

Research Article

# Evaluation of Protein Levels in the Production of Granola from Amaranth and Agroecological Quinoa

## Evaluación de los Niveles de Proteína en la Producción de Granola a Partir de Amaranto y Quinoa Agroecológica

Rolando Fabián Zabala Vizúete<sup>1</sup>, Dennis Renato Manzano Vela<sup>1\*</sup>, Jhon Mauricio Salazar Luisataxi<sup>2</sup>

VIII INTERNATIONAL  
CONGRESS OF SCIENCE  
TECHNOLOGY  
ENTREPRENEURSHIP AND  
INNOVATION (SECTEI 2021)

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, Recursos Naturales Renovables, Riobamba, Ecuador

<sup>2</sup>Dpto. Investigación y Desarrollo, IQ Alimentos, Riobamba, Ecuador

### ORCID

Dennis Renato Manzano Vela: <https://orcid.org/0000-0002-7834-276X>

Corresponding Author:  
Dennis Renato Manzano  
Vela; email: den-  
nis.manzano@epoch.edu.ec

Published: 29 June 2022

Production and Hosting by  
Knowledge E

© Rolando Fabián Zabala  
Vizúete et al. This article is  
distributed under the terms of  
the [Creative Commons  
Attribution License](#), which  
permits unrestricted use and  
redistribution provided that  
the original author and  
source are credited.

### Abstract

The purpose of this research was to evaluate the protein levels in the production of granola from amaranth and agroecological quinoa. The study was carried out at the IQ Alimentos company, since it has the machinery and the required business line; the botanical identification of the plant samples used as raw materials were carried out and the strategies for agroecological cultivation applied. The study used an experimental design based on the proportion of each of the components used in the formulation of the product. A mixture of 50% quinoa, 40% amaranth, and 5% egg and honey was chosen after the protein and moisture content were quantified. A 9.67% moisture and 11.59% protein was found to be the best analytical result obtained in all formulations tested, meeting the requirements of the standard NTE INEN 2595:2011. The percentage of moisture was determined by cooking the sample at 125°C for 13 min; the percentage of moisture was reduced while the protein was not significantly altered or degraded. A stability analysis was carried out on the final product, following the national regulations, and it was concluded that the shelf life of the processed food is 20 weeks, since in this period of time there are no values outside the permissible limit by the standard.

**Keywords:** Quinoa, Amaranth, Granola, Protein, Moisture, Agro-ecological farming.

### Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad el evaluar los niveles de proteína en la producción de granola a partir de amaranto y quinoa agroecológica, de este modo el estudio se emplazó en la empresa IQ Alimentos ya que la misma cuenta con la maquinaria y la línea de negocio pertinente, se realizó la identificación botánica de las muestras vegetales utilizadas como materia prima y las estrategias aplicadas para el cultivo agroecológico. Se determinó un diseño experimental sobre las cantidades de participación de cada uno de los componentes de la formulación del producto llegando a elegir una formación de un 50% de quinua, 40% de amaranto 5% de huevo y miel de abeja, tras la evaluación del porcentaje de proteína y humedad se cuantificó un 9,67 % de humedad y 11,59 % de proteína, siendo este el mejor resultado analítico obtenido en todas las formulaciones planteadas, cumpliendo con los requerimientos de la norma NTE INEN 2595:2011. El porcentaje de humedad fue determinado tras el proceso de cocción de la muestra donde se aplicó una temperatura de 125° C durante 13 minutos, la muestra disminuye su porcentaje de humedad

 OPEN ACCESS



muestras la proteína no se ve alterada o degradado de forma significativa. Se realizó un análisis de estabilidad en el producto final, a bajo la normativa vigente en el país, pudiendo concluir que el tiempo de vida útil del alimento elaborado es de 20 semanas, ya que en este periodo de tiempo no se aprecian valores fuera del límite permisible por la norma.

**Palabras Clave:** Quinoa, Amaranto, Granola, Proteína, Humedad, Cultivo Agroecológico.

## 1. Introducción

El ser humano necesita el consumo de alimentos que aporten vitaminas, minerales y proteínas que permitan un adecuado desarrollo físico e intelectual, sin embargo, la globalización ha logrado que la población tenga hábitos de consumo de productos inadecuados para su salud, dando como consecuencia altos índices de obesidad y enfermedades metabólicas las cuales recaen en una mala conducta alimenticia, bajo la premisa “eres lo que comes”. No obstante, en la actualidad la preocupación ha recaído en contrarrestar estos problemas mediante el consumo de alimentos con altos valores nutricionales aumentando consumidores que buscan adquirir nuevos hábitos alimenticios, por lo que se ha creado un nicho de mercado de productos orgánicos y saludables.

El cultivo de Amaranto (*Amaranthus cruentus* Linneo) y de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) ha sustentado la alimentación de miles de familias altoandinas de América latina distribuidas en diferentes zonas agroecológicas de la región por cientos de años a pesar de ser considerados cultivos rústicos, es decir con resistencia a heladas, salinidad y sequía. Al momento que fueron introducidos otros cultivares en la época de la colonia, se redujo sustancialmente la siembra de estos, además, por varias décadas, a estos granos se le consideraron cultivos de subsistencia, por ende, aún existen y se conservan, prácticas agrícolas tradicionales para su siembra, manejo y cosecha. En muchas comunidades andinas la expansión ha presentado una oportunidad para mejorar sus condiciones de vida y representa una alternativa sustentable para los pobladores [1][2].

Ambas especies son dicotiledóneas anuales y sus requerimientos agronómicos en relación con las características edafoclimáticas son mínimos; demostrando un gran desarrollo en áreas comprendidas desde los 2400 hasta los 3200 msnm. Además, estas especies tienen la capacidad de adaptarse a condiciones adversas de suelo y clima [2]. *A. cruentus*, suele crecer hasta los 3m de altura, se caracteriza por no presentar fotorespiración y un bajo consumo de agua mientras que la *Ch. quinoa* tiene un crecimiento de hasta 1,50 m. Sus inflorescencias paniculadas, tienen cientos de semillas que brindan una versátil opción por sus beneficios nutritivos para asegurar la



seguridad alimentaria regional, así como una opción para la subsistencia animal, dichas semillas tienen la forma de discos de un diámetro entre 1 y 2 mm [3].

En los últimos años los granos andinos han llegado a establecerse como una parte esencial en los sistemas de producción por su alto potencial agrícola, especialmente en la serranía ecuatoriana. Además, la importancia de ambos granos reside en la alta calidad biológica como alimento en función de su composición química y su amplia adaptabilidad a condiciones agroecológicas provocando un gran interés en empresas agroindustriales nacionales e internacionales, al igual que en instituciones públicas y privadas [4]

Desde un punto de vista nutricional el amaranto y la quinua no son considerados en su totalidad cereales sino pseudocereales. Ambas semillas poseen similar composición. El endosperma de las semillas es rico en proteínas, en *A. crentus* entre un 7 y 12% y en *Ch. quinoa* entre el 14 y 22% constituida por ocho aminoácidos esenciales: Valina, triptófano, treonina, fenilalanina, metionina, lisina, leucina e isoleucina [5]. La utilización de estas especies dentro de bloques nutricionales representa una iniciativa económicamente rentable, por lo tanto ha ganado popularidad la sustitución de proteínas provenientes de origen animal por las de tipo vegetal por el balance ideal de aminoácidos esenciales [6], naciendo una cultura de producción de estas semillas en la provincia de Chimborazo, con el compromiso de realizarlo de manera ambientalmente sana, socialmente justa y culturalmente inclusiva, por lo que podría aumentar considerablemente su cultivo en la región andina.

Si se considera desde el punto de vista en la nutrición humana la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) con finalidad de erradicar la desnutrición ha visto la necesidad de establecer nuevas estrategias donde se identifiquen cultivos con potencial que generen productos alimenticios de calidad nutritiva, adaptabilidad y costo de producción, que permitan alcanzar el objetivo de cubrir los requerimientos proteicos y lípidos [6]. Por lo que cada vez se promueven el empleo de granos ricos en proteínas, y su transformación en productos sanos y nutritivos, por lo que se busca investigar la implementación de sus bondades alimentonutricionales. Ya que también contienen propiedades antioxidantes, ácidos grasos insaturados, entre otras. [7].

La granola al ser un alimento nutritivo, que aporta al organismo una gran cantidad de proteínas, grasas, carbohidratos, minerales y vitaminas actúa como un requerimiento de proteína en la dieta diaria, La industrialización de estos granos en el país ha sido lento, la mayoría de transformación del grano se lo hace artesanalmente, dirigido a naturistas como un nicho de mercado ejemplar, sin embargo, en el país se está propiciando la fomentando la producción de nuevos productos de consumo masivo, provocando que



el mercado de estos tipos de productos se masifique [8]. Es así que los granos andinos que han sido explotados pueden actuar como materia prima en diferentes procesos industriales, tal como en la producción de una granola, aplicando procesos tecnológicos que, para la obtención, empleando variables como presión, calor, entre otros. Al tratarse de un producto saludable y nutritivo debe contar con características especiales, destacando la adecuada densidad energética, cantidad, calidad de proteínas y por su escasez de gluten. Conformando un complemento nutricional óptimo en comparación con granolas convencionales.

Para poder conocer el contenido proteico de los alimentos puede llegarse a determinar por varios métodos. Siendo aun hoy en día la más aplicada el método de Kjeldahl que se basa en la cuantificación de forma directa y aproximada para determinar la cantidad de nitrógeno (el método no incluye el nitrógeno nítrico, el de hidracina, el cianhídrico, ni el grupo azo) por lo cual lo hace relativamente específico para determinar proteína en este caso en los alimentos, mediante 3 etapas: mineralización o digestión, destilación y valoración. Es un método descrito en múltiples normativas como: International Organization for Standardization (ISO), Association of Analytical Communities (AOAC), Agencia de protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) e incluso por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). La mayoría de estudios realizados para caracterizar proteína se han realizado en el grano entero es por ellos que el objetivo de la presente investigación es establecer el porcentaje de proteína presente en producción de granola a partir de quinua y amaranto insuflados mediante la variación en la concentración de los componentes activos de su formulación, bajo este contexto se planteó un diseño experimental para la determinación de los componentes en sus diferentes participaciones, así como la evaluación sobre el tiempo en el proceso de cocción y su influencia tanto en el porcentaje de humedad como en el de proteína.

Se utilizó como aglutinante huevo crudo debido a su viscosidad y margen de compactación en la masa sólida de quinua y amaranto, además como endulzante se utilizó miel de abeja pura con un nivel de azúcares de 85° BRIX, la cual fue estandarizada para dicho nivel, este último componente de la formulación no solo brinda dulzor en la mezcla fina sino que a la vez permite mejorar la compactación de la masa antes del proceso de cocción y por sus propiedades naturales sirve como conservante debido a que impide la proliferación de bacterias y hongos.

Para finalizar se comprobó el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales en el producto final, teniendo en cuenta que el trabajo experimental referente a la producción se hizo con la menor capacidad de los equipos con los que cuenta la empresa, por ende, los resultados obtenidos pueden extrapolarse para un proceso productivo a nivel industrial.



## 2. Materiales y Métodos

El estudio fue llevado a cabo en el departamento de investigación y desarrollo de la Empresa de alimentos procesados “IQ Alimentos”, dicha empresa nace en el año 2019 debido a la necesidad y aprovechamiento de los granos andinos que forman una fuente nutrientes necesarios para el ser humano, además de dar un valor agregado a las materias primas procedentes del sector agropecuario nacional, ahora bien, los procesos industriales que forman parte del estudio se realizó dentro de sus instalaciones que se encuentra ubicado en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. Los procedimientos realizados cuentan con la aplicación de normativas nacionales tanto para materia prima como para el producto final, cuya finalidad es de llegar al mercado con un producto de calidad y un servicio acorde a las nuevas necesidades alimenticias, aplicando procesos innovadores, garantizando un producto sano y nutritivo.

### 2.1. Materia prima

Para la realización del presente estudio se utilizó: Quínoa desaponificada (*Chenopodium quinoa*) proveniente de la empresa productora, procesadora y comercializadora de quinua orgánica “Sumak life” que cuenta con certificación BCS-Alemania, Amaranto (*Amaranthus caudatus L*) producido por Agricultores Chimboracenses, Miel (*Apis mellifera*) recolectada por apicultores locales, huevo.

### 2.2. Reactivos para el análisis de proteína

Los reactivos necesarios para realizar la determinación de proteína por el método de Kjeldahl se tienen: Ácido sulfúrico 95% v/v, Hidróxido de potasio 98% m/m, Fenolftaleína, Rojo de metilo e Hidróxido de sodio 98% m/m.

### 2.3. Equipos necesarios para realizar el análisis de proteína

Mineralizador, Digestor Kjeldahl, Mortero, Vaso de precipitación, Bureta, Soporte universal, Varilla de agitación, Balanza, Reverbero

### 2.4. Equipos que forman parte del proceso productivo

1. Horno secador 0,5 Hp INOX serie ATLS560
2. Mezclador 2 Hp COARA serie BHAE1201

### 3. Desecador 20 L SHEZH serie 2018

## 2.5. Diseño experimental

Al tratarse de la constitución de tratamientos para optimizar procesos de producción de granola en la cual se realizará la evaluación sobre la alteración de la proteína en el producto final y sus implicaciones con el proceso de cocción se ha plantado un diseño experimental  $2^4$ , como se puede observar en la Tabla 1.

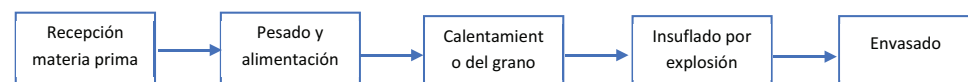
**Table 1**

*Factores y niveles del diseño experimental  $2^4$ .*

Factores	Niveles
Quinua pop	A <sub>0</sub> : 40% A <sub>1</sub> :50%
Amaranto pop	B <sub>0</sub> :40% B <sub>1</sub> :30%
Huevo	C <sub>0</sub> : 10% C <sub>1</sub> :5%
Miel	D <sub>0</sub> : 5% D <sub>1</sub> :15%

## 2.6. Proceso de elaboración

A continuación, en la figura 1 se muestra el proceso por el cual se llega a obtener la quinua y el amaranto insuflado.



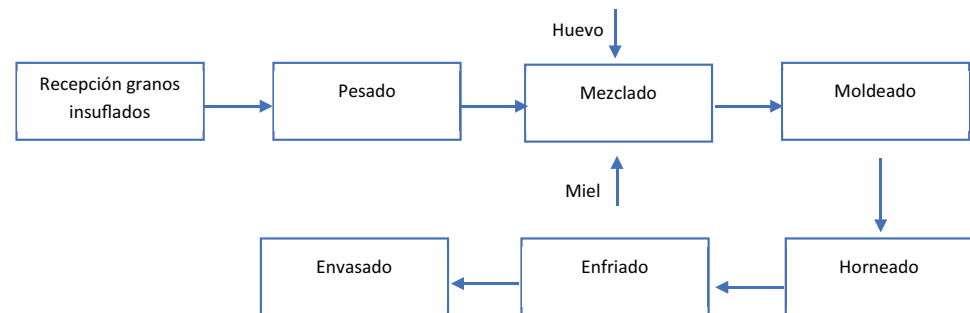
**Figure 1**

*Proceso de insuflado. Proceso previo a la producción de granola.*

La materia prima (quinua y amaranto) receptada pasa a un pesado previo antes de ser colocado en el equipo denominado cañón expansor, donde se aplica un calentamiento previo para posteriormente aplicar una presión y temperatura a la cual se produzca el insuflado del grano, terminando en un envasado hasta su uso como materia prima en la obtención de la granola.

Mientras que para la producción de la granola de quinua y amaranto se cuenta con el siguiente proceso

Como se puede observar en la figura 2, el proceso para la obtención de granola parte posteriormente de llegar a obtener quinua pop y amaranto pop (también denominados granos insuflados o expandidos) según el proceso que se puede visualizar en la Figura 1, dichos granos insuflados se pesan según la formulación de la empresa, para ser



**Figure 2**

*Proceso de producción de quinua y amaranto.*

colocado en Mezclador 2 Hp COARA serie BHAE1201, donde adiciona el huevo y la miel, para pasar a la etapa de moldeado. El horneado se lo realiza por 13 minutos a 125°C, posterior a ese tiempo pasa a un enfriado y posterior envasado para ser comercializado.

## 2.7. Parámetro físico-químicos

La determinación de la proteína en la granola se llevó a cabo mediante la aplicación del Normas NTE INEN 2646 y 1670 las cuales se determina el Nitrógeno total mediante el método de Kjeldahl número 2062 de AOAC factor 6.25, la cual aplica la digestión con ácido sulfúrico obteniendo  $\text{NH}_4^+$  y posteriormente destilación convirtiendo el  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NH}_3$  y titulación; y la humedad por el método de secado termobalanza (AOAC; 1943) [9][10].

## 2.8. Análisis de estabilidad del producto final

Siguiendo los lineamientos de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) en su instructivo externo “*Estudio de Estabilidad. -Alimentos Procesados*” se planteó un estudio acelerado de estabilidad, donde se esterilizo la muestra en autoclave, ya que este método pretende la identificación del tiempo de vida útil del producto mediante la conservación del mismo en muestras de origen vegetal sin la intromisión de conservantes. Por ello se realizó un cultivo manteniendo la incubación a 31°C durante un periodo de 30 días, además otro cultivo incubado a 44° C durante 10 días. Por último, se planteó un seguimiento sensorial de la muestra en base al crecimiento microbiológico hasta que esté fuera de la normativa legal, además de los cambios sensoriales que esta presenta en el transcurso del tiempo de análisis.



### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1. Determinación botánica de las especies

Para la recolección de las muestras vegetales se siguiendo los lineamientos para el muestro y análisis de materia vegetal reportados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, perteneciente al Gobierno Federal de México. De este modo, se realizó un recolección in situ en la zona de producción agrícola de los proveedores de la empresa IQ Alimentos, las muestras se analizaron en base a su morfología y taxonomía por parte del ingeniero forestal que forma parte del presente grupo de investigación, el cual cerífico que las especies botánicas corresponden a el cultivo de Amarantho (*Amaranthus cruentus* Linneo) y de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild), además verificando las estrategias de cultivo aplicadas por los agricultores se defino a esta como cultivo agroecológico, adicionalmente el cultivo de quinoa cuenta con certificación orgánica a nivel nacional europeo y americano.

#### 3.2. Análisis proximal de componentes de la materia prima

**Table 2**

*Análisis proximal.*

Análisis proximal en una muestra de 30g				
	quinua	amaranto	quinua pop	amaranto pop
<b>grasa total</b>	10,33	8,11	10,71	9,34
<b>carbohidratos totales</b>	55	59,52	60,7	63,42
<b>fibra</b>	5,25	7,67	7,8	6,87
<b>Proteína</b>	18,62	15,45	9,65	8,88
<b>humedad</b>	10,8	9,25	11,14	11,49

En la tabla 2 se aprecia los valores porcentuales correspondientes al análisis de composicional elemental nutritivo de la materia prima sobre la cual se emplazará la evaluación y alteración de los niveles de proteína y humedad en el proceso productivo hasta llegar al producto final a ser comercializado. En tanto se aprecia una variación decreciente en la cantidad de proteína y un aumento en la humedad de la muestra, esto se debe a que el cereal insuflado se vuelve más higroscópico y la cantidad de grasa que impide la absorción de agua disminuye. Lo que revela la necesidad de un proceso de estabilización del producto final asegurando su estabilidad y mejorando su sabor.





### 3.3. Diseño experimental

**Table 3**

*Valores de humedad y proteína en las diferentes formulaciones planteadas para el producto final tras el proceso de cocción a 125° C durante 13 minutos.*

Formulaciones	Humedad (%)	Proteína (%)
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub>D<sub>0</sub></b>	10,12	10,66
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub>D<sub>1</sub></b>	8,23	10,10
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub></b>	9,87	9,76
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub></b>	10,01	11,78
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub></b>	6,98	8,43
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub>D<sub>0</sub></b>	11,65	9,32
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub>D<sub>0</sub></b>	5,13	8,27
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>0</sub></b>	9,42	10,07
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub>D<sub>0</sub></b>	10,77	12,03
<b>A<sub>0</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub>D<sub>0</sub></b>	7,45	9,78
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub>D<sub>1</sub></b>	8,52	6,98
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub></b>	9,67	11,59
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>0</sub></b>	8,34	10,41
<b>A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>0</sub>D<sub>1</sub></b>	12,34	9,89
<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub>D<sub>1</sub></b>	11,55	10,23
<b>A<sub>0</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub>D<sub>0</sub></b>	8,67	10,63

En la tabla 3 se observa que la formulación con compuesta por un 50% de quinua, 40% de amaranto 5% de huevo y miel presenta la mejor relación de humedad en la muestra y contenido de proteína, ya que según las normas nacionales bajo las cuales se comercializa el producto final el porcentaje de humedad no deberá exceder el 10%, valor descrito dentro de la norma NTE INEN 2595:2011, además se debe tener en consideración que la calidad nutricional de la proteína lo determina la cantidad de aminoácidos esenciales presentes en el amaranto como en la quinua [11]. En tanto los análisis de secado y cocción del producto se realizaron por separado con cada formulación, con la finalidad de determinar la temperatura y tiempo óptimo en el cual la relación sea simétrica y correlacional entre la humedad, proteína, tiempo y temperatura de secado [12].

### 3.4. Variación de la humedad en la formulación de estudio

En la tabla 4 se muestra las variaciones en el contenido de humedad dentro del proceso de cocción en una muestra base de la formulación **A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>** con la cual se producirá granola la cual cuenta con una masa de 1345,67 g, al finalizar el proceso la muestra

**Table 4**

Variación de humedad en la formulación A1B0C1D1 durante el proceso de cocción a 125° C durante 13 minutos.

Tiempo (min)	Peso muestra Y bandeja (g)	Diferencia (g)	Peso muestra (g)	Perdida de Humedad (g)	Porcentaje perdida de humedad (%)
0	1688,17		1345,67	0,10754733	10,7547325
1	1671,2	16,97	1328,7	0,09358025	9,35802469
2	1667,4	3,8	1324,9	0,09045267	9,04526749
3	1652,6	14,8	1310,1	0,0782716	7,82716049
4	1644,3	8,3	1301,8	0,07144033	7,14403292
5	1638,1	6,2	1295,6	0,06633745	6,63374486
6	1620,9	17,2	1278,4	0,05218107	5,218107
7	1614,7	6,2	1272,2	0,04707819	4,70781893
8	1602,8	11,9	1260,3	0,03728395	3,72839506
9	1593,8	9	1251,3	0,02987654	2,98765432
10	1582,6	11,2	1240,1	0,02065844	2,06584362
11	1578,7	3,9	1236,2	0,01744856	1,74485597
12	1566,1	12,6	1223,6	0,00707819	0,70781893
13	1557,5	8,6	1215	0	0
<b>Total</b>		130,67		0,71923457	71,9234568

pierde 130,67 g dentro de ellos se considera la pérdida principalmente de agua y de compuestos logados en la fase gaseosa de la misma, ahora bien esta masa eliminada en la cocción de manera porcentual y acumulativa corresponde a un 71,92%, teniendo en cuenta que este valor es representativo durante cada etapa del proceso de cocción y no un valor total de pérdida en peso de la muestra. En tanto estos resultados demuestran que la temperatura y la cantidad de masa despendida de la muestra no afectan de manera significativa el valor nutricional del producto final, ya que la cantidad de masa que disminuye de manera progresiva se semi constante y no amenaza en la generación de cenizas en la fase sólida, así como en algún tipo de pardeamiento enzimático.

### 3.5. Determinación de humedad en el producto final

Tras la evaluación de la pérdida de masa en el proceso de cocción, se emplaza el análisis sobre el contenido de humedad en la formulación **A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>** el cual este guiado bajo los parámetros de la norma ISO 712 para cereales y productos de cereales y la correlación con los requerimientos de granola según la norma NTE INEN 2595:2011 [12]. De esta manera el porcentaje de humedad se calculó con la siguiente fórmula:



$$w = \left[ 1 - \frac{m_1}{m_0} \right] \times 100\% \quad (1)$$

Donde: w=porcentaje de humedad en la muestra  $m_1$ =masa en gramos de la muestra antes del secado  $m_0$ =masa en gramos de la muestra después del secado

Con los datos de la tabla 4 se tiene

$$w = \left[ 1 - \frac{1345,67g}{1215g} \right] \times 100\%$$

$$w = 9,71\%$$

El valor de humedad determinado en la muestra correspondiente a la formulación **A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>** se encuentra dentro de los parámetros y requerimientos de la norma antes mencionada, por lo tanto, este valor confirma el tiempo de cocción necesario dentro del proceso, así como la temperatura utilizada, cabe mencionar que el tiempo se ajusta de manera eficiente dentro de la industria. Bajo este contexto la formulación genera un alto porcentaje en proteína y un bajo nivel de humedad en el producto manteniendo la relación experimental con las diversas formulaciones planteadas y un proceso de cocción simplificado para todas ellas. Por ende, las formulaciones cambiaron bajo el diseño experimental pero el proceso de cocción fue el mismo, a la misma temperatura y durante el mismo tiempo, sobre todo con el mismo equipo industrial, lo último resulta de gran interés ya que pese a que las variables del proceso se pueden ajustar resulta más eficiente ajustar el diseño experimental en primera instancia, tal como se comprobó en los resultados presentados.

### 3.6. Análisis de estabilidad del producto final

**Table 5**

*Crecimiento microbiano en el producto final (Aerobios Mesófilos).*

Condiciones/ tiempo	Semana 0 (ufc/g)	Semana 4 (ufc/g)	Semana 8 (ufc/g)	Semana 12 (ufc/g)	Semana 16 (ufc/g)	Semana 20 (ufc/g)
<b>T<sub>1</sub> 44 °C</b>	<10	100	1000	10000	100000	1000000
<b>T<sub>2</sub> 31° C</b>	<10	100	1000	1000	10000	100000

En la tabla 5 se aprecia el crecimiento microbiano en el producto final analizado, determinado que pese a un crecimiento exponencial semana a semana en el recuento de Aerobios Mesófilos basado en la norma NTE INEN 1529-5, a finalizar la semana 20



el número de unidades formadoras de colonias se llega al límite aceptable y permisible según la norma NTE INEN 2595:2011.

**Table 6**

*Crecimiento microbiano en el producto final (Mohos).*

Condiciones/ tiempo	Semana 0 (upc/g)	Semana 4 (upc/g)	Semana 8 (upc/g)	Semana 12 (upc/g)	Semana 16 (upc/g)	Semana 20 (upc/g)
T <sub>1</sub> 44 °C	<10	<10	<10	<10	<10	100
T <sub>2</sub> 31° C	<10	<10	<10	<10	<10	100

En la tabla 6 se aprecia el crecimiento microbiano en el producto final analizado, determinado que no existe un crecimiento exponencial semana a semana en el recuento de Mohos basado en la norma NTE INEN 1529-10, incluso finalizar la semana 20 el número de unidades formadoras de colonias se mantiene bajo el límite permisible de la norma NTE INEN 2595:2011.

**Table 7**

*Crecimiento microbiano (levadura).*

Condiciones/ tiempo	Semana 0 (ufc/g)	Semana 4 (ufc/g)	Semana 8 (ufc/g)	Semana 12 (ufc/g)	Semana 16 (ufc/g)	Semana 20 (ufc/g)
T <sub>1</sub> 44 °C	<10	<10	<10	<10	<10	<10
T <sub>2</sub> 31° C	<10	<10	<10	<10	<10	<10

En la tabla 7 se aprecia el crecimiento microbiano en el producto final analizado, determinado que no existe un crecimiento exponencial semana a semana en el recuento de levaduras, de hecho, se aprecia que al finalizar la semana 20 el número de unidades formadoras de colonias por cada gramo de muestra analizada es el mismo que en la semana cero.

**Table 8**

*Crecimiento microbiano (Bacillus cereus).*

Condiciones/ tiempo	Semana 0 (ufc/g)	Semana 4 (ufc/g)	Semana 8 (ufc/g)	Semana 12 (ufc/g)	Semana 16 (ufc/g)	Semana 20 (ufc/g)
T <sub>1</sub> 44 °C	<10	<10	<10	<10	<10	100
T <sub>2</sub> 31° C	<10	<10	<10	<10	<10	100

En la tabla 8 se aprecia el crecimiento microbiano en el producto final analizado, determinado que no existe un crecimiento exponencial semana a semana en el recuento de levaduras basado en la norma ISO 7932, incluso finalizar la semana 20 el número de unidades formadoras de colonias se mantiene bajo el límite permisible de la norma NTE INEN 2595:2011



### 3.7. Nivel de pH, porcentaje de proteína y humedad

**Table 9**

*Nivel de pH, porcentaje de proteína y humedad.*

Condiciones/ tiempo	Semana 0	Semana 4	Semana 8	Semana 12	Semana 16	Semana 20
pH solución al 10%	5,59	5,59	6,05	6,67	6,98	7,31
Porcentaje de proteína	11,59	11,59	11,59	10,12	9,89	9,7
Porcentaje de humedad	9,67	9,67	9,67	9,88	9,94	10,11

En la tabla 9 se expresa el resultado de las variaciones de pH, porcentaje de proteína y humedad, revisados periódicamente durante un tiempo de 20 semanas, por lo cual se aprecia cambios en el nivel de pH a partir de la semana 8 hasta llegar a 7,31 al finalizar la semana 20, de forma similar el porcentaje de proteína se ve alterado de forma mínima llegando a 9,7% al finalizar la semana 20, por último el porcentaje de humedad al finalizar la semana 20 llega 10,11% determinándose que excederá el límite permisible de la NTE INEN 2595:2011.

## 4. Conclusiones

Se realizó la identificación botánica de la materia prima para la producción de granola, la cual parte de la materia vegetal corresponde a Amarantho (*Amaranthus cruentus* Linneo) y Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) cultivados bajo una estrategia de cultivo agroecológico. Tras la aplicación de un diseño experimental 2<sup>4</sup> bajo el cual se determinaron diferentes formulaciones a partir de las cantidades de materia prima para cada formulación, de esta manera la formulación compuesta por un 50% de quinoa, 40% de amaranto 5% de huevo y miel tras el proceso productivo presenta un 9,67 % de humedad y 11,59 % de proteína, siendo este el mejor resultado analítico obtenido en todas las formulaciones planteadas, cumpliendo con los requerimientos de la norma NTE INEN 2595:2011. El porcentaje de humedad fue determinado tras el proceso de cocción de la muestra donde se aplicó una temperatura de 125° C durante 13 minutos, tras el análisis la muestra disminuye su porcentaje de humedad y es posible decir que el porcentaje de proteína no se ve alterado o degradado de forma significativa. Se realizó un análisis de estabilidad en el producto final fabricado con la formulación indica, dicho análisis represento las variables tomadas en cuenta bajo la normativa vigente en el país, pudiendo concluir que el tiempo de vida útil del alimento elaborado es de 20



semanas, ya que en este periodo de tiempo no se aprecian valores fuera del límite permisible por la norma NTE INEN 2595:2011.

## 5. Agradecimientos

En primera instancia el presente grupo de autores agradece a la empresa IQ Alimentos por brindar todas las facilidades técnicas y prácticas para el desarrollo del presente estudio, además a los técnicos zonales de la Agencia de control y vigilancia sanitaria ARCSA por su ayuda con la información y guía pertinentes a las normas que rigen la producción de granola en el país, al equipo botánico que determino las propiedades taxonómicas de las muestras vegetales y la verificación del cultivo agroecológico de donde parte el estudio. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Orellana por ser el sustento académico para esta investigación.

## 6. Conflictos de Intereses

Tanto la empresa como el grupo de investigación conformado para el presente estudio, no reportan conflictos de interés, ya que pese a la divulgación de la información básica sobre el proceso productivo, que se lleva a cabo en las instalaciones de IQ Alimentos, la información expuestas hace referencia al estudio de los niveles de proteína dentro de uno de sus varios productos, y no se exponen el nombre directo de los proveedores de materia prima ni los costos relacionados a la producción de la formulación utilizada. Por lo tanto, la empresa y los investigadores que participamos en el trabajo de estudio no reportamos ningún tipo de conflicto de interés que desemboque en alguna ilegalidad tras la publicación de los resultados y el informe final de la investigación.

## References

- [1] Padrón PC, Oropeza GR, Montes HA. Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa willdenow*): Composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas Quinoa (*Chenopodium quinoa willdenow*) seeds: Chemical composition and processing. Aspects related to other areas. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2015;5(2):166–218.
- [2] Oliva M, Lucia A, Cifuentes D, García-alzate LS. Caracterización fisicoquímica del cereal y almidón de quinua *Chenopodium quinoa*. Revista ION [Internet]. 2018 [citado



- 11 de mayo 2021]; 31(2):25–29. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018004>
- [3] Arias M. Universidad autónoma metropolitana. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA; 2017.
- [4] Uquillas CM, Alava JP, Zamora DV, Olmos E. Evaluación agronómica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en condiciones agroclimáticas en la zona de Mocache. Ciencia y Tecnología Universidad Técnica Estatal de Quevedo [Internet]. 2019;12(1):19–30. Disponible en: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/316/310>
- [5] Ramos KP, Peñafiel CE, Soriano VD. Bocado con alto contenido proteico: Un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa willd*), tarwi (*Lupinus mutabilis wweet*) y camote (*Lpomoea batatas* L.). Ciencia Agropecuaria [Internet]. 2017;8(4):377–388. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>
- [6] Trujillo DM, Bonilla RA, Mamián AF, López B. Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) versus soja (*Glycine max* L. merr.) en la nutrición humana: Revisión sobre las características agroecológicas, de composición y tecnológicas. Revista Espanola de Nutrición Humana y Dietética [Internet]. 2017; 21(2): 184–198. Disponible en: <https://doi.org/10.14306/renhyd.21.2.256>
- [7] Ramírez Reyes A. Desarrollo del aporte nutricional de una galleta con harina de quinua (*Chenopodium*) [Internet]. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador; 2020 [citado el 12 de mayo 2021]. Disponible en: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RAMIREZ REYES ANGIE LORENA \(2\) \(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RAMIREZ REYES ANGIE LORENA (2) (1).pdf)
- [8] Covarrubias N, Sandoval S, Vera J, Núñez C, Alfaro C, Lutz M. Contenido de humedad, proteínas y minerales en diez variedades de quínoa chilena cultivadas en distintas zonas geográficas. Revista Chilena de Nutrición. [Internet]. 2020;47(5):730–737. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000500730>
- [9] Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. Estudio de estabilidad – Alimentos [Internet]. Guayaquil; 2016. Disponible en: [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/IE-D.1.4-ALI-02\\_Instructivo\\_Externo\\_Estudio\\_de\\_Estabilidad.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/IE-D.1.4-ALI-02_Instructivo_Externo_Estudio_de_Estabilidad.pdf)
- [10] Arias M. El suelo y su multifuncionalidad. México: Universidad autónoma metropolitana; 2017.
- [11] Emma F, Urquizo L, Melissa S et al. Development of a fermented quinoa- based beverage. Wiley Food Science & Nutricion [Internet]. 2017 [citado 11 de mayo 2021]; (5): 602–608. <https://doi.org/10.1002/fsn3.436>



- [12] INEN 2595:2011. Granolas requisitos [Internet]. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana; 2011; [citado el 16 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2595.pdf>
- [13] Garcés D. Industrialización de granos andinos “elaboración de pan integral de quínoa (*Chenopodium quínoa willd*) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L)” [Internet]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2017. [citado el 12 de mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4193>
- [14] García MA. Efecto de la salinidad por NaCl en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Chenopodium quinoa willd*. Ciencia En Desarrollo [Internet]. 2019; 10(1): 19-29. <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n1.2019.8341>
- [15] Rodríguez GLK. Análisis de la producción del amaranto en el cantón Cotacachi periodo 2012-2015 y posible exportación al mercado de Alemania. Resma. 2016;3(2):13–22.
- [16] Hinojosa L, Leguizamo A, Carpio C, Muñoz D, Mestanza C, Ochoa J, et al. Quinoa in Ecuador: Recent Advances under Global Expansion. Plants 2021;10(2): 298. <https://doi.org/10.3390/plants10020298>.
- [17] INEN 1529-10:2013. Control microbiológico de los alimentos. Mohos y Levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad [Internet]. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana; 2013 [citado el 13 de mayo 2021]. Disponible en: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1529-10-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf)
- [18] INEN 1529-5:2006. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos [Internet]. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana; 2006. [citado el 16 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-5.pdf>
- [19] INEN 1670:1988. Quinoa. Determinación de la proteína total. (Proteína cruda) [Internet]. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana; 1988. [citado el 16 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1670.pdf>
- [20] INEN 2646:2012. Granos y cereales. Granos de amaranto. Requisitos e inspección [Internet]. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana; 2012. [citado el 16 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2646.pdf>
- [21] NTE INEN-ISO 712:2013. Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia (IDT) [Internet]. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana; 2011; [citado el 16 de mayo 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-iso-712.pdf>
- [22] NTE INEN-ISO 7932. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de *Bacillus Cereus* presuntivos.





- Técnica de recuento de colonias a 30°C (ISO 79:32, IDT) [Internet]. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana; 2012. [citado el 16 de mayo 2021]. Disponible en: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_7932\\_extracto.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_7932_extracto.pdf)
- [23] Luliano L, González G, Casas N, Moncayo D, Cote S. Development of an organic quinoa bar with amaranth and chia. *Food Science and Technology*. 2019; 1(39): 218–224.
- [24] Müller J. ¿Dumas o Kjeldahl para el análisis de referencia? Comparación y consideraciones para el análisis del nitrógeno / las proteínas de los alimentos y el pienso. *Analytics Beyond Measure* [Internet]. 2017; June:1–5. Disponible en: [https://www.fossanalytics.com/-/media/files/documents/papers/laboratories-segment/the-dumas-method-for-nitrogenprotein-analysis\\_es.pdf](https://www.fossanalytics.com/-/media/files/documents/papers/laboratories-segment/the-dumas-method-for-nitrogenprotein-analysis_es.pdf)
- [25] Rojas W, Soto JL, Pinto M, Jäger M, Padulosi S. Granos andinos. Avances, logros, experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia [Internet]. Roma: Bioversity International; 2017 [Citado 10 mayo 2021]:12–18. Disponible en: [https://www.bioversityinternational.org/uploads/tx\\_news/Granos\\_andinos\\_\\_avances\\_\\_logros\\_y\\_experiencias\\_desarrolladas\\_en\\_quinua\\_\\_ca%C3%B1ahua\\_y\\_amaranto\\_en\\_Bolivia\\_1413.pdf](https://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Granos_andinos__avances__logros_y_experiencias_desarrolladas_en_quinua__ca%C3%B1ahua_y_amaranto_en_Bolivia_1413.pdf)
- [26] Plaza P, Asuero A, Martín J. An annotation on the Kjeldahl method. *Anales de La Real Academia Nacional de Farmacia*. 2019;85(1):14–19.
- [27] Zapata JIH, Burbano-Portillo MY, Vera JM. Evaluación fisicoquímica y sensorial de salchichas con inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [Internet]. 2017;15(2):61–71. Disponible en: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteologia/article/view/594/678>