

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**Determinación de metales pesados en granolas comercializadas en  
el Distrito Metropolitano de Quito elaboradas con y sin Buenas  
Prácticas de Manufactura (BPM)**

**Disertación previa a la obtención del título de Química**

**Deyaneira Alejandra Yánez Caizapanta**

**Quito, 2023**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que la disertación de Química, de la señorita Deyaneira Alejandra Yánez Caizapanta, ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.



Mst. Gabriela Cueva Tirira  
Directora de la disertación  
Quito, 26 de junio de 2023

**DEDICATORIA**

*En primera instancia dedico mi tesis a Dios, por darme la vida y brindarme la oportunidad de llegar a este momento tan importante de mi carrera profesional. A mis padres Marco Yáñez y Alejandra Caizapanta por ser siempre el pilar fundamental y demostrarme siempre su amor, cariño y apoyo incondicional, los amo con mi vida. A mi hermana Alison y a mis hermanos Jonathan y Edwin por compartir momentos significativos conmigo y siempre brindarme su amor y apoyo a lo largo de este camino, por estar pendientes en todo momento de mí. En resumen, dedico esta investigación a mi familia, sin ustedes no hubiera logrado esta meta.*

## AGRADECIMIENTOS

*En primera instancia agradezco a Dios, por haberme dado la oportunidad de aprovechar y culminar esta etapa de mi vida.*

*Agradezco también la confianza y el apoyo dado por parte de mis Padres, que siempre han estado presente en el trayecto de mi vida, demostrándome amor, corrigiendo mis faltas oportunamente y celebrando mis triunfos.*

*A mis hermanos y a mi hermana Alison, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir mis alegrías, mis tristezas y siempre demostrarme que puedo contar con ustedes.*

*A mis amigos Ingrid Quinatoa, Paulo Bustamante, Andrés Yupangui y Leslie Ayala, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y a lo largo de mi vida universitaria.*

*A mi tutora Gaby, a Karina Simbaña y a mis lectores de tesis, por su tiempo, atención a mis consultas, y su conocimiento para brindarme sus valiosas sugerencias en momentos de duda.*

*A Sala de preparaciones de la Escuela de Ciencias Químicas, especialmente a Raque y a Meli por brindarme apoyo durante esta etapa de titulación, facilitándome con los implementos y el espacio necesario para poder culminar mi investigación.*

*A mis profesores quienes me brindaron su orientación, su tiempo y el conocimiento del cual he aprovechado para realizar este trabajo.*

*A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que me brindó la oportunidad de instruirme y cumplir esta etapa de mi vida.*

**LISTA DE ABREVIATURAS**

BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
AAS	Espectrofotometría de Absorción Atómica
FAAS	Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama.
GFAAS	Espectrofotometría de Absorción Atómica por horno de grafito.
Pb	Plomo
Cd	Cadmio

**INDICE DE CONTENIDOS**

CERTIFICACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. OBJETIVOS.....	9
4.1. Objetivo General.....	9
4.2. Objetivos Específicos.....	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
5.1. Muestreo.....	9
5.2. Determinación de humedad.....	10
5.3. Determinación de cenizas.....	10
5.4. Determinación de fibra cruda.....	10
5.5. Determinación de Metales Pesados (Pb y Cd).....	11
5.5.1. Digestiones.....	11
5.5.2. Análisis de Pb y Cd por FAAS.....	11
5.5.3. Análisis de Pb y Cd por FGAAS.....	12
5.6. Análisis de Datos.....	12
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	12
6.1. Determinación de Humedad.....	12
6.2. Determinación de cenizas.....	13
6.3. Determinación de fibra cruda.....	14
6.4. Determinación de Metales Pesados (Pb y Cd).....	15
6.4.1. Análisis de Pb y Cd por FAAS.....	15
6.4.2. Análisis de Pb y Cd por GFAAS.....	17
7. CONCLUSIONES.....	18
8. RECOMENDACIONES.....	19
9. REFERENCIAS.....	19
10. ANEXOS.....	27

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Límites de metales pesados para poder consumir la granola según INEN 2595:2011.5	
Tabla 2:	Porcentaje de humedad de granolas con y sin BPM.....	12
Tabla 3:	Porcentaje de cenizas de granolas con y sin BPM.....	13
Tabla 4:	Porcentaje de Fibra Cruda de granolas con y sin BPM. ....	14
Tabla 5:	Concentración de Pb en granolas con y sin BPM por GFAAS..	17
Tabla 6:	Concentración de Cd en granolas con y sin BPM por GFAAS. ....	18
Tabla 7:	Cálculos de %Humedad de muestras de granola con BPM.....	29
Tabla 8:	Cálculos de %Humedad de muestras de granola sin BPM.....	29
Tabla 9:	Cálculos de %Cenizas de muestras de granola con BPM.....	30
Tabla 10:	Cálculos de %Cenizas de muestras de granola sin BPM.....	30
Tabla 11:	Cálculos de %Fibra de muestras de granola con BPM.....	31
Tabla 12:	Cálculos de %Fibra de muestras de granola sin BPM.....	32
Tabla 13:	Pesos de granolas con BPM para digestiones.....	32
Tabla 14:	Pesos de granolas sin BPM para digestiones.....	32
Tabla 15:	Curva de calibración para Pb.....	33
Tabla 16:	Concentraciones obtenidas de Pb por FAAS en granolas con BPM. ....	33
Tabla 17:	Concentraciones obtenidas de Pb por FAAS en granolas sin BPM..	34
Tabla 18:	Curva de calibración para Cd. ....	34
Tabla 19:	Concentraciones obtenidas de Cd por FAAS en granolas con BPM.....	35
Tabla 20:	Concentraciones obtenidas de Cd por FAAS en granolas sin BPM.....	35

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1:	Espectroscopía de absorción atómica de llama (FAAS). Tomada de: TRIPLEENLACE.....	7
Figura 2:	Espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito (GFAAS). Tomada de: SEMANTIC SCHOOLAR.....	8
Figura 3:	Curva de Calibración de Plomo. ....	15
Figura 4:	Curva de Calibración de Cadmio. ....	16
Figura 5:	Muestra de granola. Tomada por la Autora.....	27
Figura 6:	Carteo de la muestra. Tomado por la Autora. ....	27
Figura 7:	Determinación de Humedad de las muestras de granola.....	28
Figura 8:	Determinación de Cenizas de las muestras de granola. ....	28
Figura 9:	Determinación de Fibra cruda de las muestras de granola.....	28
Figura 10:	Digestiones de las muestras de granola.....	29
Figura 11:	Curva de calibración para Pb.....	33
Figura 12:	Curva de calibración para Cd.....	35

**LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1:	Fotografías de la metodología .....	27
Anexo 2:	Determinación de Humedad en granolas con y sin BPM.....	29
Anexo 3:	Determinación de Cenizas en granolas con y sin BPM. ....	30
Anexo 4:	Determinación de Fibra cruda en granolas con y sin BPM.....	31
Anexo 5:	Determinación de Pb y Cd por FAAS .....	32
Anexo 6:	Determinación de Pb y Cd por GFAAS .....	37

## 1. RESUMEN

La presencia de metales pesados en los alimentos ha causado preocupación, ya que trae graves consecuencias en la salud humana. En alimentos procesados como la granola esta contaminación puede darse en los procesos de fabricación y al estar en contacto con los materiales utilizados en la preparación y envasado. El objetivo de esta investigación es determinar el contenido de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en las granolas comercializadas en el Distrito Metropolitano de Quito considerando el cumplimiento de la normativa INEN 2595 y las Buenas Prácticas de Manufactura. Se determinó humedad, cenizas y fibra de todas las muestras de granola con la finalidad de saber la influencia de estos análisis en la contaminación de metales pesados. Las muestras de granola se sometieron a una digestión ácida, y las soluciones obtenidas se analizaron con espectrofotometría de absorción atómica de llama para determinar los dos metales pesados cadmio y plomo en todas las muestras. Debido al límite de cuantificación obtenido en la técnica de absorción atómica empleada dos muestras de granolas (una con BPM y una sin BPM) fueron llevadas a un laboratorio externo para analizar cadmio y plomo por espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito. Los resultados obtenidos mediante FAAS y GFAAS dieron a conocer que la granola cumple con el límite permisible de la normativa INEN 2595 con respecto a cadmio (0,1mg/kg), teniendo concentraciones menores a 0,05mg/kg. Por otro lado, al analizar plomo mediante FAAS los valores eran menores al límite de cuantificación. Sin embargo, por medio de la técnica GFAAS se determinó que las dos muestras de granolas cumplen con el límite permisible de la normativa INEN 2595 (0,2mg/kg) con respecto a plomo, teniendo concentraciones menores a 0,08mg/kg. Se concluye que las granolas con y sin BPM cumplen con los límites permisibles de plomo y cadmio, lo que sugiere que en los dos procesos de manufactura se mantienen los cuidados en el proceso de elaboración y conservación evitando contaminaciones y haciéndola apta para el consumo humano.

Palabras Clave: BPM, Cadmio, Granolas, Normativa, Plomo.

## 1. ABSTRACT

The presence of heavy metals in food has raised concerns due to its severe consequences on human health. In processed foods such as granola, this contamination can occur during manufacturing processes and through contact with materials used in preparation and packaging. The objective of this research is to determine the content of Cadmium (Cd) and Lead (Pb) in commercially available granolas in the Metropolitan District of Quito, considering compliance with the INEN 2595 standard and Good Manufacturing Practices. Moisture, ash, and fiber were determined for all granola samples to assess the influence of these analyses on heavy metal contamination. The granola samples underwent acid digestion, and the resulting solutions were analyzed using flame atomic absorption spectroscopy to determine the levels of cadmium and lead in all samples. Due to the quantification limit obtained in the atomic absorption technique employed, two granola samples (one with Good Manufacturing Practices and one without) were sent to an external laboratory for cadmium and lead analysis using graphite furnace atomic absorption spectroscopy. The results obtained through FAAS and GFAAS revealed that the granola complies with the permissible limit set by the INEN 2595 standard for cadmium (0.1 mg/kg), with concentrations below 0.05 mg/kg. On the other hand, lead analysis through FAAS showed values below the quantification limit. However, using the GFAAS technique, it was determined that both granola samples comply with the permissible limit set by the INEN 2595 standard (0.2 mg/kg) for lead, with concentrations below 0.08 mg/kg. In conclusion, both granolas with and without Good Manufacturing Practices comply with the permissible limits for lead and cadmium, suggesting that both manufacturing processes maintain proper care during production and storage, avoiding contamination and making them suitable for human consumption.

Keywords: Good Manufacturing Practices, Cadmium, Granolas, Regulations, Lead.

## 2. INTRODUCCIÓN

La granola es una mezcla de uno o varios cereales, los cuales son llevados a un proceso de cocción, con o sin adición de otros ingredientes crudos o cocidos (INEN 2595, 2011). También se le considera un producto con alto valor energético y su producción puede darse artesanalmente (ProAlimentos, 2014). Este producto contiene vitaminas C y E, calcio, hierro, potasio, magnesio, sodio y fibras dietéticas, y estos nutrientes hacen a la granola saludable (Mandl, 2019); además, aporta al organismo con una gran cantidad de proteínas, grasas y carbohidratos (Zabala Vizuite et al., 2022).

Los principales procesos de producción de la granola son tres: recepción de materia prima, almacenamiento, pesado y mezclado (Toapanta, 2012). En la recepción de materia prima se realiza una inspección, aprobación y el almacenamiento adecuado de los productos que van a ser procesados, también se consideran los parámetros organolépticos y se comprueba que los cereales cumplan con los requisitos establecidos para ser empleados en la elaboración del producto (OPS, 2003). Adicionalmente, el almacenamiento debe mantener la materia prima bajo cuidados estrictos y así evitar el deterioro de sus cualidades a causa de factores externos como temperatura, humedad, etc. (Toapanta, 2012). Por último, en el pesado y el mezclado, se deben realizar según la formulación del producto, ser controlados para evitar fallas; la avena al ser el componente principal de la granola se mezcla con otros componentes secos, y los ingredientes líquidos, después de haber sido pesados, se dispersan homogéneamente sobre los sólidos, antes de ingresar al horneado (Pathare, 2010). El horneado de la granola se basa en un proceso cuidadoso donde se transfiere calor precisamente, con el fin de calibrar las proporciones correctas de los ingredientes utilizados y principales como los copos de avena, nueces, aceite, edulcorante líquido y sal, para obtener una alta calidad del producto (Seidel, 2020).

Bajo los parámetros de control de calidad en alimentos se deben identificar, controlar y evitar la posible presencia de contaminantes físicos, químicos y biológicos, y se debe incluir la determinación de metales pesados (Kumar, 2007). Los metales pesados son un grupo de elementos químicos metálicos que tienen una densidad, peso atómico o número atómico relativamente altos (Tchounwou et al., 2012). Los más comunes en alimentos son el arsénico, el plomo, el cadmio y el cromo, que no son biodegradables y se derivan de fuentes minerales naturales (Qin et al., 2020). Estos metales al estar a altas concentraciones

en alimentos, como las frutas, verduras frescas, y cereales, plantean varios riesgos para la salud humana, como la carcinogénesis, la disfunción renal, el desequilibrio del sistema inmunitario e incluso la muerte debido a la biomagnificación y la bioacumulación (Sarker et al., 2022).

El plomo (Pb) y el cadmio (Cd) son los metales pesados que más preocupan debido a su potencial de toxicidad o acumulación en plantas y animales (Zhang, 1998). El cadmio causa daños en la salud como en los riñones y en los huesos, también es considerado cancerígeno (Jarup, 2003). Se considera que la exposición a  $1\text{mg}/\text{m}^3$  de Cd es inmediatamente peligrosa para la salud humana (Friberg, 1950). El plomo es un compuesto tóxico que se ha relacionado con una variedad de problemas de salud humana, que afecta los sistemas renales, cardiovasculares, hematopoyéticos óseos, nerviosos y reproductivos, de igual manera se le considera cancerígeno (Kumar et al., 2022). Según los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de EE. UU. y la Organización Mundial de la Salud, un nivel de plomo en la sangre de  $10\ \mu\text{g}/\text{dL}$  o más, es motivo de preocupación (Latif Wani, et al., 2015). Las altas concentraciones de metales pesados específicamente plomo (Pb) en el suelo afectan negativamente los procesos bioquímicos y fisiológicos que regulan la calidad del grano en los cereales como: arroz, trigo, cebada y avena (Aslam et al., 2020). La propagación de metales pesados en cereales se puede dar de diferentes maneras ya sea desde los cultivos o en los procesos de producción: en los cultivos se da por medio de los fertilizantes, lodos de aguas residuales, desechos municipales y la liberación de desechos industriales (Adam et al., 2022). También puede ocurrir durante el procesamiento de los cereales, si se utilizan maquinarias o equipos que contienen metales pesados (Morgan, 1999). Otras fuentes de contaminación se basan principalmente en el medio ambiente e incluyen el aire, el polvo, los microorganismos, los seres humanos, los contenedores de almacenamiento y transporte y los equipos de manipulación y procesamiento. (Thielecke & Nugent, 2018).

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se desarrollaron por el *Codex Alimentarius*, con la finalidad de preservar al cliente, de esta manera fomentar un mercado seguro (Intedya, 2016). Desde noviembre del 2002, Ecuador toma en cuenta el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados, que indica las normas a seguir por la industria alimentaria, de esta manera se producen alimentos seguros, permitiendo el control de toda la cadena de producción, distribución y comercialización (Decreto Ejecutivo 3253, 2002). Además, constituyen los principios básicos de higiene en

la manipulación, preparación, elaboración, envasado y almacenamiento de alimentos para consumo humano, con el fin de disminuir riesgos inherentes en la producción (Decreto Ejecutivo 3253, 2002). Las industrias que cuentan con las BPM crean un entorno seguro, confiable e higiénico, en la elaboración de productos seguros y de buena calidad para los consumidores, y es muy importante implementar sobre todo en instalaciones que producen productos farmacéuticos y alimenticios (Foodsafe, 2022).

Adicionalmente a las BPM, las industrias emplean las normas de cumplimiento y calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), como guía para la elaboración de productos alimenticios, que son comercializados en los diferentes mercados y supermercados de la ciudad y del país (INEN 1334, 2011). Según la norma INEN 2595 (2011) la granola a ser consumida en Ecuador debe cumplir con varios requisitos físicos y microbiológicos, entre los cuales está la humedad con un máximo del 10%, y la ausencia o cantidades mínimas de varios microorganismos, como *Salmonella* (ausencia), *Mohos* ( $10^2$  upc/g), *Mesófilos* ( $10^4$  ufc/g) y *Coliformes* (10 ufc/g). Adicionalmente, los metales pesados que deben controlarse en la granola son Cadmio (Cd) y Plomo (Pb):

Tabla 1: Límites de metales pesados para poder consumir la granola según INEN 2595:2011.

<b>Metal</b>	<b>Requisito</b>
Plomo, mg/kg	0,2
Cadmio, mg/kg	0,1*
<b>*Excepto el salvado y el germen, así como los granos de trigo y el arroz</b>	

Debido a que el contenido de Cd y Pb en los alimentos puede aumentar significativamente a través de los procesos de fabricación y del contacto con los materiales utilizados en el envasado de los alimentos con cereales (Chang et al., 2018), se propone verificar si las granolas comercializadas en el Distrito Metropolitano de Quito cumplen con la Normativa INEN 2595 en cuanto al contenido de estos dos metales.

Para determinar los metales pesados (Cd y Pb) en granola se empleará espectrofotometría de absorción atómica (AAS) por la técnica de llama (FAAS) y horno de grafito (GFAAS) para Pb y Cd, y mediante el análisis de los datos se evaluará si el empleo de BPMs tiene alguna incidencia en la presencia o no de los metales indicados.

La espectrofotometría de absorción atómica (AAS) es una técnica analítica que analiza y detecta elementos químicos de una muestra sólida o líquida, aplicando longitudes

de onda características de radiación electromagnética de una fuente de luz (ThermoFisher, 2023). Tiene varios sistemas como el de llama (FAAS), vapor frío (CVAAS), generación de hidruro (HGAAS) y horno de grafito (GFAAS). (Michalke & Nischwitz, 2013)

La espectrofotometría de absorción atómica de llama (FAAS) es una técnica analítica ampliamente utilizada para la detección y cuantificación de trazas de metales y metaloides en muestras medioambientales, biológicas, y de alimentos (Agilent, 2023). El principio básico de la FAAS consiste en atomizar una solución de muestra que contenga el analito de interés en una llama a alta temperatura y, a continuación, controlar la absorción de luz a una longitud de onda característica por parte de los átomos en estado básico excitados térmicamente en la llama (Hill y Fisher, 2017). La radiación absorbida es proporcional al número de átomos en el estado básico, que a su vez está relacionado con la concentración del analito en la muestra (Hill y Fisher, 2017). Esta técnica es muy sensible y selectiva, con límites de detección en el rango de partes por billón (Nwuga, 2022). Es relativamente sencilla, rápida y rentable, y puede utilizarse con una amplia gama de tipos de muestras y concentraciones de analitos (Nwuga, 2022). Sin embargo, la FAAS tiene ciertas limitaciones, como las interferencias de los componentes de la matriz, un rango dinámico limitado y la necesidad de una curva de calibración independiente para cada analito de interés (Skoog et al., 1998). Las principales interferencias de FAAS son las espectroscópicas y químicas (Skoog et al., 2008). Las interferencias espectroscópicas se producen cuando la línea de absorción del analito se solapa con la línea de absorción de otra especie presente en la muestra, lo que provoca una disminución de la intensidad de la señal del analito (Fassel et al., 1968). Este tipo de interferencia puede mitigarse utilizando condiciones analíticas diferentes o eliminando la especie interferente de la muestra (Fassel et al., 1968). Las interferencias químicas se producen cuando el analito no se descompone completamente en la llama, lo que provoca una disminución del número de átomos disponibles para la excitación y la posterior medición (Harvey, 2022). Este tipo de interferencia puede minimizarse utilizando llamas más calientes, optimizando las características de la llama o utilizando un método diferente de preparación de la muestra (Harvey, 2022). Es importante identificar y minimizar las interferencias para garantizar resultados precisos y fiables en el análisis FAAS.

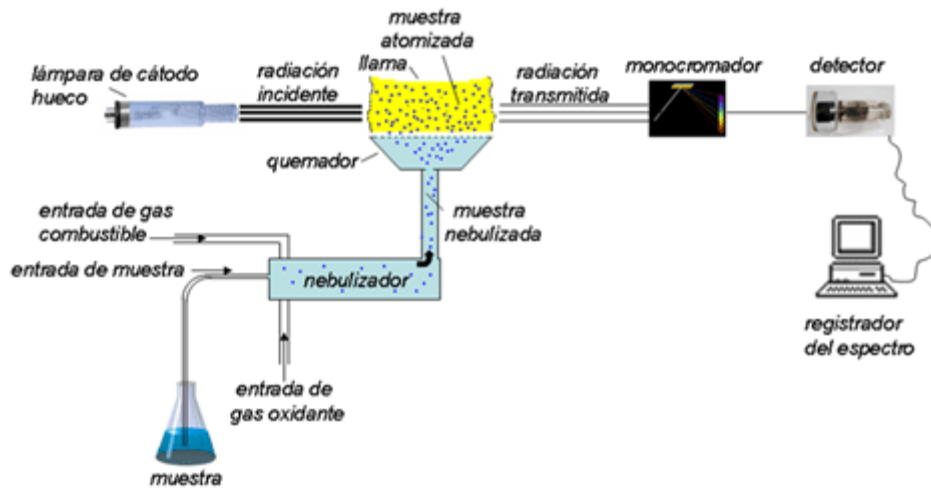
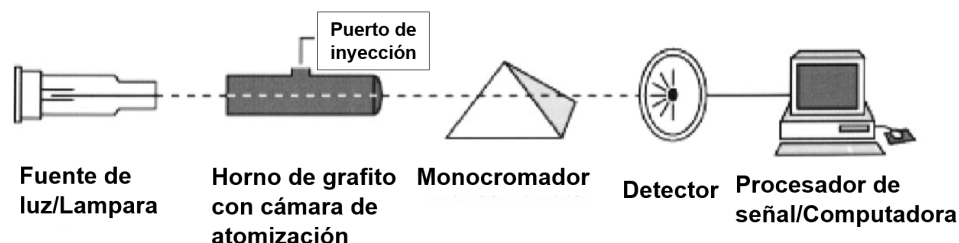


Figura 1: Espectrofotometría de absorción atómica de llama (FAAS). Tomada de: TRIPLEENLACE.

reaccionan químicamente con el analito, afectando a su concentración o introduciendo señales de fondo no deseadas (Agilent, 2018). Las interferencias químicas pueden abordarse mediante técnicas de preparación de muestras como la digestión, la dilución o la adición de modificadores químicos, o mediante técnicas GFAAS modificadas como la modificación de la matriz y la adición de patrones. (Department of health y human services, 2021)



Para realizar un análisis preciso mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS), a menudo es necesario digerir primero la muestra (Deepak, 2014). La digestión de la muestra consiste en descomponerla en un estado que el instrumento pueda procesar para el análisis elemental (ColdBlock Technologies, 2020). Se pueden utilizar diferentes métodos de digestión dependiendo del tipo de muestra, su matriz y los elementos de interés (ColdBlock Technologies, 2020). El proceso de digestión puede implicar el calentamiento de la muestra con una solución ácida, mediante el uso de una plancha de calentamiento o digestión asistida por microondas (Twyman, 2005). En general, la digestión adecuada de la muestra es crucial para obtener resultados precisos en el análisis AAS, por lo que es importante utilizar el método de digestión adecuado y garantizar la digestión completa de la muestra antes del análisis. (Torres, 2020)

Un análisis bromatológico se realiza en alimentos con la finalidad de saber la composición, cualidades, propiedades y posibles alteraciones (De Pablos, 2021). La determinación de ceniza da a conocer la concentración del contenido mineral presente en el producto dado (Ahmed et al., 2014). Su principio se basa en la incineración donde se elimina toda la materia orgánica y se calcina en una mufla (Chng, 2023). El contenido de humedad es muy importante ya que determina la calidad de un alimento y su conservación (Bianco et al., 2014). Se basa en saber la cantidad de agua que está presente en la muestra mediante un secado en la estufa. (Bennett & Hudson, 1954). La fibra cruda en los alimentos se refiere a la parte de los hidratos de carbono de los alimentos que no es digerible, que incluye componentes como la celulosa y la lignina, que no son descompuestos por los jugos

digestivos del organismo (Sarmila, 2023). Para determinar el contenido de fibra cruda de una muestra de alimento, la muestra se somete a una serie de tratamientos químicos para eliminar todos los componentes solubles y el residuo restante se considera entonces fibra cruda. (Sarmila, 2023)

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1.Objetivo General**

Determinar la influencia de las Buenas Prácticas de Manufactura en el contenido de cadmio y plomo en granolas comercializadas en el Distrito Metropolitano de Quito considerando el cumplimiento de la normativa INEN 2595.

#### **3.2.Objetivos Específicos**

- Verificar el cumplimiento de la norma INEN 2595 en cuanto al contenido de Cd y Pb en granolas elaboradas con y sin Buenas Prácticas de Manufactura a través de la cuantificación de los metales por espectrofotometría de absorción atómica.
- Relacionar las cantidades de metales pesados con otros componentes proximales y con el uso de Buenas Prácticas de Manufactura.

### **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

La parte experimental se llevó a cabo en los laboratorios de la Escuela de Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE, excepto el análisis GFAAS, que se realizó en dos muestras (una con BPM y otra sin BPM) en un laboratorio externo.

#### **4.1.Muestreo**

El muestreo fue aleatorio simple y al azar, por lo que se adquirieron granolas de diferentes marcas comercializadas, que poseen Buenas Prácticas de manufactura (BPM) en una cadena de supermercados y las granolas sin BPM en dos mercados populares, las cuales no poseen marca definida o etiqueta. Se tomaron cinco muestras de granola con marca y cinco de granolas sin marca. Estos alimentos fueron adquiridos en una sola salida, que incluyó dos locales de la misma cadena de supermercado (norte y sur de la ciudad) y los dos mercados populares (norte y sur de la ciudad). En total se analizaron diez (10) muestras y se realizaron 3 réplicas para los diferentes ensayos.

#### **4.2.Determinación de humedad**

Se empleó el método AOAC 925.10. Se realizó la tarada de las capsulas de porcelana en la estufa a 130°C, para mantener un peso constante y que de esta manera no afecte a los resultados. Luego se pesó en una balanza analítica aproximadamente 2 g de muestra homogenizada. Se dejó por una hora secando la muestra en la estufa a 130°C. Pasado el tiempo se retiraron las capsulas y se colocaron en un desecador. Por último, cuando llegaron a temperatura ambiente se pesaron en la balanza analítica.

#### **4.3.Determinación de cenizas**

Se empleó el método AOAC 925.03. Se taran los crisoles de porcelana en la mufla a 550°C para evitar errores en los resultados. Se pesó con exactitud de 3-5 g de cada muestra homogenizada y se calcinaron en la mufla SNOL a 550°C hasta obtener cenizas grises o blanquecinas. Luego, se colocó las muestras en el desecador hasta temperatura ambiente y por último se pesó las muestras.

#### **4.4.Determinación de fibra cruda**

Se empleó el método AOAC 978.10-4.6.02. Primero se tararon los crisoles porosos en la mufla SNOL a 550°C, con la finalidad de obtener buenos resultados. Se pesó aproximadamente 1g de muestra molida y seca. Se colocaron todas las muestras en el equipo de determinación de fibra VELD SCIENTIFICA FIWE-6. Se añadió 150 ml de la solución de ácido sulfúrico 0,128 M precalentada en una plancha de calentamiento y 5 gotas de n-octanol como antiespumante. A partir del inicio de ebullición se dejó 30 minutos en calentamiento. Luego se lavó tres veces con 30 ml de agua desionizada caliente. Después se añadió 150 ml de Hidróxido de Sodio 0,313 M precalentada y 5 gotas de n-octanol. A partir del inicio de ebullición se dejó 30 minutos en calentamiento. Se lavaron tres veces con 30 ml de agua desionizada caliente y un último lavado con agua desionizada fría. Se lavó tres veces con 25 ml de acetona. Se retiró el crisol del equipo y se llevó a secar en la estufa a 105°C por una hora. Luego se llevó a enfriar las muestras en el desecador y después se pesaron. Se colocó las muestras en la mufla a 550°C por tres horas, y se llevó a enfriar en el desecador. Por último, se pesaron para obtener la fibra cruda de cada muestra.

## **4.5.Determinación de Metales Pesados (Pb y Cd)**

### **4.5.1. Digestiones**

Se pesaron aproximadamente 5g de muestra seca en un Erlenmeyer. Se añadió 10ml de Peróxido de Hidrógeno, 10ml de Ácido Nítrico y núcleos de ebullición. Se dejó reposar por aproximadamente 10 minutos para que se de la reacción. Se sometió a calentamiento en una plancha calefactora, se digirió correctamente todas las muestras, con agitación constante, por un tiempo aproximado de 15 minutos. Se agregó 10ml de agua destilada en cada muestra digerida y se esperó hasta baje la temperatura a 30°C. Por último, se filtró la muestra en balones de aforo de 25ml, realizando varios lavados del Erlenmeyer para evitar pérdidas de muestra.

### **4.5.2. Análisis de Pb y Cd por FAAS**

#### **Curva de calibración**

Antes de realizar las lecturas de Plomo se preparó la curva de calibración, con la solución estándar de Pb (1000 mg/L) y se realizó una solución madre de 100 mg/L. Después se realizó la curva con varias concentraciones, en el caso del Pb: 0,3 mg/L; 1 mg/L; 3 mg/L; 5 mg/L.

Para el Cadmio de igual manera se preparó la curva de calibración, con la solución estándar de Cd (1000 mg/L) y se realizó una solución madre de 10 mg/L. Luego se realizó la curva con varias concentraciones, en este caso el Cd: 0,01 mg/L; 0,05 mg/L; 0,1 mg/L; 0,3 mg/L; 1 mg/L.

En el caso de los dos metales se prepararon soluciones control. En el Pb de 0,5 mg/L y en el Cd de 0,2 mg/L.

#### **Lectura de Pb y Cd**

Se prendió el equipo con el respectivo software y se ocupó la lámpara de cobre, con el fin de regular la llama. Se colocó la lámpara de Pb, se eligió el método a usar, se encendió la lámpara y se esperó hasta que la energía se estabilice de 40-43mA. Se encendió la llama y se procedió a analizar el blanco hasta obtener una concentración de 0 mg/L o menos. Se construyó la curva de calibración para este metal. Luego, se leyeron todas las muestras digeridas anteriormente. Se realizó el mismo procedimiento para leer las muestras con la lámpara de Cd, tomando en cuenta la energía de 42-68mA.

### 4.5.3. Análisis de Pb y Cd por FGAAS

La técnica de espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito es más sensible para detectar concentraciones bajas, por lo que las muestras de granola sólidas fueron llevadas a un laboratorio externo que realiza análisis químicos en alimentos, el cual posee acreditación del SAE y certificación ISO 17025. Se analizaron plomo y cadmio en dos muestras de granola (una con BPM y una sin BPM) mediante esta técnica.

### 4.6. Análisis de Datos

Se empleó el programa Microsoft *Excel* el cual facilitó el análisis de datos estadísticamente, para obtener la media, y desviación estándar. El estudio contempló la realización de curvas de calibración para el análisis espectrofotométrico de los metales pesados con estándares certificados, réplicas y blancos de muestra, también se utilizó con la finalidad de comprobar si el ensayo se realizó en condiciones precisas y confiables.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los análisis bromatológicos como humedad, cenizas y fibra en las granolas se determinaron para obtener la composición proximal de este alimento en estos parámetros (Terán et al., 2022). Estos análisis ayudan a evaluar la calidad del alimento, y si la granola que se comercializa y consume cumple con las normas establecidas por organismos de control (Analiza calidad, 2018)

### 5.1. Determinación de Humedad

La determinación del porcentaje de humedad de las 10 muestras de granola (con y sin BPM) se evidencia en la tabla 2.

Tabla 2: Porcentaje de humedad de granolas con y sin BPM. Elaborado por la autora.

Granolas con BPM y sin BPM		
Muestra	Promedio %Humedad	Desv. Estand
1	4,7234	0,1735
2	3,6690	0,0564
3	4,7186	0,0956
4	3,3448	0,1963
5	3,5628	0,0843
1S	5,3502	0,0668
2S	4,2313	0,0259
3S	3,6484	0,0713

<b>4S</b>	5,0177	0,1127
<b>5S</b>	3,8951	0,0585

La determinación de humedad es de gran importancia ya que puede afectar la calidad y la vida útil de la granola (Agbaje et al., 2016). Se determinó que los resultados obtenidos cumplen con la normativa INEN 2595 en humedad, la cual exige un máximo de 10% en este parámetro. Con porcentajes altos de humedad en las granolas existe el riesgo de provocar consecuencias negativas en las mismas como la aparición de moho, deterioro y reducción del valor nutricional. (Bianco et al., 2014). Además, que este análisis nos da información importante sobre la contaminación de metales pesados en las muestras de granola (Agbaje et al., 2016). Por lo que, al tener bajos valores de humedad no hay presencia de metales pesados. Hay que tomar en cuenta que el porcentaje de humedad varía según la composición de cada granola, es decir los tipos y cantidades de ingredientes utilizados. (Moore & Greenwood, 2020). Al comparar los porcentajes de humedad en las granolas con BPM y sin BPM que van entre 3-5%, se considera que las condiciones de almacenamiento y el efecto de envasado del producto es similar.

## 5.2.Determinación de cenizas

En la tabla 3 se encuentran los resultados obtenidos del porcentaje de cenizas en las 10 muestras de granolas (con y sin BPM).

*Tabla 3: Porcentaje de cenizas de granolas con y sin BPM. Elaborado por la autora.*

<b>Granolas con BPM y sin BPM</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Promedio %Cenizas</b>	<b>Desv. Estand</b>
<b>1</b>	13,0020	0,2919
<b>2</b>	12,1918	0,1391
<b>3</b>	12,7706	0,3067
<b>4</b>	13,5860	0,4948
<b>5</b>	17,4263	0,0853
<b>1S</b>	14,6430	0,4149
<b>2S</b>	14,8655	0,2333
<b>3S</b>	12,1936	0,2171
<b>4S</b>	12,3929	0,4444
<b>5S</b>	13,3678	0,2198

Este parámetro es importante para saber la cantidad de minerales presentes en las muestras de granola (Harris & Marshall, 2017). Sin embargo, no evalúa por completo la calidad ni el valor nutricional del producto (Harris & Marshall, 2017). El porcentaje de

cenizas de todas las muestras de granola con BMP y sin BMP presentan valores elevados (entre 12-17%), esto quiere decir que tienen altas cantidades de residuos inorgánicos y minerales. El contenido de cenizas en granolas puede variar y aumentar según los ingredientes utilizados en la preparación, como también la presencia de minerales como calcio, magnesio, potasio y sodio (Ahmed et al., 2014). Estos minerales se acumulan en el grano en el crecimiento de la planta, siendo esenciales en este paso (Laskowski et al., 2019). También influye el proceso de preparación y el almacenamiento que tenga el alimento (Rasper & Walker, 2000). El contenido de cenizas no varía significativamente en la granola con BMP y sin BMP, es decir que en este parámetro no influye la marca de la granola.

### 5.3. Determinación de fibra cruda

En la tabla 4 se puede observar los porcentajes de fibra que presentan las 10 muestras de granola (con y sin BMP).

*Tabla 4: Porcentaje de Fibra Cruda de granolas con y sin BMP. Elaborado por la autora.*

Granolas con BMP y sin BMP		
Muestra	Promedio %Fibra	Desv. Estand
1	0,0419	0,0043
2	0,0609	0,0014
3	1,1359	0,0047
4	0,0572	0,0033
5	0,0885	0,0054
1S	0,0823	0,0035
2S	0,0456	0,0077
3S	0,0514	0,0095
4S	0,0704	0,0084
5S	0,0639	0,0078

La determinación de fibra cruda es un parámetro importante para evaluar la calidad y el valor nutricional de la granola, y representa la porción que no se digiere del material vegetal, que incluye celulosa, hemicelulosas y lignina, y proporciona importantes beneficios dietéticos, como promover la regularidad y apoyar la salud digestiva (Sarmila, 2023). Observando los resultados obtenidos, se puede evidenciar que la cantidad de fibra es baja en todas las muestras (0,04-1,13%), lo que se puede suponer que se debió a la descomposición de la fibra durante el procesado de la granola (Ahmed et al., 2014). El contenido de fibra cruda en las granolas puede variar en función de la formulación específica y de los ingredientes utilizados (Van de Kamer & Van Ginkel, 1952). En Ecuador se han realizado

estudios de fibra cruda en cereales en general, donde se considera que los valores bajos de fibra cruda se deben a las prácticas de cultivo, las condiciones ambientales o el procesado, pero no existen valores específicos de este parámetro en cereales (Villacrés et al., 2022). Es importante señalar que, al tener bajas cantidades de fibra, implica problemas en la salud por lo que no aportaría en la regulación de movimientos intestinales y en la disminución de colesterol. (Harvard College, 2012)

#### 5.4. Determinación de Metales Pesados (Pb y Cd)

##### 5.4.1. Análisis de Pb y Cd por FAAS

Para el análisis de estos metales se realizó la curva de calibración para plomo (figura 3) y para el cadmio (figura 4).

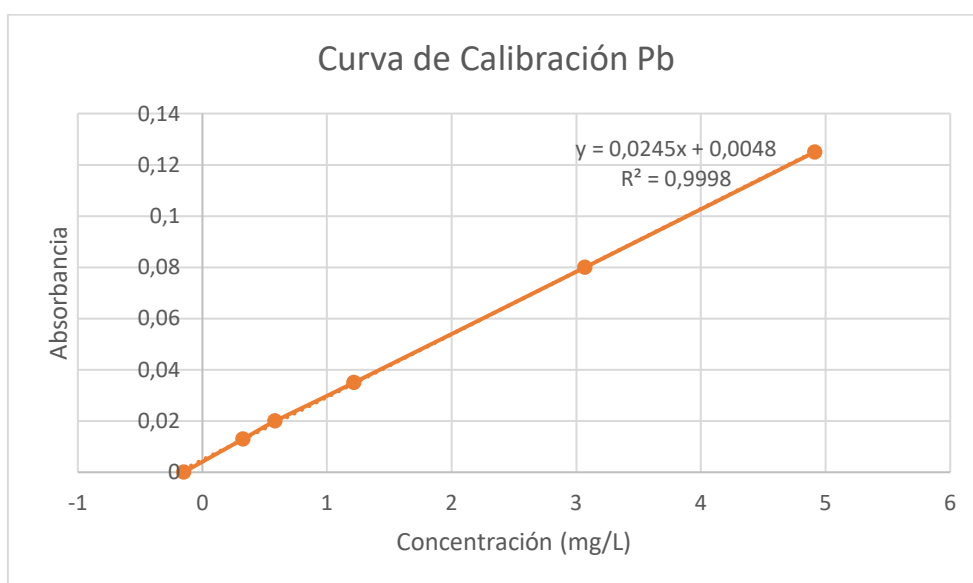


Figura 3: Curva de Calibración de Plomo. Elaborada por la Autora.

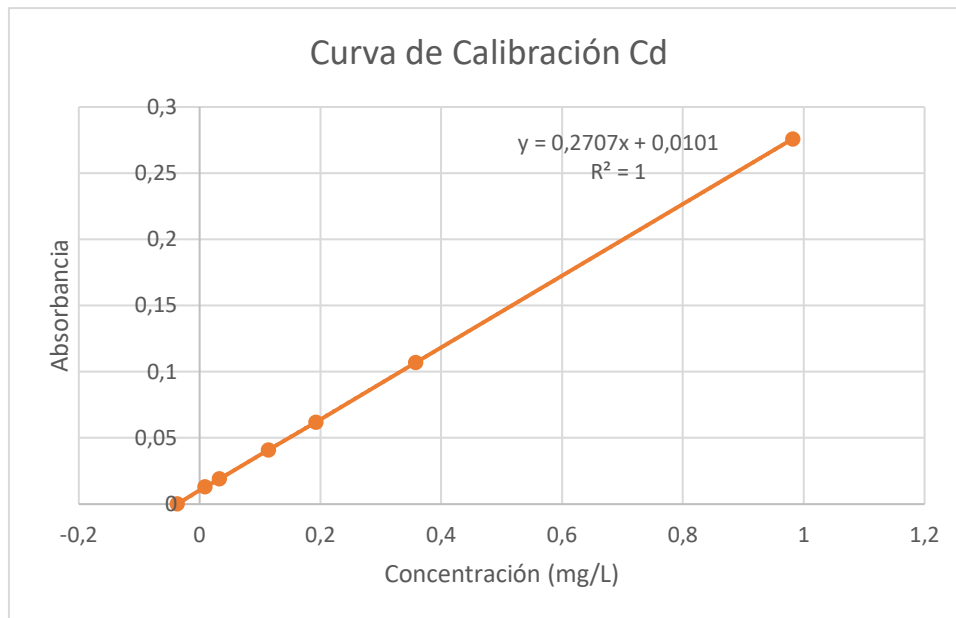


Figura 4: Curva de Calibración de Cadmio. Elaborada por la Autora.

Hay que tomar en consideración que el límite de cuantificación para Pb es 0,3mg/L y para Cd es 0,01mg/L. Estos valores en mg/kg serían:

Pb

$$0,3\text{mg/L} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} \times \frac{25\text{ml}}{5\text{g}} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 1,5\text{mg/kg}$$

Cd

$$0,01\text{mg/L} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} \times \frac{25\text{ml}}{5\text{g}} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 0,05\text{mg/kg}$$

Tomando en cuenta que se utilizó un estándar de control para cada metal, se obtuvieron los porcentajes de recuperación:

**Plomo**

$$\% \text{Recuperación} = \frac{0,193\text{mg/L}}{0,200\text{mg/L}} \times 100 = 96,5\%$$

## Cadmio

$$\%Recuperación = \frac{0,585mg/L}{0,500mg/L} \times 100 = 117\%$$

Después del análisis de las 10 muestras de granola por triplicado por FAAS de los dos metales (Pb y Cd) se obtuvieron como resultado valores bajos al límite de cuantificación. En las tablas del Anexo 5 se puede evidenciar las concentraciones bajas Pb y Cd que se obtuvieron en el análisis.

Cabe destacar que, en el caso del Cd el límite de cuantificación (0,05mg/kg) es más bajo que el límite permisible de la normativa INEN 2595 (0,1mg/kg) se puede considerar a esta técnica como la adecuada para este metal. Por esta razón todas las muestras de granola si cumplen con la normativa INEN 2595, con respecto a Cd, es decir que la avena al ser el principal ingrediente tiene un buen proceso de cultivo, además no hay fuentes de cadmio que entren en el proceso de elaboración de la granola (Mubeen et al., 2023). A la vez estos resultados nos indican que las granolas con y sin BPM pueden tener procesos de cultivo, elaboración, envasado, y conservaciones similares.

En el caso del Pb el límite permisible de la normativa INEN 2595 (0,2mg/kg) es más bajo que el límite de cuantificación (1,5mg/kg), por lo que no se puede saber si cumple o no con el límite permisible con respecto a este metal. Por esta razón es necesario utilizar una técnica más sensible como GFAAS, de esta manera saber la concentración de este metal.

### 5.4.2. Análisis de Pb y Cd por GFAAS

En la tabla 5 se muestran las concentraciones para Pb de dos muestras de granola (una con BPM y una sin BPM):

*Tabla 5: Concentración de Pb en granolas con y sin BPM por GFAAS. Elaborado por la autora.*

Muestra	Conc. (mg/kg)
Con BPM	<0,08
Sin BPM	<0,08

Al haber analizado Pb por la técnica GFAAS se pudo comprobar que las concentraciones son menores a 0,08mg/kg, es decir que cumple con la normativa INEN 2595 que exige un máximo de 0,2mg/kg para este metal. Con estos resultados se considera que, en las granolas elaboradas con BPM y sin BPM se toman medidas para evitar la

contaminación de plomo como abastecerse de ingredientes de zonas poco contaminadas (Decker et al., 2014)

En la tabla 6 se evidencian las concentraciones para Cd de dos muestras de granola (una con BPM y una sin BPM):

*Tabla 6: Concentración de Cd en granolas con y sin BPM por GFAAS. Elaborado por la autora.*

<b>Muestra</b>	<b>Conc. (mg/kg)</b>
<b>Con BPM</b>	<0,05
<b>Sin BPM</b>	<0,05

Se obtuvieron resultados similares al de FAAS, teniendo valores bajos al límite de cuantificación. Indicando que la granola con y sin BPM cumplen con los límites permisibles de la normativa INEN 2595. De acuerdo a estos resultados se puede considerar que las granolas, desde el cultivo hasta el almacenamiento se tienen los respectivos cuidados para evitar la contaminación con Cd. (Mubeen et al., 2023)

## 6. CONCLUSIONES

Las Buenas prácticas de manufactura (BPM) son importantes para lograr la calidad y el cumplimiento de normativas con respecto a la granola, es decir garantizando la seguridad e inocuidad del producto.

Al analizar metales pesados por FAAS y GFAAS, en el caso del Cd se obtuvo que las granolas con y sin BPM cumplen con el límite permisible de la normativa INEN 2595 (0,1mg/kg), con valores menores del límite de cuantificación (0,05mg/kg).

En el caso de Pb mediante la técnica de FAAS no se pudo determinar que las concentraciones cumplan con el límite permisible, sin embargo, al analizar una muestra de granola con BPM y otra sin BPM por la técnica de GFAAS se pudo comprobar que cumplen con el límite permisible de la normativa INEN 2595 (0,2mg/kg) obteniendo concentraciones menores a 0,08mg/kg.

En los análisis proximales no se obtuvo diferencias significativas en los valores de humedad (3-5%), cenizas (12-17%) y fibra (0,04-1.13%), en el análisis de las muestras con y sin BPM. Por lo que se considera que posiblemente, las condiciones de producción, almacenamiento y conservación es similar en todas las granolas

Con todos los resultados obtenidos, se puede considerar que las granolas con BPM y sin BPM mantienen cuidado en el proceso de elaboración y conservación, evitando la

contaminación con metales pesados y haciendo que la granola sea apta para el consumo humano.

## 7. RECOMENDACIONES

Debido al alto porcentaje de cenizas encontrado en todas las muestras de granolas sería recomendable que se realicen análisis de minerales y vitaminas, que puedan correlacionarse con estos resultados. Adicionalmente, estos datos proporcionarían información nutricional valiosa con respecto a estos productos, que podría adjuntarse a las normativas existentes.

Otro parámetro que se sugiere investigar más es la cantidad de fibra que tienen las granolas preparadas, pudiendo emplear otro método químico de análisis, debido a que la cantidad encontrada en este estudio es baja y difiere de los datos que indican las etiquetas nutricionales.

## 8. REFERENCIAS

- Adam, A.-A., Sackey, L. N. A., & Ofori, L. A. (2022). Risk assessment of heavy metals concentration in cereals and legumes sold in the Tamale Aboabo market, Ghana. *Heliyon*, 8(8), e10162. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10162>
- Agbaje, R., Hassan, Rahman, A., & Faujan, A. (2016). *Development and physico-chemical analysis of granola formulated with puffed glutinous rice and selected dried Sunnah foods*. Edu.my. <https://oarep.usim.edu.my/jspui/bitstream/123456789/2067/1/Development%20and%20physico-chemical%20analysis%20of%20granola%20formulated%20with%20puffed%20glutinous%20rice%20and%20selected%20dried%20Sunnah%20foods.pdf>
- Agilent. (2018). *The role of chemical modifiers in graphite furnace atomic absorption spectrometry*. Agilent.com. [https://www.agilent.com/cs/library/technicaloverviews/public/5991-9155EN\\_modifiers\\_gfaas\\_techoverview.pdf](https://www.agilent.com/cs/library/technicaloverviews/public/5991-9155EN_modifiers_gfaas_techoverview.pdf)
- Ahmed, K., Shoaib, M., Akhtar, M. N., & Iqbal, Z. (2014). *Chemical analysis of different cereals to access nutritional components vital for human health*. Iscientific.org.

Recuperado el 31 de marzo de 2023, de <https://www.iscientific.org/wp-content/uploads/2018/02/9-IJCBS-14-06-16.pdf>

Analiza Calidad. (2018, julio 3). *Physico-chemical, food science and nutritional analysis*. <https://analizacalidad.com/en/physico-chemical-food-science-and-nutritional-analysis/>

AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International* (18th ed). Gathersburg.

Aslam, M., Aslam, A., Sheraz, M., Ali, B., Ulhassan, Z., Najeeb, U., Zhou, W., & Gill, R. A. (2020). Lead toxicity in cereals: Mechanistic insight into toxicity, mode of action, and management. *Frontiers in Plant Science*, 11, 587785. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.587785>

Bennett, A., & Hudson, J. R. (1954). Determination of moisture in cereals: Review of methods in common use. *Journal of the Institute of Brewing. Institute of Brewing (Great Britain)*, 60(1), 29–34. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1954.tb02744.x>

Bianco D, H. W., Capote L, T., & Garmendia G, C. (2014). Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico. *Revista del Instituto Nacional de Higiene*, 45(2), 50–63. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04772014000200004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004)

Chang, E. Park, H. Lee, K. Choe, J. & Kim, M. (2018). Monitoring and risk assessment of lead and cadmium in various agricultural products collected from the Korean market. *Han'gug Siggum Wi'saeng Anjeonseong Haghoeji*, 33(4), 240–247.

Chng, M. (2023). *Determination of ash*. Aquadocs.org. <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/40988/A-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ColdBlock Technologies. (2020). *What is sample digestion?* Coldblock.Ca. <https://coldblock.ca/what-is-sample-digestion/>

- De Pablos, V. (2021, diciembre 13). *Bromatología, el estudio de los alimentos*. TRAZA. <https://www.traza.net/2021/12/13/bromatologia-el-estudio-de-los-alimentos/>
- Decker, E. A., Rose, D. J., & Stewart, D. (2014). Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits. *The British Journal of Nutrition*, *112 Suppl 2(S2)*, S58-64. <https://doi.org/10.1017/S000711451400227X>
- Decreto Ejecutivo 3253. (2002). REGLAMENTO DE BUENAS PRACTICAS PARA ALIMENTOS PROCESADOS. Tomado de: <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/REGLAMENTO-DE-BUENAS-PRACTICAS-PARA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf>
- Deepak. (2014, abril 12). Atomic Absorption Spectroscopy analysis. *Lab-training.com*. <https://lab-training.com/fusion-and-ashing-of-samples-for-atomic-absorption-spectroscopic-analysis/>
- Department of health y human services. (2021). *Elemental Analysis Manual for Food and Related Products*. Tomado de: <https://www.fda.gov/media/89653/download>
- Fassel, V. A., Rasmuson, J. O., & Cowley, T. G. (1968). Spectral line interferences in atomic absorption spectroscopy. *Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy*, *23(9)*, 579–586. [https://doi.org/10.1016/0584-8547\(68\)80040-0](https://doi.org/10.1016/0584-8547(68)80040-0)
- Fernandez, F. J., Myers, S. A., & Slavin, W. (1980). Background correction in atomic absorption utilizing the Zeeman effect. *Analytical Chemistry*, *52(4)*, 741–746. <https://doi.org/10.1021/ac50054a033>
- Fick, S. S., Nakadi, F. V., Fujiwara, F., Smichowski, P., Vale, M. G. R., Welz, B., & de Andrade, J. B. (2018). Investigation of spectral interference in the determination of Pb in road dust using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry and direct solid sample analysis. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, *33(4)*, 593–602. <https://doi.org/10.1039/c7ja00405b>

- Foodsafe. (2022). THE IMPORTANCE OF GOOD MANUFACTURING PRACTICES IN FOOD INDUSTRY. Tomado de: <https://foodsafedrains.com/blog/the-importance-of-good-manufacturing-practices-in-food-industry>
- Friberg, L. 1950. Health hazards in the manufacture of alkaline accumulators with special reference to chronic cadmium poisoning. *Acta Med. Scand.* (Suppl 240) 138:1-124.
- Harris, G. K., & Marshall, M. R. (2017). Ash Analysis. En *Food Science Text Series* (pp. 287–297). Springer International Publishing.
- Harvard College. (2012, septiembre 18). *Fiber*. The Nutrition Source. <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/carbohydrates/fiber/>
- Harvey, D. (2022, enero 24). 9.3: *Interferences in absorption spectroscopy*. Chemistry LibreTexts; Libretexts. [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical\\_Chemistry/Instrumental\\_Analysis\\_\(LibreTexts\)/09%3A\\_Atomic\\_Absorption\\_and\\_Atomic\\_Fluorescence\\_Spectrometry/9.03%3A\\_Interferences\\_in\\_Absorption\\_Spectroscopy](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Instrumental_Analysis_(LibreTexts)/09%3A_Atomic_Absorption_and_Atomic_Fluorescence_Spectrometry/9.03%3A_Interferences_in_Absorption_Spectroscopy)
- Hill, S. J., & Fisher, A. S. (2017). Atomic Absorption, Methods and Instrumentation. En J. C. Lindon, G. E. Tranter, & D. W. Koppenaal (Eds.), *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry* (pp. 37–43). Elsevier.
- Holcombe, J. A., & Borges, D. L. G. (2010). Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. En *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Ieggli, C. V. S., Bohrer, D., Do Nascimento, P. C., & De Carvalho, L. M. (2011). Flame and graphite furnace atomic absorption spectrometry for trace element determination in vegetable oils, margarine and butter after sample emulsification. *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 28(5), 640–648. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.555843>
- INEN. (2011). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1334: Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Tomado de: [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/ec.nte\\_1334.1.2011.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/ec.nte_1334.1.2011.pdf)

- INEN. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2595. Tomado de: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2595.pdf>
- Intedya. (2016). Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Tomado de: <https://www.intedya.com/internacional/103/consultoria-buenas-practicas-de-manufactura-bpm.html>
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. Tomado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14757716/#:~:text=The%20main%20threats%20to%20human,humans%20for%20thousands%20of%20years.>
- Kumar R., Agrawal M. & Marshall F. (2007). Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. *Food and Chemical toxicology*, 47 p. 583–591.
- Kumar, S., Islam, R., Akash, P.B. et al. (2022). Lead (Pb) Contamination in Agricultural Products and Human Health Risk Assessment in Bangladesh. *Water Air Soil Pollut* 233, 257. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05711-9>
- Laskowski, W., Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Czeczotko, M., & Zwolińska, J. (2019). How Important are Cereals and Cereal Products in the Average Polish Diet?. *Nutrients*, 11(3), 679. <https://doi.org/10.3390/nu11030679>
- Mandl, E. (2019, June 25). *Meal prep: Everyday breakfast*. Tomado de: <https://www.healthline.com/nutrition/is-granola-healthy#bottom-line>
- Michalke, B., & Nischwitz, V. (2013). Speciation and element-specific detection. En S. Fanali, P. R. Haddad, C. F. Poole, P. Schoenmakers, & D. Lloyd (Eds.), *Liquid Chromatography* (pp. 633–649). Elsevier.
- Moore, S., & Michael Greenwood, M. S. (2020, marzo 25). *Why is moisture content analysis of food important?* News-medical.net. <https://www.news-medical.net/life-sciences/Why-is-Moisture-Content-Analysis-of-Food-Important.aspx>

- Morgan, J. (1999). Effects of processing of heavy metal content of foods. *Advances in experimental medicine and biology*, 459, 195–211. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4853-9\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4853-9_13)
- Mubeen, S., Ni, W., He, C., & Yang, Z. (2023). Agricultural strategies to reduce cadmium accumulation in crops for food safety. *Agriculture*, 13(2), 471. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020471>
- Nwuga, F. (2022, mayo 26). *Use and applications of flame Atomic Absorption Spectroscopy*. Azom.com. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=21704>
- OPS. (2003). *Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)*. Tomado de: [http://www.anmat.gov.ar/webanmat/aplicaciones\\_web/Red\\_de\\_Inspectores/archivos/HACCP\\_\(OPS\).pdf](http://www.anmat.gov.ar/webanmat/aplicaciones_web/Red_de_Inspectores/archivos/HACCP_(OPS).pdf)
- Pathare, P.B. (2010). *Optimisation of granola breakfast cereal manufacturing process by wet granulation and pneumatic conveying* [PhD Thesis]. University College Cork.
- ProAlimentos. (2014). *Informe Técnico para la adquisición de granola*. Tomado de: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=ncOhUeLcQfDuaY4w5HF6y9VDYFLHW3JnLR7ab-vRIAl>.
- Qin, G. Niu, Z. Yu, J. Li, Z. Ma, JY. Xiang, P. (2020). Soil heavy metal pollution and food safety in China: Effects, sources and removing technology. *Chemosphere*, Volume 267. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129205>
- Rasper, V. F., & Walker, C. E. (2000). Quality evaluation of cereals and cereal products. In *Handbook of cereal science and technology* (pp. 505-537). CRC Press.
- Sarker, A., Kim, J., Islam, A., Bilal, M., Rakib, M., Nandi, R., Rahman, M., & Islam, T. (2022). Heavy metals contamination and associated health risks in food webs-a review focuses on food safety and environmental sustainability in Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(3), 3230–3245. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17153-7>

- Sarmila, K. C. (2023, abril 16). *Determination of crude fiber in food sample*. The Science Notes. <https://thesciencenotes.com/determination-of-crude-fiber-in-food-sample/>
- Skoog, D. Holler, F. Nieman, T. (1998). *Principles of Instrumental Analysis*. Saunders College Publishing: Philadelphia.
- Skoog, D. Holler, J. & Crouch, S. (2008). *Principios de Analisis Instrumental\_Skoog 6ta.pdf*.  
[https://www.academia.edu/36784861/Principios\\_de\\_Analisis\\_Instrumental\\_Skoog\\_6ta\\_pdf](https://www.academia.edu/36784861/Principios_de_Analisis_Instrumental_Skoog_6ta_pdf)
- Tchounwou, P., Yedjou, C., Patlolla, A., & Sutton, D. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia supplementum* (2012), 101, 133–164.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6)
- Terán-Figueroa, Y., de Loera, D., Toxqui-Terán, A., Montero-Morán, G., & Saavedra-Leos, M. Z. (2022). Bromatological Analysis and Characterization of Phenolics in Snow Mountain Garlic. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(12), 3712.  
<https://doi.org/10.3390/molecules27123712>
- ThermoFisher. (2023). Atomic absorption spectrometry (AAS) information - US. (s/f). Recuperado el 31 de marzo de 2023, de <https://www.thermoFisher.com/ec/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/spectroscopy-elemental-isotope-analysis-learning-center/trace-elemental-analysis-tea-information/atomic-absorption-aa-information.html>.
- Thielecke, F., & Nugent, A. P. (2018). Contaminants in grain-A major risk for whole grain safety? *Nutrients*, 10(9), 1213. <https://doi.org/10.3390/nu10091213>
- Toapanta, G. (2012). MEJORA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE GRANOLA EN LA INDUSTRIA “PRODUCTOS NATURALES SHALOM”, A TRAVÉS DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA. Tomado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5156/1/CD-4535.pdf>

- Torres, A. (2020). *COMPARACIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA EFICIENCIA DEL MÉTODO DE DIGESTIÓN ÁCIDA TRADICIONAL Y ASISTIDA POR MICROONDAS EN LA PREPARACIÓN DE MUESTRAS*. Edu.ec. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16327/1/E-10379\\_TORRES%20HERAS%20ARIANA%20PAULETTE.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16327/1/E-10379_TORRES%20HERAS%20ARIANA%20PAULETTE.pdf)
- Twyman, R. M. (2005). SAMPLE DISSOLUTION FOR ELEMENTAL ANALYSIS | wet digestion. En P. Worsfold, A. Townshend, & C. Poole (Eds.), *Encyclopedia of Analytical Science* (pp. 146–153). Elsevier.
- Van de Kamer, J. H., & Van Ginkel, L. (1952). Rapid determination of crude fiber in cereals. *Cereal Chemistry*, 29, 239-251.
- Venton, J. (2018, septiembre 12). *Calibration Curves*. Jove.com. <https://www.jove.com/es/v/10188/calibration-curves>
- Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., & Silva, E. (2022). Nutritional Value and Bioactive Compounds of Leaves and Grains from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants (Basel, Switzerland)*, 11(2), 213. <https://doi.org/10.3390/plants11020213>
- Visser, D. (2021, diciembre 16). *Atomic absorption spectroscopy, principles and applications*. Analysis & Separations from Technology Networks; Technology Networks. <https://www.technologynetworks.com/analysis/articles/atomic-absorption-spectroscopy-principles-and-applications-356829>
- Wani, A. L., Ara, A., & Usmani, J. A. (2015). Lead toxicity: a review. *Interdisciplinary toxicology*, 8(2), 55–64. <https://doi.org/10.1515/intox-2015-0009>
- Zabala Vizuite, R., Manzano Vela, D., & Salazar Luisataxi, J. (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.*, 519–535. <https://doi.org/10.18502/epoch.v2i2.11414>
- Zhang ZW, Watanabe T, Shimbo S, Higashikawa K, Ikeda M. (1998). Lead and cadmium contents in cereals and pulses in north-eastern China. *Sci. Total Environ.*, 220, 137-145.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1: Fotografías de la metodología



*Figura 5: Muestra de granola. Tomada por la Autora.*



*Figura 6: Carteo de la muestra. Tomado por la Autora.*



Figura 7: *Determinación de Humedad de las muestras de granola. Tomado por la Autora.*



Figura 8: *Determinación de Cenizas de las muestras de granola. Tomado por la Autora.*



Figura 9: *Determinación de Fibra cruda de las muestras de granola. Tomado por la Autora.*



Figura 10: Digestiones de las muestras de granola. Tomado por la Autora.

**Anexo 2: Determinación de Humedad en granolas con y sin BPM.**

Ecuación 1: Cálculo %Humedad.

$$\%H = \frac{P_o - P_f}{P_o - P_c} \times 100$$

Donde:

Po: Peso de la capsula con muestra

Pc: Peso de la capsula

Pf: Peso final después de la estufa

%H: Humedad

Tabla 7: Cálculos de %Humedad de muestras de granola con BPM. Elaborado por la autora.

Con BPM por triplicado									
Capsula	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Pc	Po	Pf	%Pst	%H	Promedio %H	Desv. Estand
1.1	50,0460	50,0450	50,0455	52,2186	52,1145	95,2096	4,7904	4,7234	0,1735
1.2	38,7546	38,7590	38,7590	40,7988	40,6998	95,1466	4,8534		
1.3	41,9745	41,9731	41,9732	43,9792	43,8884	95,4736	4,5264		
2.1	35,0696	35,8993	35,8991	38,0532	37,9752	96,3790	3,6210	3,6690	0,0564
2.2	43,0696	43,0698	43,0692	45,0747	45,0014	96,3451	3,6549		
2.3	36,7558	36,7554	36,7552	38,7707	38,6955	96,2689	3,7311		
3.1	36,2258	36,2261	36,2265	38,2918	38,1965	95,3857	4,6143	4,7186	0,0956
3.2	47,6558	47,6549	47,6542	49,6503	49,5557	95,2608	4,7392		
3.3	38,1774	38,1776	38,1770	40,2636	40,1634	95,1979	4,8021		
4.1	40,8994	40,8992	40,8994	42,9333	42,8671	96,7452	3,2548	3,3448	0,1963
4.2	56,6581	56,6574	56,6200	58,7449	58,6767	96,7904	3,2096		
4.3	57,6206	57,6195	57,7605	59,7605	59,6891	96,4300	3,5700		
5.1	38,7568	38,7560	38,7557	40,8377	40,7649	96,5034	3,4966	3,5628	0,0843
5.2	42,1279	42,1269	42,1266	44,1186	44,0482	96,4659	3,5341		
5.3	48,6633	48,6616	48,6615	50,7885	50,7107	96,3423	3,6577		

Tabla 8: Cálculos de %Humedad de muestras de granola sin BPM. Elaborado por la autora.

Sin BPM por triplicado									
Capsula	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Pc	Po	Pf	%Pst	%H	Promedio %H	Desv. Estand
1.1 S	50,0578	50,0478	50,0574	52,1435	52,0311	94,6120	5,3880	5,3502	0,0668
1.2 S	38,7638	38,7638	38,7632	40,7708	40,6626	94,6105	5,3895		
1.3 S	41,9843	41,9841	41,9840	43,9866	43,8810	94,7269	5,2731		
2.1 S	35,9076	35,9079	35,9078	37,9519	37,8648	95,7390	4,2610	4,2313	0,0259
2.2 S	43,0802	43,0778	43,0799	45,1323	45,0457	95,7805	4,2195		
2.3 S	36,7650	36,7646	36,7648	38,8320	38,7449	95,7866	4,2134		
3.1 S	36,2357	36,2353	36,2351	38,2859	38,2099	96,2941	3,7059	3,6484	0,0713
3.2 S	47,6668	47,6664	47,6659	49,6845	49,6104	96,3291	3,6709		

<b>3.3 S</b>	38,1870	38,1864	38,1863	40,2011	40,1292	96,4314	3,5686		
<b>4.1 S</b>	40,9094	40,9089	40,9094	42,9830	42,8765	94,8640	5,1360	5,0177	0,1127
<b>4.2 S</b>	56,6718	56,6714	56,6714	58,6832	58,5825	94,9945	5,0055		
<b>4.3 S</b>	57,6341	57,6339	57,6343	59,6723	59,5722	95,0883	4,9117		
<b>5.1 S</b>	38,7653	38,7654	38,7652	40,8313	40,7506	96,0941	3,9059	3,8951	0,0585
<b>5.2 S</b>	42,1370	42,1373	42,1370	44,1712	44,0909	96,0525	3,9475		
<b>5.3 S</b>	48,6746	48,6733	48,6735	50,6751	50,5984	96,1681	3,8319		

### Anexo 3: Determinación de Cenizas en granolas con y sin BPM.

*Ecuación 2: Cálculo %Cenizas.*

$$\%CT = \frac{P_F - P_C}{P_O - P_C} \times 100$$

Donde

Po: Peso crisol con muestra

Pc: Peso del crisol

Pf: Peso final después de la mufla

%CT: Cenizas Totales

*Tabla 9: Cálculos de %Cenizas de muestras de granola con BPM. Elaborado por la autora.*

Con BPM por triplicado								
Crisol	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Pc	Po	Pf	%CT	Promedios %CT	Desv. Estand
<b>1.1</b>	16,1028	16,1027	16,1028	19,3867	16,5195	12,6892	13,0002	0,2919
<b>1.2</b>	17,6784	17,6781	17,6787	20,8494	18,0994	13,2684		
<b>1.3</b>	18,9062	18,8835	18,8840	21,9416	19,2828	13,0429		
<b>2.1</b>	15,3396	15,3384	15,3384	18,5307	15,7327	12,3516	12,1918	0,1391
<b>2.2</b>	16,1989	16,1965	16,1965	19,2659	16,5687	12,1261		
<b>2.3</b>	17,3598	17,3591	17,3594	20,3972	17,7269	12,0976		
<b>3.1</b>	16,8340	16,8230	16,8229	19,8410	17,1983	12,4383	12,7706	0,3067
<b>3.2</b>	15,8793	15,8793	15,8793	19,2574	16,3199	13,0428		
<b>3.3</b>	16,2073	16,2032	16,2034	19,3638	16,6089	12,8307		
<b>4.1</b>	17,4110	17,4060	17,4062	20,4156	17,7992	13,0591	13,5860	0,4948
<b>4.2</b>	16,9044	16,9040	16,9045	19,9620	17,3221	13,6582		
<b>4.3</b>	17,1146	17,1145	17,1145	20,1948	17,5470	14,0408		
<b>5.1</b>	16,9421	16,9386	16,9386	19,9700	17,4673	17,4408	17,4263	0,0853
<b>5.2</b>	14,2783	14,2784	14,2784	17,4612	14,8355	17,5035		
<b>5.3</b>	17,2633	17,2532	17,2533	20,3465	17,7895	17,3348		

*Tabla 10: Cálculos de %Cenizas de muestras de granola sin BPM. Elaborado por la autora.*

Sin BPM por triplicado								
Crisol	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Pc	Po	Pf	%CT	Promedios %CT	Desv. Estand
<b>1.1 S</b>	16,1034	16,1027	16,1030	19,2668	16,5515	14,1760	14,6433	0,4149

<b>1.2 S</b>	17,6788	17,6781	17,6783	20,7881	18,1381	14,7855		
<b>1.3 S</b>	18,8890	18,8853	18,8854	21,8964	19,3361	14,9684		
<b>2.1 S</b>	15,3396	15,3389	15,3389	18,3835	15,7927	14,9051	14,8655	0,2333
<b>2.2 S</b>	16,2189	16,2008	16,2001	19,3407	16,6591	14,6150		
<b>2.3 S</b>	17,3602	17,3592	17,3594	20,4629	17,8273	15,0765		
<b>3.1 S</b>	16,8602	16,8247	16,8248	19,8465	17,1857	11,9436	12,1936	0,2171
<b>3.2 S</b>	15,8827	15,8812	15,8818	18,9578	16,2612	12,3342		
<b>3.3 S</b>	16,3250	16,2062	16,2061	19,2834	16,5847	12,3030		
<b>4.1 S</b>	17,4829	17,4078	17,4081	20,4405	17,7991	12,8941	12,3929	0,4444
<b>4.2 S</b>	16,9054	16,9043	16,9042	19,9243	17,2738	12,2380		
<b>4.3 S</b>	17,1579	17,1109	17,1109	20,2329	17,4870	12,0468		
<b>5.1 S</b>	16,9388	16,9382	16,9384	20,0669	17,3614	13,5209	13,3678	0,2198
<b>5.2 S</b>	14,2788	14,2781	14,2783	17,3303	14,6893	13,4666		
<b>5.3 S</b>	17,2663	17,2554	17,2552	20,2790	17,6518	13,1159		

#### Anexo 4: Determinación de Fibra cruda en granolas con y sin BPM.

Ecuación 3: Calculo %Fibra.

$$\%F_c = \frac{(F_1 - F_2) \times 100}{F_o}$$

Donde

Fo: Peso crisol con muestra

F1: Peso del crisol con muestra después de la estufa

F2: Peso del crisol con muestra después de la mufla

%Fc: Fibra cruda

Tabla 11: Cálculos de %Fibra de muestras de granola con BPM. Elaborado por la autora.

Con BPM por triplicado								
Crisol	Pc	Pm	Fo	F1	F2	%Fc	Promedios %Fc	Desv. Estand
<b>1.1</b>	29,9608	1,0504	31,0112	29,9756	29,9613	0,0461	0,0419	0,0043
<b>1.2</b>	30,1809	1,0122	31,1931	30,1931	30,1814	0,0375		
<b>1.3</b>	29,6465	1,0154	30,6619	29,6554	29,6425	0,0421		
<b>2.1</b>	28,5347	1,1549	29,6896	28,5575	28,5390	0,0623	0,0609	0,0014
<b>2.2</b>	29,4043	1,1574	30,5617	29,4254	29,4068	0,0609		
<b>2.3</b>	29,6762	1,0394	30,7156	29,6962	29,6779	0,0596		
<b>3.1</b>	29,2498	1,0083	30,2581	29,6038	29,2592	1,1389	1,1359	0,0047
<b>3.2</b>	29,4428	1,0228	30,4656	29,7962	29,4518	1,1305		
<b>3.3</b>	28,8216	1,0281	29,8497	29,1699	28,8301	1,1384		
<b>4.1</b>	29,5697	1,0152	30,5849	29,6135	29,5950	0,0605	0,0572	0,0033
<b>4.2</b>	28,9229	1,0054	29,9283	28,9632	28,9471	0,0538		
<b>4.3</b>	29,3968	1,0232	30,4200	29,4433	29,4259	0,0572		
<b>5.1</b>	29,0214	1,1309	30,1523	29,0529	29,0249	0,0929	0,0885	0,0054
<b>5.2</b>	29,2062	1,0118	30,2180	29,2357	29,2108	0,0824		
<b>5.3</b>	29,5056	1,0671	30,5727	29,5354	29,5078	0,0903		

Tabla 12: Cálculos de %Fibra de muestras de granola sin BPM. Elaborado por la autora.

Con BPM por triplicado								
Crisol	Pc	Pm	Fo	F1	F2	%Fc	Promedios %Fc	Desv. Estand
1.1 S	30,0408	1,0256	31,0664	30,0599	30,0354	0,0789	0,0823	0,0035
1.2 S	29,3278	1,0190	30,3468	29,3538	29,3289	0,0821		
1.3 S	29,1067	1,0426	30,1493	29,1386	29,1127	0,0859		
2.1 S	29,6487	1,1037	30,7524	29,6694	29,6527	0,0543	0,0456	0,0077
2.2 S	29,4187	1,0148	30,4335	29,4433	29,4302	0,0430		
2.3 S	28,6159	1,0272	29,6431	28,6330	28,6213	0,0395		
3.1 S	28,8680	1,0158	29,8838	28,8860	28,8685	0,0586	0,0514	0,0095
3.2 S	29,2349	1,0740	30,3089	29,2560	29,2437	0,0406		
3.3 S	28,8323	1,0145	29,8468	28,8528	28,8364	0,0549		
4.1 S	29,5399	1,0497	30,5896	29,5861	29,5670	0,0624	0,0704	0,0084
4.2 S	28,9571	1,0593	30,0164	29,0075	28,9866	0,0696		
4.3 S	30,3125	1,0143	31,3268	30,3583	30,3335	0,0792		
5.1 S	29,4910	1,0173	30,5083	29,5178	29,4969	0,0685	0,0639	0,0078
5.2 S	32,8088	1,0654	33,8742	32,8402	32,8216	0,0549		
5.3 S	32,9543	1,0132	33,9675	32,9808	32,9576	0,0683		

### Anexo 5: Determinación de Pb y Cd por FAAS

Tabla 13: Pesos de granolas con BPM para digestiones. Elaborado por la autora.

Con BPM	
Muestra	Peso (g)
1.1	5,0115
1.2	5,0247
1.3	5,0070
2.1	5,0851
2.2	5,0241
2.3	5,0670
3.1	5,0119
3.2	5,0127
3.3	5,0274
4.1	5,0363
4.2	5,0242
4.3	5,0347
5.1	5,0051
5.2	5,0156
5.3	5,0372

Tabla 14: Pesos de granolas sin BPM para digestiones. Elaborado por la autora.

Sin BPM

Muestra	Peso (g)
1.1s	5,0004
1.2s	5,0622
1.3s	5,0625
2.1s	5,0637
2.2s	5,0163
2.3s	5,0575
3.1s	5,0888
3.2s	5,0559
3.3s	5,0947
4.1s	5,0397
4.2s	5,0105
4.3s	5,0421
5.1s	5,0059
5.2s	5,0304
5.3s	5,0606

- Pb

Tabla 15: Curva de calibración para Pb. Elaborado por la autora.

Estándar	Conc. (mg/L)	Abs	Conc. (mg/Kg)
Blanco	-0,151	0	-0,755
Std 1	0,327	0,013	1,635
Std Control 0,5	0,585	0,016	2,925
Std 2	1,216	0,035	6,08
Std 3	3,071	0,080	15,355
Std 4	4,913	0,125	24,565

Calibration data for Pb 217.00			Equation: Linear, Calculated Intercept		
ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. mg/L	Calculated Conc. mg/L	Standard Deviation	%RSD
blanco	0.000	0	-0.227	----	----
Calib Std 1	0.013	0.3	0.327	----	----
Calib Std 2	0.035	1.0	1.216	----	----
Calib Std 3	0.080	3.0	3.071	----	----
Calib Std 4	0.125	5.0	4.913	----	----
Correlation Coef.: 0.996876		Slope: 0.02430		Intercept: 0.00551	

Figura 11: Curva de calibración para Pb. Tomada por la autora

Tabla 16: Concentraciones obtenidas de Pb por FAAS en granolas con BPM. Elaborado por la autora.

Con BPM				
Muestra	Conc. (mg/L)	Conc.	Promedio	Desv. Estand
1.1	-0,150	<LC	-0,725	0,085
1.2	-0,126	<LC		

1.3	-0,159	<LC		
2.1	-0,056	<LC	-0,353	0,078
2.2	-0,087	<LC		
2.3	-0,069	<LC		
3.1	-0,129	<LC	-0,602	0,059
3.2	-0,107	<LC		
3.3	-0,125	<LC		
4.1	-0,158	<LC	-0,872	0,078
4.2	-0,176	<LC		
4.3	-0,189	<LC		
5.1	-0,128	<LC	-0,658	0,032
5.2	-0,139	<LC		
5.3	-0,128	<LC		

Tabla 17: Concentraciones obtenidas de Pb por FAAS en granolas sin BPM. Elaborado por la autora.

Sin BPM				
Muestra	Conc. (mg/L)	Conc.	Promedio	Desv. Estand
1.1S	0,055	<LC	0,222	0,061
1.2S	0,031	<LC		
1.3S	0,047	<LC		
2.1S	0,038	<LC	0,235	0,054
2.2S	0,059	<LC		
2.3S	0,044	<LC		
3.1S	0,027	<LC	0,110	0,035
3.2S	0,014	<LC		
3.3S	0,025	<LC		
4.1S	0,045	<LC	0,230	0,033
4.2S	0,053	<LC		
4.3S	0,040	<LC		
5.1S	0,045	<LC	0,173	0,045
5.2S	0,028	<LC		
5.3S	0,031	<LC		

- Cd

Tabla 18: Curva de calibración para Cd. Elaborado por la autora.

Estándar	Conc. (mg/L)	Abs	Conc. (mg/Kg)
Blanco	-0,037	0	-0,185
Std 1	0,009	0,013	0,045
Std 2	0,033	0,019	0,165
Std 3	0,114	0,041	0,57
Std Control 0,2	0,193	0,062	0,965

<b>Std 4</b>	0,358	0,107	1,79
<b>Std 5</b>	0,982	0,276	4,91

Calibration data for Cd 228,80

Equation: Linear, Calculated Intercept

ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. mg/L	Calculated Conc. mg/L	Standard Deviation	%RSD
blanco	0.000	0	-0.037	----	----
Calib Std 1	0.013	0.01	0.009	----	----
Calib Std 2	0.019	0.05	0.033	----	----
Calib Std 3	0.041	0.1	0.114	----	----
Calib Std 4	0.107	0.3	0.358	----	----
Calib Std 5	0.276	1.0	0.982	----	----

Correlation Coef.: 0.996283    Slope: 0.27040    Intercept: 0.01006

Figura 12: Curva de calibración para Cd. Tomada por la autora

Tabla 19: Concentraciones obtenidas de Cd por FAAS en granolas con BPM. Elaborado por la autora.

Con BPM				
Muestra	Conc. (mg/L)	Conc.	Promedio	Desv. Estand
1.1	-0,011	<LC	-0,090	0,030
1.2	-0,021	<LC		
1.3	-0,022	<LC		
2.1	-0,015	<LC	-0,080	0,005
2.2	-0,016	<LC		
2.3	-0,017	<LC		
3.1	-0,023	<LC	-0,128	0,012
3.2	-0,027	<LC		
3.3	-0,027	<LC		
4.1	-0,019	<LC	-0,108	0,019
4.2	-0,026	<LC		
4.3	-0,020	<LC		
5.1	-0,018	<LC	-0,088	0,008
5.2	-0,019	<LC		
5.3	-0,016	<LC		

Tabla 20: Concentraciones obtenidas de Cd por FAAS en granolas sin BPM. Elaborado por la autora.

Sin BPM				
Muestra	Conc. (mg/L)	Conc.	Promedio	Desv. Estand
1.1S	-0,020	<LC	-0,092	0,008
1.2S	-0,018	<LC		
1.3S	-0,017	<LC		
2.1S	-0,026	<LC	-0,103	0,024
2.2S	-0,017	<LC		
2.3S	-0,019	<LC		
3.1S	-0,022	<LC	-0,102	0,028
3.2S	-0,014	<LC		
3.3S	-0,025	<LC		

<b>4.1S</b>	-0,025	<LC	-0,098	0,024
<b>4.2S</b>	-0,018	<LC		
<b>4.3S</b>	-0,016	<LC		
<b>5.1S</b>	-0,017	<LC	-0,100	0,018
<b>5.2S</b>	-0,024	<LC		
<b>5.3S</b>	-0,019	<LC		

## Anexo 6: Determinación de Pb y Cd por GFAAS en laboratorio externo



LABORATORIO ACREDITADO BAJO NORMA ISO/IEC 17025

### INFORME DE ENSAYO NR.280226

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
Cliente:	DEYANEIRA YANEZ		
Dirección:	QUITUMBE		
Nombre Producto :	GRANOLA 1		
Fecha de Elaboración:	ND	Fecha de Caducidad:	ND
Lote:	ND	Contenido Declarado:	ND
Material Envase:	TUBO FALCON	Forma de Conservación:	Ambiente
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Código Laboratorio :	280226-1	Contenido Encontrado:	41.6 Gramos
Fecha Recepción:	2023/06/09	Fecha Inicio Ensayo:	2023/06/09
Condiciones Ambientales de llegada de la muestra:	21 °C	Muestreo:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió

ENSAYOS FFQQ	MÉTODO	ACREDITACIONES		UNIDAD	RESULTADO
		A2LA	SAE		
CADMIO AA-HGA	SEIN-MN1 (AOAC 999.11) MODIFICADO	*	*	mg/Kg	<0.05
PLOMO AA-HGA	SEIN-MN1 (AOAC 999.11) MODIFICADO	✓	*	mg/Kg	<0.08

INCERTIDUMBRE		
PARAMETRO	INCERTIDUMBRE	
PLOMO AA-HGA	L±14 % mg/kg	La incertidumbre expandida reportada esta basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de un 95%. L= Resultado U%= Incertidumbre expandida relativa porcentual

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

"Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación"

Datos tomados de MN-RG-12 pág. 796

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

"SEIDLaboratory Cía. Ltda. no se responsabiliza por la información declarada por el cliente"

- Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Afentamente.

23/06/22

FECHA EMISIÓN

Firmado digitalmente por: ANA GABRIELA VALENCIA MURGUEYTIQ  
Fecha y hora: 2023-06-22 17:26:54

Muestra 280226-1 de 280226-1

Pg 1 / 1

#### Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda., asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de las actividades del laboratorio a partir de las muestras ensayadas, información considerada como confidencial y de propiedad del cliente, con excepción de aquella información que el cliente haya puesto al alcance del público o información que se haya acordado previamente entre ambas partes. Seidlaboratory, se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes, en caso de controversias las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito.

#### Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 3 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad [directordecalidad@seidlaboratory.com.ec](mailto:directordecalidad@seidlaboratory.com.ec); Gerencia General [gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec](mailto:gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec); Servicio al Cliente [servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec](mailto:servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec)  
Melchor Touza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0993450911 - 0992750653 - Quito, Ecuador



## INFORME DE ENSAYO NR.280227

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
Cliente:	DEYANEIRA YANEZ		
Dirección:	QUITUMBE		
Nombre Producto :	GRANOLA 2		
Fecha de Elaboración:	ND	Fecha de Caducidad:	ND
Lote:	ND	Contenido Declarado:	ND
Material Envase:	TUBO FALCON	Forma de Conservación:	Ambiente
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Código Laboratorio :	280227-1	Contenido Encontrado:	42.1 Gramos
Fecha Recepción:	2023/06/09	Fecha Inicio Ensayo:	2023/06/09
Condiciones Ambientales de llegada de la muestra:	21 °C	Muestreo:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió

ENSAYOS FFQQ	MÉTODO	ACREDITACIONES		UNIDAD	RESULTADO
		A2LA	SAE		
CADMIO AA-HGA	SEIN-MINI (AOAC 999.11) MODIFICADO	*	*	mg/Kg	<0.05
PLOMO AA-HGA	SEIN-MINI (AOAC 999.11) MODIFICADO	✓	*	mg/Kg	<0.08

INCERTIDUMBRE		
PARAMETRO	INCERTIDUMBRE	
PLOMO AA-HGA	L=14 % mg/kg	La incertidumbre expandida reportada esta basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de un 95%. L= Resultado U%= Incertidumbre expandida relativa porcentual

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

"Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación"

Datos tomados de MIN-RG-12 pág. 796

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

"SEIDLaboratory Cía Ltda no se responsabiliza por la información declarada por el cliente"

- Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente.

23/06/22

FECHA EMISIÓN

Firmado digitalmente por ANA  
GABRIELA VALENCIA MURGUEYTIQ  
Fecha y hora: 2023-06-22 17:27:02



Muestra 280227-1 de 280227-1

Pg 1 / 1

**Confidencialidad e Imparcialidad**

Seidlaboratory Cía. Ltda., asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de las actividades del laboratorio a partir de las muestras ensayadas, información considerada como confidencial y de propiedad del cliente, con excepción de aquella información que el cliente haya puesto al alcance del público o información que se haya acordado previamente entre ambas partes. Seidlaboratory, se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes, en caso de controversias las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario, Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad directorcalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec; Servicio al Cliente servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec  
Melchor Toaca N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0995450911 - 0992750633 Quito, Ecuador

