad en pH ácido y calor.

Hay al menos 5 formas de esta proteína en las plantas, con dos componentes principales (taumatina I y II) y tres componentes menores (taumatina a, b y c). Ambos están aprobados para su uso y consumo en la Unión Europea (Aditivo E 957), y por su bajo aporte calórico se recomienda médicamente su consumo para afrontar estilos de vida relacionados con problemas de salud comunes como hipertensión, hiperlipidemia, diabetes, obesidad (Palacio, 2017).

Desde una perspectiva dietética, una de las principales ventajas es que la Taumatina no proporciona energía metabolizable; aunque no se especifica un valor de ingesta diaria admisible (IDA) para la Taumatina, existen límites en la cantidad de edulcorantes no nutritivos (ENN) utilizados para un consumo seguro; en general, para un adulto de 75kg, la ingesta diaria admisible (IDA) es de 0,3 a 3g de ENN/día. Asimismo, no se ha informado que cause toxicidad, genotoxicidad o teratogenicidad (Palacio, 2017).

La dulzura relativa de la taumatina es equivalente a 200 000–300 000 (valor expresado en relación a la sacarosa con un dulzor relativo de 100) asimismo, la taumatina se clasifica como un edulcorante natural intenso con un aporte energético despreciable, el valor de potencia de este edulcorante es 2.500 veces mayor que el de la sacarosa.

#### 2.2.4. Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) es un cultivo andino que fue domesticado hace miles de años por antiguas culturas en la región andina de América del Sur y las evidencias sugieren que fue un elemento básico de las poblaciones prehispánicas

antes de la conquista ; la introducción y expansión de cultivos como el trigo, la cebada, la avena, el frijol y la arveja redujeron el cultivo de la quinua principalmente a las franjas de las montañas de Perú y Bolivia, reduciendo en gran medida la superficie de tierra cultivable (Gómez, 2016).

La quinua ha sido un alimento autosuficiente para humanos y animales durante muchos siglos. Los cambios en los hábitos alimentarios a nivel mundial y la preferencia por alimentos nutritivos y orgánicos han contribuido al reconocimiento y revalorización de la quinua, lo que ha llevado a incrementar su producción. Su valor nutricional radica en el equilibrio ideal de aminoácidos en su proteína, lo que lo convierte en un ingrediente ideal en la dieta (Gómez, 2016).

La quinua se cultiva en América del Sur en áreas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4000 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones que van de 0 a 1000 milímetros, texturas de suelo variables y un rango de pH que fluctúa entre 4 y 9. El rango de temperatura es bajo cero a más de 30°C. En estos climas variables, los estreses más comunes son la sequía, las heladas, la salinidad, las plagas y otros factores. Finalmente, las técnicas utilizadas en su cultivo varían ampliamente, desde las tradicionales hasta las modernas de alta tecnología. Los rendimientos varían de 1 a 7 t/ha en función de la interacción de estos factores climáticos, edáficos y técnicos (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1. Morfología Quinua

##### 2.2.4.1.1. Raíz

La raíz de quinua es del tipo rotador, que consiste en una raíz pivotante de la que emerge un gran número de raíces laterales muy ramificadas. La longitud de la raíz es variable, de 0,8 a 1,5m. Su desarrollo y crecimiento están determinados por el genotipo, el tipo de suelo, los nutrientes y la humedad.

##### 2.2.4.1.2. Tallo

El tallo en la unión con el cuello de la raíz es cilíndrico y, a medida que se aleja del suelo, se vuelve angular en la zona de crecimiento de hojas y ramas. La corteza es robusta y compacta, y consiste en un tejido leñoso resistente. Cuando el tallo es joven, la médula es blanda, y cuando el tallo es maduro la médula es blanda y seca y se cae cuando se cosecha, dejando el tallo hueco o vacío (Gómez, 2016).

Los colores básicos de los tallos en la floración pueden ser verde, verde-amarillo, naranja, rosa, rojo y morado. En algunas razas se pueden ver rayas de diferentes colores, como verde, amarillo, rosa y morado, mientras que en otras se pueden ver axilas rosadas, rojas y moradas. La combinación resultante del color básico del tallo, el color de la nervadura y el color de la axila se puede utilizar para identificar variedades. En la madurez, el color de los tallos suele cambiar a crema o rosa con distintas intensidades (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.3. Hoja

Una hoja tiene dos partes diferenciadas: el pecíolo y la lámina. El pecíolo de una hoja es largo y acostillado, y su longitud depende de su origen, el pecíolo que nace directamente de un tallo es más largo, mientras que el pecíolo que nace de una rama es más corto. Los colores del pecíolo pueden ser verde, rosa, rojo y morado (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.4. Inflorescencia

Es una panícula de longitud variable de 15 a 70cm. Suele aparecer en la parte superior de las plantas y en la parte superior de las ramas. Tiene ejes primario, secundario y terciario. Teniendo en cuenta la forma y posición de los glomérulos (racimos florales), se clasifican en amaranto, glomérulos e intermedios.

#### 2.2.4.1.5. Flores

Las flores son sésiles o pediceladas y se agrupan en glomérulos. La ubicación del glomérulo en la inflorescencia y la ubicación de la flor dentro del glomérulo determinan el tamaño y número de granos o frutos. Es una planta monoica porque tiene dos tipos de flores en la misma planta; hermafrodita y hermafrodita (Gómez, 2016).

Se encuentran situadas en el ápice del glomérulo, de mayor tamaño que el pistilo, de 3-5mm de diámetro, tienen cinco tépalos, cinco anteras y un ovario superior con dos o tres ramas del estigma. Las flores del pistilo se distribuyen alrededor y debajo de las flores hermafroditas, que constan de 5 tépalos, 1 ovario superior y 2 o 3 ramas del estigma, de 2-3mm de diámetro.

La proporción de flores hermafroditas es variable, se encuentra entre un 2% y un 98%, esta proporción es importante si los cultivos se realizan individualmente, ya que afecta el número de frutos. Además de esto, algunas variedades de quinua presentan

esterilidad masculina. La quinua se considera autocombinada, con una proporción de híbridos de alrededor del 17% (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.6. Fruta

El fruto está formado por la cáscara (capa del fruto) y las semillas. El pericarpio está adherido a la cubierta de la semilla, el grado de adhesión es variable y su superficie tiene alvéolos que le da el sabor amargo al grano, y el fruto alcanza un diámetro 1.5 a 3mm (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.7. Semilla

Tiene tres partes diferenciadas: ectodermo, embrión y ectodermo. El ectodermo es la capa que recubre la semilla y está unida al pericarpio, el embrión consta de dos cotiledones y una radícula, que representan aproximadamente el 30% del volumen total de la semilla, y rodea el ectodermo con una curvatura de 320 grados en forma de anillo.

Las radículas muestran una pigmentación de color marrón oscuro. El ectodermo es el principal tejido de almacenamiento, reemplaza al endospermo y está compuesto principalmente por granos de almidón, de color blanquecino, y constituye casi el 60% de la semilla.

El color de las partículas depende de la capa que se observe. Si la variedad mantiene sépalos (tépalos), los colores son verde, rojo y morado, si miras la cáscara, el color puede ser blanco, crema, amarillo, naranja, rojo, gris, negro (Gómez, 2016).

En cambio, si el pericarpio se cae durante la eliminación de la saponina, la capa que se observa es la cubierta de la semilla o ectodermo, que puede ser de color blanco, crema, rojo, marrón, gris o negro.

La intensidad del color puede atenuarse o perderse en el proceso de secado del grano durante la maduración en campo y en la luminosidad del ambiente de almacenamiento del grano, y también puede eliminarse en el agua durante el proceso de lavado de la quinua. El color del pericarpio o del pericarpio puede ser diferente del color del ectodermo o del tegumento de la misma semilla (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.8. Cosecha

Los granos que tienen aproximadamente un 20% de contenido de humedad, corte las plantas de quinua con una hoz a unos 20-30cm del suelo, mientras las plantas todavía están húmedas, para evitar que los granos se desprendan cuando el sol se seca. Las plantas no deben ser arrancadas de raíz, ya que arrastrarán guijarros y gravilla que luego será difícil separar y disminuyen la calidad de los granos para la comercialización (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.9. Secado

Para secar granos y plantas en panojas, se deben apilar con las panojas, formando un arco o pila, hasta que los granos tengan suficiente humedad para trillar (12-15%) o cuando la corola o piel de la flor se desprenda fácilmente. El secado se puede realizar sobre mantas de lona (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.10. Trilla

Los montones de plantas deben colocarse en una manta, que se puede frotar o golpear con un palo o palo. Este proceso permite que el grano se separe del resto de la planta. Luego se procede a separar los granos de los sobres de flores, solo se pueden retener los granos de quinua mediante equipos de viento o manuales o mecánicos con tamices especiales (Gómez, 2016).

#### 2.2.4.1.11. Almacenamiento

Coloque los granos de quinua limpios en recipientes apropiados y colóquelos en bandejas en un almacén muy limpio y ventilado.

#### 2.2.4.2. Propiedades nutricionales Quinua

El cultivo de la quinua tiene un alto valor nutricional. Contenido proteico de la quinua, el contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81% y 21,9%, dependiendo de la variedad. Debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales en su proteína, la quinua es considerada el único alimento del reino vegetal que aporta todos los aminoácidos esenciales, los cuales están muy cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO, 2011., en la cual se hace la representación en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Valor nutricional Quinua por cada 100g.

<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Calorías	399kcal
Proteínas	16,5g
Grasas	6,3 g
Hidratos de carbono	69g
Calcio	148mg
Hierro	13,2 g
Magnesio	249,6g
Fosforo	383,7g
Zinc	4,4g

**Fuente:** (FAO, 2011).

#### 2.2.4.3. Beneficios

La quinua es un alimento conocido por su alto valor proteico, lo que, combinado con su contenido energético, la hace ideal para quienes practican actividad física de alto nivel. Asimismo, las personas celíacas pueden consumirlo sin ningún problema ya que no contiene gluten. También tiene valores bajos de azúcar en sangre y es apto para personas con diabetes. Por otro lado, contiene fibra que ayuda a regular el tránsito intestinal y a combatir los problemas de estreñimiento. Contiene manganeso, fósforo y magnesio, todos necesarios para mantener huesos sanos y fuertes (Galwey, 2008).

Su consumo también se recomienda entre mujeres embarazadas gracias a la presencia de vitamina B9 que contribuye al buen desarrollo del feto.

#### 2.2.4.4. Proceso de extrusión de la quinua

##### 2.2.4.4.1. Definición de saponina

Esta palabra viene (del latín *sapo*, "jabón") son glucósidos de esteroides o de triterpenoides, llamadas así por sus propiedades semejantes a las del jabón. Su característica principal es la de formar gran cantidad de espuma, cuando se encuentra en contacto con el agua. Las saponinas son tóxicas debido a esta característica se hace imposible el consumo humano debido a que se pondría en riesgo el sistema digestivo y en si la salud de las personas, muchos alimentos de consumo diario contienen saponinas entre ellas podemos mencionar a la yuca, el ginseng y la quinua. Las saponinas de la quinua han sido aprovechadas en la fabricación de cerveza, como un complemento para los compuestos que se encuentran presentes en los extintores de incendios, en shampoos e inclusive en la industria farmacéutica (Villaroel, 2020).

#### 2.2.4.4.2. Desaponificación de la Quinua

Es el proceso de eliminación de saponinas de la quinua, o des amargado de la quinua y los métodos de saponificación de la quinua es con el pasar de los años y el avance de la tecnología se desarrollado varios tipos de saponificado siempre partiendo de los conocimientos ancestrales de los pueblos indígenas.

- Método de lavado por agitación y turbulencia.
- Método de lavado por fricción o rozamiento.
- Método termo-mecánico en seco.
- Método químico.
- Método combinado.

#### 2.2.4.4.3. Máquinas para la de saponificación de quinua

Es la eliminación de saponina mediante el rozamiento entre los granos de quinua y las paredes internas del tambor de la máquina, este rozamiento se consigue mediante el movimiento que produce las aspas que se encuentran en el interior del tambor de la máquina, durante todo este proceso los granos de quinua se encuentran en contacto con el agua (Villarroel, 2020).

Las primeras lavadoras de quinua fueron adaptadas de licuadoras industriales en los años 70, al ver que estas adaptaciones servían para su objetivo principal que era el de la eliminación de saponina del grano de quinua, se tomó como base para las futuras lavadoras de quinua.

Hoy en día la mayoría de las lavadoras de quinua tienen el diseño básico que es el de un tambor circular el cual dentro contiene aspas en diversos modelos: rectos, ondulados, semicirculares. El diámetro y la altura del tambor de las lavadoras de quinua dependen de la capacidad de lavado que tiene la máquina (Villarroel, 2020).

#### 2.2.4.4.4. Extrusión

La cocción por extrusión es una forma especializada, y única en el procesado de materiales amiláceos debido a que se trata de una cocción a relativamente bajos niveles de humedad, comparado con el horneado convencional o la cocción de masas y pastas. Los niveles normales de humedad utilizados están en el intervalo de 10-40% y a pesar de estos bajos valores de humedad el material se transforma en un fluido (Núñez, 2021).

Bajo estas condiciones las características físicas de las materias primas, tales como el tamaño de partícula, la dureza y el grado de plastificación alcanzado durante el proceso de extrusión llegan a ser determinantes para la transformación final del material. Otra característica de la cocción por extrusión es que resulta ser un proceso HTST pero que, además, debido a los esfuerzos de corte que se desarrollan durante el transporte del material en el extrusor, la temperatura se eleva rápidamente (conversión de energía mecánica en calor por flujo viscoso) y así la estructura del material sufre transformaciones profundas en pocos segundos (Núñez, 2021).

La masa de partículas (harina de cereales y/o legumbres) más o menos hidratada, es convertida en un fluido de muy alta viscosidad. A medida que ese fluido es transportado, los elevados esfuerzos de corte en combinación con la alta temperatura transforman a los elementos estructurales del material, es decir a los gránulos de almidón y a las estructuras proteicas (Núñez, 2021).

#### 2.2.4.4.5. Quinoa extruida

La quinoa extruida es obtenida de la quinoa real, un grano altamente nutritivo, que es sometido a un proceso de extrusión donde sus características nutricionales son intactas, es un grano grande y esponjoso que se puede utilizar en el desayuno o como Snack.

Presenta grandes ventajas, puesto que no utiliza grasa durante la cocción, el producto snack mantiene las propiedades químicas de la materia prima, emplea menor cantidad de materia prima que otros procesos alternativos y sobre todo es un método rápido, sin embargo, el proceso de extrusión eleva la temperatura, por lo cual puede degradar los componentes. Por otro lado, el producto final es de buena calidad y de bajo costo (Sandoval, 1993).

Algunas propiedades de la quinoa extruida para la salud

- Tiene más proteína que cualquier cereal
- Ideal para veganos
- Previene enfermedades
- Buena para los diabéticos.



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

Esta investigación corresponde a un estudio experimental con enfoque cuantitativo, en el cual mediante análisis de laboratorio se pretende obtener datos experimentales a partir de las variables independientes.

El análisis de características reológicas, fisicoquímicas y sensoriales del producto permitirá realizar un análisis de datos estadísticos que permitan comprender la diferencia que existe entre cada tratamiento.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

Se manejará la investigación experimental ya que mediante una fase experimental se obtendrá resultados cuantitativos los cuales mediante investigación bibliográfica que implica la revisión de artículos científicos, e investigaciones relacionadas al tema se discutirán los resultados obtenidos. Para la interpretación de resultados se utilizará un diseño completamente al azar (DCA) con un nivel de significancia del 0,05.

#### 3.2. HIPÓTESIS

Las hipótesis que se plantearon en esta investigación fueron las siguientes:

**H0:** La sustitución de sacarosa por edulcorantes taumatina e inulina no influye en las características reológicas, fisicoquímicas y sensoriales de una barra de chocolate negro con quinua extruida.

**H1:** La sustitución de sacarosa por edulcorante taumatina e inulina influye en las características reológicas, fisicoquímicas y sensoriales de una barra de chocolate negro con quinua extruida.

#### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable independiente (V.I.):

El total de edulcorante del chocolate será del 30%, donde ese sustituirá la sacarosa donde se realizará tres tratamientos sin sustitución, con sustitución parcial intermedio y total con los porcentajes del estudio de (Rodríguez et al., 2019):

- Porcentaje de inulina: 0%, 3,75%, 7,50%
- Porcentaje de edulcorante taumatina: 0%, 11,25%, 22,50%

**Variable dependiente (V.D):**

**Características sensoriales:**

- Color
- Textura
- Brillo
- Olor
- Fracturabilidad
- Dureza
- Dulzor
- Acides

**Características fisicoquímicas:**

- Humedad
- Ceniza
- Grasa

**Características microbiológicas:**

- Coliformes totales
- Mohos y levaduras
- Salmonella
- E. Coli
- Aerobios mesófilos

**Características reológicas:**

- Dureza
- Fracturabilidad

En la tabla 4 se indica la operacionalización de variables:

**Tabla 4.**Operacionalización de variables.

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Variables Independientes	Porcentaje de inulina	0%	Gravimetría	
		3,75%		
Porcentajes de edulcorante sustitutos de la sacarosa	Porcentaje de edulcorante taumatina	0%	Gravimetría	Ensayo de laboratorio (Rodríguez et al., 2019)
		11,25%		
Variable dependientes	Evaluación sensorial	22,5%	Pruebas afectivas con escala hedónica y pruebas descriptivas lineal de 5 niveles.	Cuestionario/ Hoja de catación
		Color		
		Textura		
		Brillo		
		Olor		
		Fracturabilidad		
		Dureza		
		Dulzor		
		Acides		
		Amargor		

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Variables dependientes Evaluación de calidad de la barra de chocolate con quinua extruida.	Evaluación fisicoquímica	Humedad	Secado en estufa	NTE INEN 1676
		Ceniza	Mufla	NTE INEN 533
		Grasa	Soxhlet	NTE INEN 535
	Evaluación microbiológica	Coliformes totales	Método de ensayo en placas compact dry.	INEN 1529-7
		Mohos y levaduras		INEN 1529-10
		Salmonella		INEN 1529-15
		E. Coli		INEN 1529-6
	Evaluación reológico	Aerobios mesófilos		INEN 1529-5
		Dureza	Reometría	Reómetro
	Fracturabilidad			

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1. Proceso de elaboración de chocolate negro

##### 3.4.1.1. Formulación

Para la formulación se tomó como referencia el estudio realizado por (Rodríguez et al., 2019), cuya formulación queda como indica la tabla 2, esta es la formulación base para el desarrollo de los tratamientos, donde el porcentaje de azúcar (30%) será sustituido por el edulcorante inulina y edulcorante taumatina. Representación tabla 5.

**Tabla 5.** Formulación para la elaboración de chocolate negro.

Formulación	%
Pasta de cacao (manteca de cacao)	70
Azúcar	30

Las formulaciones del chocolate negro, sustituyendo el azúcar por edulcorante taumatina e inulina serían como se representa en la Tabla 6:

**Tabla 6.** Formulaciones del chocolate negro con sustitución de sacarosa por taumatina e inulina en porcentaje.

Formulación	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Pasta de cacao	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Sacarosa	30	26,25	22,5	18,75	15	11,25	7,5	3,75	0
Taumatina	0	0	0	11,25	11,25	11,25	22,5	22,5	22,5
Inulina	0	3,75	7,50	0	3,75	7,50	0	3,75	7,50
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Para la formulación en gramos, se debe tomar en cuenta el poder edulcorante (1g de taumatina equivale a 2000g de sacarosa) por lo que se utilizará menor cantidad del edulcorante en comparación a la sacarosa, como se indica en la Tabla 7 donde se indican las formulaciones en gramos.

**Tabla 7.** Formulaciones del chocolate negro con sustitución de sacarosa por taumatina e inulina en gramos.

Formulación	T1/g	T2/g	T3/g	T4/g	T5/g	T6/g	T7/g	T8/g	T9/g
Pasta de cacao	455	455	455	512,65	512,65	512,65	587,013	587,013	587,013
Sacarosa	195	170,625	146,25	137,32	109,85	82,39	62,89	31,45	0,00
Taumatina	0	0	0	0,0412	0,0412	0,04	0,0943	0,0943	0,0943
Inulina	0	24,375	48,75	0	27,46	54,93	0	31,45	62,89
Total	650	650	650	650	650	650	650	650	650

Para el proceso de elaboración de chocolate se tomó el procedimiento de (Sánchez, 2011):

- Se receipta la pasta de cacao de un productor certificado.
- Se pesa la pasta de cacao, se realiza el proceso de Templado, el cual consta de tres pasos:
- Se realiza un proceso de fundido donde se coloca la pasta a Baño María a 48°C hasta que se derrita, se agita y mezcla la pasta de cacao. En este punto se agrega el edulcorante; sacarosa o taumatina y el agente de carga inulina, se mezcla bien durante dos horas hasta formar una emulsión perfecta y para que la inulina pueda cumplir con su función.
- Luego se realiza un proceso de enfriado o descenso de temperatura, se hace un cambio brusco de temperatura usando agua helada para que baje a 29°C de esta forma se consigue que el chocolate empacado no se derrita rápidamente y mantenga un color uniforme.
- Se realiza el proceso de atemperado, mediante el proceso de baño María revolviendo o mezclando el chocolate en el recipiente continuamente hasta que el chocolate alcance una temperatura de 33°C. Todo este proceso se realiza evitando que el chocolate entre en contacto con el agua y evitando poner el chocolate en contacto directo con el fuego.

Al tener el chocolate listo para moldear, se debe tener listo la quinua extruida para el moldeo de la barra de chocolate. De acuerdo a la norma INEN 621, se le puede agregar hasta el 40% de trozos visibles y separados, por ello en esta barra se mezclará el 65% de chocolate negro y el 35% de quinua extruida en un molde de plástico y se colocará en una cámara de enfriamiento a 10-15°C. En la siguiente tabla se indica las formulaciones de la barra de chocolate con quinua extruida.

**Tabla 8.** Formulación de la barra de chocolate con quinua extruida en porcentaje.

Formulación	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Chocolate negro	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%
Quinua extruida	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%

En la tabla 8 se indica, la formulación en gramos para obtener 1000g de barra de chocolate con quinua extruida por tratamiento:

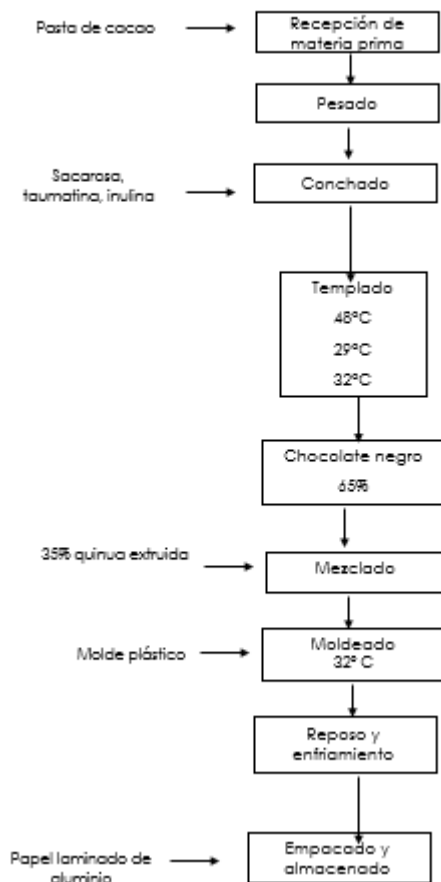
**Tabla 9.** Formulación de barra de chocolate con quinua extruida en gramos.

Formulación	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Chocolate negro	650	650	650	650	650	650	650	650	650
Quinua extruida	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Barra de chocolate Negro con quinua	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Cuando esté lista la barra de chocolate se corta en barras pequeñas que pesen 15g, se empaca en papel aluminio de esta manera se protege de la luz, humedad y olores.

### 3.4.1.2. Proceso de elaboración de barra de chocolates con quinua extruida

Para la elaboración de la barra de chocolate se utilizará un 65% de chocolate negro y el 35% de quinua extruida, la cual será comprada por la finca Granja Integral Agroforestal F&C en el siguiente flujograma se indica el proceso de elaboración de la barra: representación en la Figura 1



**Figura 1.** Flujograma de elaboración de chocolate negro y barra de chocolate negro con quinua extruida.

### 3.4.1.3. Evaluación Sensorial

Los 9 tratamientos con sus tres repeticiones, en total se evaluarán sensorialmente 27 tratamientos y al tratarse de un chocolate dietético es muy importante la edad del catador por ello se dividió en dos grupos.

En la primera evaluación se aplicará una prueba afectiva y tipo grado de satisfacción a un panel de catadores mediante una escala hedónica verbal de 5 puntos, si le

gusta o le disgusta la barra de chocolate, de acuerdo con las ponderaciones de la Tabla 10:

**Tabla 10.** Ponderación para la evaluación sensorial.

Descripción	Puntuación
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Me es indiferente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

También se aplicará una prueba descriptiva con los siguientes parámetros:

**Fase visual:** Evaluar el color y textura.

**Fase olfativa:** Percepción del aroma a chocolate u otros olores.

**Fase acústica:** Tipo de sonido al momento de morder o romper el chocolate.

**Fase táctil:** Al tacto reconocer si es firme, pegajoso y si posee resistencia compacta.

**Fase gustativa:** Evaluar si el sabor es dulce, ácido, amargo y si la presencia de la quinua es perceptible o imperceptible.

A partir de la prueba sensorial se obtendrá los dos mejores tratamientos al cual se les aplicará las pruebas fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas.

#### 3.4.1.4. Evaluación fisicoquímica

##### 3.4.1.4.1. Humedad

Para la determinación de humedad se tomó como referencia la norma (NTE INEN 1676, 2013) en la que indica el siguiente procedimiento:

##### 3.4.1.4.1.2 Preparación de la muestra

La muestra sólida o semi sólida de chocolate se coloca en un recipiente cerrado herméticamente y a baño María a 45°C y se lo mantiene allí hasta que se ablande por completo, se agita y mezcla.

Cuando la muestra adquiera consistencia espesa se sumerge en agua helada agitando continuamente hasta que se solidifique nuevamente para proceder a desmenuzar o rallar.

##### 3.4.1.4.1.3. Procedimiento

- 1) Mediante el uso de una balanza de precisión de 0,1 mg se pesa 2g de muestra en una cápsula la cual debe ser previamente pesada.



- 2) La cápsula con la muestra se coloca en la estufa a 100°C hasta obtener un peso constante.
- 3) Enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg.
- 4) El contenido de humedad de productos derivados del cacao se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H = 100 * \frac{m - m_1}{m}$$

**En donde:**

H = Humedad en porcentaje de masa,

m = masa inicial de la muestra a analizar, g.

m1 = masa de la muestra después del secado, g.

masa = Peso de la cápsula con la muestra seca – Peso de la cápsula vacía.

#### 3.4.1.4.2. Ceniza

Para la determinación de ceniza se tomó como referencia lo establecido en la norma (NTE INEN 533, 2013), la cual indica lo siguiente:

##### 3.4.1.4.2.1. Preparación de la muestra

La muestra sólida o semi sólida de chocolate se coloca en un recipiente cerrado herméticamente y a baño María a 45°C y se lo mantiene allí hasta que se ablande por completo, se agita y mezcla.

Cuando la muestra adquiera consistencia espesa se sumerge en agua helada agitando continuamente hasta que se solidifique nuevamente para desmenuzar o rallar.

##### 3.4.1.4.2.2. Procedimiento

- 1) Se pesa de 2 a 5g de muestra preparada, el recipiente puede ser un crisol, cuarzo o plato de platino de 25 a 50mL previamente calentado a 600°C cubierto con la luna de reloj, enfriado y pesado.
- 2) Para carbonizar la muestra se puede calentar bajo una lámpara infrarroja (IR) hasta que cese el humo y luego transferir a la mufla a 600°C, calentar dos horas, humedecer las cenizas frías con alcohol, secar bajo la lámpara IR o baño de vapor. Las cenizas se llevan a la mufla y se pesa en intervalos de una hora hasta que la diferencia de peso sea menor a 1mg o se deja toda la noche.

- 3) La muestra se cubre con luna de reloj, se deja enfriar en el desecador y se pesa al alcanzar la temperatura ambiente.
- 4) Para calcular el contenido de ceniza total de la muestra, expresado en porcentaje de masa, se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

En donde:

m = Peso final del crisol (con muestra calcinada) en g.

m<sub>1</sub> = Peso inicial del crisol (vacío) en g.

C = Peso de la muestra en g.

#### 3.4.1.4.3. Grasa

De acuerdo a la norma (NTE INEN 535, 2013) el proceso de determinación de grasa mediante el método de extracción Soxhlet es el siguiente:

##### 3.4.1.4.3.1 Preparación de la muestra

La muestra sólida o semi sólida de chocolate se coloca en un recipiente cerrado herméticamente y a baño María a 45°C y se lo mantiene allí hasta que se ablande por completo, se agita y mezcla.

Cuando la muestra adquiera consistencia espesa se sumerge en agua helada agitando continuamente hasta que se solidifique nuevamente para proceder a desmenuzar o rallar.

##### 3.4.1.4.3.2. Procedimiento

- 1) Se pesa 4 a 5g de muestra preparada en un vaso de precipitación de 300 a 500mL. Se añade lentamente 45mL de agua hirviendo para conseguir una suspensión homogénea.
- 2) Se añade 55mL de HCL (8M) (2+1) y unas virutas de Carburo de Silicio (SiC), desgrasado u otro agente antiespumante, luego se agita bien, se cubre con una luna de reloj y se lleva a ebullición lentamente, se deja hervir a fuego bajo durante 15min.

- 3) Se enjuaga la luna de reloj con 100mL de agua. Con el uso de un papel filtro de flujo medio S&S 589, de 15cm o equivalente se filtra el digestado enjuagando el vaso tres veces con agua.
- 4) Se lava hasta que el filtrado que de libre de cloruros determinado por la adición de la solución de Nitrato de plata.
- 5) Se transfiere el papel húmedo y la muestra al dedal de extracción desgrasado y secar por 6 a 18 horas en un vaso pequeño a 100°C, colocando un tapón de lana de vidrio sobre el papel.
- 6) Se añade unas virutas de antiespumante desgrasadas al balón Soxhlet de 250 mL y se deja secar por una hora a 100°C, se deja enfriar a temperatura ambiente en un desecador y pesar ( $m_0$ ). Se coloca el dedal que contiene la muestra seca en el Soxhlet, sosteniendo con las pinzas del equipo.
- 7) Enjuagar el vaso de digestión, el vaso de secado y la luna de reloj con 3 porciones de 50mL de éter de petróleo y adicionar los enjuagues al dedal. La muestra digestada se somete a reflujo durante 4 horas ajustando el calor para que el extractor sifonee más de 30 veces por hora o 5 o 6 gotas por segunda en la condensación.
- 8) Retirar el balón y evaporar el solvente en baño de vapor. Secar el balón a 100°C hasta obtener peso constante (1,5 a 2 horas). Enfriar en el desecador a temperatura ambiente y pesar ( $m_1$ ).
- 9) Para calcular el porcentaje de grasa se aplica la siguiente expresión:

$$Grasa (\%) = \frac{m_1 - m_0}{m_2} \times 100$$

En donde:

$m_0$  = masa del matraz vacío, en g

$m_1$  = masa del matraz con el residuo, en g

$m_2$  = masa de la muestra, en g,

#### 3.4.1.4.4. Evaluación reológica

El chocolate fundido es un fluido no newtoniano que tiene un comportamiento no lineal con un límite elástico o de fluencia.

La evaluación reológica se realizará a la barra de chocolate (dureza y fracturabilidad).

#### 3.4.1.4.4.1. Análisis de perfil de textura

Se utiliza una evaluación de textura mediante un Texturómetro, 5 réplicas a una temperatura de 20°C, cuya prueba simula la masticación, en esta evaluación se realiza un perfil de firmeza donde se evalúa la dureza y fracturabilidad (Oliag, 2017).

La dureza es la resistencia mecánica del producto, se realiza mediante un cabezal de punción de 4mm de diámetro para penetrar la muestra a una velocidad de carga de 60mm/min tomando lecturas de fuerza de penetración en distancias de profundidad, de esta forma se obtiene las curvas de fuerza vs distancia (Alvis et al., 2011).

Para la prueba de fracturabilidad se coloca la barra de chocolate sobre un puente de flexión con una abertura de 6cm y se ejerce una fuerza en el centro a una velocidad de 60mm/min. Se mide la fuerza de fractura como el pico máximo y distancia a la fracturó la barra (Alvis et al., 2011).

#### 3.4.1.4.5. Evaluación microbiológica

La evaluación de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras y salmonella, E.coli se evaluará utilizando placas compact dry, siguiendo los métodos establecidos en la norma INEN 1529-5, -7, -10 y -15.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicará un diseño completamente al azar (DCA) con un nivel de significancia de 0,05 lo que permitirá establecer diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos de estudio con arreglo factorial A x B, en la tabla 6 se indica los factores y niveles que intervendrán en cada tratamiento, representación en la Tabla 11:

**Tabla 11.** Factores y niveles del modelo estadístico para la sustitución de sacarosa por taumatina e inulina en la barra de chocolate con quinua extruida.

Factores	Niveles
A: Porcentaje del edulcorante inulina	A1: 0% A2: 3,75% A3: 7,50%
B: Porcentaje del edulcorante taumatina	B1: 0% B2: 11,25% B3: 22,5%

Las interacciones de los niveles de cada factor se indican en la tabla 12, cabe mencionar que la sustitución es en el 30% de sacarosa y el 70% es la pasta del cacao:

**Tabla 12.** Formulación de los tratamientos con la interacción de los factores.

<b>Trat.</b>	<b>Interacciones</b>	<b>Representación</b>
T1	A1B1	0% inulina + 0% taumatina + 30% sacarosa
T2	A2B1	3,75% inulina + 0% taumatina + 26,25% sacarosa
T3	A3B1	7,5% inulina + 0% taumatina + 22,5% sacarosa
T4	A1B2	0% inulina + 11,25% taumatina + 18,75% sacarosa
T5	A2B2	3,75% inulina + 11,25% taumatina + 15% sacarosa
T6	A3B2	7,5 % inulina + 11,25% taumatina + 11,25% sacarosa
T7	A1B3	0% inulina+ 22,5 % taumatina +7,5% sacarosa
T8	A2B3	3,75% inulina + 22,5% taumatina + 3,75% sacarosa
T9	A3B3	7,5% inulina + 22,5% taumatina + 0% sacarosa

Se obtuvo:

- Número de tratamientos: 9
- Número de repeticiones: 3
- Número de unidades experimentales: 27
- Tamaño de unidad experimental: 1000g (cada unidad 15g)

### 3.5.1. Procesamiento y análisis de datos

La información recolectada experimentalmente será procesada mediante un análisis estadístico ANOVA que permite descubrir si hay diferencia en los resultados de una prueba, mediante los rangos de Tukey con el fin de comparar las medias individuales provenientes de un análisis de varianza de varias muestras sometidas a tratamientos distintos con el 95% de probabilidad para la comparación de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial. Para este análisis se utilizará el paquete estadístico Minitab

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. Resultados del Análisis Sensorial

Para el análisis sensorial se calculó el número de encuestados tomando como tamaño de la muestra los estudiantes de los últimos ciclos de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, siendo 78 jueces no adiestrados. En la siguiente tabla se presentan los resultados de las diferencias significativas entre las medias determinadas mediante un ANOVA y test de Tukey empleando un nivel de confianza significativa del 95%.

Para la evaluación sensorial se ha incluido un testigo, en lo cual en el testigo consta de 70% de pasta de cacao, 0% inulina, 0% taumatina y 30% sacarosa, a continuación, se presentan los resultados para cada parámetro evaluado en la tabla 13.

#### 4.1.1.1. Resultados del Análisis Sensorial de color

**Tabla 13.** Resultado de análisis sensorial: color.

Tratamientos	Medias	Rangos			
T9	4,67	A			
T2	4,26	A	B		
T1	4,06		B	C	
T6	4,01		B	C	D
T3	3,95		B	C	D
T7	3,94		B	C	D
T8	3,92		B	C	D
T5	3,69			C	D
T4	3,58				D

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial del color si hay diferencia significativa entre los tratamientos, en la cual se evidencia cuatro rangos, A B C y D, teniendo al tratamiento mejor evaluado el T9 y el de menos puntuación T4 representación en la Tabla 13.

#### 4.1.1.2. Resultados del Análisis Sensorial de textura

**Tabla 14.** Resultado de análisis sensorial: textura

Tratamientos	Medias	Rangos		
T9	4,24	A		
T2	4,05	A	B	
T3	3,94	A	B	C
T1	3,88	A	B	C
T4	3,86	A	B	C
T6	3,78		B	C
T7	3,77		B	C
T8	3,73		B	C
T5	3,56			C

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial de textura si hay diferencia significativa entre los tratamientos, en la cual se evidencia tres rangos A, B, y C, teniendo al tratamiento mejor evaluado el T9 y el de menor puntuación T5 representación en la Tabla 14.

#### 4.1.1.3 Resultados del Análisis Sensorial de brillo

**Tabla 15.** Resultado de análisis sensorial: brillo.

Tratamientos	Medias	Rangos			
T9	4,54	A			
T2	3,81		B		
T6	3,56		B	C	
T8	3,36		B	C	D
T3	3,31			C	D
T1	3,22			C	D
T7	3,21			C	D
T5	3,18			C	D
T4	3,06				D

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial del brillo si hay diferencia significativa entre los tratamientos, en la cual se evidencia cuatro rangos A, B, C, y D teniendo al tratamiento mejor evaluado el T9 y el de menos puntuación T4 representación en la Tabla 15.

#### 4.1.1.4. Resultados del Análisis Sensorial de dureza

**Tabla 16.** Resultado de análisis sensorial: dureza.

Tratamientos	Medias	Rangos	
T9	4,19	A	
T3	3,91	A	B
T7	3,90	A	B
T4	3,86	A	B
T8	3,74		B
T2	3,71		B
T1	3,68		B
T6	3,63		B
T5	3,47		B

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial de dureza si hay diferencia significativa entre los tratamientos, en la cual se evidencia dos rangos A y B, teniendo al tratamiento mejor evaluado el T9 y el de menos puntuación T5 representación en la Tabla 16.

#### 4.1.1.5. Resultados del Análisis Sensorial de fracturabilidad

**Tabla 17.** Resultado de análisis sensorial: fracturabilidad.

Tratamientos	Medias	Rangos	
T9	4,22	A	
T7	3,90	A	B
T8	3,88	A	B
T4	3,83	A	B
T3	3,78		B
T2	3,69		B
T5	3,59		B
T6	3,56		B
T1	3,55		B

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial de fracturabilidad si hay diferencia significativa entre los tratamientos, en la cual se evidencia dos rangos A y B, teniendo al tratamiento mejor evaluado el T9 y el de menos puntuación T1 representación en la Tabla 17.

#### 4.1.1.6 Resultados del Análisis Sensorial de dulzor

**Tabla 18.** Resultado de análisis sensorial: dulzor.

Tratamientos	Medias	Rangos		
<b>T9</b>	3,94	A		
<b>T8</b>	3,86	A		
<b>T3</b>	3,76	A		
<b>T2</b>	3,74	A		
<b>T4</b>	3,59	A	B	
<b>T7</b>	3,50	A	B	
<b>T1</b>	3,47	A	B	
<b>T6</b>	3,19		B	C
<b>T5</b>	2,97			C

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial del dulzor si hay diferencia significativa entre los tratamientos, en la cual se evidencia tres rangos A, B, y C teniendo al tratamiento mejor evaluado el T9 y el de menos puntuación T5 representación en la Tabla 18.



#### 4.1.1.7. Resultados del Análisis Sensorial de acidez

**Tabla 19.** Resultado de análisis sensorial: acidez.

Tratamientos	Medias	Rangos	
T3	3,56	A	
T1	3,44	A	
T2	3,41	A	B
T4	3,32	A	B
T6	3,29	A	B
T8	3,28	A	B
T7	3,24	A	B
T5	3,22	A	B
T9	3,06		B

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial de acidez si hay diferencia significativa entre los tratamientos en la cual se evidencia dos rangos A y B, teniendo al tratamiento mejor evaluado el T3 y el de menos puntuación T9 representación en la Tabla 19.

#### 4.1.2. Resultados del Análisis Sensorial de amargor

**Tabla 20.** Resultado de análisis sensorial: amargor.

Tratamientos	Medias	Rangos	
T1	3,56	A	
T3	3,47	A	B
T4	3,36	A	B
T2	3,35	A	B
T7	3,32	A	B
T9	3,29	A	B
T6	3,28	A	B
T8	3,18	A	B
T5	2,96		B

En los resultados de los tratamientos evaluados en el análisis sensorial del amargor si hay diferencia significativa entre los tratamientos, en la cual se evidencia dos rangos A y B, teniendo al tratamiento mejor evaluado el T1 y el de menos puntuación T5 representación en la Tabla 20.

#### 4.1.2.2. Resultado de Análisis Físicoquímico

Se realizaron los análisis físicoquímicos al tratamiento testigo T1 y al mejor tratamiento T9, obtenido de la evaluación sensorial.

##### 4.1.2.2.1. Resultado de Humedad

El contenido de humedad de los productos derivados del cacao se determina mediante la ecuación siguiente basando en la norma INEN 1676 :

$$H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

En donde

H = Humedad en porcentaje de masa

m1 = Peso del crisol sin muestra g

m2 = Peso del crisol con muestra húmeda g

m3 = Peso del crisol con muestra seca g

El análisis se realizó por duplicado. Para la primera muestra T1 los resultados son los siguientes:

$$H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

$$H = \frac{48,4242g - 48,3916g}{48,4242g - 46,3996g} * 100\%$$

$$H = 1,61\%$$

Por lo tanto, el contenido de humedad en la muestra T1 es de 1,61%

Para la segunda muestra T9 los resultados son los siguientes:

$$H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

$$H = \frac{49,0571g - 49,0237g}{49,0571g - 47,0498g} * 100\%$$

$$H = 1,66\%$$

Por lo tanto, el contenido de humedad en la muestra T9 es de 1,66%

### **Cálculo del porcentaje de error**

#### **Ecuación. Cálculo del porcentaje de error en el análisis de contenido de humedad**

$$\%E = \frac{\text{Valor máximo} - \text{valor minimo}}{\text{valor máximo}}$$

$$\%E = \frac{1,66\% - 1,61\%}{1,66\%}$$

$$\%E = 0,03\%$$

## Resultados del análisis de contenido de humedad con sus tres repeticiones de la muestra T1 y T9

**Tabla 21.** Resultados del análisis de contenido de humedad: T1 Y T9.

Parámetro	Repetición	Método de ensayo	Rango mínimo	Rango máximo	Resultado obtenido
Humedad T1	R1	INEN 1676	-	3%	1,61%
	R2				1,35%
	R3				1,26%
Humedad T9	R1				1,66%
	R2				1,64%
	R3				1,51%

El error obtenido del parámetro evaluado de humedad en el chocolate por triplicado es de 0.03% estando tal valor por debajo de 1% que es lo que determina la NTE INEN 1676. Sin embargo, los porcentajes obtenidos en la tabla 22 se puede determinar que estos rangos están permitidos en la norma NTE INEN 0623 que establece un valor del 3% y por lo tanto se acepta los resultados obtenidos en el análisis realizado representación en la Tabla 21.

### 4.1.2.2.2. Resultado de ceniza

La ceniza en los alimentos determina en general el residuo inorgánico que queda una vez llevada la muestra a la mufla de tal manera que la que produce la incineración quemando la materia orgánica.

### Cálculos para la determinación de las Cenizas:

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

En dónde;

C = Cenizas, en porcentaje de masa

m = Masa de la muestra inicial para el ensayo, g.

m1 = Masa después de la incineración, en g.

El análisis se realizó por duplicado para la primera muestra T1 los resultados son los siguientes:

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

$$C = \frac{58,24g - 56,04g}{58,24g} * 100\%$$

$$C = 3,77\%$$

Por lo tanto, el contenido de ceniza en la muestra T1 es de 3,77%

Para la segunda muestra T9 los resultados son los siguientes:

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

$$C = \frac{49,15g - 47,18g}{49,15g} * 100\%$$

$$C = 4,00\%$$

Por lo tanto, el contenido de ceniza en la muestra T9 es de 4,00%

### Cálculo del porcentaje de error

#### Ecuación. Cálculo del porcentaje de error en el análisis de contenido de ceniza

$$\%E = \frac{\text{Valor máximo} - \text{valor mínimo}}{\text{valor máximo}}$$

$$\%E = \frac{4,00\% - 3,77\%}{4,00\%}$$

$$\%E = 0,05\%$$

**Tabla 22.** Resultados del análisis de contenido de ceniza con sus tres repeticiones de la muestra T1 y T9.

Parámetro	Repetición	Método de ensayo	Rango mínimo	Rango máximo	Resultado obtenido
Ceniza T1	R1	INEN 533	-	7,5%	3,39%
	R2				3,58%
	R3				3,77%
Ceniza T9	R1				4,10%
	R2				4,33%
	R3				4,00%

El error obtenido del parámetro evaluado de ceniza en el chocolate por triplicado en el ensayo es de 0,05%, estando tal valor por debajo del 0,1% que es lo determina la NTE INEN 0533. Por lo tanto, los valores obtenidos de la tabla 23 está dentro del valor permitido en la NTE INEN 0623 que establece como máximo 7,5% y por lo tanto se acepta los resultados obtenidos en el análisis realizado representación en la Tabla 22.

#### 4.1.2.2.3. Resultado de grasa

En método Soxhlet determina el contenido de grasa para realizar la separación de la muestra, en nuestro caso el solvente es el hexano.

#### **Cálculos para la determinación de grasa:**

#### **Ecuación. Porcentaje del contenido de grasa**

$$G = \frac{m_1 - m_0}{m_2} * 100$$

En dónde;

G = Contenido de grasa, en porcentaje de masa

m0 = Masa del matraz vacío, en g.

m1 = Masa del matraz con el extracto, en g.

m2 = Masa de la muestra analizada, en g.

El análisis se realizó por duplicado. Para la primera muestra T1 los resultados son los siguientes:

$$G = \frac{m_1 - m_0}{m_2} * 100$$

$$G = \frac{23,067g - 22,093g}{2,005g} * 100\%$$

$$G = 48,57\%$$

El contenido de grasa en la segunda muestra T1 de chocolate analizada es de 48,57%

Para la segunda muestra T9 los resultados son los siguientes:

$$G = \frac{m_1 - m_0}{m_2} * 100$$

$$G = \frac{21,203g - 20,320g}{2,002g} * 100\%$$

$$G = 44,10\%$$

El contenido de grasa en la segunda muestra T9 de chocolate analizada es de 44,10%

## Cálculo del porcentaje de error

### Ecuación. Cálculo del porcentaje de error en el análisis de contenido de ceniza

$$\%E = \frac{\text{Valor máximo} - \text{valor mínimo}}{\text{valor máximo}}$$

$$\%E = \frac{48,55 - 44,10}{48,55}$$

$$\%E = 0,09\%$$

**Tabla 23.** Resultados del análisis de contenido de ceniza con sus tres repeticiones de la muestra T1 y T9.

Parámetro	Repetición	Método de ensayo	Rango mínimo	Rango máximo	Resultado obtenido
Grasa T1	R1	INEN 535	-	54%	48,55%
	R2				48,37%
	R3				49,02%
Grasa T9	R1				37,35%
	R2				44,10%
	R3				38,18%

El error obtenido del parámetro evaluado de grasa en el chocolate por triplicado en el ensayo es de 0,09%, estando tal valor por debajo del 0,1% que es lo determina la NTE INEN 0535. Por lo tanto, los valores obtenidos de la tabla 24 está dentro del valor permitido en la NTE INEN 0623 que establece como máximo 54% y por lo tanto se acepta los resultados obtenidos en el análisis realizado. representación en la Tabla 23.

4.1.2.3. Resultado de análisis microbiológicos del testigo T1 y del mejor tratamiento T9.

**Tabla 24.** Evaluación microbiológica del tratamiento T1 testigo y del mejor tratamiento T9.

Ensayo microbiológico	Método de ensayo	Unidad	Rango máximo	Resultado obtenido
Coliformes totales T1 yT9	INEN 1529-7	u.f.c*/g	10	0
Mohos y levaduras T1 yT9	INEN 1529-10	u.f.c*/g	1	0
Salmonella T1 yT9	INEN 1529-15	u.f.c* en 25 g	0	0
E. Coli T1 yT9	INEN 1529	u.f.c*/g	1	0

**Tabla 25.** Evaluación microbiológica de aerobios mesófilos del tratamiento T1 testigo y del mejor tratamiento T9 con sus respectivas repeticiones.

Parámetro	Repetición	Método de ensayo	Rango mínimo	Rango máximo	Resultado obtenido
Aerobios mesófilos T1	R1	INEN 1529-5	-	100 u.f.c*/g	80 u.f.c*/g
	R2				45 u.f.c*/g
	R3				23,33 u.f.c*/g
Aerobios mesófilos T9	R1				100 u.f.c*/g
	R2				45 u.f.c*/g
	R3				33,33 u.f.c*/g

En los parámetros evaluados de los análisis microbiológicos del chocolate de acuerdo con la NTE INEN 0623 pasta de cacao si cumple con los estándares de calidad microbiológicos, por lo tanto, los resultados obtenidos de la tabla 24-25 se encuentran por debajo de lo estipulado por la misma, por lo tanto, se considera un producto inocuo y de buena calidad microbiológica, apto para consumo humano. representación en la Tabla 24 y 25.

#### 4.1.2.4. Resultado de análisis reológico del testigo T1 y del mejor tratamiento T9

##### 4.1.2.4.1. Dureza y fracturabilidad del testigo T1

Los resultados que se obtuvieron de la prueba dureza se detallan a continuación, la primera prueba T1 se realizó con chocolate endulzado 0 % inulina + 0% taumatina + 30% sacarosa se muestra en la Tabla 27 y la segunda prueba es T9 se realizó con chocolate endulzado con 7,5 % inulina + 22,5% taumatina + 0% sacarosa se muestra en la Tabla 26.

**Tabla 26.** Evaluación reológica T1 testigo con sus respectivas repeticiones.

Ensayo reológico	Repetición	Unidad	Dureza	Fracturabilidad
Análisis reológico T1	R1	g	5120	5120
	R2	g	5349	5349
	R3	g	2639	2639
	R4	g	5309	5309
	R5	g	3544	3544
	R6	g	4988	4988
	R7	g	5997	5997
	R8	g	3578	3578
	R9	g	6058	6058
	R10	g	3615	3615
		Mínimo	2639	2639
		Máximo	6058	6058
		Promedio	4620	4620
		Desviación Estándar	1180	1180

En la Tabla 26 se presenta la dureza y fracturabilidad del T1 presentando un mínimo, máximo y una desviación estándar para una mejor apreciación de los resultados se

amplía la tabla mostrando los mismos de una mejor manera, pudiendo apreciar la pequeña diferencia que existe entre el tratamiento T1.

**Tabla 27.** Evaluación reológica T9 testigo con sus respectivas repeticiones.

Ensayo reológico	Repetición	Unidad	Dureza	Fracturabilidad
Análisis reológico T9	R1	g	7820	7820
	R2	g	5600	5600
	R3	g	5905	5905
	R4	g	7796	7796
	R5	g	5590	5590
	R6	g	8870	8870
	R7	g	7985	7985
	R8	g	4818	4818
	R9	g	9132	9132
	R10	g	6133	6133
		Mínimo	4818	4818
		Máximo	9132	9132
		Promedio	6965	6965
		Desviación estándar	1526	1526

En la Tabla 27 se presenta la dureza y fracturabilidad del T9 presentando un mínimo, máximo y una desviación estándar para una mejor apreciación de los resultados se amplía la tabla mostrando los mismos de una mejor manera, pudiendo apreciar la pequeña diferencia que existe entre el tratamiento T9.

## 4.2. DISCUSIÓN

Esta investigación se realizó con la finalidad de evaluar cómo influye la sustitución de sacarosa por edulcorante taumatina e inulina en las características de una barra de chocolate negro con quinua extruida (*Chenopodium quinoa*).

Se realizó la sustitución de sacarosa por taumatina ya que es un edulcorante natural no calórico de alta potencia, equivalente a 200 000 – 300 000 con relación al dulzor, sin embargo, no tiene la capacidad de aportar la estructura y reología del chocolate por lo que es necesario un agente de carga que brinde estas características que influyen en características sensoriales como el sabor y la textura, siendo uno de los más utilizados la inulina, que además es un agente prebiótico, alto en fibra que estimula el desarrollo de la flora bacteriana del intestino (Palacio et al., 2017).

### 4.2.1. Evaluación sensorial

Con respecto a la evaluación sensorial se realizó el análisis de color, textura, dureza, brillo, fracturabilidad, dulzor, amargor y acidez. Los resultados de los parámetros color, textura, brillo, dureza, fracturabilidad y dulzor indicaron que el tratamiento más aceptado fue T9 (chocolate con 7,5% inulina + 22,5% taumatina + 0% sacarosa) siendo este el tratamiento donde se realizó la sustitución total de la sacarosa por el



edulcorante no calórico taumatina más el agente de carga inulina, mientras que en el parámetro acidez, el tratamiento más aceptado fue T3 (chocolate con 7,5% inulina + 0% taumatina + 22,5% sacarosa) y en el parámetro amargor el más aceptado fue T1 (chocolate con 0% inulina + 0% taumatina + 30% sacarosa). Los resultados indican que la combinación de taumatina con inulina fue precisa aportando el color, textura, brillo, dureza, fracturabilidad y dulzor adecuados del chocolate, sin embargo, la taumatina puede generar una sensación ácida y un amargor residual (Semper, 2019), por lo que los parámetros de acidez y amargor fueron más aceptados en los tratamientos que no poseen taumatina. Por otro lado, la Inulina influye en el color, la sensación en la boca o textura, sabor y la dureza también llamada resistencia a la rotura, la cual se evaluó al morder el chocolate, esta característica tiene una relación directa con la resistencia al daño térmico y físico, la sensación en la boca y la viscosidad plástica. Desde el punto de vista sensorial el uso de inulina en la elaboración de chocolate aumenta la aceptación general del mismo, causando que no diste de las características de un chocolate convencional, sin embargo, se debe tener cuidado que la inulina no se coloque en una mezcla con mucha grasa ya que puede aumentar la dureza y reducir la suavidad debido a su capacidad de absorber humedad (Palacio et al., 2017).

En lo que refiere a brillo y color Palacio et al. (2017) indica que la adición de inulina causa una dispersión de la luz, acelera la caramelización y la reacción de Maillard, generando chocolates más oscuros y brillosos, lo cual fue de mayor agrado para los catadores, además se debe tomar en cuenta que un exceso de tiempo en refrigeración puede opacar el chocolate y reducir el brillo del mismo.

En el estudio de Serrano & Zambrano (2016) quien sustituyó sacarosa por otros edulcorantes no calóricos, se observó que al sustituir sacarosa por baja cantidad de Stevia obtuvieron chocolates con un sabor agradable al paladar, sin embargo, al colocar demasiada stevia identificaron un sabor amargo no tan agradable, por el contrario, al sustituir con sucralosa identificaron fácilmente el sabor del edulcorante lo cual no fue tan agradable, mientras que al sustituir sacarosa por jarabe de yacón, obtuvieron un chocolate más oscuro con una mejor textura y un brillo intenso, siendo el mejor tratamiento de la investigación. Por lo tanto, al comparar los resultados de la investigación con los obtenidos en este estudio, el uso de taumatina con inulina como agente de carga en la elaboración de chocolate resulta que el T9 fue el más

aceptado porque tiene un mejor color, textura, dureza, brillo, fracturabilidad, dulzor, el tratamiento 1 obtuvo amargor y el T3 una acidez.

Por otro lado, Vásquez (2019) realizó la sustitución de sacarosa por Acesulfame K, este edulcorante tiene menor poder edulcorante que la sucralosa y su sabor no se combina con el sabor de chocolate, lo que causó que al catar el chocolate primero se identifique el sabor amargo del chocolate y luego el sabor del edulcorante, lo cual no fue agradable para el catador, y finalmente Semper (2019) ,realizó una sustitución de sacarosa por maltitol, el cual consideró que puede ser una buena alternativa de sustitución de sacarosa, sin embargo altera la textura, sabor e incluso el proceso de elaboración del chocolate. Por lo tanto, al comparar los resultados de las investigaciones con los obtenidos en este estudio, el uso de taumatina con inulina como agente de carga en la elaboración de chocolate resulta una buena opción de sustitución de sacarosa ya que afecta mínimamente a las características sensoriales del producto final. Además, es importante mencionar que la adición de quinua crocante aporta textura, tiene un alto contenido en minerales como el fósforo, el potasio, el magnesio y el calcio, es rica en vitaminas del complejo B, C y E, es rica en aminoácidos, buenos para el desarrollo cerebral, nos aporta proteínas y un sabor único a la barra de chocolate.

#### 4.2.2. Evaluación fisicoquímica

La evaluación fisicoquímica se realizó al mejor tratamiento obtenido de la evaluación sensorial y al testigo, siendo los tratamientos T9 y T1.

Con respecto al porcentaje de humedad, según el Codex Alimentarius, (2016) el porcentaje máximo de humedad debe ser del 7% sin embargo en una investigación realizada por (Sánchez et al., 2016) indica que el valor máximo de humedad debe ser del 3%, lo cual le permitirá tener una mayor vida útil ya que el bajo porcentaje de humedad evita el desarrollo de hongos y otro tipo de microorganismos que afectan la calidad del producto terminado. Los resultados de humedad de esta investigación son menores a 3% con un valor del tratamiento (T1) de 1,26% y del tratamiento (T9) de 1,66%, estando dentro de los límites establecidos. Los resultados son menores a los obtenidos por Vásquez (2019) quien obtuvo un porcentaje de humedad del 4% al utilizar stevia como sustituto de sacarosa, 8% al utilizar sucralosa mientras que Serrano & Zambrano (2016) obtuvieron 7,41% con stevia, 8,13% sucralosa y 10,23% con jarabe de yacón, cuyos valores están fuera de los límites permitidos. Por el contrario, Villegas,

(2018) obtuvo una humedad entre 3 y 4,2% con una sustitución parcial de sacarosa por componentes de jícama y Ruiz (2016) entre 2,24 y 2,71% (chocolate edulcorado con sacarosa). El bajo porcentaje de humedad en este estudio se debe a la alta capacidad de absorción de humedad de la inulina, la cual fue utilizada como agente de carga debido a la sustitución de la sacarosa, en los otros estudios, excepto el de Villegas, realizaron la sustitución de sacarosa sin tomar en cuenta que es necesario el uso de un agente de carga que cumpla la función de la sacarosa sobre las características fisicoquímicas y reológicas del chocolate. Además, el exceso de humedad durante el almacenamiento del chocolate puede provocar la decoloración de la superficie del chocolate, de acuerdo con Rodríguez (2010) el porcentaje de humedad debe ser no mayor a 6,5% ya que valores superiores a 8% serían valores críticos para el desarrollo de mohos durante el almacenamiento.

En lo que refiere a cenizas, el chocolate debe tener un máximo de 7,5% según la norma INEN 623, en este estudio el T1 obtuvo un porcentaje de 3,39 y el T9 de 4,10%, valores que están dentro del límite establecido, similares a los obtenidos por Villegas, (2018) entre 3,25 y 3,5% (chocolate edulcorado con jícama), Serrano & Zambrano (2016) obtuvieron un valor de 2,11% (chocolate edulcorado con stevia, sucralosa y jarabe de yacón) y Ruiz (2016) obtuvo un valor entre 3,06 a 4,42% (chocolate edulcorado con sacarosa). El contenido de cenizas en el chocolate proporciona información sobre la calidad del cacao, el nivel de adulteración y la cantidad de minerales presentes, un cacao de calidad superior tiene valores inferiores al 8% ya que cuando sobrepasa este valor, es un indicador de la presencia de algún adulterante inorgánico. Cada 100g de chocolate puede tener hasta un 20% de hierro, 33% de magnesio, 27% de potasio, 30% de fósforo, 25% cobre y 13% calcio (Villegas, 2018).

La norma INEN 535 (2013), el chocolate debe tener un máximo de grasa 54% , en este estudio el T1 obtuvo un porcentaje 44,10 y T9 48,57% , cuyos valores están dentro del rango establecido en la norma. Por el contrario, Vásquez (2019) obtuvo un contenido de grasa entre 56,2 y 57,7%, mayor valor al de este estudio, a diferencia de Serrano & Zambrano (2016) que obtuvieron 27,92% con sucralosa y 27,17% jarabe de yacón cuyos valores son inferiores a los valores de chocolates comerciales que contienen entre un 30-50% ,obtenidos en esta investigación. Así mismo, Ruiz (2016) quien obtuvo un 24,69 y 24,86% de grasa. El contenido de grasa de la barra está directamente relacionado con el contenido de manteca de cacao que presente la pasta. La

manteca de cacao está formada por 35% de ácido oleico, un 35% de ácido esteárico, y un 25% de ácido palmítico, el 5% restante está formado por diversos ácidos grasos de cadena corta (Vásquez, 2019). El porcentaje de grasa en la barra de chocolate influye en la textura, sabor, y obviamente su contenido calórico, entre mayor porcentaje de grasa posee el chocolate, este presenta más suavidad y cremosidad, aumenta su aporte calórico lo cual influye en la salud del consumidor (Butler, 2021).

#### 4.2.3. Evaluación microbiológica

En lo que refiere a análisis microbiológico, no se encontró unidades formadoras de colonias de coliformes totales, mohos y levaduras, salmonela y E. coli, por lo tanto, se cumplió con los estándares establecidos por la norma (INEN 621, 2010). Por el contrario, el análisis de aerobios mesófilos indicó la presencia de entre 33,33 y 100 ufc/mL, cuyo límite máximo según la norma INEN 621 (2010) es de  $5 \times 10^4$  ufc/mL. Los resultados son similares a los obtenidos por Ruiz (2016), quien obtuvo ausencia de coliformes, E. coli y mohos y levaduras, mientras que en aerobios mesófilos encontraron hasta 3 ufc/g. Por el contrario, Villegas (2018) obtuvo como resultados  $1,7 \times 10^4$  UFC/g, Ausencia de salmonella y coliformes, 50 upc/g de hongos,  $1,8 \times 10^2$  upc/g cuyos valores están dentro de lo establecido por la norma INEN 621. Este tipo de análisis permite verificar que el proceso de producción y almacenamiento cumpla con las condiciones de inocuidad apropiadas, garantizando la seguridad y calidad del producto final. Al realizar el análisis de estos microorganismos se comprobó que se aplicó buenas prácticas de manufactura en el proceso y que el producto no está contaminado con microorganismos patógenos, garantizando la seguridad alimentaria y un producto apto para el consumo humano.

En la barra de chocolate con quinua extruida se realizó las pruebas microbiológicas de coliformes totales, mohos y levaduras, salmonela, aerobios mesófilos y E. coli con el propósito de identificar y restringir los microorganismos dañinos, que pueden estropear los alimentos, o transmitirse a través de ellos, y garantizar la inocuidad frente a las enfermedades transmitida, ya que la salmonella está presente en la pasta de cacao y es de origen fecal humano, es introducida en algún momento del proceso: de las manos de los que desgranar los granos durante el secado.

#### 4.2.4. Evaluación reológica

Se realizó el análisis de los parámetros de dureza y fracturabilidad, utilizando el instrumento TexturePro CT V1.2 Build 9, utilizando fuerza de compresión con 4 mm de penetración, donde el tratamiento 1 o testigo obtuvo una media de 4620 g o 45,3N y el tratamiento 9 obtuvo una media de 6965 g o 68,30N para dureza y fracturabilidad, cuyos valores demuestran que T9 presentó mayor dureza y fracturabilidad que el testigo. En los dos casos, la dureza y fracturabilidad obtuvieron el mismo valor, ya que la fracturabilidad está ligada a la dureza, en este caso su relación fue directa, es decir, a mayor dureza, mayor fracturabilidad. En estudios donde se realizaron análisis reológicos de barras de chocolate negro, Rodríguez (2020) obtuvo entre 5503 y 6070g de dureza, mientras que Martínez (2022) obtuvo 38N, así mismo, Alvis et al. (2011) obtuvo una dureza de 38,3N y una fracturabilidad de 50N. La dureza y fracturabilidad está influenciada por varios factores como: la proporción de ingredientes que se utilizaron, un alto contenido de azúcar en el chocolate permite obtener un chocolate más suave y menos duro, mientras que, al utilizar menos azúcar, la barra puede ser menos dura y quebradiza. Al utilizar edulcorantes no calóricos es necesario utilizar agentes de carga, en este estudio el uso de inulina como agente de carga influyó en la textura de la barra ya que esta permite obtener una barra con textura más cremosa, sin embargo, la inulina también permite capturar y retener la humedad influyendo en la dureza de la misma (Serrano & Zambrano, 2016), el porcentaje de cacao es un factor que influye ya que a mayor porcentaje de cacao y menor azúcar, la barra de chocolate tiende a ser más dura, de igual forma, el contenido de grasa es otro factor, ya que cuando hay una mejor cristalización de la grasa, se presenta un mayor incremento en el esfuerzo de fractura (Alvis et al., 2011), o algunas operaciones en el proceso de elaboración, como el tiempo de conchado, el tiempo y temperatura de enfriamiento y templado, donde la temperatura de templado permite obtener un chocolate más brillante y una dureza óptima con buen quiebre (Cajo, 2021).

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Se obtuvo 9 tratamientos a partir de la interacción de tres porcentajes de taumatina (0%, 11,25%, 22,5%) e inulina (0%, 3,75% y 7,50%) como sustituyentes de sacarosa para una barra de chocolate con el 70% de pasta de cacao y 30% edulcorante, una vez formulada la barra de chocolate se agregó el 35% de quinua.
- Una de las principales características que se generan en el chocolate endulzado con inulina y taumatina es el dulzor, el brillo y la textura que adquiere en el proceso de elaboración, esto no se evidencia en los chocolates endulzados con sacarosa.
- En la evaluación sensorial se realizó el análisis de color, textura, dureza, brillo, fracturabilidad, dulzor, amargor y acidez, donde el tratamiento más aceptado con respecto a color, textura, brillo, dureza, fracturabilidad y dulzor fue T9 (chocolate con 7,5% inulina + 22,5% taumatina + 0% sacarosa) siendo el tratamiento con sustitución total de sacarosa por el edulcorante no calórico taumatina más el agente de carga inulina, mientras que en el parámetro acidez, el tratamiento más aceptado fue T3 (chocolate con 7,5% inulina + 0% taumatina + 22,5% sacarosa) y en el parámetro amargor el más aceptado fue T1 (chocolate con 0% inulina + 0% taumatina + 30% sacarosa).
- Los análisis fisicoquímicos se realizaron al mejor tratamiento (T9) y al testigo (T1) donde los análisis de humedad fueron de 1,60 y 1,40%, grasa 39,87 y 48,64%, cenizas 4,14 y 3,58% para T9 y T1 respectivamente, todos los resultados estuvieron dentro los límites establecidos por la norma INEN 621-623.
- En los análisis microbiológicos se pueden evidenciar mediante la norma INEN 1529 del chocolate al mejor tratamiento (T9) y al testigo (T1) donde los resultados estuvieron dentro del límite de la norma lo cual fue un producto apto para el consumidor.
- Para los análisis reológicos se utilizó un reómetro aplicando una fuerza de compresión con 4mm de penetración, donde el tratamiento 1 o testigo obtuvo

una media de 4620 g o 45,31N y el tratamiento 9 obtuvo una media de 6965g o 68,30N para dureza y fracturabilidad, cuyos valores demuestran que T9 presentó mayor dureza y fracturabilidad que el testigo debido a que la inulina es un agente de carga que nos permite tener una resistencia al daño térmico y físico.

- El uso del 35% de la quinua extruida de acuerdo a la norma INEN 621 estuvo dentro del rango establecido ya que le brindo al chocolate un valor nutricional dándole una mejor aceptación para el consumidor.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- En el proceso de elaboración del chocolate se debe tener en cuenta las temperaturas que se alcanzan al momento de derretir la pasta de cacao debido a que, si sobre pasa los 45°C, puede producirse una cristalización del chocolate provocada por el crecimiento rápido de cristales de la manteca de cacao dando un daño en su brillo y consistencia.
- Un factor muy importante a la hora de temperar el chocolate, es el movimiento imprescindible que se debe realizar en el chocolate una vez que este fundido, ya que, si no se agita, se puede generar grumos indeseables en el chocolate.
- En el proceso de conchado se realiza la reducción del tamaño de las partículas y la microestructura de las partículas se desarrolla en esta etapa, por lo que es importante determinar de manera técnica.
- En el refinador del chocolate se debe tener en cuenta que se lo tiene que curar el refinador para que elimine los sabores ácidos y así obtener una textura fina y fluida, se debe agregar más de un 1kg de pasta de cacao para que nos desgaste la piedras del molino y se debe tener en cuenta que el azúcar se debe agregar despacio para que el molino no haga mucha fuerza y no agregar los demás edulcorantes de una manera constante porque se puede realizar una sola masa , ya que algunos edulcorantes pueden tener diferentes reacciones .
- La conservación de un buen chocolate ya elaborado es a temperatura entre 12 y 20°C y mantenerlo en un lugar oscuro, caso contrario el chocolate se volverá suave y perderá su brillo.
- Para la obtención de un buen producto se debe tener en cuenta las buenas prácticas de manufactura(BPM), para obtener un producto inocuo y de buena calidad.

- Es recomendable realizar un buen control de la calidad de la pasta de cacao y del producto final, verificando cada uno de los procedimientos desde la recepción de la materia prima hasta su empaquetado.
- Se recomienda evaluar distintas concentraciones de quinua extruida para verificar si influye en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y reológicas de la barra del chocolate.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvis, A., Pérez, L., & Arrazola, G. (2011). Determinación de las propiedades de textura de tabletas de chocolate mediante técnicas instrumentales. *Información Tecnológica*, 22(3), 11–18. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642011000300003>
- Butler, N. (2021, May 11). *Chocolate: Beneficios y riesgos para la salud*. Medical News Today. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/chocolate>
- Cajo, M. I. (2021). *Control de calidad en chocolate* (Vol. 1). Editorial Barreto. [https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/705/Control%20de%20calidad%20en%20chocolates\\_Mar%C3%ADa%20Cajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/705/Control%20de%20calidad%20en%20chocolates_Mar%C3%ADa%20Cajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- COVENIN 3585. (2000). *Norma Venezolana. Análogos de chocolates*. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Obtenido de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3585-00.pdf>
- Codex Alimentarius. (2016). *NORMA PARA EL CACAO EN POLVO (CACAO) Y LAS MEZCLAS SECAS DE CACAO Y AZÚCARES*. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B105-1981%252FCXS\\_105s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B105-1981%252FCXS_105s.pdf)
- García, J., Casado, F., Gracia, M., & García, J. (2013). Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación. *Nutrición Hospitalaria*, 28(SUPPL.4). [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112013001000003](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001000003)
- Jácome, W. (2015). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE ELABORACIÓN DE CHOCOLATE NEGRO Y CHOCOLATE CON LECHE A PARTIR DE LICOR DE CACAO PROYECTO [Escuela Politécnica Nacional]*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12608/1/CD-6670.pdf>
- Martínez, J. (2022). *Desarrollo de una barra de chocolate oscuro con adición de harina de cáscara de mandarina Dancy (Citrus reticulata) [Escuela Agrícola Panamericana ZAMORANO]*.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c208eba4-1dde-4a15-91a8-1179a7944e70/content>

NTE INEN 1676. (2013). *Productos derivados de cacao. Determinación de la humedad o pérdida por calentamiento. Método gravimétrico.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1676-1R.pdf>

INEN 621. (2010). *Chocolate. Requisitos*. <https://studylib.es/doc/5080305/nte-inen-0621--chocolates.-requisitos>

NTE INEN 533. (2013). *Cacao (Productos Derivados). Determinación de Ceniza Total.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/533-1R.pdf>

NTE INEN 535. (2013). *CACAO (PRODUCTOS DERIVADOS). DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE GRASA. MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR SOXHLET.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/535-1R.pdf>

NTE INEN 539. (2013). *Cacao (productos derivados) determinación de sólidos no grasos de la leche.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/539-1R.pdf>

Palacio, E., Hurtado, J., Arroyave, J., Cardona, M., & Martínez, G. (2017). *EDULCORANTES NATURALES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE CHOCOLATES. Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial, 15(2).* [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\)142-152](https://doi.org/10.18684/bsaa(15)142-152)

Revelo, A. (2010). *DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE UN SNACK LAMINADO A PARTIR DE QUINUA* [Tesis, ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2351/1/CD-3098.pdf>

Rodríguez, M. (2010). *LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DEL CHOCOLATE.*

Rodríguez, R. (2020). *COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE CHOCOLATES OSCUROS CON INCORPORACIÓN DE ARAZÁ (Eugenia stipitata)* [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. [https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/3173/1/2020\\_Tesis\\_RodriguezPerez.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/3173/1/2020_Tesis_RodriguezPerez.pdf)

Ruiz, U. (2016). "BARRAS DE CHOCOLATE NEGRO CON LA ADICIÓN DE NIBS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN51 COMO UN EXTENSOR ALIMENTICIO." [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2409f135-b94b-4bdf-9190-ca3cd0f752bf/content>

Tigselema, S. (2018). "ELABORACIÓN DE CHOCOLATE DE SIETE CRUCES INTERCLONALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) SELECCIONADOS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LA REPRESA" [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4716/1/T-UTEQ-0232.pdf>

Tuero, L. (2021). MODIFICACIONES REOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES DE CHOCOLATE [Universidad de Oviedo]. [https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/60234/TFM\\_LuciaTuroCollera.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/60234/TFM_LuciaTuroCollera.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Sánchez, Á., Naranjo, J., Córdova, V., Ávalos, D., & Zaldívar, J. (2016). Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México. 2817–2830. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7nspe14/2007-0934-remexca-7-spe14-2817-en.pdf>

Semper, L. (2019). Estrategias para reducir el azúcar en chocolates [Universidad de Zaragoza]. <https://core.ac.uk/download/pdf/289999937.pdf>


Serrano, B., & Zambrano, Y. (2016). ELABORACIÓN DE CONFITERÍA A BASE DE CHOCOLATE CON EDULCORANTES NO CALÓRICOS [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25101/1/TESIS.pdf>

Vásquez, M. C. (2019). EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UNA BARRA DE CHOCOLATE, FORMULADA CON EDULCORANTES NO CALÓRICOS [UDLA]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/11806/1/UDLA-EC-TIAG-2019-38.pdf>

Villegas, M. (2018). Elaboración de una barra de chocolate endulzado con componentes de jícama (*Smallanthus sonchifolius*) para confites "El Salinerito". [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27563/1/AL%20668.p>

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC




**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**ACTA**

**DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



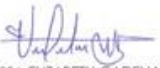
ESTUDIANTE: MORILLO GORDÓN EMILIE LIZBETH	CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401944186
PERIODO ACADÉMICO: 2023B	
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. VANESSA ELIZABETH CADENA MAFLA	DOCENTE TUTOR: MSC. ANA LUCÍA RODRÍGUEZ MACHADO
DOCENTE: Ph.D. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ	
TEMA DEL TIC: "Sustitución de sacarosa por el edulcorante taumatococina e inulina en la elaboración de una barra de chocolate negro con quinua extruida ( <i>Chenopodium quinoa</i> )"	

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,67	Corregir la palabra idea a defender por hipótesis
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,00	
3	METODOLOGÍA	8,67	Considerar las pruebas estadísticas de acuerdo al tipo de datos analizados
4	RESULTADOS	8,00	Revisar las unidades en los resultados reológicos Eliminar las palabras diferencias significativas en el título y enlazarlo en el parámetro que se analiza
5	DISCUSIÓN	8,00	Resalte los resultados de su estudio
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,33	Revisar la conclusión en la cual analiza la calidad, comparar los resultados de aceptación general Determinar de manera más técnica el fin de la etapa de encochado del chocolate, parámetro en recomendaciones
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,67	Revisar la ortografía del documento y de la presentación


Obteniendo una nota de: **8,67** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acotar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su Informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.


Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **Jueves, 30 de noviembre de 2023**



MSC. VANESSA ELIZABETH CADENA MAFLA  
**PRESIDENTE TRIBUNAL**



MSC. ANA LUCÍA RODRÍGUEZ MACHADO  
**DOCENTE TUTOR**



PH.D. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ  
**DOCENTE**

**Anexo 2.** Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
<b>NAME:</b> Morillo Gordon Emelie Lizbeth				
<b>DATE:</b> 13 de diciembre de 2023				
<b>TOPIC:</b> Sustitución de sacarosa por el edulcorante taumatina e inulina en la elaboración de una barra de chocolate negro con quinua extruida (Chenopodium quinoa)				
<b>MARKS AWARDED</b>		<b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b>		
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Játiva Edwín Andrés,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		<b>TOTAL 9</b>	