



UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL (UCI)

MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROGRAMAS SANITARIOS EN INOCUIDAD DE  
ALIMENTOS

DESARROLLO DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO DE ALTO VALOR  
NUTRICIONAL CON GRANOS ANDINOS QUINUA Y AMARANTO DE LA  
PROVINCIA DE CHIMBORAZO, ECUADOR

DENNIS RENATO MANZANO VELA

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MASTER EN GERENCIA DE  
PROGRAMAS SANITARIOS EN INOCUIDAD DE ALIMENTOS

San José, Costa Rica

Abril, 2025

**UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL (UCI)**

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como  
Requisito parcial para optar al grado de Máster en Gerencia de Programas  
Sanitarios en Inocuidad de Alimentos

---

Valentina Franco Gutiérrez

TUTORA

---

Carol Astrid Santacruz Ordóñez

LECTORA

---

Dennis Renato Manzano Vela

SUSTENTANTE

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida quienes, con su amor incondicional, sacrificio y ejemplo han forjado en mí los valores y la perseverancia necesarios para alcanzar mis metas. A mi familia, que ha estado presente en cada etapa de este proceso académico, brindándome su apoyo y comprensión en los momentos más desafiantes. Dedico especialmente este trabajo a las comunidades productoras de Chimborazo, cuya sabiduría ancestral y dedicación al cultivo de granos andinos inspiraron cada página de esta investigación.

## RECONOCIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento en primera instancia a la Organización de Estados Americanos (OEA) ya que gracias a su beca pude ingresar al programa de maestría. A la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI) por brindarme la oportunidad de desarrollar mis conocimientos en el campo de la inocuidad alimentaria. A mi tutora, Valentina Franco Gutiérrez, y a mi lectora, Carol Astrid Santacruz Ordóñez, por su invaluable guía, conocimientos compartidos y retroalimentación oportuna durante todo el proceso de investigación. Agradezco también a la empresa IQ Alimentos por abrir sus puertas y facilitar la realización de este proyecto, así como a los agricultores de las comunidades de San Juan, Colta y Licto, quienes generosamente compartieron sus experiencias y participaron activamente en el desarrollo del producto. Finalmente, mi gratitud a todos los profesores, compañeros y amigos que contribuyeron con sus ideas, apoyo moral y colaboración técnica para hacer posible la culminación exitosa de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
RECONOCIMIENTOS .....	iii
LISTA DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE ABREVIACIONES.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problemática.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 <i>Chenopodium quinoa</i> (Quinua).....	5
2.2 <i>Amaranthus caudatus</i> (Amaranto).....	5
2.3 Acondicionamiento de quinua y amaranto como materias primas para la elaboración de granola .....	6
2.4 Operaciones unitarias de mayor interés para la elaboración de granola .....	7
2.5 Estándares de Inocuidad Alimentaria y Normativas Aplicables .....	8
2.6 Análisis de Riesgos en la Producción de Granola .....	10
2.7 Potencial Agrícola Regional y Políticas de Seguridad Alimentaria.....	12
2.8 IQ Alimentos .....	15
3. MARCO METODOLÓGICO .....	17

3.1 Tipo de Estudio.....	17
3.2 Nivel de Investigación.....	18
3.3 Población y Muestra .....	18
3.4 Temporalidad del Estudio .....	19
3.5 Procesamiento y recolección de datos .....	20
3.6 Procesamiento y Análisis de datos.....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 Caracterización Nutricional de las Materias Primas .....	23
4.1.1 Análisis Proximal de Quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) .....	23
4.1.2 Análisis Proximal de Amaranto ( <i>Amaranthus caudatus</i> ).....	23
4.1.3 Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante.....	24
4.1.4 Análisis de Minerales y Elementos Traza .....	24
4.2 Formulación y Procesamiento de la Granola.....	26
4.2.1 Desarrollo de la Formulación Base .....	27
4.2.2 Diagrama proceso de producción.....	28
4.2.3 Parámetros de Procesamiento .....	30
4.2.3 Características del Producto Final.....	32
4.3 Evaluación Sensorial del Producto .....	35
4.3.1 Prueba Hedónica de Aceptación Global.....	35
4.3.2 Análisis Descriptivo Cuantitativo.....	36
4.3.3 Evaluación de Preferencia y Comparación con Productos Similares ....	37
4.4 Cumplimiento de Normas de Inocuidad Alimentaria .....	37
4.4.1 Análisis Microbiológico y Control de Patógenos.....	37
4.4.2 Proceso de Obtención de la Notificación Sanitaria.....	39

4.4.3 Implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) .....	42
4.4.4 Validación del Proceso y Análisis de Puntos Críticos de Control (HACCP) .....	45
4.4.5 Certificaciones y Estándares Internacionales de Inocuidad .....	48
4.5 Evaluación Económica del Producto .....	49
4.5.1 Costos de Producción .....	50
4.5.2 Análisis de Precios y Punto de Equilibrio .....	51
4.5.3 Rentabilidad y Margen de Ganancia .....	52
4.5.4 Proyección Financiera a 12 Meses .....	53
4.5.5 Viabilidad y Expansión .....	53
5. CONCLUSIONES .....	55
6. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS .....	60
ANEXOS.....	66

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Contenidos Minerales de Quinoa y Amaranto (mg/100g, base seca).....	25
Tabla 2. Formulaciones para el desarrollo de granola .....	26
Tabla 3. Detalle de la formulación de granola (g/100 g, base seca) .....	27
Tabla 4. Análisis físico-químico del producto final.....	33
Tabla 5. Análisis nutricional del producto final.....	34
Tabla 6. Prueba de Aceptación Global del producto .....	35
Tabla 7. Análisis Descriptivo Cuantitativo del producto .....	36
Tabla 8. Evaluación de Preferencia del producto.....	37
Tabla 9. Análisis de PPC (HACCP).....	45
Tabla 10. Costos de materias primas por kilogramo de granola .....	51
Tabla 11. Proyección de ingresos y utilidades a 12 meses (USD) .....	53

## ÍNDICE ABREVIACIONES

**AGROCALIDAD:** Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario

**AOAC:** Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (por sus siglas en inglés)

**APPCC:** Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (siglas en inglés HACCP)

**ARCSA:** Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria

**BPM:** Buenas Prácticas de Manufactura

**CCA:** Comisión del Codex Alimentarius

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)

**GMP:** Good Manufacturing Practices (Buenas Prácticas de Manufactura en inglés)

**HACCP:** Hazard Analysis and Critical Control Points (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en inglés)

**ISO:** Organización Internacional de Normalización (por sus siglas en inglés)

**INIAP:** Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

**NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana

**ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible

**PPR:** Programas Prerrequisito

**RTE:** Reglamento Técnico Ecuatoriano

**SAE:** Servicio de Acreditación Ecuatoriano

**SPSS:** Statistical Package for the Social Sciences (Paquete Estadístico para Ciencias Sociales en inglés)

**UCI:** Universidad para la Cooperación Internacional

**VUE:** Ventanilla Única Ecuatoriana

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación, se enmarca en la necesidad de desarrollar productos alimenticios con altos estándares de nutrición e inocuidad, aprovechando el potencial de los granos andinos quinua y amaranto, cultivados en Chimborazo, Ecuador. Estos cultivos ancestrales, reconocidos por su perfil nutricional único, enfrentan desafíos relacionados con su incorporación a cadenas agroindustriales, la limitada innovación tecnológica y la falta de infraestructura adecuada.

De esta manera, se planteó desarrollar un producto alimenticio de alto valor nutricional a partir de quinua y amaranto, cumpliendo con estándares de inocuidad alimentaria y seguridad nutricional.

La investigación aplicó un enfoque mixto. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos para caracterizar las materias primas. Se diseñó y optimizó la formulación de una granola mediante pruebas piloto en las instalaciones de IQ Alimentos. Finalmente, se evaluaron la aceptación sensorial y la viabilidad del producto a través de pruebas hedónicas.

La granola formulada presentó un perfil nutricional sobresaliente con 16.5% de proteínas y un alto contenido de fibra (8.2%). Los consumidores evaluaron positivamente el sabor (8.4/9) y la textura (8.2/9), destacando su aceptación global. Los análisis microbiológicos confirmaron el cumplimiento de estándares internacionales, garantizando la inocuidad del producto.

El proyecto demuestra que los granos andinos de Chimborazo poseen un alto potencial para el desarrollo de productos funcionales. La granola formulada no solo satisface los requisitos de nutrición e inocuidad, sino que también contribuye al fortalecimiento de las cadenas productivas locales y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, es necesario el implementar certificaciones internacionales de inocuidad como ISO 22000 para acceder a mercados globales.

Palabras clave: Granos andinos, Inocuidad alimentaria, Quinua y amaranto, Seguridad nutricional.

## ABSTRACT

This research work is framed in the need to develop food products with high standards of nutrition and safety, taking advantage of the potential of Andean grains quinoa and amaranth, cultivated in Chimborazo, Ecuador. These ancestral crops, recognized for their unique nutritional profile, face challenges related to their incorporation into agroindustrial chains, limited technological innovation, and lack of adequate infrastructure.

In this way, it was proposed to develop a food product of high nutritional value from quinoa and amaranth, complying with food safety and nutritional security standards.

The research applied a mixed approach. Physicochemical and microbiological analyses were performed to characterize the raw materials. The formulation of a granola was designed and optimized through pilot tests at the IQ Alimentos facilities. Finally, sensory acceptance and product viability were evaluated through hedonic tests.

The formulated granola presented an outstanding nutritional profile with 16.5% protein and high fiber content (8.2%). Consumers positively evaluated the flavor (8.4/9) and texture (8.2/9), highlighting its global acceptance. Microbiological analyses confirmed compliance with international standards, guaranteeing product safety.

The project demonstrates that Andean grains from Chimborazo have high potential for the development of functional products. The formulated granola not only satisfies nutrition and safety requirements but also contributes to strengthening local production chains and fulfilling the Sustainable Development Goals. However, it is necessary to implement international safety certifications such as ISO 22000 to access global markets.

**Keywords:** Andean grains, Food safety, Quinoa and amaranth, Nutritional security

## 1. INTRODUCCIÓN

En el contexto global, los desafíos relacionados con la seguridad alimentaria y la necesidad de productos que cumplan con estándares nutricionales y de inocuidad alimentaria son cada vez más urgentes (Lopez Fernandez et al., 2023). Estos retos se agudizan en regiones vulnerables donde la pobreza, la malnutrición y el limitado acceso a tecnologías alimentarias, representan barreras significativas. La provincia de Chimborazo, ubicada en el corazón de los Andes ecuatorianos (Merizalde Mora et al., 2022), posee una riqueza agroecológica única representada por cultivos tradicionales como la quinua (*Chenopodium quinoa*) y el amaranto (*Amaranthus spp.*). Estos granos no solo han formado parte de la dieta ancestral andina, sino que también presentan un perfil nutricional excepcional, que los posiciona como recursos clave para enfrentar problemáticas de seguridad alimentaria (Valderrama Sánchez, 2024). En este marco, el proyecto “Desarrollo de un Producto Alimenticio de Alto Valor Nutricional con Granos Andinos Quinua y Amaranto de la Provincia de Chimborazo, Ecuador” surge como una propuesta técnica-científica para integrar estos cultivos en un producto innovador que beneficie tanto a la población local como a potenciales mercados nacionales e internacionales.

### 1.1 Antecedentes

La quinua y el amaranto son reconocidos mundialmente por su alto valor nutricional, versatilidad culinaria y potencial para la elaboración de productos funcionales (Ayo, 2001). La quinua contiene proteínas de alto valor biológico, aminoácidos esenciales como lisina y triptófano, y ácidos grasos saludables, mientras que el amaranto es rico en escualeno, antioxidantes y carbohidratos de fácil digestión (Escobar et al., 2024). Históricamente, estos granos fueron pilares en la dieta de las civilizaciones prehispánicas, debido a su capacidad para adaptarse a condiciones climáticas adversas y su alto rendimiento en nutrientes por hectárea cultivada (Beatriz et al., 2022).

Sin embargo, la incorporación de estos cultivos en cadenas agroindustriales enfrenta diversas limitaciones (Espitia-Rangel et al., 2022). Estudios recientes han mostrado que, aunque Ecuador es un productor importante de quinua y amaranto, su transformación en alimentos procesados sigue siendo incipiente (Dueñas Quintero, 2014). Esto se debe en parte a la falta de investigación orientada al desarrollo de productos funcionales y a la ausencia de infraestructura tecnológica adecuada. Además, el desconocimiento sobre las propiedades bioactivas y su rol en la prevención de enfermedades crónicas ha limitado su comercialización en mercados internacionales (Alandia et al., 2020). A nivel local, la población aún consume estos granos en formas tradicionales, sin aprovechar al máximo su potencial (Casas Moreno et al., 2015).

## **1.2 Problemática**

A pesar del reconocimiento del valor nutricional de la quinua y el amaranto, su aprovechamiento en Chimborazo presenta múltiples desafíos. Uno de los principales problemas, radica en la ausencia de procesos tecnológicos que permitan la transformación de estos granos en productos de alto valor agregado, listos para competir en mercados exigentes (González et al., 2024). Además, existe una brecha significativa en el cumplimiento de normativas de inocuidad alimentaria, lo que limita la aceptación de estos productos en mercados internacionales. Este problema se agrava con la falta de conocimiento técnico-científico en comunidades productoras, quienes, aunque poseen experiencia en el cultivo, carecen de formación en procesamiento industrial y comercialización (Filloi Mazo, 2023).

Por otro lado, las tasas de desnutrición y malnutrición siguen siendo preocupantes en Chimborazo, donde la incidencia de desnutrición crónica en este grupo poblacional alcanza el 27,2%, una de las más altas a nivel nacional, especialmente en poblaciones rurales (Vásquez & Benavides, 2020). Esto resalta la necesidad de crear productos alimenticios que no solo sean nutritivos, sino también accesibles y culturalmente aceptables. Si bien la quinua y el amaranto tienen el potencial de

contribuir significativamente a la seguridad alimentaria, la falta de innovación en su procesamiento y comercialización limita su impacto en las dietas locales y en la (Alulema Moncayo et al., 2023) economía regional.

### **1.3 Justificación**

Este proyecto es altamente relevante debido a la necesidad de desarrollar alimentos que integren innovación, valor nutricional y cumplimiento de estándares internacionales de inocuidad. La elaboración de un producto alimenticio basado en quinua y amaranto, no solo responde a las necesidades alimentarias de Chimborazo, sino que también representa una oportunidad estratégica para diversificar la oferta de alimentos funcionales en mercados nacionales e internacionales. Además, este proyecto permite el fortalecimiento de las capacidades técnicas y económicas de los agricultores locales, quienes son actores fundamentales en la cadena productiva de estos granos (López Fernández et al., 2023).

Desde un enfoque global, la propuesta contribuye directamente al cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el ODS 2 (Hambre Cero), al aumentar la oferta de alimentos nutritivos, y el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), al promover sistemas agroalimentarios sostenibles. Este proyecto también tiene un impacto significativo en la economía local, al fomentar prácticas agrícolas sostenibles y mejorar la competitividad de los productos andinos en mercados globales (Filloi Mazo, 2023).

### **1.4 Objetivos**

#### **General**

Desarrollar un producto alimenticio de alto valor nutricional utilizando quinua y amaranto, provenientes de la provincia de Chimborazo, Ecuador, que cumpla con los estándares de inocuidad alimentaria y contribuya a la seguridad alimentaria de la región.

**Específicos**

Encontrar las propiedades nutricionales y beneficios para la salud de la quinua y el amaranto cultivados en Chimborazo, para determinar el potencial funcional como ingredientes del producto a desarrollar

Elaborar una formulación del producto alimenticio propuesto, para que se maximice el valor nutricional

Evaluar la viabilidad técnica y económica del producto alimenticio propuesto, para el sondeo del contexto del mercado local y potencial internacional.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 *Chenopodium quinoa* (Quinua)

La quinua presenta una composición nutricional excepcional caracterizada por un perfil proteico completo con presencia de todos los aminoácidos esenciales, destacándose particularmente la lisina (5.6g/100g de proteína) y la metionina (2.4g/100g de proteína) (Gutiérrez & Mollinedo Portugal, 2022). El contenido proteico oscila entre 13.81% y 21.9% dependiendo de la variedad ecotípica. La fracción lipídica contiene aproximadamente 63% de ácidos grasos poliinsaturados, con predominancia del ácido linoleico y  $\alpha$ -linolénico (Rodríguez-González et al., 2023).

Los carbohidratos representan entre 67-74% de la materia seca, con un índice glucémico moderado ( $53 \pm 2$ ) debido a la estructura semicristalina de sus gránulos de almidón. El contenido de fibra dietética total, oscila entre 7-9.7g/100g, siendo predominantemente insoluble (78%). Minerales: Fe (4.57mg/100g), Zn (3.3mg/100g), Mg (197mg/100g) y Vitaminas: E (2.44mg/100g), B1 (0.3mg/100g), B2 (0.3mg/100g), C (4.0mg/100g) (Urdanegui et al., 2021)

### 2.2 *Amaranthus caudatus* (Amaranto)

El amaranto exhibe un contenido proteico superior (15-18%) al de los cereales convencionales, con un perfil aminoacídico optimizado por su alto contenido de lisina (6.2-6.7g/100g de proteína) y triptófano (1.5g/100g de proteína). La fracción lipídica (6-8%) presenta un contenido significativo de escualeno (4.2-8.0%), compuesto bioactivo con propiedades antioxidantes (Monroy-Pedroza et al., 2021).

Los carbohidratos constituyen 65-75% de la materia seca, destacándose por su contenido de almidón resistente (7.8%) y fibra dietética (8.1-9.3g/100g). Los

compuestos bioactivos incluyen polifenoles (flavonoides y ácidos fenólicos) con capacidad antioxidante (Ayala-Garay et al., 2016).

### **2.3 Acondicionamiento de quinua y amaranto como materias primas para la elaboración de granola**

El acondicionamiento de materias primas constituye una etapa fundamental en la elaboración de granola enriquecida con granos andinos, donde el control de parámetros fisicoquímicos iniciales determina significativamente la calidad del producto final. La quinua (*Chenopodium quinoa*) y el amaranto (*Amaranthus caudatus*) requieren un proceso de acondicionamiento específico debido a sus características morfológicas y composicionales únicas (Zabala Vizuetete et al., 2022).

La eliminación de saponinas en la quinua representa un paso crítico preliminar, requiriendo un proceso de desaponificación que puede realizarse por vía húmeda o seca. El método húmedo implica el lavado con agua a temperatura controlada (15-20°C) hasta alcanzar un contenido residual de saponinas inferior a 0.11%, medido mediante el método espectrofotométrico con longitud de onda de 528 nm. El método seco, mediante escarificación abrasiva, presenta ventajas operativas al reducir el uso de agua y tiempo de secado posterior (Kamizake et al., 2003).

El control de humedad inicial resulta crítico para las operaciones subsecuentes. Los granos andinos deben acondicionarse hasta alcanzar una humedad entre 11-12%, determinada mediante métodos gravimétricos estandarizados (AOAC 925.10). Este rango de humedad optimiza las operaciones posteriores de molienda y tratamiento térmico, previniendo la formación excesiva de finos durante la reducción de tamaño y garantizando una gelatinización controlada durante el procesamiento térmico (Ivanova et al., 2015).

## **2.4 Operaciones unitarias de mayor interés para la elaboración de granola**

La caracterización granulométrica del grano expandido se lleva a cabo mediante un análisis detallado de la distribución del tamaño de partícula, lo que permite determinar parámetros clave como el D50 y la dispersión granulométrica. Para garantizar la homogeneidad en el producto final, el coeficiente de uniformidad (Cu) debe mantenerse por debajo de 2.5, evitando la segregación de partículas y asegurando una estructura uniforme en la granola. La expansión del grano, tanto de quinua como de amaranto, es un proceso crítico que mejora la textura y digestibilidad del producto. Se realiza mediante un tratamiento térmico controlado, donde se establecen temperaturas de  $180 \pm 5^\circ\text{C}$  para la quinua y  $170 \pm 5^\circ\text{C}$  para el amaranto, con tiempos de exposición de 3-4 segundos y 2-3 segundos, respectivamente (Chopra et al., 2018).

El mezclado de los ingredientes secos y líquidos se lleva a cabo en un sistema de mezcla de doble cinta, asegurando la distribución uniforme de los componentes. En esta fase, la miel y el aceite de girasol alto oleico se incorporan progresivamente mediante un sistema de aspersion controlada para evitar la formación de grumos y garantizar una cobertura homogénea de los ingredientes secos. La velocidad de mezclado y el tiempo de incorporación se regulan para prevenir la segregación de partículas y mejorar la estabilidad del producto.

El horneado se realiza en un horno de convección forzada con control de temperatura y humedad. La temperatura establecida es de  $140 \pm 2^\circ\text{C}$ , con un tiempo de residencia de 22 minutos, lo que permite el desarrollo de reacciones de Maillard controladas, esenciales para mejorar el sabor y el color del producto final. Además, este proceso contribuye a la inactivación enzimática de lipasas y peroxidasas, lo que previene la rancidez y prolonga la vida útil del producto (Aguilar Delgado et al., 2022).

El enfriamiento es una etapa fundamental para estabilizar la textura y prevenir la reabsorción de humedad. Se realiza en una cámara con control ambiental, reduciendo gradualmente la temperatura hasta 25°C a una tasa de 2.5°C/min. Durante este proceso, la humedad relativa se mantiene en 45% mediante un sistema de deshumidificación activa, lo que garantiza que la actividad de agua ( $a_w$ ) del producto final permanezca por debajo de 0.6, evitando el crecimiento de microorganismos y prolongando su estabilidad microbiológica (Juan et al., 2015).

Finalmente, la gestión de la actividad de agua durante el acondicionamiento del producto se fundamenta en el establecimiento de isoterms de sorción, determinadas mediante el método gravimétrico dinámico, empleando sales saturadas para generar atmósferas de humedad relativa controlada (11-85%) (Chopra et al., 2018). Este control es clave para mantener la textura crujiente y prevenir la formación de aglomerados indeseados en la granola.

## **2.5 Estándares de Inocuidad Alimentaria y Normativas Aplicables**

El marco regulatorio para la producción de granola enriquecida con granos andinos, integra múltiples niveles normativos que garantizan la inocuidad y calidad del producto final. La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), establece mediante la Normativa Técnica Sanitaria NTS-INEN 022 los requisitos específicos para alimentos procesados, fundamentando sus criterios en evidencia científica actualizada y estándares internacionales reconocidos (ARCSA, 2014).

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2595:2011, específica para granolas, determina los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir el producto. Esta normativa establece límites máximos para humedad (12%), proteína (mínimo 8%), fibra (mínimo 3%), y criterios microbiológicos incluyendo aerobios mesófilos (<104 UFC/g), coliformes (<10 UFC/g), y ausencia de Salmonella en 25g.

La actualización de 2018 incorpora consideraciones específicas para productos enriquecidos con granos andinos, reconociendo su valor nutricional diferenciado (Andrés et al., 2019).

En el contexto internacional, el Codex Alimentarius, mediante su norma CODEX STAN 154-1985 (Rev. 2019), proporciona directrices fundamentales para cereales y productos derivados. Esta norma define parámetros críticos como el contenido máximo de micotoxinas (aflatoxinas totales  $\leq 4 \mu\text{g}/\text{kg}$ ), metales pesados (plomo  $\leq 0.2 \text{ mg}/\text{kg}$ , cadmio  $\leq 0.1 \text{ mg}/\text{kg}$ ) y residuos de plaguicidas según los límites máximos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius (Cordero-Ahiman & Cordero-Ahiman, 2022).

La implementación del sistema HACCP, requerido por la regulación ecuatoriana mediante la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG, debe considerar las particularidades del procesamiento de granos andinos. Los puntos críticos de control específicos, incluyen la recepción de materias primas (control de humedad y micotoxinas), el tratamiento térmico (parámetros tiempo-temperatura para garantizar inocuidad microbiológica) y el enfriamiento/envasado (prevención de recontaminación).

El Reglamento Sanitario de Etiquetado de Alimentos Procesados (RTE INEN 022), establece requisitos específicos para la declaración de propiedades nutricionales y saludables. La inclusión de quinua y amaranto permite declaraciones específicas sobre contenido proteico y presencia de aminoácidos esenciales, siempre que se cumplan los criterios establecidos en la normativa (Andrés et al., 2019).

La certificación ISO 22000:2018, proporciona un marco integral para la gestión de inocuidad alimentaria, integrando los principios HACCP con programas prerrequisito operacionales (PPRs) específicos para el procesamiento de cereales. La norma

enfatisa el enfoque basado en riesgos y la necesidad de validación científica de las medidas de control implementadas (Jara & Herrera, 2020).

Los requisitos de trazabilidad, establecidos por la normativa ecuatoriana y alineados con estándares internacionales (ISO 22005:2007), exigen la implementación de sistemas que permitan el seguimiento del producto desde la recepción de materias primas hasta la distribución final. La documentación debe incluir registros de proveedores certificados, parámetros de proceso, resultados de monitoreo microbiológico y químico, y datos de distribución (Mendoza-Balcázar et al., 2020).

El cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), regulado por la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG, requiere consideraciones específicas para el procesamiento de granos andinos. El diseño sanitario de equipos, la validación de procedimientos de limpieza y desinfección, y el control de alérgenos son aspectos críticos que deben documentarse y verificarse periódicamente (Zapata et al., 2024).

La validación de procesos, fundamental para demostrar el cumplimiento normativo, debe seguir protocolos estandarizados que incluyan estudios de distribución térmica, penetración de calor y validación microbiológica. Los estudios de vida útil deben considerar tanto aspectos de inocuidad como de calidad, estableciendo especificaciones basadas en evidencia científica y validación experimental (Cordero-Ahiman & Cordero-Ahiman, 2022).

## **2.6 Análisis de Riesgos en la Producción de Granola**

La gestión de riesgos microbiológicos en la producción de granola, requiere un enfoque sistemático que considere la ecología microbiana específica de cada ingrediente. Las especies de Salmonella representan un riesgo particular, debido a su capacidad de supervivencia en condiciones de baja actividad de agua, característica de los cereales secos. Estudios específicos en matrices similares, han

demostrado que algunas cepas pueden permanecer viables hasta 12 meses en productos con  $a_w < 0.4$ . La prevalencia de *Bacillus cereus* en cereales andinos como la quinua y el amaranto oscila entre  $10^2$  y  $10^4$  UFC/g en materia prima, siendo necesario un control estricto durante el procesamiento para prevenir la germinación de esporas (Sánchez Díaz, 2017).

Los hongos filamentosos, particularmente especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, representan un riesgo dual: por un lado, el deterioro organoléptico del producto y por otro, la potencial de producción de micotoxinas. La dinámica de crecimiento fúngico está fuertemente influenciada por factores intrínsecos como la actividad de agua y el pH, así como por factores extrínsecos como la temperatura y la composición de la atmósfera de almacenamiento. Las investigaciones han demostrado que mantener la  $a_w$  por debajo de 0.65, inhibe efectivamente el crecimiento fúngico, aunque algunas especies xerofílicas pueden desarrollarse en condiciones más restrictivas (Gianella et al., 2014).

La formación de acrilamida durante el procesamiento térmico, representa un desafío particular en productos tipo granola debido al alto contenido de asparagina libre en los cereales y las condiciones de proceso (temperaturas  $>120^\circ\text{C}$ ). Los estudios cinéticos han demostrado que la formación de acrilamida sigue una cinética de pseudo-primer orden, con una energía de activación aproximada de 40 kJ/mol. La modulación del pH mediante la selección apropiada de ingredientes, puede reducir significativamente la formación de acrilamida, siendo óptimo un rango de pH entre 4.5 y 5.5 (Palacios Sanguano & Serrano Moya, 2015).

Las micotoxinas, particularmente aflatoxinas y ocratoxinas, presentan estabilidad térmica considerable, persistiendo parcialmente incluso después del tratamiento térmico convencional. Los datos experimentales indican que el procesamiento térmico típico de granola ( $150^\circ\text{C}/20\text{min}$ ), reduce el contenido de aflatoxinas en aproximadamente 40-50%, mientras que las ocratoxinas muestran una reducción

menor, del orden del 20-30%. La prevención de la contaminación por micotoxinas, debe enfocarse principalmente en el control de las condiciones de cultivo y almacenamiento de materias primas (Palacios Sanguano & Serrano Moya, 2015).

La implementación de sistemas de control preventivo, requiere un enfoque multibarrera que integre controles en diferentes etapas del proceso. El monitoreo de humedad en materias primas mediante técnicas no destructivas, como espectroscopía NIR, permite la detección temprana de condiciones favorables para el crecimiento microbiano. Los estudios de validación han demostrado que la precisión de estas técnicas alcanza  $\pm 0.2\%$  en el rango de interés (8-14% de humedad) (Román Gamboa, 2017).

## **2.7 Potencial Agrícola Regional y Políticas de Seguridad Alimentaria**

La provincia de Chimborazo, ubicada en la región central andina del Ecuador, presenta condiciones agroecológicas excepcionales para el cultivo de quinua y amaranto. Las características edafoclimáticas de la región, caracterizada por altitudes entre 2.500 y 3.500 msnm, precipitaciones anuales de 500-800 mm, y temperaturas medias de 8-16°C, proporcionan un entorno óptimo para el desarrollo de estos cultivos ancestrales. Los suelos predominantemente andisoles y mollisoles, con pH entre 5.5 y 7.0, presentan contenidos significativos de materia orgánica (3-5%) y adecuada capacidad de retención de agua (Castro-Albán et al., 2023).

La adaptabilidad genética de las variedades locales de quinua, particularmente INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado, ha demostrado rendimientos sostenibles entre 1.8-2.5 t/ha bajo sistemas de producción tradicional. El amaranto, principalmente la variedad INIAP Alegría, presenta rendimientos promedio de 1.5-2.0 t/ha. Estos niveles productivos se sustentan en la resistencia natural a

condiciones de estrés abiótico, particularmente sequía y heladas, características comunes en la región andina (INIAP, 2010).

La disponibilidad de recursos hídricos, provenientes de los sistemas de riego comunitarios y el deshielo de glaciares del Chimborazo, garantiza el suministro de agua para la producción agrícola. Los sistemas de riego por aspersión y goteo, implementados mediante programas de desarrollo rural, han mejorado la eficiencia en el uso del agua, alcanzando valores superiores al 75% en comparación con sistemas tradicionales.

La implementación de sistemas agroecológicos en la región ha demostrado beneficios significativos en términos de sostenibilidad y productividad. La rotación de cultivos, incorporando leguminosas como haba y chocho, contribuye al mejoramiento de la fertilidad del suelo mediante fijación biológica de nitrógeno, estimada en 80-120 kg N/ha/año. Los sistemas de terrazas y barreras vivas, prácticas ancestrales andinas, reducen la erosión del suelo en pendientes pronunciadas, manteniendo pérdidas de suelo por debajo de 5 t/ha/año (Vargas et al., 2018).

La biodiversidad asociada a los sistemas tradicionales de cultivo facilita el control biológico de plagas y enfermedades. La presencia de enemigos naturales reduce significativamente las poblaciones de insectos plaga como *Eurysacca melanocampta* en quinua y *Spoladea recurvalis* en amaranto, minimizando la necesidad de control químico (Muñoz Jáuregui, 2013).

El marco político ecuatoriano, fundamentado en la Constitución de 2008 y la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (LORSA), establece directrices específicas para el fomento de la producción de cultivos ancestrales. El Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025 incorpora objetivos estratégicos para la

diversificación productiva y el fortalecimiento de cadenas agroalimentarias basadas en cultivos andinos (Cordero-Ahiman & Cordero-Ahiman, 2022).

Las políticas de incentivo incluyen programas de mejoramiento genético participativo, dirigidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que han desarrollado variedades mejoradas adaptadas a las condiciones locales. El acceso a crédito productivo, mediante líneas específicas del BanEcuador, facilita la adopción de tecnologías apropiadas y la mejora de infraestructura productiva (Peralta I. et al., 2014).

La implementación del Sistema Nacional de Inocuidad Alimentaria, integra normativas específicas para la producción primaria de granos andinos, estableciendo requisitos de buenas prácticas agrícolas y trazabilidad. Los programas de certificación orgánica y de comercio justo han permitido acceder a mercados diferenciados, mejorando los ingresos de los productores en un 25-30% en comparación con canales convencionales (Jara & Herrera, 2020).

Las políticas de investigación y desarrollo tecnológico, coordinadas por la SENESCYT, priorizan proyectos enfocados en la caracterización nutricional y funcional de variedades locales, así como en el desarrollo de productos con valor agregado. La inversión en infraestructura de postcosecha y procesamiento ha reducido las pérdidas postcosecha del 25% al 12% en los últimos cinco años (Andrés et al., 2019).

La articulación de estos elementos políticos y técnicos, ha generado un entorno favorable para el desarrollo sostenible de la cadena productiva de granos andinos en la región, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria y al desarrollo rural integral.

## 2.8 IQ Alimentos

IQ Alimentos, establecida en 2019 en la ciudad de Riobamba, surge como una iniciativa empresarial orientada al desarrollo y producción de alimentos nutricionales, fundamentando su filosofía en la valorización de materias primas ancestrales y el fortalecimiento de cadenas productivas locales. La empresa se constituye como una respuesta a la creciente demanda de productos alimenticios que combinen innovación tecnológica con tradición agrícola andina.

El desarrollo empresarial de IQ Alimentos, se ha caracterizado por la implementación progresiva de sistemas de gestión de calidad y la adopción de tecnologías apropiadas para el procesamiento de granos andinos. La inversión inicial en infraestructura y equipamiento permitió establecer una planta procesadora con capacidad de 500 kg/día, empleando 15 personas de la localidad.

La empresa, ha desarrollado un modelo de negocio inclusivo que integra verticalmente la cadena de valor, estableciendo alianzas estratégicas con asociaciones de productores de quinua y amaranto en las comunidades de San Juan, Colta y Licto. Este modelo garantiza precios justos a los productores, superando en un 15-20% los precios del mercado convencional, y asegura la trazabilidad de las materias primas mediante un sistema de certificación participativa.

La vinculación comunitaria se fortalece mediante programas de capacitación técnica en buenas prácticas agrícolas y manejo postcosecha, beneficiando a más de 200 familias productoras. La empresa ha implementado un sistema de anticipos de cosecha y apoyo técnico que ha permitido incrementar la productividad agrícola en un 30% desde su implementación.

La empresa ha generado una línea de productos nutricionales que incluye granolas enriquecidas, barras energéticas y snacks saludables, todos elaborados con un

mínimo de 30% de granos andinos. La formulación de estos productos se fundamenta en estudios de biodisponibilidad de nutrientes y evaluación de propiedades funcionales.

La implementación de sistemas automatizados de control de proceso ha permitido estandarizar las operaciones críticas, reduciendo la variabilidad en parámetros de calidad y mejorando la eficiencia energética en un 25%.

La empresa ha implementado un sistema de gestión ambiental que incluye:

- Reducción del consumo de agua mediante sistemas de recirculación y tratamiento
- Aprovechamiento de subproductos para la elaboración de compost
- Implementación de energía solar térmica para procesos de secado
- Reducción de la huella de carbono mediante optimización logística

IQ Alimentos ha establecido un plan estratégico 2024-2029 que contempla:

- Ampliación de la capacidad productiva
- Desarrollo de nuevas líneas de productos funcionales
- Certificación internacional de procesos
- Expansión a mercados internacionales en la región andina
- Implementación de un centro de investigación en alimentos andinos

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la empresa IQ Alimentos, ubicada en la ciudad de Riobamba, Ecuador. Fundada en 2019, IQ Alimentos se especializa en el desarrollo de alimentos nutricionales que integran materias primas ancestrales como la quinua y el amaranto, mediante un enfoque de innovación tecnológica y valorización de la tradición agrícola andina. Este contexto empresarial proporcionó las condiciones ideales para la ejecución del estudio, orientado al desarrollo de una granola de alto valor nutricional.

#### **3.1 Tipo de Estudio**

El presente trabajo corresponde a una investigación aplicada, ya que su propósito principal fue generar un impacto directo en el ámbito práctico mediante la creación de un producto alimenticio innovador, basado en los granos andinos quinua y amaranto, que no solo respete su tradición cultural, sino que también incorpore avances tecnológicos y científicos. Este tipo de investigación, se orienta a la resolución de problemas concretos, en este caso, la necesidad de diversificar la oferta alimenticia de alto valor nutricional en el mercado local e internacional, fortaleciendo al mismo tiempo las cadenas productivas locales.

La investigación integró un enfoque mixto, que permitió abordar las complejidades del problema desde múltiples dimensiones. En el aspecto cuantitativo, se utilizaron análisis experimentales rigurosos para caracterizar las propiedades fisicoquímicas y bioactivas de las materias primas, evaluar las características del producto final y realizar estudios estadísticos sobre la aceptación del consumidor. Por otro lado, el enfoque cualitativo permitió comprender las dinámicas socioculturales y económicas de las comunidades productoras, así como las percepciones y necesidades de los consumidores potenciales.

### **3.2 Nivel de Investigación**

El nivel de investigación, se ubica entre el descriptivo y el explicativo, ya que el estudio no solo documentó y analizó las características esenciales de las materias primas, como su composición nutricional y sus propiedades funcionales, sino que también exploró las relaciones causales entre estas propiedades, las condiciones del proceso de elaboración y las respuestas sensoriales de los consumidores. El enfoque descriptivo permitió detallar aspectos específicos de los granos andinos utilizados, como su contenido de proteínas, minerales y antioxidantes, así como las condiciones ideales para su procesamiento. Por su parte, el enfoque explicativo permitió identificar cómo estas características influían en la calidad y aceptación del producto final.

Este nivel de investigación resultó crucial para entender los mecanismos subyacentes que aseguran la viabilidad técnica, económica y sensorial del producto. A través de un análisis causal, se determinaron las interacciones entre variables como temperatura de horneado, tiempo de mezclado y concentración de ingredientes, las cuales impactaron directamente en la textura, sabor y estabilidad de la granola.

### **3.3 Población y Muestra**

La población del estudio estuvo conformada por la producción de quinua y amaranto en las comunidades de San Juan, Colta y Licto, las cuales mantienen una relación directa con IQ Alimentos a través de un modelo de negocio inclusivo basado en precios justos y prácticas agrícolas sostenibles. En conjunto, estas comunidades generan aproximadamente 25 toneladas anuales de estos granos, asegurando un suministro estable y diversificado para el desarrollo del producto. Adicionalmente, la población incluyó a consumidores locales y nacionales, quienes participaron en

pruebas sensoriales y encuestas de aceptación del producto, proporcionando información clave sobre su viabilidad comercial.

Para la selección de la muestra, se utilizó un muestreo estratificado, que permitió obtener representaciones equilibradas de las diferentes variedades de quinua y amaranto disponibles. Esto incluyó aspectos como altitud de cultivo, prácticas de manejo postcosecha y variedades específicas de cada grano. Se recolectaron 20 kilogramos de cada grano para las pruebas de formulación.

En el componente sensorial, se utilizó un muestreo por conveniencia para seleccionar a los participantes de las pruebas de aceptación. Se reclutaron consumidores locales con familiaridad en el consumo de granos andinos, así como consumidores nacionales interesados en productos funcionales y saludables. Este enfoque permitió captar perspectivas diversas sobre la calidad del producto y sus posibilidades de éxito en el mercado.

### **3.4 Temporalidad del Estudio**

El proyecto tuvo una temporalidad definida entre junio de 2023 y diciembre de 2023, abarcando un período de seis meses que permitió una ejecución integral del proceso investigativo. Durante este tiempo, se llevaron a cabo de manera secuencial y estructurada las distintas etapas de la investigación, comenzando con la caracterización de las materias primas, seguida de la formulación y optimización del producto, y culminando con la evaluación de su viabilidad técnica, económica y sensorial.

En la primera etapa, desarrollada entre junio y agosto de 2023, se priorizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los granos andinos, con énfasis en el contenido nutricional y la identificación de compuestos bioactivos clave. Esta etapa también incluyó la recolección y selección de las muestras provenientes de

las comunidades de San Juan, Colta y Licto, asegurando condiciones óptimas de almacenamiento para preservar su calidad.

La segunda etapa, entre septiembre y octubre de 2023, estuvo dedicada a la formulación y optimización de la granola. Durante este período se llevaron a cabo pruebas piloto en las instalaciones de IQ Alimentos, ajustando las proporciones de ingredientes y perfeccionando los parámetros de procesamiento, como temperatura y tiempo de horneado. Asimismo, se realizaron pruebas sensoriales preliminares con consumidores seleccionados, cuyos resultados orientaron la mejora del producto.

Finalmente, entre noviembre y diciembre de 2023, se realizaron las pruebas finales de validación del producto y el análisis estadístico de los datos recopilados. Durante esta última etapa, se evaluaron aspectos críticos como la estabilidad del producto, su aceptación sensorial y la viabilidad económica, asegurando que la granola cumpliera con los estándares de calidad e inocuidad necesarios para su comercialización.

### **3.5 Procesamiento y recolección de datos**

La investigación se estructuró en tres etapas principales:

- Caracterización de las materias primas:

Se realizaron análisis fisicoquímicos para determinar el contenido de macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (hierro, magnesio, zinc) mediante técnicas como espectrofotometría de absorción atómica y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Para la determinación de compuestos bioactivos, se cuantificó el contenido fenólico total mediante el método de Folin-Ciocalteu utilizando ácido gálico como estándar, expresando los resultados en mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra (mg GAE/100g). La

capacidad antioxidante se evaluó mediante dos ensayos complementarios: el método DPPH y ABTS, expresando los resultados en  $\mu\text{mol}$  de equivalentes ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ ).

- Diseño y formulación de la granola:

Se realizaron pruebas piloto en la planta procesadora de IQ Alimentos, para estandarizar la proporción de ingredientes y optimizar la textura y sabor. Las formulaciones fueron evaluadas en función de su perfil nutricional. Dentro del proceso se consideró la expansión de los granos andinos (quinua y amaranto), mediante un proceso térmico buscando el incrementar su volumen y mejorar las características organolépticas. Posteriormente, se procedió con las pruebas de mezclado para garantizar la homogeneidad de la mezcla. El horneado se realizó bajo condiciones controladas de temperatura. Finalmente, el enfriamiento se llevó a cabo en una cámara con humedad relativa controlada.

En el análisis microbiológico de las materias primas y del producto final, se implementaron pruebas conforme a las directrices del Codex Alimentarius para determinar la carga bacteriana total y detectar patógenos específicos. Para la detección de *Salmonella* spp., se utilizó el método de enriquecimiento en Caldo Peptonado Tamponado (BPW) con posterior cultivo en medios selectivos, siguiendo la norma ISO 6579-1:2017. La detección de *Escherichia coli* se realizó mediante Agar MacConkey con MUG, conforme a la norma ISO 16649-2:2001. El recuento de aerobios mesófilos se efectuó a 30°C según la norma ISO 4833-1:2013; y para la detección de mohos y levaduras se empleó Agar (SDCA), de acuerdo con la norma ISO 21527-1:2008. Estas técnicas microbiológicas corresponden a los métodos recomendados en el Codex Alimentarius CAC/GL 50-2004 para el muestreo y análisis microbiológico de alimentos, garantizando así la inocuidad del producto final a través de procedimientos estandarizados internacionalmente.

- Evaluación de viabilidad y aceptación:

Se llevó a cabo un análisis de costos de producción, incorporando el precio de las materias primas, la eficiencia energética de los procesos y los costos de empaque.

La aceptación sensorial del producto, se evaluó mediante pruebas hedónicas con consumidores locales y nacionales. Estas pruebas incluyeron una escala de 9 puntos para medir parámetros como sabor, textura, aroma y apariencia.

### **3.6 Procesamiento y Análisis de datos**

- Entrevistas semiestructuradas a productores de quinua y amaranto, para explorar las prácticas agrícolas y las percepciones sobre el impacto del proyecto en la cadena de valor.
- Pruebas sensoriales y análisis descriptivo cuantitativo (QDA) para evaluar la calidad organoléptica de la granola y su aceptación por parte del consumidor.
- Encuestas estructuradas aplicadas a consumidores potenciales para identificar preferencias de compra y valorar la percepción de beneficios nutricionales.

El procesamiento de los datos experimentales se llevó a cabo mediante herramientas de software como SPSS y R, que permitieron realizar análisis estadísticos, como análisis de varianza (ANOVA) para comparar formulaciones y modelos de regresión para identificar factores que influían en la aceptación del producto. Los resultados se complementaron con técnicas de análisis multivariante, para correlacionar los atributos sensoriales con las propiedades fisicoquímicas del producto.

Los resultados obtenidos, se presentaron aplicando estadística descriptiva mediante gráficos y tablas que facilitaron la interpretación, para la toma de decisiones estratégicas en IQ Alimentos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracterización Nutricional de las Materias Primas

#### 4.1.1 Análisis Proximal de Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

Los análisis proximales realizados a las muestras de quinoa, evidenciaron un contenido proteico que osciló entre el 14.8% y el 16.3% (base seca), cifras que superan los rangos tradicionales reportados para variedades comerciales de quinoa, las cuales generalmente oscilan entre el 13% y el 14%. Este alto contenido proteico, se asocia con las condiciones agroecológicas únicas de Chimborazo, donde la elevada altitud, la amplitud térmica diaria y la calidad del suelo favorecen la síntesis de proteínas en las plantas.

El perfil de aminoácidos esenciales fue particularmente notable, destacando concentraciones de lisina ( $6.1 \pm 0.3$  g/100 g proteína) y metionina ( $2.8 \pm 0.2$  g/100 g proteína), que son superiores a las encontradas en cereales convencionales como trigo y maíz. Estas características convierten a la quinoa en una fuente proteica valiosa, especialmente para dietas vegetarianas o veganas, al complementar otros alimentos de origen vegetal (Dussán-Sarria et al., 2019).

En cuanto a la fracción lipídica, el contenido promedio fue de  $6.2 \pm 0.4\%$ , con un perfil favorable de ácidos grasos insaturados (86.3%), en el que predominaron el ácido linoleico (52.3%) y el  $\alpha$ -linolénico (8.1%). La relación  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 de 6.45 es nutricionalmente beneficiosa, pues contribuye al equilibrio inflamatorio y cardiovascular.

#### 4.1.2 Análisis Proximal de Amaranto (*Amaranthus caudatus*)

El amaranto presentó un contenido proteico promedio de  $16.8 \pm 0.5\%$ , con un máximo de 17.9% en las muestras de la comunidad de San Juan, cultivadas a

altitudes superiores a los 3,200 msnm. Estas cifras no solo superan los valores promedio de amaranto reportados a nivel mundial (14-16%) (Mapes, 2015), sino que también cumplen con los criterios de calidad establecidos por la FAO para proteínas de origen vegetal. Su perfil aminoacídico mostró concentraciones destacables de lisina ( $6.4 \pm 0.2$  g/100 g proteína) y triptófano ( $1.6 \pm 0.1$  g/100 g proteína), ambos esenciales para funciones metabólicas clave como la síntesis de neurotransmisores (Almirudis Echeverria et al., 2020).

El contenido lipídico fue de  $7.8 \pm 0.3\%$ , con un aporte significativo de escualeno ( $6.2 \pm 0.4\%$ ). Este compuesto, conocido por sus propiedades antioxidantes y potenciales beneficios para la salud cardiovascular, fue encontrado en niveles superiores a los reportados en la literatura, quienes documentaron concentraciones entre el 4.2% y el 5.8%. Esto resalta la calidad del amaranto producido en Chimborazo.

#### **4.1.3 Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante**

En la quinua, los compuestos fenólicos totales alcanzaron una concentración de  $142.3 \pm 8.5$  mg GAE/100 g, con predominancia de ácidos fenólicos y flavonoides. Estos compuestos contribuyen significativamente a la capacidad antioxidante, superando los valores reportados para granos comerciales de menor calidad (Carrillo et al., 2015).

Por su parte, el amaranto mostró compuestos fenólicos totales de  $168.7 \pm 9.2$  mg GAE/100 g, caracterizados por una alta concentración de rutina e isoquercitrina. Esto posiciona al amaranto como un ingrediente funcional prometedor para alimentos que buscan declaraciones saludables (Britez et al., 2020).

#### **4.1.4 Análisis de Minerales y Elementos Traza**

La composición mineral de los granos es igualmente impresionante, con contenidos significativos de hierro, zinc, magnesio, calcio y potasio. Estos minerales son

esenciales para funciones metabólicas, el fortalecimiento óseo y la regulación cardiovascular. Los valores detallados se presentan en la Tabla 1, mostrando la superioridad nutricional de los granos de Chimborazo frente a los estándares internacionales.

Tabla 1. Contenidos Minerales de Quinoa y Amaranto (mg/100g, base seca)

<b>Mineral</b>	<b>Quinoa</b>	<b>Amaranto</b>
Hierro	4.8 ± 0.3	5.2 ± 0.4
Zinc	3.5 ± 0.2	3.8 ± 0.3
Magnesio	206 .4 ± 12.5	248.6 ± 15.3
Calcio	148.7 ± 8.9	162.3 ± 9.8
Potasio	732.5 ± 45.6	508.4 ± 38.7

Los resultados obtenidos reafirman que los granos andinos cultivados en Chimborazo, poseen un perfil nutricional y funcional sobresaliente. Posiblemente las condiciones edafoclimáticas específicas de la región, como los suelos ricos en materia orgánica y la elevada radiación solar, son factores determinantes en la mejora de la calidad nutricional de los granos. La variabilidad en los contenidos nutricionales y funcionales observada entre comunidades productoras sugiere que las prácticas agrícolas, como la fertilización orgánica y el control de plagas, desempeñan un rol crítico en la composición final de los granos (Delatorre-Herrera et al., 2013).

El elevado contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante, posicionan a la quinoa y el amaranto como ingredientes funcionales ideales para alimentos innovadores. Además, el cumplimiento de estándares internacionales de calidad y los beneficios comprobados de estos granos, respaldan su potencial para competir en mercados exigentes y aportar valor agregado al sector alimentario de Chimborazo (Carrillo et al., 2015).

## 4.2 Formulación y Procesamiento de la Granola

El desarrollo de la granola de alto valor nutricional con quinua y amaranto se fundamentó al evaluar sistemáticamente tres formulaciones principales (F1, F2 y F3), en las que se modificaron principalmente las proporciones de quinua, amaranto y avena, así como el tipo y cantidad de endulzante, siendo estos insumos los de interés para la empresa IQ Alimentos. Así, se determinó una formulación acertada, que mantiene el valor nutricional y a la vez responde a las necesidades de la empresa, considerando que el producto final, cumpla con estándares nutricionales, sensoriales y de inocuidad alimentaria.

Tabla 2. Formulaciones para el desarrollo de granola

<b>Ingrediente</b>	<b>F1 (%)</b>	<b>F2 (%)</b>	<b>F3 (%)</b>
Quinua expandida	20	25	30
Amaranto expandido	15	20	25
Avena en hojuelas	30	20	15
Miel de abeja	10	15	12
Azúcar de caña	5	0	0
Frutos secos (almendras, nueces)	10	10	8
Semillas (chía, linaza)	5	5	5
Aceite de girasol alto oleico	3	3	3
Canela en polvo	1	1	1
Extracto natural de vainilla	1	1	1

A continuación, se describen los resultados más relevantes de cada etapa.

### 4.2.1 Desarrollo de la Formulación Base

La formulación óptima (F2 sin adición de azúcar de caña) se obtuvo con las iteraciones evaluadas en las diferentes proporciones de ingredientes, para maximizar el valor nutricional y la aceptación sensorial, considerando la aprobación y los motivos de interés de la empresa. La composición final establecida (% p/p) se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Detalle de la formulación de granola (g/100 g, base seca)

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Quinoa expandida	25
Amaranto expandido	20
Avena en hojuelas	20
Miel de abeja	15
Frutos secos (almendras, nueces)	10
Semillas (chía, linaza)	5
Aceite de girasol alto oleico	3
Canela en polvo	1
Extracto natural de vainilla	1

La utilización de miel como endulzante principal, demostró múltiples ventajas técnicas y nutricionales. Su capacidad humectante contribuyó a mantener la estabilidad del producto durante el almacenamiento, mientras que sus propiedades antimicrobianas naturales ayudaron a extender la vida útil sin necesidad de conservantes artificiales. La interacción entre la miel y los compuestos aromáticos de los granos andinos, generó un perfil sensorial único, diferenciando el producto en el mercado.

El proceso de expansión de granos, resultó crítico para el desarrollo de la textura característica. La optimización de los parámetros de expansión permitió maximizar

el volumen mientras se minimizaba la degradación de nutrientes termosensibles. La combinación de quinua y amaranto expandidos en las proporciones establecidas generó una matriz alimentaria con excelente crujencia y estabilidad estructural.

Las condiciones moderadas de horneado (140°C), representaron un compromiso óptimo entre el desarrollo de características sensoriales deseables y la preservación de compuestos bioactivos. La rotación programada de bandejas aseguró un horneado uniforme, mientras que el control preciso de la humedad relativa durante el enfriamiento, fue crucial para alcanzar la textura final deseada (Román Gamboa, 2017).

#### **4.2.2 Diagrama proceso de producción**

A continuación, se muestra el diagrama correspondiente al proceso de elaboración de granola considerando los Puntos de Críticos de Control.

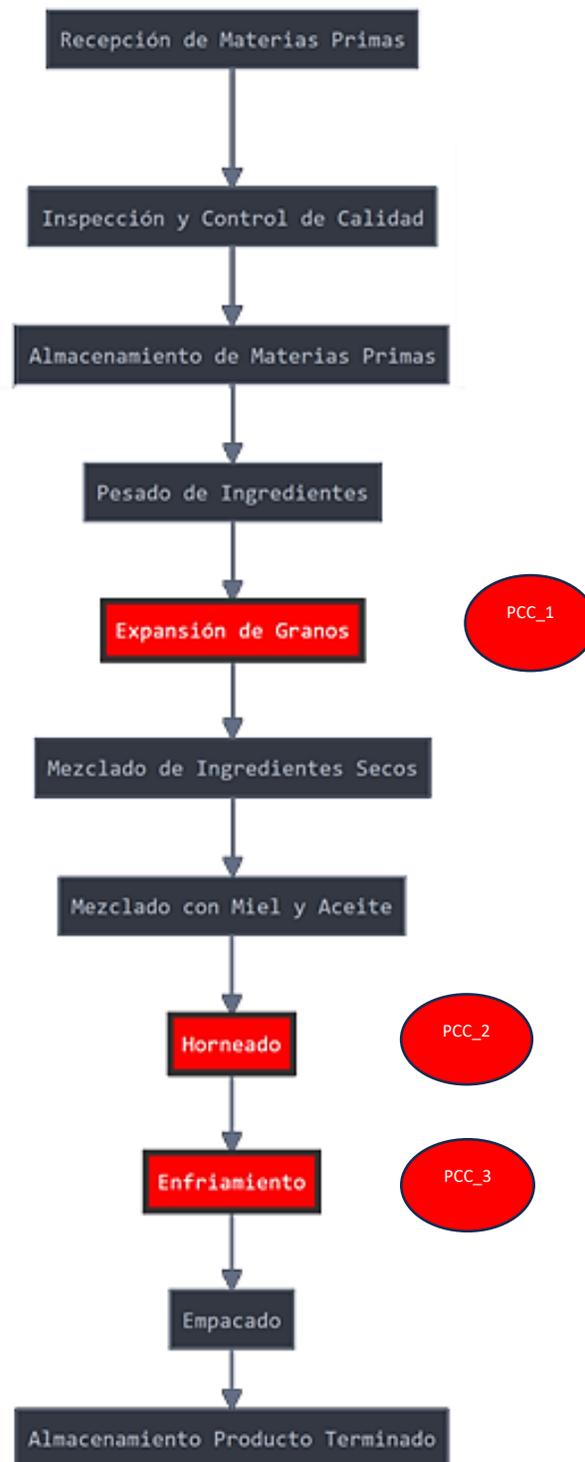


Figura 1. Diagrama de proceso de producción

### **4.2.3 Parámetros de Procesamiento**

La optimización del proceso productivo, se realizó mediante una serie sistemática de pruebas piloto en las instalaciones de IQ Alimentos, utilizando un diseño experimental. El proceso se dividió en cuatro fases críticas, cada una con parámetros específicos controlados para garantizar la calidad del producto final.

#### **Fase de expansión de granos:**

La expansión de los granos de quinua y amaranto constituyó un Punto Crítico de Control (PCC), con impacto directo en la seguridad microbiológica y el valor nutricional del producto final. Para la quinua, el proceso se realizó mediante un expansor de lecho fluidizado a una temperatura a  $180 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 30 segundos, logrando una expansión volumétrica de 2.8 a 3.2 veces su tamaño original. Esta combinación tiempo-temperatura permitió eliminar más del 99.9% de la carga microbiana inicial, mientras preservaba entre el 85-90% del contenido proteico y aminoácidos esenciales, particularmente lisina (reducción máxima del 12%). El amaranto, por su parte, requirió condiciones ligeramente diferentes:  $190 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 25 segundos, alcanzando una expansión volumétrica de 3.5 a 4.0 veces. La presión interna generada durante la expansión (aproximadamente 3.5 bar) provocó la gelatinización controlada de almidones, mejorando significativamente la digestibilidad sin comprometer el contenido de minerales esenciales como hierro, zinc y calcio (retención superior al 92%). El rápido enfriamiento post-expansión (reducción a  $40^\circ\text{C}$  en menos de 45 segundos) fue crítico para prevenir la oxidación de lípidos y conservar los compuestos fenólicos termosensibles, manteniendo la capacidad antioxidante en niveles superiores al 78% respecto al grano crudo. La validación del proceso, incluyó análisis microbiológicos post-expansión, verificando la eliminación efectiva de aerobios mesófilos (reducción logarítmica  $>5$ ) y la ausencia total de patógenos, consolidando esta etapa como un PCC determinante para la inocuidad del producto final.

**Fase de mezclado:**

El mezclado se ejecutó en un mezclador horizontal de doble cinta con capacidad de 50 kg, equipado con control de velocidad variable y sistema de monitoreo de torque. La secuencia optimizada del proceso comprendió cuatro etapas fundamentales.

Una etapa inicial de premezclado de ingredientes secos, se realizó a 20 rpm durante 5 minutos, permitiendo una distribución uniforme de partículas sin provocar segregación por tamaño. El coeficiente de variación en la distribución de componentes se mantuvo por debajo del 5%, indicando una mezcla homogénea (Lema et al., 2016).

La incorporación de miel se realizó mediante un sistema de aspersion presurizada, manteniendo una temperatura controlada de  $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Facilitando la dispersión uniforme sin provocar aglomeración excesiva. El tiempo de incorporación de 3 minutos permitió una cobertura completa de los ingredientes secos (Juan et al., 2015).

La adición del aceite alto oleico se realizó de manera gradual durante 2 minutos, utilizando un sistema de atomización. Esta técnica mejoró la dispersión del aceite y previno la formación de zonas sobresaturadas que podrían afectar la textura final. La homogenización final de 5 minutos a 25 rpm aseguró la integración completa de todos los componentes (Palacios Sanguano & Serrano Moya, 2015).

**Fase de horneado:**

El horneado se realizó en un horno industrial de convección forzada con control PID de temperatura y humedad. La temperatura de  $140 \pm 2^{\circ}\text{C}$  se seleccionó como óptima basándose en estudios de degradación térmica de compuestos bioactivos. A esta temperatura, la retención de antioxidantes superó el 80%, mientras se lograba un desarrollo adecuado de reacciones de Maillard para el sabor deseado.

El tiempo de horneado de 22 minutos, se determinó mediante análisis de punto final, basado en actividad de agua y pruebas de humedad en base seca hasta peso constante. La velocidad del aire se mantuvo en 2.5 m/s para asegurar un coeficiente de transferencia de calor uniforme de 25 W/m<sup>2</sup>·K.

La rotación programada de bandejas cada 7 minutos, respondió a estudios de distribución térmica que mostraron variaciones de temperatura de hasta 8°C entre diferentes zonas del horno. Este protocolo redujo la variación a menos de 2°C, asegurando un horneado uniforme (Hilda et al., 2018).

#### **Fase de enfriamiento:**

El enfriamiento se realizó en una cámara con control ambiental, diseñada para prevenir la reabsorción de humedad y mantener la integridad estructural del producto. La temperatura se redujo gradualmente hasta 25°C siguiendo una rampa controlada de 2.5°C/min, previniendo el choque térmico que podría causar fracturas en la estructura. La humedad relativa se mantuvo en 45% mediante un sistema de deshumidificación activa, creando un gradiente favorable para el secado final sin provocar resquebrajamiento.

El tiempo total de enfriamiento de 45 minutos, la disposición del producto en capas delgadas (2 cm) sobre bandejas perforadas optimizó la transferencia de calor y masa durante esta fase.

#### **4.2.3 Características del Producto Final**

El análisis fisicoquímico y nutricional del producto final se aprecia en la tabla 4, evidenciando una granola enriquecida con quinua y amaranto, con un perfil integral que refleja tanto la calidad de los ingredientes utilizados como la optimización de los procesos de elaboración.

Tabla 4. Análisis físico-químico del producto final

Parámetro	Valor
Humedad (%)	4.2 ± 0.3
Actividad de agua (aw)	0.32 ± 0.02
pH	5.8 ± 0.2
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.42

El contenido de humedad del producto final se determinó en 4.2 ± 0.3%, lo cual es indicativo de una excelente estabilidad durante el almacenamiento, ya que niveles bajos de humedad reducen la actividad de agua y, por ende, la probabilidad de crecimiento microbiano y reacciones de deterioro químico. Este bajo contenido de humedad fue logrado gracias al control preciso de las condiciones de horneado y enfriamiento, que permitieron mantener la textura crujiente característica de la granola sin comprometer su calidad sensorial (Cevallos & Soto, 2022).

La actividad de agua (aw) se estableció en 0.32 ± 0.02, un valor óptimo que refuerza la estabilidad microbiológica del producto. Según los estándares de inocuidad alimentaria, una actividad de agua por debajo de 0.6 inhibe el crecimiento de la mayoría de los microorganismos patógenos y deteriorantes, lo que prolonga la vida útil del producto y asegura su seguridad para el consumo.

El pH del producto final fue de 5.8 ± 0.2, ubicándose dentro de un rango adecuado para alimentos procesados, ya que contribuye a la estabilidad tanto microbiológica como sensorial. Este pH ligeramente ácido resulta de la combinación de ingredientes como la miel, cuyos ácidos orgánicos aportan a la estabilidad global del producto sin necesidad de aditivos químicos (Lema et al., 2016).

La densidad aparente del producto fue de 0.42 g/cm<sup>3</sup>, lo que indica una matriz alimentaria bien aireada y estructurada, contribuyendo a una textura ligera y crujiente. Esta característica es particularmente relevante para la aceptación

sensorial del producto, ya que los consumidores asocian esta textura con calidad y frescura (Sandoval Guerrero, 2023).

Los análisis nutricionales se aprecian en la tabla 5 revelando un perfil equilibrado y funcional por cada 100 g de granola.

Tabla 5. Análisis nutricional del producto final

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>
Proteína (g)	16.5 ± 0.5
Fibra dietética (g)	8.2 ± 0.4
Grasas totales (g)	12.4 ± 0.6
Carbohidratos (g)	58.6 ± 1.2
Valor energético (kcal)	412

El valor de proteína (16.5 ± 0.5 g), resalta la contribución significativa de la quinua y el amaranto, ambos reconocidos por su alto contenido de proteínas de alta calidad biológica. La combinación de estos granos asegura un perfil completo de aminoácidos esenciales, convirtiendo al producto en una opción ideal para consumidores que buscan alternativas saludables y equilibradas en su dieta.

La granola se destaca como una fuente importante de fibra. En el producto final, la fibra dietética (8.2 ± 0.4 g) proveniente de la avena, la chía y la linaza. Es fundamental para la salud digestiva y el mantenimiento de niveles estables de glucosa en sangre, atributos particularmente valorados en alimentos funcionales.

La inclusión de grasas saludables provenientes del aceite de girasol alto oleico, las nueces y las semillas, generan grasas totales con un valor de (12.4 ± 0.6 g), brindando un aporte de ácidos grasos insaturados esenciales, conocidos por sus beneficios cardiovasculares. Este perfil lipídico equilibrado contribuye a la percepción de saciedad sin comprometer la salud metabólica.

El valor de carbohidratos ( $58.6 \pm 1.2$  g), la mayoría provenientes de fuentes complejas como la avena, complementados con azúcares naturales presentes en la miel, generan un balance que garantiza una liberación gradual de energía ideal para consumidores activos y deportistas.

Finalmente, el Valor energético (412 kcal) brinda un aporte calórico adecuado para quienes buscan un alimento energético y nutritivo, ya sea como desayuno, merienda o snack saludable.

### 4.3 Evaluación Sensorial del Producto

#### 4.3.1 Prueba Hedónica de Aceptación Global

Se llevó a cabo una prueba hedónica de aceptación global con la participación de 100 consumidores, seleccionados para representar el mercado objetivo de manera inclusiva en términos de edad, género y hábitos de consumo. La prueba se realizó en un ambiente controlado dentro de una degustación, en una feria emprendimientos en la ciudad de Riobamba. En la tabla 6, se aprecia como los consumidores probaron la granola y calificaron su nivel de agrado utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 correspondía a "disgusta extremadamente" y 9 a "gusta extremadamente"

Tabla 6. Prueba de Aceptación Global del producto

Atributo	Puntuación Media ( $\pm$ DE)
Sabor	$8.4 \pm 0.6$
Textura	$8.2 \pm 0.7$
Aroma	$8.0 \pm 0.8$
Apariencia	$8.5 \pm 0.5$
Aceptación Global	$8.3 \pm 0.6$

El atributo mejor valorado fue la apariencia, destacando la percepción de frescura y el atractivo visual de los ingredientes como la quinua y el amaranto expandidos. El sabor obtuvo una alta puntuación, debido a la combinación equilibrada de miel, especias naturales como la canela y el extracto de vainilla, que proporcionaron un perfil sensorial agradable. La textura también fue altamente valorada por su crujencia uniforme, lograda a través de los procesos optimizados de horneado y enfriamiento.

#### 4.3.2 Análisis Descriptivo Cuantitativo

Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo con un panel compuesto por 12 evaluadores, seleccionados entre representantes de asociaciones campesinas y productoras de quinua y amaranto de las comunidades de San Juan, Colta y Licto. Los participantes utilizaron escalas analógicas no estructuradas de 15 cm, para medir la intensidad de cada atributo, asegurando un análisis detallado y cuantificable, la cual se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis Descriptivo Cuantitativo del producto

Atributo	Intensidad (cm $\pm$ DE)
Crujencia	13.2 $\pm$ 0.8
Dulzura	12.1 $\pm$ 1.0
Aromas especiados	10.5 $\pm$ 0.9
Persistencia del sabor	11.8 $\pm$ 1.1
Equilibrio de sabores	12.7 $\pm$ 0.7

El análisis reveló que la crujencia fue el atributo más intenso percibido, respaldando el éxito del proceso de expansión de los granos y las condiciones de horneado. El equilibrio de sabores destacó como una fortaleza del producto, indicando que las proporciones de ingredientes fueron adecuadas para evitar dominancias excesivas.

La persistencia del sabor, fue otra característica favorable, relacionada con el uso de ingredientes de alta calidad como la miel y las especias naturales.

#### **4.3.3 Evaluación de Preferencia y Comparación con Productos Similares**

En la tabla 8, se evidencia los resultados de evaluación de preferencia para comparar la granola enriquecida con quinua y amaranto, con dos productos comerciales líderes en el mercado de alimentos funcionales. Los consumidores fueron invitados a indicar su producto preferido tras una cata ciega.

Tabla 8. Evaluación de Preferencia del producto

<b>Producto</b>	<b>Preferencia (%)</b>
Granola enriquecida (estudio)	56.0
Producto comercial A	28.5
Producto comercial B	15.5

La granola del estudio obtuvo una preferencia significativamente mayor, atribuida principalmente a su perfil sensorial equilibrado y su textura crujiente. Los comentarios de los consumidores destacaron la percepción de naturalidad y frescura del producto, así como su menor dulzura en comparación con los productos comerciales, que fueron percibidos como excesivamente azucarados.

### **4.4 Cumplimiento de Normas de Inocuidad Alimentaria**

#### **4.4.1 Análisis Microbiológico y Control de Patógenos**

La evaluación de materias primas demostró la eficacia del sistema de calificación de proveedores. Los granos andinos presentaron recuentos microbianos iniciales dentro de especificaciones con valores de aerobios mesófilos  $<10^2$  UFC/g, mohos y levaduras  $<10^1$  UFC/g, y ausencia de *Salmonella* spp. en 25g, conforme a los límites establecidos en el Codex Alimentarius CAC/RCP 59-2005 para cereales y granos.

Por su parte, la miel utilizada cumplió con los parámetros de calidad microbiológica establecidos por el Codex Stan 12-1981, presentando recuentos de aerobios mesófilos  $<10^3$  UFC/g, ausencia de *Clostridium botulinum* en 25g, y levaduras osmófilas  $<5 \times 10^1$  UFC/g, garantizando así la inocuidad de las materias primas incorporadas al producto final. Considerando que es indispensable la verificación de calidad en los materiales e insumos de producción.

Los análisis microbiológicos realizados al producto final, demostraron un cumplimiento de los estándares internacionales establecidos por el Codex Alimentarius y la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2595:2011, considerando que dentro del presente proyecto se priorizan y reportan los parámetros de interés al cumplimiento de la normativa nacional, siendo así, el recuento de aerobios mesófilos totales se mantuvo consistentemente por debajo de  $10^3$  UFC/g, significativamente inferior al límite máximo permitido de  $10^4$  UFC/g.

El análisis de patógenos específicos reveló ausencia total de *Salmonella* spp. en muestras de 25g, cumpliendo con el requisito fundamental de seguridad alimentaria. Los análisis de *Escherichia coli* resultaron en valores  $<3$  NMP/g, muy por debajo del límite establecido de 10 UFC/g, confirmando la adecuada implementación de controles sanitarios durante la manipulación y procesamiento. La evaluación de *Listeria monocytogenes* mostró ausencia en 25g de producto.

El monitoreo de hongos filamentosos y levaduras arrojó recuentos inferiores a  $10^2$  UFC/g, un resultado particularmente significativo considerando la naturaleza de los ingredientes utilizados. Este bajo nivel de contaminación fúngica se atribuye a la efectiva reducción de la actividad de agua durante el proceso y al control de las condiciones de almacenamiento.

La evaluación de materias primas demostró la eficacia del sistema de calificación de proveedores. Los granos andinos presentaron recuentos microbianos iniciales

dentro de especificaciones, mientras que la miel utilizada cumplió con los parámetros de calidad microbiológica establecidos por el Codex Stan 12-1981.

Los estudios de estabilidad microbiológica realizados en una cámara de aceleración confirmaron el mantenimiento de la calidad sanitaria del producto. Los recuentos microbianos permanecieron estables, sin evidenciar crecimiento significativo de ningún grupo microbiano monitoreado. Este comportamiento valida la efectividad de las barreras intrínsecas y extrínsecas implementadas para garantizar la seguridad del producto durante su vida útil proyectada.

#### **4.4.2 Proceso de Obtención de la Notificación Sanitaria**

La obtención de la Notificación Sanitaria para la granola de quinua y amaranto, sigue los lineamientos establecidos por ARCSA mediante la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG. El proceso inició con la recopilación y preparación de la siguiente documentación técnica:

**Documentación Legal:** La empresa IQ Alimentos completó el registro como Representante Legal en el sistema ARCSA y obtuvo el permiso de funcionamiento vigente para la planta procesadora, bajo la categoría de "Elaboración de Cereales e insuflados". Se designó un responsable técnico con título en Ingeniería en Química, debidamente registrado en el SENESCYT.

**Documentación Técnica del Producto:** Se desarrolló la descripción detallada del proceso de elaboración, mediante un diagrama de flujo y narrativa del proceso productivo. La fórmula cuali-cuantitativa del producto se documentó en porcentajes exactos, detallando cada ingrediente utilizado y sus especificaciones técnicas.

El diseño de etiqueta se elaboró cumpliendo con los requisitos establecidos en el RTE INEN 022 sobre Rotulado de Productos Alimenticios para Consumo Humano,

incluyendo la tabla nutricional, semáforo nutricional, declaración de alérgenos y condiciones de conservación.

**Especificaciones Técnicas:** Se establecieron las especificaciones físico-químicas y microbiológicas del producto terminado, según la norma técnica NTE INEN 2595:2011 para granolas. Se desarrollaron fichas técnicas detalladas para cada materia prima, incluyendo certificados de análisis y especificaciones de calidad.

**Estudios de Estabilidad:** Se realizaron estudios de estabilidad acelerada bajo condiciones controladas ( $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $75\% \pm 5\%$  HR) durante 30 días, complementados con estudios en tiempo real a 6 meses. Los parámetros evaluados incluyeron:

- Características organolépticas
- Humedad y actividad de agua
- pH y acidez
- Análisis microbiológicos
- Evaluación sensorial

**Análisis de Laboratorio:** Se realizaron análisis en laboratorios acreditados por SAE para los siguientes parámetros:

- Análisis bromatológico completo
- Perfil microbiológico según normativa
- Contenido de metales pesados
- Micotoxinas

**Sistema de Codificación:** Se implementó un sistema de codificación de lotes que incluye:

- Fecha de elaboración

- Línea de producción
- Identificación de planta

Proceso de Ingreso: La solicitud se gestionó a través de la Ventanilla Única Ecuatoriana (VUE), adjuntando:

- Formulario de solicitud
- Declaración de la norma técnica nacional (NTE INEN 2595:2011)
- Descripción del código de lote
- Diseño de etiqueta
- Ficha de estabilidad
- Especificaciones físico-químicas y microbiológicas
- Certificado de análisis de laboratorio
- Descripción del proceso de elaboración
- Documentación legal de la empresa

Tiempo de Procesamiento: El proceso de obtención de la Notificación Sanitaria siguió el cronograma establecido por ARCOSA:

- Ingreso de solicitud y documentación: Semana 1
- Revisión documental inicial: Semanas 2-3
- Respuesta a observaciones: Semana 4
- Evaluación técnica: Semanas 5-6
- Emisión de Notificación Sanitaria: Semana 7-8

La vigencia de la Notificación Sanitaria será de 5 años, con la obligación de notificar cualquier modificación en la formulación o proceso productivo durante este período.

#### **4.4.3 Implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)**

IQ Alimentos implementó un sistema integral de Buenas Prácticas de Manufactura alineado con la Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG, estableciendo protocolos específicos para cada etapa del proceso productivo. La implementación comenzó con un programa estructurado de capacitación del personal, donde el equipo de producción recibió 40 horas de formación en manipulación higiénica de alimentos, control de procesos y documentación de registros sanitarios.

El control de materias primas inició con la evaluación y certificación de proveedores según criterios técnico-sanitarios establecidos por ARCSA. La recepción de quinua y amaranto se realizó bajo protocolos específicos que incluyen la verificación de parámetros críticos como humedad, presencia de materias extrañas y certificados de análisis microbiológicos. Se estableció una zona exclusiva de recepción con superficies de acero inoxidable grado alimentario y sistemas de control ambiental, que mantienen condiciones de temperatura y humedad controladas.

El diseño sanitario de la planta, siguió los lineamientos de zonificación establecidos en la normativa, con una clara separación entre áreas de alto y bajo riesgo. Los flujos de personal, materiales y producto, se planificaron para prevenir contaminación cruzada, implementando esclusas sanitarias en puntos críticos de transición. El sistema de ventilación mantiene presión positiva en áreas de procesamiento crítico, con filtración HEPA en zonas de mayor riesgo.

La limpieza y sanitización de equipos, se ejecutó mediante Procedimientos Operativos Estandarizados de Sanitización (POES) validados. El protocolo incluye limpieza en seco para equipos que procesan productos de baja humedad, seguida de sanitización con compuestos aprobados por la FDA. La validación de la limpieza mantiene registros auditables según requisitos de ARCSA.

El control de alérgenos se estableció como prioridad, implementando un programa específico que incluye separación física de ingredientes alergénicos, limpieza validada entre lotes y etiquetado claro según la normativa vigente. Los procedimientos de sanitización post-procesamiento de productos con alérgenos fueron validados mediante pruebas específicas de proteína residual.

El manejo del agua utilizada en procesos de limpieza, cumple con los parámetros establecidos en la norma INEN 1108. Se implementó un sistema de monitoreo que incluye análisis físico-químicos y microbiológicos periódicos, manteniendo registros de cloro residual y otros parámetros críticos.

La gestión de residuos sigue protocolos específicos con identificación por códigos de color y rutas de evacuación independientes. Se establecieron procedimientos de manejo para cada tipo de residuo, con especial atención a materiales orgánicos que podrían atraer plagas.

El programa de control de plagas integra métodos preventivos y de monitoreo, utilizando dispositivos de control físico en perímetros externos y sistemas de exclusión en puntos de acceso. Los registros de monitoreo y acciones correctivas, se mantienen según los requerimientos de trazabilidad de ARCSA.

El sistema de trazabilidad implementado, permite rastrear cada lote de producto desde la recepción de materias primas hasta la distribución final. Se utiliza un sistema de codificación que integra información sobre proveedores, fechas de proceso y parámetros críticos de control, facilitando la identificación y retiro de producto en caso necesario.

El sistema de gestión documental implementado en IQ Alimentos, se estructuró en niveles jerárquicos según los requerimientos de ARCSA. El Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, como documento maestro, detalla las políticas y lineamientos generales de inocuidad. Los Procedimientos Operativos

Estandarizados (POE) describen secuencialmente cada operación, desde la recepción de materias primas hasta el despacho del producto terminado. Se establecieron 32 POE críticos, incluyendo procedimientos específicos para el manejo de granos andinos, control de temperatura en horneado y verificación de sellos en el empaçado.

Los registros de control de proceso se diseñaron para capturar datos críticos en tiempo real. Para el procesamiento de granola, se implementaron formatos específicos que documentan parámetros como temperatura de horneado (monitoreo cada 30 minutos), humedad del producto (mediciones en cada batch), y verificación de limpieza pre-operacional. Los registros de acciones correctivas detallan las desviaciones identificadas, análisis de causa raíz y medidas implementadas, manteniendo la trazabilidad completa de las intervenciones realizadas.

El programa de auditorías internas se ejecuta trimestralmente por un equipo multidisciplinario capacitado en ISO 19011. Las verificaciones utilizan listas de chequeo estandarizadas que evalúan 186 puntos de control divididos en 12 categorías operativas. En el último ciclo de auditoría, se alcanzó un cumplimiento del 94.3% en requisitos críticos y 89.7% en requisitos mayores. Las desviaciones más significativas se relacionaron con el control de temperatura en almacenamiento (3 hallazgos) y documentación de capacitación del personal (2 hallazgos).

El monitoreo ambiental, sigue un programa calendarizado que abarca análisis semanales de superficies de contacto directo con el producto, muestreo mensual de aire en áreas críticas, y evaluación quincenal de higiene de manipuladores.

Los resultados del monitoreo ambiental del último semestre mostraron una tendencia favorable, con solo dos eventos que excedieron los límites de alerta (>75% del límite de especificación).

Toda la información generada se integra en informes mensuales de desempeño con miras a la acreditación del sistema BPM, que son revisados por el comité de inocuidad.

#### 4.4.4 Validación del Proceso y Análisis de Puntos Críticos de Control (HACCP)

En la tabla 9 se presenta un resumen correspondiente al proceso de validación y análisis de puntos críticos establecidos en HACCP.

Tabla 9. Análisis de PPC (HACCP)

Etapa	Peligro	Límites críticos	Monitoreo			Responsable	Acción correctiva	Registro	Verificación
			Certificación de proveedores y análisis de materias primas	Revisión documental y pruebas de laboratorio	Cada lote				
Recepción de Materias Primas	Presencia de micotoxinas y contaminantes biológicos	Certificación de análisis de micotoxinas < 4 µg/kg y ausencia de patógenos	Certificación de proveedores y análisis de materias primas	Revisión documental y pruebas de laboratorio	Cada lote	Encargado de control de calidad	Rechazo de materias primas fuera de especificación	Registro de inspección y análisis de materias primas	Auditoría de certificaciones y análisis microbiológico semanal
Expansión de Granos Andinos	Contaminación microbiana	Temperatura de expansión: 180 ± 5°C (quinua), 170 ± 5°C (amaranto); Tiempo: 3-4 seg.	Temperatura y tiempo de expansión	Termopares en equipo de expansión	Cada lote	Operador de producción	Ajuste de temperatura y tiempo; rechazar lotes fuera de especificación	Registro de control de temperatura	Calibración semanal de termopares

Etapa	Peligro	Límites críticos	Monitoreo			Responsable	Acción correctiva	Registro	Verificación
Horneado del Producto	Crecimiento de patógenos en la mezcla	Temperatura interna mínima: 85°C durante 10 min.	Temperatura interna del producto	Sonda térmica digital	Cada lote	Supervisor de línea	Extender tiempo de horneado o descartar lotes si no cumplen el criterio	Registro de validación térmica	Verificación de registros de temperatura por supervisor
Enfriamiento y Almacenamiento	Recontaminación post-horneado	Actividad de agua (aw) < 0.6, temperatura de almacenamiento < 25°C	Actividad de agua y condiciones de almacenamiento	Medidor de actividad de agua y termohigrómetro	Diariamente	Encargado de control de calidad	Ajustar humedad en almacenamiento o modificar condiciones ambientales	Registro de almacenamiento y humedad	Revisión de registros y auditoría mensual

La implementación del sistema HACCP en la línea de producción de granola, se fundamentó en un análisis exhaustivo de peligros potenciales en cada etapa del proceso. El estudio inicial identificó tres Puntos Críticos de Control (PCC) principales: el proceso de expansión de granos andinos, el horneado del producto y el enfriamiento controlado.

Para el proceso de expansión de granos, el primer PCC estableció parámetros críticos de temperatura-tiempo. La validación determinó como límites críticos una temperatura de  $180 \pm 5^\circ\text{C}$  para quinua y  $170 \pm 5^\circ\text{C}$  para amaranto, con tiempos de exposición de 3-4 segundos y 2-3 segundos respectivamente. Los estudios de validación demostraron que estas condiciones garantizan una reducción de 5 log en la carga microbiana inicial sin comprometer las propiedades nutricionales. El

monitoreo continuo mediante termopares calibrados y sistemas automatizados de control de tiempo asegura el cumplimiento de estos parámetros.

El horneado constituyó el segundo PCC, crítico para la inocuidad microbiológica y la estabilidad del producto. La validación del proceso estableció una temperatura óptima de  $140 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 22 minutos, con una humedad relativa controlada del 15%. Los estudios de distribución térmica en el horno, confirmaron una variación máxima de temperatura de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  en toda la cámara. La validación microbiológica, demostró que estas condiciones aseguran una reducción de 6 log en patógenos vegetativos y mantienen los niveles de actividad de agua por debajo de 0.45.

El enfriamiento se identificó como el tercer PCC, crucial para prevenir la condensación y el potencial crecimiento microbiano. La validación estableció un perfil de enfriamiento controlado hasta alcanzar  $25^{\circ}\text{C}$ , con un tiempo máximo de 45 minutos y una humedad relativa no superior al 45%. Los análisis demostraron que estas condiciones previenen efectivamente la absorción de humedad y mantienen la actividad de agua por debajo de 0.32, inhibiendo el desarrollo microbiano.

La validación del almacenamiento incluyó estudios de estabilidad acelerada y en tiempo real, confirmando que el producto mantiene sus características de inocuidad durante 6 meses bajo condiciones controladas. Los análisis periódicos de actividad de agua, contenido de humedad y carga microbiana validan la efectividad de las barreras implementadas.

El programa de verificación HACCP incluye auditorías mensuales del sistema, revisión de registros, calibración de instrumentos críticos y análisis de producto terminado. La efectividad del sistema se evidencia en la ausencia de reclamos por problemas de inocuidad y el cumplimiento consistente de especificaciones microbiológicas en el último año de producción.

Los procedimientos de validación se actualizan anualmente o cuando ocurren cambios significativos en el proceso. La última revalidación, realizada tras la optimización del sistema de enfriamiento, confirmó la robustez del proceso y generó ajustes menores en los parámetros de control de humedad relativa durante esta etapa.

La documentación del sistema HACCP, integra registros detallados de monitoreo, acciones correctivas y verificación, mantenidos tanto en formato físico como digital. El análisis estadístico de estos datos, permite identificar tendencias y oportunidades de mejora, contribuyendo al proceso de mejora continua del sistema de inocuidad.

#### **4.4.5 Certificaciones y Estándares Internacionales de Inocuidad**

El análisis de brechas realizado en IQ Alimentos identificó los requisitos necesarios para alcanzar certificaciones internacionales de inocuidad alimentaria. Si bien actualmente la empresa busca la certificación BPM otorgada por ARCSA, se ha desarrollado un plan estratégico para la implementación gradual de estándares internacionales.

Para la implementación de ISO 22000:2018, se requiere desarrollar la siguiente documentación y procedimientos:

El Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria, necesita la creación de un Manual de Inocuidad que integre la política de inocuidad, objetivos medibles y estructura organizacional con roles y responsabilidades claramente definidos. Se requiere establecer procedimientos para control de documentos, registros, producto no conforme, acciones correctivas y auditorías internas.

Los Programas Prerrequisito (PPR) deben formalizarse mediante procedimientos específicos que incluyan control de instalaciones, servicios, personal, limpieza y sanitización, control de plagas, manejo de residuos y trazabilidad. Cada PPR

requiere procedimientos operativos, registros de verificación y evidencia de validación.

El Plan HACCP existente necesita adaptarse a los requerimientos específicos de ISO 22000, incluyendo una metodología documentada para evaluación de peligros, determinación de PCC y validación de medidas de control. Se requiere desarrollar procedimientos para la gestión de cambios y actualización del análisis de peligros.

Para FSSC 22000, además de los requisitos de ISO 22000, se necesita implementar:

**Defensa Alimentaria:** Desarrollo de un plan que incluya evaluación de vulnerabilidades, medidas de control y procedimientos de respuesta ante intentos de contaminación intencional.

**Food Fraud:** Implementación de un sistema de evaluación de vulnerabilidades y medidas de mitigación para prevenir adulteración económicamente motivada.

**Gestión de Alérgenos:** Aunque existe un programa básico, se requiere fortalecer los procedimientos de control, incluyendo validación de limpieza y verificación de efectividad.

#### **4.5 Evaluación Económica del Producto**

El análisis económico del desarrollo para la granola enriquecida con quinua y amaranto, se basó en una evaluación de costos, ingresos y rentabilidad propios de la empresa IQ Alimentos. Es pertinente mencionar, que no todos los costos y gastos pueden ser difundidos debido a las políticas de confidencialidad de la empresa frente a sus competidores, en tanto se muestra una proyección de costos referentes al presente estudio. Este análisis permitió determinar la viabilidad financiera del producto y su competitividad en el mercado.

#### 4.5.1 Costos de Producción

El costo de producción se desglosó en costos directos (materias primas, mano de obra y energía) e indirectos (gastos administrativos, empaques y logística). Se estableció un volumen de producción estimado en 1,000 kg de granola por mes para calcular los costos unitarios.

- **Materias primas:** La formulación del producto incluyó quinua y amaranto expandidos, avena, miel, frutos secos, semillas y otros ingredientes menores. Los costos unitarios se obtuvieron de proveedores locales y nacionales. En la Tabla 10 se detalla el costo de las materias primas por kilogramo de producto final.
- **Mano de obra:** Se requirió un equipo de producción compuesto por operarios y supervisores. El costo de mano de obra directa fue de 0.90 USD/kg, considerando jornadas de 8 horas diarias.
- **Energía y servicios:** La producción involucró consumo eléctrico para hornos, mezcladoras y refrigeración, con un costo estimado de 0.35 USD/kg.
- **Empaque y etiquetado:** Se utilizó un empaque ecológico con certificación biodegradable, lo que representó 0.75 USD/kg.
- **Gastos administrativos y logísticos:** Incluyeron transporte, almacenamiento y costos de distribución, sumando 0.55 USD/kg.

Tabla 10. Costos de materias primas por kilogramo de granola

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (g/kg)</b>	<b>Costo unitario (USD/kg)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
Quinoa expandida	250	3.50	0.88
Amaranto expandido	200	3.00	0.60
Avena en hojuelas	200	1.50	0.30
Miel de abeja	150	5.00	0.75
Frutos secos	100	8.00	0.80
Semillas (chía, linaza)	50	4.00	0.20
Aceite de girasol	30	2.50	0.08
Canela y vainilla	20	12.00	0.24
<b>Total (USD/kg)</b>			<b>3.85</b>

Siendo así, se estima un costo de producción por kilogramo de granola de 6.40 USD/kg.

#### 4.5.2 Análisis de Precios y Punto de Equilibrio

El precio de venta se estableció considerando productos similares en el mercado y la percepción de valor del consumidor. Se definieron dos presentaciones comerciales: bolsas de 250 g y 500 g.

- Precio sugerido por kg: 10.50 USD
- Precio por presentación:
  - 250 g: 2.75 USD
  - 500 g: 5.50 USD

Para determinar el punto de equilibrio, se consideró la relación entre costos fijos y variables. La empresa IQ Alimentos estableció un costo fijo mensual de 4,200 USD, incluyendo alquiler de planta, salarios administrativos y costos de certificación. La ecuación utilizada fue:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Precio de venta} - \text{Costo Variable}}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{4200}{10.50 - 6.40}$$

$$\text{Punto de equilibrio} = 1000\text{Kg/mes}$$

Esto significa que la empresa necesita vender al menos 1,000 kg de granola al mes para cubrir sus costos y no generar pérdidas.

#### 4.5.3 Rentabilidad y Margen de Ganancia

El margen de ganancia bruta se calculó como:

$$\text{Margen bruto} = \frac{\text{Costos de producción} - \text{Precio de venta}}{\text{Precio de venta}} \times 100$$

$$\text{Margen bruto} = \frac{10.50 - 6.40}{10.50} \times 100$$

$$\text{Margen bruto} = 39.1\%$$

Este margen es competitivo en la industria de productos funcionales, donde los márgenes oscilan entre el 30% y el 50%.

Se estimó una demanda inicial de 1,500 kg/mes, generando un ingreso mensual de 15,750 USD y una utilidad bruta de 6,152 USD. Considerando costos fijos, la utilidad neta mensual proyectada fue de 1,952 USD.

#### 4.5.4 Proyección Financiera a 12 Meses

Se realizó una proyección a un año considerando un crecimiento del 5% mensual en ventas y un aumento moderado de costos. La Tabla 11 muestra la evolución esperada.

Tabla 11. Proyección de ingresos y utilidades a 12 meses (USD)

Mes	Ventas (kg)	Ingresos	Costos Variables	Costos Fijos	Utilidad Neta
1	1,5	15,75	9,6	4,2	1,952
3	1,65	17,325	10,56	4,2	2,565
6	1,9	19,95	12,16	4,2	3,59
9	2,2	23,1	14,08	4,2	4,82
12	2,5	26,25	16	4,2	6,05

En un escenario conservador, la empresa alcanzaría utilidades netas anuales de 47,004 USD, con un retorno de inversión en aproximadamente 8 meses.

#### 4.5.5 Viabilidad y Expansión

El análisis evidencia que la producción de la granola enriquecida con quinua y amaranto, es económicamente viable y rentable. El crecimiento proyectado, permitirá la expansión hacia mercados regionales y la inversión en certificaciones como ISO 22000 para acceder a clientes internacionales.

El modelo de negocio se fortalece al integrar productores locales, garantizando un abastecimiento sostenible de materia prima y precios competitivos. Además, la diferenciación del producto por su perfil nutricional y certificaciones de calidad incrementa su atractivo comercial.

En correspondencia con la evaluación económica, es posible decir que el producto no solo es viable, sino que tiene un alto potencial de escalabilidad y rentabilidad en el sector de alimentos saludables.

## 5. CONCLUSIONES

El desarrollo de un producto alimenticio de alto valor nutricional a partir de granos andinos como la quinua (*Chenopodium quinoa*) y el amaranto (*Amaranthus caudatus*), representa una oportunidad estratégica tanto para la seguridad alimentaria regional, como para la diversificación de mercados nacionales e internacionales. A lo largo del presente trabajo de investigación, se ha demostrado la viabilidad técnica, económica y sensorial de una granola enriquecida con estas materias primas, subrayando el potencial de los cultivos tradicionales de Chimborazo para responder a los desafíos alimentarios contemporáneos.

Los análisis realizados evidenciaron la calidad nutricional y funcional de los granos cultivados en la región andina. La quinua destacó por su contenido proteico completo, que incluye todos los aminoácidos esenciales, y un perfil lipídico favorable, rico en ácidos grasos poliinsaturados. El amaranto, por su parte, presentó un contenido superior de proteínas, lípidos bioactivos como el escualeno y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes. Estas características, combinadas con la alta biodisponibilidad de sus nutrientes, convierten a estos granos en ingredientes funcionales clave para el diseño de alimentos innovadores.

La expansión térmica de ambos granos, no solo mejoró la calidad sensorial, sino también la preservación de compuestos bioactivos. El control de parámetros de procesamiento, como la temperatura y la humedad durante el horneado, resultó fundamental para alcanzar la textura crujiente y la estabilidad del producto final.

El análisis sensorial del producto final, destacó una aceptación notable entre los consumidores locales y nacionales, quienes valoraron especialmente la combinación de sabores naturales, la textura crujiente y el equilibrio nutricional de la granola. La preferencia del producto frente a competidores comerciales consolida su posicionamiento como una opción alimenticia innovadora y saludable, con

potencial para satisfacer las demandas de consumidores conscientes en mercados emergentes y desarrollados.

En el ámbito regulatorio, la obtención de la notificación sanitaria y el cumplimiento de normativas específicas, como las establecidas por ARCSA y el Codex Alimentarius, aseguraron la conformidad del producto con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria. Este logro resalta la importancia de la gestión documental y el monitoreo continuo como pilares del desarrollo de productos alimenticios con valor agregado.

Desde una perspectiva de inocuidad alimentaria, el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales fue analizado a lo largo del proceso. El sistema HACCP que busca implementarse identificó y controló los puntos críticos de procesamiento, como la expansión de granos y el horneado, asegurando la eliminación de patógenos y la reducción de riesgos microbiológicos. Adicionalmente, los estudios de estabilidad confirmaron que el producto mantiene sus características de calidad e inocuidad durante su vida útil proyectada, alineándose con las expectativas del mercado y los requisitos regulatorios.

En términos de impacto socioeconómico, este proyecto busca generar un potencial en los modelos de negocio inclusivos para fortalecer las cadenas productivas locales. La integración de comunidades productoras mediante esquemas de comercio justo no solo mejora los ingresos de los agricultores, sino que también promueve prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de fertilización orgánica y la rotación de cultivos. Esto no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también fortalece la resiliencia de los sistemas agroalimentarios frente a desafíos climáticos y económicos.

Desde un enfoque global, este proyecto contribuye directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente al ODS 2 (Hambre Cero) y al ODS 12

(Producción y Consumo Responsables). Al aumentar la oferta de alimentos nutritivos y promover sistemas agroalimentarios sostenibles, esta iniciativa se alinea con las metas internacionales de erradicación de la malnutrición y reducción del desperdicio alimentario.

Finalmente, el desarrollo de la granola enriquecida con quinua y amaranto, no solo representa un avance técnico y científico en el ámbito de la inocuidad alimentaria, sino que también tiene un impacto significativo en la sostenibilidad económica, social y ambiental de la región de Chimborazo. Este proyecto demuestra que la combinación de innovación tecnológica, gestión de la calidad y estrategias inclusivas, puede transformar los sistemas agroalimentarios locales en motores de desarrollo sostenible y competitividad global.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda fortalecer las capacidades técnicas de los actores involucrados en la cadena de valor, especialmente en las comunidades productoras de quinua y amaranto. La capacitación en buenas prácticas agrícolas (BPA) y postcosecha, debe ser prioritaria para garantizar la calidad de las materias primas y su trazabilidad. Paralelamente, la transferencia de conocimientos sobre el manejo de procesos de valor agregado, como la desaponificación eficiente de la quinua y el control de humedad durante el almacenamiento del amaranto, permitirá a los productores locales cumplir con estándares de calidad exigentes tanto a nivel nacional como internacional. Estas capacitaciones deben incluir enfoques prácticos que incorporen tecnologías accesibles y sostenibles, lo que fomentará no solo la mejora en la calidad de los granos, sino también el incremento de su productividad y la sostenibilidad ambiental de las prácticas agrícolas.

A nivel comercial, se recomienda desarrollar estrategias de diversificación de productos basados en granos andinos, posicionando a la granola como el primer paso en una línea más amplia de alimentos funcionales. La expansión hacia productos como barras energéticas, harinas fortificadas o snacks saludables, permitirá atender diferentes segmentos del mercado y optimizar el aprovechamiento de las materias primas. Además, la promoción de estos productos debe integrarse en campañas de marketing que resalten no solo sus beneficios nutricionales, sino también su conexión con la tradición andina y su contribución a la sostenibilidad.

Se sugiere implementar un enfoque de mejora continua, basado en auditorías periódicas, análisis de riesgos y validación constante de los procesos críticos. La integración de un sistema de trazabilidad robusto, que permita monitorear la cadena de suministro desde el origen de las materias primas hasta el producto final, asegurará la transparencia y reducirá los riesgos de contaminación. Estas acciones, combinadas con un enfoque proactivo en investigación y desarrollo, garantizarán no

solo la sostenibilidad del proyecto, sino también su capacidad de adaptarse a las cambiantes demandas del mercado alimentario global.

## REFERENCIAS

- Aguilar Delgado, M. J., Espitia Rangel, E., Lozano Grande, A., Valverde Ramos, M. G., Sesma Hernández, L. F., López Rodríguez, Y. G., Aguilar Delgado, M. J., Espitia Rangel, E., Lozano Grande, A., Valverde Ramos, M. G., Sesma Hernández, L. F., & López Rodríguez, Y. G. (2022). Capacidad de reventado de grano de amaranto (*Amaranthus* spp.) Con perispermo contrastante. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(4), 429–436.  
<https://doi.org/10.35196/RFM.2022.4.429>
- Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S. E., Bazile, D., & Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Global Food Security*, 26. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2020.100429>
- Almirudis Echeverria, S. J., Ramírez Wong, B., Medina Rodríguez, C. L., Magaña Barajas, E., Torres Chávez, P. I., Ledesma Osuna, A. I., Almirudis Echeverria, S. J., Ramírez Wong, B., Medina Rodríguez, C. L., Magaña Barajas, E., Torres Chávez, P. I., & Ledesma Osuna, A. I. (2020). Actividad antioxidante de harinas de amaranto obtenidas por extrusión y análisis parcial de su calidad proteica in vivo. *Biotecnia*, 22(1), 24–31.  
<https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V22I1.1121>
- Alulema Moncayo, A. F., Vacas Paredes, K. P., Rivadeneira, M. F., & Moncayo, A. L. (2023). Incidencia de desnutrición crónica y factores asociados en una cohorte de niños menores de 5 años. *Rev. Ecuat. Pediatr*, 24(1), 79–89.  
<https://doi.org/10.52011/206>
- Andrés, A., Romero, V., Nixon, A., & Silva, M. (2019). Soberanía alimentaria en Ecuador: fundamentos teóricos y metodológicos para un modelo de medición. *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, 6, 1–18.  
<https://doi.org/10.21855/ECOCIENCIA.60.256>
- ARCOSA. (2014). *Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria » ARCOSA participó en el Primer Foro de Turismo Sustentable y de calidad, en Napo*. ARCOSA Participó En El Primer Foro de Turismo Sustentable y de Calidad, En Napo. <https://www.controlsanitario.gob.ec/arcsa-participo-en-el-primer-foro-de-turismo-sustentable-y-de-calidad-en-napo/>
- Ayala-Garay, A. V., Espitia-Rangel, E., Rivas-Valencia, P., Martínez-Trejo, G., & Almaguer-Vargas, G. (2016). Análisis de la cadena del valor de amaranto en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 13(1), 87.  
<https://doi.org/10.22231/ASYD.V13I1.280>

- Ayo, J. A. (2001). The effect of amaranth grain flour on the quality of bread. *International Journal of Food Properties*, 4(2), 341–351.  
<https://doi.org/10.1081/JFP-100105198>
- Beatriz, N., Cortes, J., Quintero, L. A., León Virgüez, C., Fernando, L., Fuentes, Q., & Lucía Gutiérrez Rodríguez, M. (2022). El Factor Galletero En Productos Adicionados Con Harina De Amaranto. *Documentos de Trabajo ECBTI*, 3(2).  
<https://doi.org/10.22490/ECBTI.6513>
- Britez, M. G., Rolhaiser, F. A., Romero, A. M., Romero, M. C., Britez, M. G., Rolhaiser, F. A., Romero, A. M., & Romero, M. C. (2020). Incorporación de harina de amaranto para la obtención de bocaditos de carne con bajo contenido de grasa. *Enfoque UTE*, 11(3), 35–45.  
<https://doi.org/10.29019/ENFOQUE.V11N3.558>
- Carrillo, W., Vilcacundo, R., & Carpio, C. (2015). Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua. *Actualización En Nutrición*, 16, 18–22.  
<https://doi.org/10.1037/a0014733>
- Casas Moreno, M. del M., Barreto-Palacios, V., Gonzalez-Carrascosa, R., Iborra-Bernad, C., Andres-Bello, A., Martínez-Monzó, J., & García-Segovia, P. (2015). Evaluation of Textural and Sensory Properties on Typical Spanish Small Cakes Designed Using Alternative Flours. *Journal of Culinary Science and Technology*, 13(1), 19–28. <https://doi.org/10.1080/15428052.2014.952475>
- Castro-Albán, H. A., Castro-Gómez, R. del P., Alvarado-Capó, Y., Castro-Albán, H. A., Castro-Gómez, R. del P., & Alvarado-Capó, Y. (2023). Variabilidad morfoagronómica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) nativa tipo Chimborazo en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3).  
<https://doi.org/10.15517/AM.2023.53229>
- Cevallos Karla Melany, A., & Soto Velásquez María Alexandra, I. (2022). Elaboración de granola con cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* f. flavicarpa): Preparation of granola with passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. flavicarpa). *Boletín Científico Ideas y Voces*, 2(1).  
<https://doi.org/10.60100/BCIV>
- Chopra, N., Dhillon, B., Rani, R., & Singh, A. (2018). Physico-nutritional and sensory properties of cookies formulated with quinoa, sweet potato and wheat flour blends. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(3), 798–806.  
<https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22>

- Cordero-Ahiman, O. V., & Cordero-Ahiman, O. V. (2022). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria de Ecuador. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(S1), 34–38. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000400034>
- Delatorre-Herrera, J., Sánchez, M., Delfino, I., & Oliva, M. I. (2013). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), un tesoro andino para el mundo. *Idesia (Arica)*, 31(2), 111–114. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000200017>
- Dueñas Quintero, D. M. (2014). Vigilancia competitiva de la quinua: potencialidad para el departamento de Boyacá. *Suma de Negocios*, 5(12), 85–95. [https://doi.org/10.1016/S2215-910X\(14\)70030-8](https://doi.org/10.1016/S2215-910X(14)70030-8)
- Dussán-Sarria, S., Cruz-Noguera, R. E. D. la, Godoy, S. P., Dussán-Sarria, S., Cruz-Noguera, R. E. D. la, & Godoy, S. P. (2019). Estudio del Perfil de Aminoácidos y Análisis Proximal de Pastas Secas Extruidas a Base de Harina de Quinua y Harina de Chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(6), 93–100. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>
- Escobar, K. Y. R., Pisco, M. L. C., Morejon, J. A., Cedeño, J. A., Bermudez, C. J. T., & Zambrano, R. B. (2024). Efecto de la incorporación parcial de harina de amaranto (*Amaranthus* spp) y chocolate en las características bromatológicas y sensoriales de galletas: Effect of partial incorporation of amaranth (*Amaranthus* spp) flour and chocolate on bromatological and sensory characteristics of cookies. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 18(2), e1484–e1484. <https://doi.org/10.54167/TCH.V18I2.1484>
- Espitia-Rangel, E., Martínez-Cruz, E., Lozano-Grande, A., Hortelano-Santa Rosa, R., Valverde-Ramos, M., Sesma-Hernández, F., Espitia-Rangel, E., Martínez-Cruz, E., Lozano-Grande, A., Hortelano-Santa Rosa, R., Valverde-Ramos, M., & Sesma-Hernández, F. (2022). Calidad panadera y galletera de mezclas de harina integral de amaranto y refinada de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(8), 1433–1443. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V13I8.3162>
- Filloi Mazo, A. (2023). Repercusión de la pandemia sobre la seguridad alimentaria mundial. *Ius Humani. Law Journal*, 12(1), 19–49. <https://doi.org/10.31207/IH.V12I1.317>
- Gianella, M., Mendoza, D., Matilde, M., & Macías, M. (2014). *Diseño de una línea de producción de granola complementada con semillas y pulpa deshidratada de zapallo*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30607>
- González, A. F. M., Aguirre, C. A. C., Salgado, A. P. C., & Congo, B. J. P. (2024). Análisis de la desnutrición infantil desde la etapa prenatal hasta los 2 años en las comunidades de La Esperanza-Imbabura y Guamote-Chimborazo, período

2020-2023. *Práctica Familiar Rural*, 9(2).  
<https://doi.org/10.16921/PFR.V9I2.317>

- Gutiérrez, A. F., & Mollinedo Portugal, P. (2022). Estudio genómico de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): técnicas de secuenciación e identificación genómica. Una revisión. *Con-Ciencia (La Paz)*, [1-18].  
<http://www.scielo.org.bo/pdf/rcfb/v10n1/2310-0265-rcfb-10-01-54.pdf>
- Hilda, A., Figueroa, M., Asesor, R., Cisneros, :, Fausto, Z., & Lima-Perú, H. (2018). *Elaboración de granola nutritiva tipo snack disponible en la alimentación de la población limeña*. Universidad San Ignacio de Loyola.  
<https://hdl.handle.net/20.500.14005/11158>
- INIAP. (2010). INIAP TUNKAHUAN VARIEDAD MEJORADA DE QUINUA. *INIAP TUNKAHUAN VARIEDAD MEJORADA DE QUINUA*, 345, 35.  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2639/1/iniapscpl345.pdf>
- Ivanova, A. V., Gerasimova, E. L., & Brainina, K. Z. (2015). Potentiometric study of antioxidant activity: development and prospects. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 311–322. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.910443>
- Jara, L. M. R., & Herrera, R. A. B. (2020). BUENAS PRÁCTICAS AGROPECUARIAS “La calidad alimentaria con cimientos en la inocuidad.” *ECUADOR ES CALIDAD*, 7(2). <https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.132>
- Juan, B. E., Monzón, C., Wilmer, B., Rashta, E., Asesor, R., Luz, D., & Menacho, P. (2015). Elaboración de granola en barra a base de trigo enriquecido con quinoa pop (*Chenopodium quinoa*), kiwicha pop (*Amaranthus caudatus*) y granos de chíá (*Salvia hispánica*). *Universidad Nacional Del Santa*.  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2628>
- Kamizake, N. K. K., Gonçalves, M. M., Zaia, C. T. B. V., & Zaia, D. A. M. (2003). Determination of total proteins in cow milk powder samples: a comparative study between the Kjeldahl method and spectrophotometric methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(4), 507–516.  
[https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00004-8)
- Lema, J., Autor, R., Alexander, J., & Lema, L. (2016). *Estandarización los procesos para la elaboración de granola de la empresa “Alinteg.”*  
<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/4638>
- Lopez Fernandez, M. P., Busch, V. M., & Buera, M. del P. (2023). Revalorización de la quinoa y sus aplicaciones en la industria. *Subproductos Agroindustriales y Recursos Autóctonos: Procesamiento y Técnicas de Análisis*.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/249046>

- Mapes, E. C. (2015). El Amarantho. *Ciencia*, 8–15.
- Mendoza-Balcázar, J. I., Aracely Biler-Reyes, S. I., & Reyes-Chávez III, L. (2020). Inocuidad alimentaria de los alimentos preparados, que se consumen en la ciudad de Manta. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, ISSN-e 2550-682X, Vol. 5, N° 9 (SEPTIEMBRE 2020), 2020, Págs. 175-190, 5(9), 175–190. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i9.1683>
- Merizalde Mora, M. J., Leiva González, C. A., Enríquez Hidalgo, D. A., & Toulkeridis, T. (2022). Determination of altitudes of the three main Ecuadorian summits through GNSS positioning. *Geodesy and Geodynamics*, 13(4), 343–351. <https://doi.org/10.1016/J.GEOG.2021.11.006>
- Monroy-Pedroza, D., Martínez-Hernández, J. de J., Gavi-Reyes, F., Torres-Aquino, M., Hernández-Ríos, I., Monroy-Pedroza, D., Martínez-Hernández, J. de J., Gavi-Reyes, F., Torres-Aquino, M., & Hernández-Ríos, I. (2021). Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en dos variedades de amaranto ( *Amaranthus hypochondriacus* y *A. cruentus*) bajo fertigación. *Biotecnia*, 23(3), 14–21. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V23I3.1399>
- Muñoz Jáuregui, A. M. (2013). Año Internacional de la Quinua. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 79(1), 1–2. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2013000100001&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2013000100001&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Palacios Sanguano, E. P., & Serrano Moya, L. A. (2015). *Diseño de un sistema de gestión de inocuidad alimentaria para la producción de granola en la industria de cereales Protein Quito - Ecuador de acuerdo a la norma INEM - ISO 22000:2006*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9367>
- Peralta I., E., Mazón, N., Murillo I., A., & Rodríguez Ortega, D. G. (2014). *Manual agrícola de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades, costos de producción*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2418>
- Rodríguez-González, I., Benavides-Guevara, R. M., Jurado, B. K., Marulanda, M., Zuluaga-Domínguez, C. M., Rodríguez-González, I., Benavides-Guevara, R. M., Jurado, B. K., Marulanda, M., & Zuluaga-Domínguez, C. M. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con trigo, avena y quinua. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/IYC.V25I2.11242>
- Román Gamboa, J. E. (2017). *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo como herramienta de mejora de la inocuidad en la*

*producción de granola en Saluvita, S. A.*  
<http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Sánchez Díaz, C. L. (2017). *Propuesta de distribución y nueva línea de empaque para la planta de producción de granola de Saluvita S.A.*  
<http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Sandoval Guerrero, A. (2023). *Caracterización fisicoquímica de la miel y propóleo de la abeja nativa sin aguijón (trigona angustula) y elaboración de granola, caramelo y marshmello.* Lima. 2022. Universidad Norbert Wiener.  
<https://hdl.handle.net/20.500.13053/9250>

Urdanegui, P., Pérez Ávila, Á. A., Estrada Zúniga, R., Neyra Valdez, E., Mujica, Á., & Corredor Arizapana, F. A. (2021). Rendimiento y evaluación agromorfológica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Huancayo, Perú. *Agroindustrial Science*, 11(1), 63–71.  
<https://doi.org/10.17268/AGROIND.SCI.2021.01.08>

Valderrama Sánchez, V. (2024). *Estudio de la bioactividad (antioxidante, hipocolesterolémica) de galletitas de harina de amaranto fermentada mediante aproximaciones in vitro.*  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/173361>

Vargas, I. É., Ángel, D., Portillo Vázquez, M., De, E., Sancha Rodríguez, L., Vargas, M. Á., Alfredo, J., & Osorio, C. (2018). Huella ecológica, huella hídrica y voracidad de la ganadería bovina industrial vs sistemas agroecológicos en América Latina. *Ecosistemas*, 3, 24–29.

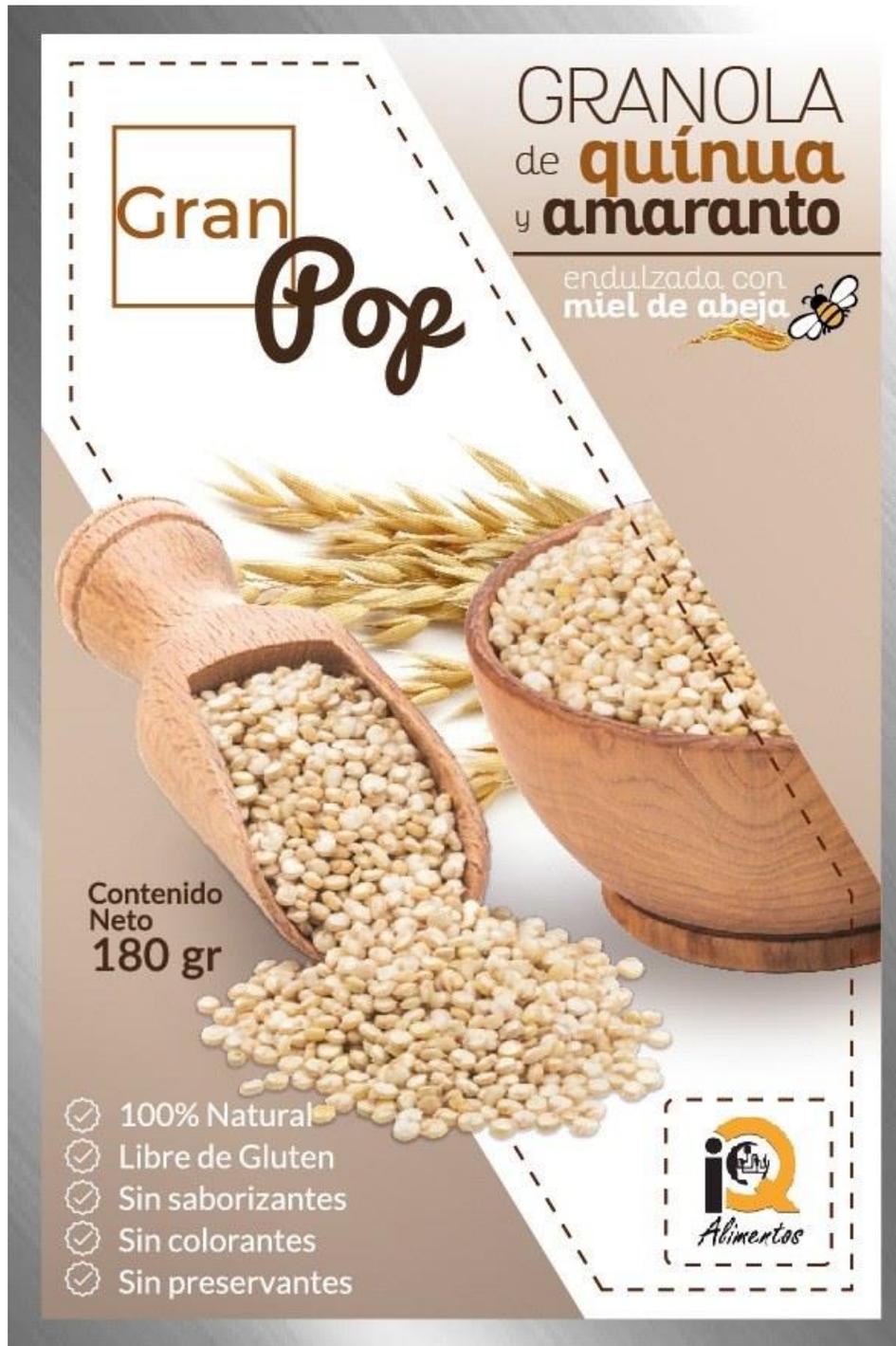
Vásquez, J. I. R., & Benavides, S. C. O. (2020). La evolución de la malnutrición infantil en Chimborazo: Entre progresos y desafíos. *La Ciencia al Servicio de La Salud y La Nutrición*, 11(1), 33–43.  
<https://doi.org/10.47244/CSSN.VOL11.ISS1.467>

Zabala Vizúete, R. F., Manzano Vela, D. R., & Salazar Luisataxi, J. M. (2022). Evaluation of Protein Levels in the Production of Granola from Amaranth and Agroecological Quinoa. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 2(2), 519–535. <https://doi.org/10.18502/ESPOCH.V2I2.11414>

Zapata, A. E. O., Vizúete, S. N. M., Murillo, L. A. T., & Torres, D. J. P. (2024). Situación de la inocuidad alimentaria en el Ecuador debido al contenido de plomo encontrado en productos de exportación. *RECIMUNDO*, 8(2), 95–102.  
[https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(2\).abril.2024.95-102](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(2).abril.2024.95-102)

## ANEXOS

## A. Modelos preliminares de empaque.





## B. Acta (CHARTER) del proyecto final de graduación (PFG)



### ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)

**Nombre y apellidos:** Dennis Renato Manzano Vela  
**Lugar de residencia:** Riobamba- Ecuador  
**Institución:** IQ Alimentos  
**Cargo / puesto:** Gerente de investigación y desarrollo

Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 28-07-2024	<b>Nombre del proyecto:</b> Desarrollo de un Producto Alimenticio de Alto Valor Nutricional con Granos Andinos Quinua y Amaranto de la Provincia de Chimborazo, Ecuador
Fecha de inicio del proyecto: 02/09/2024	<b>Fecha tentativa de finalización:</b> 06/01/2025
<b>Tipo de PFG:</b> tesina	
<b>Objetivos del proyecto</b>	
<p><b>General:</b> Elaborar un producto alimenticio de alto valor nutricional utilizando quinua y amaranto, provenientes de la provincia de Chimborazo, Ecuador, que cumpla con los estándares de inocuidad alimentaria y contribuya a la seguridad alimentaria de la región.</p> <p><b>Específicos:</b>            Analizar la viabilidad técnica y económica del producto alimenticio propuesto, para el sondeo del contexto del mercado local y potencial internacional.            Evaluar una formulación del producto alimenticio propuesto, para que se maximice el valor nutricional</p>	
<p><b>Descripción del producto:</b> El producto será un alimento de alto valor nutricional basado en una mezcla de quinua y amaranto, dirigido a consumidores que buscan opciones saludables y nutritivas, especialmente en el contexto de la seguridad alimentaria en Ecuador. Para su desarrollo y comercialización, se aplicarán las buenas prácticas de manufactura (BPM) requeridas para la obtención de un producto alimenticio estable y reproducible.</p>	
<p><b>Necesidad del proyecto:</b> El proyecto responde a la necesidad de aprovechar los recursos locales, como la quinua y el amaranto, para mejorar la nutrición y seguridad alimentaria en Chimborazo y otras regiones. Además, busca fortalecer la economía local a través de la valorización de cultivos tradicionales. Para un mejor aprovechamiento de los recursos, se estandarizará el proceso de producción, su empaque y etiquetado, al igual que su almacenamiento y distribución.</p>	

<b>Justificación de impacto del proyecto:</b> El impacto del proyecto se reflejará en la promoción de una alimentación saludable, la creación de valor agregado a los productos agrícolas locales, y la generación de empleo en la región. Asimismo, contribuirá a la sostenibilidad del sistema agroalimentario ecuatoriano.	
<b>Restricciones:</b> Condiciones climáticas que puedan afectar la producción de granos andinos. Normativas locales e internacionales de inocuidad alimentaria	
<b>Entregables:</b> Avances periódicos del desarrollo del PFG al tutor (a). Entrega del documento aprobado al lector (a) para su revisión y para su posterior aprobación y calificación. Tribunal evaluador (tutor (a) y lector(a), entregan calificación promediada.	
<b>Identificación de grupos de interés:</b> <b>Cliente(s) directo(s):</b> Consumidores locales y nacionales interesados en alimentos saludables. <b>Cliente(s) indirecto(s):</b> Agricultores y productores de quinua y amaranto de la provincia de Chimborazo.	
<b>Aprobado por Director MIA:</b> Dr. Félix Modesto Cañet Prades	Firma:
<b>Aprobado por profesora Seminario Graduación:</b> MIA. Ana Cecilia Segreda Rodríguez	Firma:
Estudiante: <i>Dennis Renato Manzano Vela</i>	Firma