



**Universidad
Norbert Wiener**

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica

**“CUANTIFICACION DE PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO EN
GRANOS DE CACAO *Theobroma cacao L.* Y CAFÉ *Coffea arábica L.* DE
LA ZONA DE JAEN-CAJAMARCA DURANTE EL PERIODO
FEBRERO – JULIO 2018”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

Presentado por:

Bach. Condezo Nuñez Silvia

Bach. Huaraca Mezones Carmen Victoria

Asesor:

Q.F.Tox. Lizano Gutiérrez Jesús Víctor

LIMA-PERÚ

2018

DEDICATORIA

A nuestras familias.

Sin su apoyo, amor, paciencia y comprensión, no habiéramos podido llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su bendición de cada día.

Al Dr. Lizano Gutiérrez Jesús Víctor, por su valioso aporte y apoyo.

A la Universidad Norbert Wiener, por nuestra excelente formación como Químicos Farmacéuticos

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi-vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii-xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACTS	xiv
I. INTRODUCCION	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivos Generales	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 HIPÓTESIS	4
1.3.1 Hipótesis General	4
1.4 VARIABLES	4
1.4.1 Variable Independiente	4
1.4.2 Variables Dependiente	5
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1.1 Antecedentes Internacionales	6
2.1.2 Antecedentes Nacionales	7
2.2 BASE TEÓRICA	8
2.2.1 Café	8
2.2.1.1 Taxonomía de la planta del café	8
2.2.1.2 Etimología del café	9
2.2.1.3 Situación del café en grano en el mercado mundial	9
2.2.1.4 Producción del café	9
2.2.2 Cacao	10
2.2.2.1 Chocolate y su elaboración	10
2.2.2.2 Taxonomía de la planta del cacao	11
2.2.3 Metales pesados	11
2.2.3.1 Arsénico	12
2.2.3.1.1 Toxicocinética	12
2.2.3.1.2 Toxicodinamia	13

2.2.3.2	Cadmio	14
2.2.3.2.1	Toxicocinética	14
2.2.3.2.2	Toxicodinamia	15
2.2.3.3	Plomo	16
2.2.3.3.1	Toxicocinética	16
2.2.3.3.2	Toxicodinamia	17
III.	PARTE EXPERIMENTAL	18
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
3.2	MÉTODO	18-23
3.3	POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO	24
3.3.1	Población	24
3.3.2	Muestra	24
3.4	REACTIVOS, MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO	25
3.4.1	Reactivos	25
3.4.2	Materiales	26
3.4.3	Instrumentos y Equipos	26
3.5	TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	26
3.5.1	Técnica Operatoria	26
3.5.1.1	Espectroscopia de Absorción Atómica	26
3.5.1.2	Espectrometría de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito	27
3.5.1.3	Espectrometría de absorción atómica de Generación de Hidruros	27
3.5.2	Procedimiento de análisis	28
3.5.2.1	Preparación de la muestra	28
3.5.2.2	Digestión Asistida por Microondas	29
3.5.2.3	Determinación de arsénico, cadmio y plomo	29
IV.	RESULTADOS	30-61
V.	DISCUSION	62-65
VI.	CONCLUSIONES	66
VII.	RECOMENDACIONES	67
VIII.	BIBLIOGRAFIA	68-71
IX.	ANEXOS	72-74

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>30</i>
<i>TABLA 2: Datos estadísticos de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>31</i>
<i>TABLA 3: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico y MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	<i>32</i>
<i>TABLA 4: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>35</i>
<i>TABLA 5: Datos estadísticos de la concentración de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>36</i>
<i>TABLA 6: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio y MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	<i>37</i>
<i>TABLA 7: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>40</i>
<i>TABLA 8: Datos estadísticos de la concentración de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>41</i>
<i>TABLA 9: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo y MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	<i>42</i>

TABLA 10: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018	46
TABLA 11: Datos estadísticos de la concentración de arsénico en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018	47
TABLA 12: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico y el Codex Alimentarius	48
TABLA 13: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018	51
TABLA 14: Datos estadísticos de la concentración de cadmio en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018	52
TABLA 15: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio y el Codex Alimentarius	53
TABLA 16: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018	56
TABLA 17: Datos estadísticos de la concentración de plomo en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018	57
TABLA 18: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo y el Codex Alimentarius	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>GRÁFICO 1: planta de café</i>	<i>9</i>
<i>GRÁFICO 2: Planta de caca</i>	<i>10</i>
<i>GRÁFICO 3: Toxicodinamia del arsénico</i>	<i>13</i>
<i>GRÁFICO 4: Curva de Calibración de Arsénico</i>	<i>20</i>
<i>GRÁFICO 5: Curva de Calibración de Cadmio</i>	<i>22</i>
<i>GRÁFICO 6: Curva de Calibración de Plomo</i>	<i>24</i>
<i>GRÁFICO 7: Espectrofotometría de Absorción Atómica</i>	<i>28</i>
<i>GRÁFICO 8: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>30</i>
<i>GRÁFICO 9: Concentración mínima, máxima y promedio de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	<i>31</i>
<i>GRÁFICO 10: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico</i>	<i>32</i>
<i>GRÁFICO 11: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico</i>	<i>33</i>
<i>GRÁFICO 12: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén(Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	<i>33</i>
<i>GRÁFICO 13: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	<i>34</i>

<i>GRÁFICO 14: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	35
<i>GRÁFICO 15: Concentración mínima, máxima y promedio de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	36
<i>GRÁFICO 16: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio</i>	37
<i>GRÁFICO 17: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio</i>	38
<i>GRÁFICO 18: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén(Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	38
<i>GRÁFICO 19: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaen (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	39
<i>GRÁFICO 20: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	40
<i>GRÁFICO 21: Concentración mínima, máxima y promedio de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona Rioja (San Martín) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	41
<i>GRÁFICO 22: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo</i>	42
<i>GRÁFICO 23: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio</i>	43

<i>GRÁFICO 24: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	43
<i>GRÁFICO 25: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur)</i>	44
<i>GRÁFICO 26: Relación entre la concentración de arsénico y cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca)</i>	44
<i>GRÁFICO 27: Relación entre la concentración de plomo y cadmio en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca)</i>	45
<i>GRÁFICO 28: Relación entre la concentración de arsénico y plomo en granos de café (Coffea arábica L.) de la zona de Jaén (Cajamarca)</i>	45
<i>GRÁFICO 29: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	46
<i>GRÁFICO 30: Concentración mínima, máxima y promedio de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	47
<i>GRÁFICO 31: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico.</i>	48
<i>GRÁFICO 32: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico</i>	49
<i>GRÁFICO 33: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius</i>	49
<i>GRÁFICO 34: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius</i>	50

<i>GRÁFICO 35: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	51
<i>GRÁFICO 36: Concentración mínima, máxima y promedio de cadmio en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	52
<i>GRÁFICO 37: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio</i>	53
<i>GRÁFICO 38: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio</i>	54
<i>GRÁFICO 39: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius</i>	54
<i>GRÁFICO 40: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius</i>	55
<i>GRÁFICO 41: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	56
<i>GRÁFICO 42: Concentración mínima, máxima y promedio de plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018</i>	57
<i>GRÁFICO 43: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo</i>	58
<i>GRÁFICO 44: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio</i>	59

<i>GRÁFICO 45: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius</i>	59
<i>GRÁFICO 46: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius</i>	60
<i>GRÁFICO 47: Relación entre la concentración de arsénico y cadmio en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca)</i>	60
<i>GRÁFICO 48: Relación entre la concentración de arsénico y plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca)</i>	61
<i>GRÁFICO 49: Relación entre la concentración de cadmio y plomo en granos de cacao (Theobroma cacao L.) de la zona de Jaén (Cajamarca)</i>	61

RESUMEN

El café y el cacao son productos de consumo masivo, que han cobrado importancia y prestigio mundial. Muchos agricultores siembran estos productos empleando pesticidas o los suelos están contaminados con metales pesados que son absorbidos por las plantas. Sin embargo, actualmente los productores se enfrentan a una fuerte legislación para su exportación respecto a los contenidos máximos de arsénico, plomo y cadmio que deben tener dichos productos. Objetivos: para ello fue necesario realizar la cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén – Cajamarca, durante el periodo febrero – julio 2018. Se recolectó un total 16 muestras que fueron analizados por el método de absorción atómica asociada a horno de grafito e hidruros FIAS. Resultados: en los granos de café de la zona de Jaén - Cajamarca se hallaron concentraciones promedio de arsénico (0,11 µg/g), cadmio (0,11µg/g) y plomo (1,18µg/g). La mayoría de las muestras analizadas no superan los valores máximos permitidos dados por MERCOSUR (Mercado Común del Sur), haciéndolos aptos para su consumo. Conclusiones: en los granos de cacao de la zona de Jaén – Cajamarca se hallaron concentraciones promedio de arsénico (0,08 µg/g), cadmio (0,07µg/g) y plomo (0,10µg/g). Las concentraciones de cada metal hallado al ser comparado con el valor permisible por el Codex Alimentarius nos dan como resultado que más del 60% de las muestras son admisibles para el consumo humano.

Palabras clave: Café, cacao, cadmio, arsénico, plomo, Codex Alimentarius, MERCOSUR.

ABSTRACTS

Coffee and cocoa are products of mass consumption, which have gained importance and worldwide prestige. Many farmers plant these products using pesticides or the soils are contaminated with heavy metals that are absorbed by the plants. However, producers are currently faced with strong legislation for their export with respect to the maximum arsenic, lead and cadmium content that such products must have. Objectives: it was necessary to quantify lead, cadmium and arsenic in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) and coffee (*Coffea arábica* L.) in the Jaén - Cajamarca area, during the period February - July 2018. Collected a total of 16 samples that were analyzed by the atomic absorption method associated with graphite furnace and FIAS hydrides. Results: in coffee beans from the Jaén - Cajamarca area, average concentrations of arsenic (0.11 µg / g), cadmium (0.11µg / g) and lead (1.18µg / g) were found. The majority of the analyzed samples do not exceed the maximum allowed values given by MERCOSUR (Common Market of the South), making them suitable for consumption. Conclusions: the average concentrations of arsenic (0.08 µg / g), cadmium (0.07µg / g) and lead (0.10µg / g) were found in cocoa beans from the Jaén - Cajamarca area. The concentrations of each metal found when compared to the value allowed by the Codex Alimentarius give us as a result that more than 60% of the samples are admissible for human consumption.

Keywords: Coffee, cocoa, cadmium, arsenic, lead, Codex Alimentarius, MERCOSUR.

I. INTRODUCCION

El chocolate es un producto de alta demanda en la industria alimentaria, que contiene al menos 20% de extracto seco de cacao según el Codex Alimentarius. (1) y es de gran importancia en la economía del País porque el cacao, chocolate y sus derivados en el año 2015 representó uno de los productos de exportación con gran demanda, se exportó 59 152 toneladas que son equivalentes a 267 millones de dólares y 300 millones de dólares el 2017.(2,3) Pero la especie botánica (*Theobroma cacao L.*) de la que está fabricada el chocolate, tiene la capacidad de absorber metales pesados, como arsénico; plomo y cadmio, del suelo. (4) El Codex Alimentarius nos da los valores máximos permitidos de los siguiente metales pesados: plomo 0.1µg/g; arsénico 0.1µg/g y cadmio 0.05µg/g. (1) Estos metales pesados pueden tener efectos deletéreos para la salud.

Los síntomas y signos asociados a elevados niveles por exposición prolongada al arsénico inorgánico difieren entre las personas, los grupos de población y las zonas geográficas. Por esta razón no hay una definición universal de enfermedades provocadas por arsénico, lo que imposibilita la evaluación de la carga sobre la salud en el mundo. (5) Pero se estima que la carcinogénesis por arsénico afecta cerca de 160 millones de personas en el mundo. (6) Además de la asociación de mortalidad de casos por insuficiencia renal por exposición al arsénico. (7) Pero entre los efectos más graves que puede ocasionar se encuentran la carcinogénesis, esclerosis, fibrosis y cirrosis hepática. (8)

El Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria (OMS), estimó que según datos de 2015 la exposición al plomo causó 494 550 muertes y la pérdida de 9,3 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad debido a sus efectos a largo plazo en la salud. La mayor carga corresponde a los países de ingresos bajos y medianos. El Instituto estimó asimismo que la exposición al plomo fue responsable del 12,4% de la carga mundial de discapacidad del desarrollo intelectual idiopático, del 2,5% de la carga mundial de cardiopatía isquémica, y del 2,4% de la carga mundial de accidentes cerebrovasculares. (9)

En cuanto las manifestaciones asociadas a cadmio tenemos, que la administración oral de 10 mg de este metal puede originar trastornos gastroduodenales con náusea

y vómito como respuesta inmediata, aunque la dosis oral aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg. Además, se han descrito alteraciones en las actividades enzimáticas del hígado. Aparentemente, el cadmio no ejerce ninguna acción directa sobre la hematopoyesis; más bien parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos. Estos efectos se manifiestan principalmente por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, estos efectos son reversibles. En un número limitado de estudios epidemiológicos, se han examinado las asociaciones entre el cadmio y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio. (29)

El arsénico, plomo y cadmio inorgánicos son tóxicos que pueden ocasionar enfermedades crónicas y mortales, además de otros efectos deletéreos en la salud.

El Perú es uno de los principales productores de Cacao y Café, esto se debe a que geográficamente presenta ventajas competitivas para el cultivo de estos dos productos. El enfoque del presente trabajo es de proporcionar un antecedente de las diversas concentraciones que actualmente hay de cadmio, plomo y arsénico, para contribuir a lograr que los productores obtengan granos de cacao y café con rangos deseados de estos metales, de tal manera que puedan ser exportados al mercado internacional libremente. A su vez éste trabajo permitirá proyectarnos al desarrollo de la industria cafetalera y chocolatera en el Perú, para lograr un posicionamiento que permita que el país sea líder en la producción del mejor grano de Cacao y Café en el ámbito mundial, distribuyendo productos de alta calidad.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál será la concentración de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén-Cajamarca durante el periodo febrero-julio 2018?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Cuantificar el contenido de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén-Cajamarca durante el periodo febrero-julio 2018.

1.2.2. Objetivos específicos

- Comparar el contenido de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén con los valores establecidos por el Codex Alimentarius.
- Comparar el contenido de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén con los valores establecidos por el Codex Alimentarius.
- Comparar el contenido de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén con los valores establecidos por el Codex Alimentarius.
- Comparar el contenido de plomo en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén con los valores establecidos por el MERCOSUR.
- Comparar el contenido de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén con los valores establecidos por el MERCOSUR.
- Comparar el contenido de cadmio en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona Jaén con los valores establecidos por el MERCOSUR.
- Establecer correlación entre los niveles de arsénico, plomo y cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona Jaén.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General

Los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén presentan concentraciones variables de arsénico, plomo y cadmio, que superan los límites máximos establecidos por el Codex Alimentarius y MERCOSUR.

1.4. VARIABLES

1.4.1. Variable Independiente

VARIABLE (X)	DIMENSIONES	INDICADORES
Granos de café <i>Coffea arábica L.</i>	Granos de café de la zona de Jaén	Plantación o lote cafeto de la zona de Jaén
Granos de cacao <i>Theobroma cacao L.</i>	Granos de cacao de la zona de Jaén	Plantación o lote de cacao de la zona de Jaén.

1.4.2. Variables Dependiente

VARIABLE (Y)	DIMENSIONES	INDICADORES	
Concentración de Plomo, arsénico y cadmio	Concentración en $\mu\text{g/g}$	Codex Alimentarius Para cacao	Plomo: 0.10 $\mu\text{g/g}$
			Arsénico: 0.10 $\mu\text{g/g}$
			Cadmio: 0.05 $\mu\text{g/g}$
Concentración de Plomo, arsénico y cadmio	Concentración en $\mu\text{g/g}$	MERCOSUR Para café	Plomo: 1,00 $\mu\text{g/g}$
			Arsénico: 0.50 $\mu\text{g/g}$
			Cadmio: 0.20 $\mu\text{g/g}$

II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- El año 2005 en Pakistán. Zaidi y col, publicaron el análisis cuantitativo de las trazas de los elementos: cromo, manganeso, hierro, cobalto, zinc, bario, sodio, potasio, antimonio, mercurio, selenio, arsénico, bromo, cloro, cesio, rubidio, indio, europio, iterbio y escandio. Cuyo objetivo fue la cuantificación del contenido de los 20 elementos en granos de café de muestras provenientes de Brasil, Caribe, India y Kenia y dos productos de café instantáneo comercializado en Pakistán. El método utilizado fue el análisis de activación de neutrones. Entre los resultados más resaltantes de este estudio fue el manganeso de los granos de café de Brasil y Kenia con valores medios de 486µg y 495µg/día por persona en comparación con los valores de requisito diario de 0.5 a 5 µg/g según la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.⁽¹⁰⁾
- El año 2011 en Addis Abeba, Etiopía. Ashu y Chandravanshi publicaron la evaluación cuantitativa de las trazas de potasio, magnesio, calcio, sodio, manganeso, hierro, cobre, zinc, cobalto, plomo y cadmio. El objetivo fue cuantificar las trazas en tres marcas de polvo tostado de café y sus infusiones provenientes de Etiopía. El método utilizado fue de digestión húmeda y la determinación de metales seleccionados fue a niveles de trazas en café mediante espectroscopia de absorción atómica. El análisis no detectó presencia de cadmio y plomo, con un ensayo de sensibilidad de 0.01 µg para cadmio y 0.04 µg para plomo.⁽¹¹⁾
- En el año 2014 en Jerusalén, Israel. Yanus y col publicaron un estudio cuantitativo de plomo, cadmio, cromo, manganeso, cobalto, arsénico, bismuto y molibdeno. El objetivo fue la cuantificación de metales en granos de café y manteca de cacao de importadores israelíes y barras de chocolate provenientes de Europa, Estados Unidos e Israel. El método fue la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente. Entre los resultados más relevantes se encuentra 230 ± 87 y 139 ± 13 ng/g de plomo y

141±6.5 y 131±11 ng/g de cadmio en chocolates de dos marcas diferentes.

(12)

- El año 2015 en Kumasi, Ghana. Amankwaah y col. publicaron la determinación cuantitativa de cadmio, plomo, cobre, manganeso, hierro y zinc. El objetivo fue cuantificar estos metales en granos de cacao de cuatro regiones más productoras de Ghana. El método fue la espectroscopia de absorción atómica. Y entre los resultados se encontraron que las concentraciones de plomo variaron entre 0.003 a 0.095 µg/g, de cadmio 0.005 a 0.095 µg/g, de cobre 10.47 a 55.17 µg/g, de hierro 0.50 a 72.36 µg/g, de manganeso 72.64 a 24.05 µg/g y de zinc 24.05 a 68.25 µg/g.(13)

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- Huamaní *et al* (2012), realizaron un estudio para determinar la presencia de metales pesados en el cultivo de cacao orgánico. El objetivo fue la determinación de cadmio y plomo en suelos y hojas del cacao en las regiones de Huánuco y Ucayali. El método utilizado fue el análisis de correlación de Pearson de los contenidos de plomo y cadmio en el suelo con variables foliares (P, Mg, Ca, Zn, Cd, Pb) y del suelo (arena, arcilla y K). Los resultados fueron: en el tejido foliar se presentaron deficiencias de N, P, K, Mg y Zn. Los valores promedio de cadmio y plomo disponible en los suelos fueron 0,53 mg/Kg y 3,02 mg/Kg y en las hojas de cacao de 0,21 mg/Kg y 0,58 mg/Kg respectivamente. (14)
- En el año 2016 en Lima, Perú. Arévalo Gardini, E y col. Publicaron un estudio sobre los metales pesados en suelos de plantaciones de cacao en tres regiones del Perú, cuyo objetivo fue determinar los contenidos de metales (Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn) en las principales áreas de producción del Perú: Zona Norte (Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas); Zona central (San Martín, Huánuco y Junín); Zona Sur (Cuzco). Se realizaron los análisis físicos y químicos de los suelos muestreados. Los resultados fueron: los suelos presentan adecuadas condiciones físicas y químicas para el cultivo de cacao. Los valores de metales pesados se encontraron por debajo de lo considerado como fitotóxico. Los valores promedio de hierro, zinc, manganeso, níquel y plomo fueron mayores en la zona sur, mientras que en la zona norte los

valores de cobre y cadmio fueron mayores. De forma general el pH, % de arcilla y Mg fueron las variables que tuvieron mayor correlación con la concentración de metales pesados. (15)

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. Café

Es la semilla proveniente del árbol del cafeto, proveniente de la familia de las *Rubiáceas* y del género *Coffea*. Los cafetos cultivados en el mundo a nivel industrial son de la especie *Coffea arábica* L. y *Coffea canephora*.

2.2.1.1. Taxonomía de la planta del café

La clasificación taxonomía del cafeto es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Sub-división: Angiosperma

Clase: Magnoliata

Sub-clase: Asteridae

Orden: Rubiales

Familia: *Rubiaceae*

Género: *Coffea*

Especie: *Coffea arábica* L.(16)



GRÁFICO 1:

Planta de café

Fuente: Lim, TK. *Medicinal and nom-medicinal plants: volumen 5, 2013.Pag.615.*

2.2.1.2. Etimología del café

El café es originario de Etiopía, donde aún se encuentra en estado silvestre en el antiguo reino de Kaffa y en los alrededores de la ciudad del mismo nombre. La lengua del país designa al arbusto del cafeto con el nombre de «bun», y a la bebida como «bunchum». A finales del siglo XVI, en todos los estados árabes ya se tomaba la bebida. La consonancia latina «coffea» fue la que se impuso finalmente en todos los países. Fue así como el término café se conoció a nivel mundial, y se usa para designar tanto a la planta como a la bebida ⁽¹⁷⁾

2.2.1.3. Situación del café en grano en el mercado mundial

El café es un producto cultivado en varios países en desarrollo, constituyéndose en el principal rubro de exportación agrícola y primera fuente generadora de divisas después del petróleo, además de mostrar grandes expectativas de desarrollo en el mercado internacional.⁽¹⁸⁾

2.2.1.4. Producción del café

El café es un producto básico en el mundo que más se comercializa. Se produce en más de 50 países y más de 25 millones de familias caficultoras en el mundo entero la producen. El café es una bebida que

goza de popularidad universal, y las ventas suponen más de 70.000 millones de dólares al año. (18)

2.2.2. Cacao

Es una especie, *Theobroma cacao* L., originaria de los bosques tropicales de América del Sur. Los granos de esta especie vegetal son materias primas para numerosos productos comerciales, siendo el chocolate el más destacado de ellos. (19)



GRÁFICO 1:

Planta de cacao

Fuente: Palencia, G; Gómez, SR; Mejía, FA. *Patrones del cacao*. 1^{ra} Edición. Colombia. Pág.8.

2.2.2.1. Chocolate y su elaboración

El fruto de *Theobroma cacao* es despojado de su vaina (exocarpo y mesocarpo) y pulpa para obtener los granos. Después de una selección, lavado y tostado de los granos con el fin de poder quitarle la cascara a la semilla. Posteriormente se tuestan y trituran las semillas para eliminar humedad y acidez, la cascara desprendida por

este proceso es insumo para la elaboración de manteca de cacao, y las semillas depuradas resultantes se convierten pasta y en licor de cacao.

El licor, manteca, azúcar y otros productos lácteos son mezclados y amasados hasta lograr una consistencia líquida, proceso conocido como conchado. El paso final de la elaboración del chocolate es el moldeo, el líquido resultante a veces fundido es vertido a los moldes deseados. ⁽¹⁹⁾

2.2.2.2. Taxonomía de la planta del cacao

La clasificación taxonómica del cacao es:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Subfamilia: Byttnerioideae

Tribu: Theobromeae

Género: Theobroma

Especie: T.cacao.L ⁽¹⁹⁾

2.2.3. Metales pesados

Elemento metálico y metaloide de la tabla periódica con un número atómico mayor a 20, son tóxicos cuando estos se convierten en cationes en sistemas biológicos o aquellos que se consuman como cationes. ⁽²⁰⁾

2.2.3.1. Arsénico

Es un no metal (metaloide) que está en tres estados alotrópicos: gris, negro y amarillo. Es insoluble en el agua y soluble en los ácidos fuertes.

(21)

El arsénico se oxida en la humedad, recubriéndose de una capa de anhídrido arsenioso. Su combustión da también humos de anhídrido arsenioso, muy tóxicos. Reacciona con los halógenos, formando trihalogenuros; y con el azufre, formando los sulfuros de arsénico. Algún estado alotrópico es sensible a la acción de la luz, así como algún trihalogenuro. (22)

2.2.3.1.1. Toxicocinética

El arsénico se absorbe por todas las vías, aunque la vía digestiva es la más preferente con un 90%. A través de la piel intacta la absorción es escasa, aunque se facilita con la irritación que la propia sustancia produce.

En la sangre están en el interior de los hematíes, unido a las proteínas plasmáticas. El aclaramiento desde la sangre se produce en tres fases: la primera rápida, con una desaparición del 90% en 2-3 h; la segunda, de hasta 7 días; y la tercera, más lenta. (22) Tras una dosis aguda se produce una distribución a todos los órganos con una mayor concentración en hígado y riñón. Tras exposición crónica se alcanzan altas concentraciones en piel, pelo y uñas por su rico contenido en cisteínas.

La vía metabólica de las formas inorgánicas es la metilación mediante metiltransferasas produciéndose ácido metilarsónico y dimetilarsínico. La forma pentavalente debe ser primero reducida a trivalente. La principal ruta de eliminación es la orina, y una pequeña cantidad lo hace por las heces, bilis, sudor, células descamadas, pelo y leche. (23)

2.2.3.1.2. Toxicodinamia.

Los mecanismos fundamentales de acción tóxica del arsénico son:

Interacción con los grupos sulfhidrilos de las proteínas, alterando varias rutas enzimáticas: el arsénico trivalente inhibe el complejo piruvato deshidrogenasa, con disminución de la producción de acetilcoenzima A y de la síntesis de ATP en el ciclo del ácido cítrico.

Sustitución del fósforo en varias reacciones bioquímicas: el As pentavalente compite con el fosfato en los sistemas de transporte intracelular y desacopla la fosforilación oxidativa llegando a formar ADP-arsenato en lugar de ATP.

Es un tóxico de los capilares muy potente, destruyendo la integridad microvascular y provocando con ello exudación de plasma, edemas e hipovolemia. (24)

Muchos otros enzimas se inhiben por el As: monoamino-oxidasa, lipasa, fosfatasa ácida, arginasa hepática, colinesterasa y adenilciclase, aunque tienen menos importancia clínica.

El arsénico es un agente carcinogénico humano (Grupo 1), causante de tumores epidermoides en la piel y el pulmón. (25)

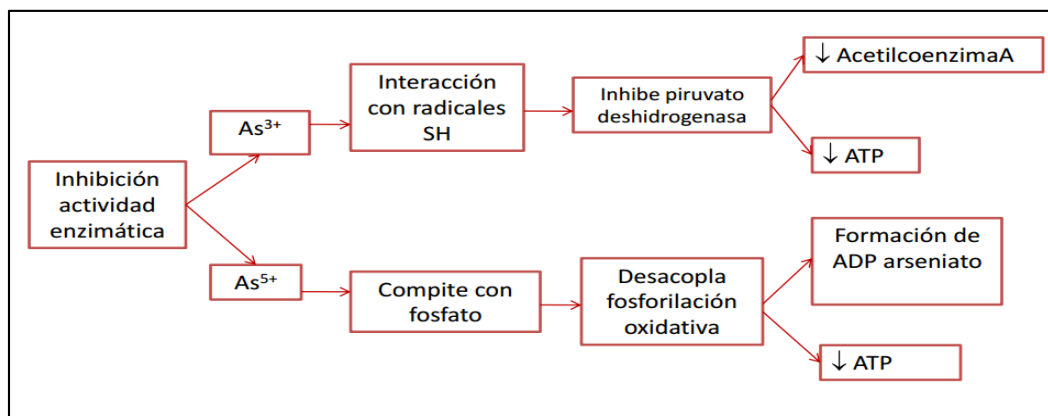


GRÁFICO 2:

Toxicodinamia del arsénico

Fuente: Repetto, M; Repetto, G. Toxicología fundamental. Ediciones Díaz de santos. 2009. pág. 213.

2.2.3.2. Cadmio

El cadmio (Cd, número atómico 48) es un elemento que se encuentra en la naturaleza asociado a muchos minerales. Se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Su número de valencia es + 2. (26) La solubilidad de las sales de cadmio en agua es muy variable, ya que los halogenuros, el sulfato y el nitrato son relativamente solubles mientras que el óxido, el hidróxido y el carbonato son prácticamente insolubles en agua. (26)

Las plantas absorben una mayor cantidad de cadmio, cuando el pH del suelo es bajo. En los seres humanos y en algunos animales terrestres la concentración de cadmio se da con mayor frecuencia en el hígado y los riñones. (27)

2.2.3.2.1. Toxicocinética

La vida media del Cd^{2+} , es aproximadamente de 15 a 30 años. Usualmente llega a la sangre alrededor del 1 al 5% por vía digestiva y de 30 al 50% por vía respiratoria. Una vez absorbido es transportado hasta el hígado e induce la síntesis de proteínas de bajo peso molecular ricas en azufre (metalotioneínas).

En las células, el cadmio se une a la metalotioneína, proteína cuyo peso molecular es de 6 945 u (7 000 dalton) y que contiene 26 grupos sulfhidrilo (SH) libres por molécula, debido a la gran proporción de residuos de cisteína. La función principal de esta microproteína es la protección del sistema enzimático celular, aunque se le ha descrito otra función, que es de unirse específicamente al cadmio y a otros metales pesado. (28)

Su síntesis en hígado, riñón e intestinos es inducida por el cadmio y se conoce por estudios experimentales que el complejo cadmio-

metalotioneína es más tóxico para los túbulos renales. Paradójicamente, cuando la metalotioneína se sintetiza en las células, las protege de la toxicidad del cadmio, pues inactiva el metal. Se ha demostrado también escasa capacidad del riñón para sintetizarla, lo que hace insuficiente para fijar el cadmio y da lugar a aparición de las manifestaciones tóxicas.

Las principales vías de excreción son orina y heces. Por orina, diariamente se elimina 0.007% del contenido corporal y por heces 0.03%. La vida media de excreción urinaria es de hasta 40 años. Tan sólo una pequeña fracción del cadmio del compartimento sanguíneo y otra del hígado, a través de la vía biliar, se elimina por heces. (29)

2.2.3.2.2. Toxicodinamia

Uno de los indicios más típicos y tempranos de la larga exposición al cadmio es el daño renal, la reabsorción en los túbulos renales proximales está afectada y se manifiesta con una intensa proteinuria tubular, que puede resultar en una excreción de proteínas 10 veces superior a lo normal de proteínas totales, y hasta 1,000 veces de las de bajo peso molecular, como la beta-2 microglobulina.(29)

Los pulmones también se consideran órganos críticos en la exposición al polvo de cadmio. Se han publicado casos de neumonitis química con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar. La exposición más alta podría causar edema pulmonar, lo que constituye una urgencia médica.

La administración oral de 10 mg de cadmio puede originar trastornos gastroduodenales como náusea y vómito como respuesta inmediata, aunque la dosis oral aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg. El cadmio parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos. Que se manifiesta por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, son efectos reversibles. En un número limitado de estudios

epidemiológicos, se han examinado las asociaciones entre el cadmio y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio. (27,29)

2.2.3.3. Plomo

El plomo es un metal pesado de color grisáceo, de aspecto color brillante, pero toma un aspecto mate por oxidación. Es muy dúctil y maleable. Funde a 327°C y hierve a 1525 °C. (30)

Las regiones industrializadas en las que hay actividad minera o metalúrgica, pinturas industriales, pilas, incineradoras o residuos urbanos aplicados en tierras de cultivo son los que tienen mayor concentración de plomo. (31)

Los vegetales que mayores concentraciones de Pb pueden presentar son, de mayor a menor concentración: Pasto > heno > ensilado de maíz > ensilado de pasto > resto de forrajes > pulpa de remolacha > cebada. El plomo se acumula sobre todo en las raíces y menos en los tallos y hojas. (32)

2.2.3.3.1. Toxicocinética

El plomo puede ser inhalado, ingerido y absorbido. El plomo se distribuye en compartimentos, circula en sangre unido a los glóbulos rojos en un 95%, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blancos de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El metal puede movilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada. El plomo cruza la placenta y la barrera hematoencefálica.

Finalmente se excreta por la orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna. Hay que recordar que en el hueso está depositado el 90% del plomo y que una

disminución de la plumbemia sin quelación indica esta distribución a tejido blando y hueso. (33,34)

2.2.3.3.2. Toxicodinamia

El plomo interfiere con el metabolismo del calcio de las siguientes formas: Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.

Esta alteración a nivel del calcio trae consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. Por otro lado, el plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y la ferroquelatasa; siendo el resultado final, el aumento de las protoporfirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la anemia.

A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva.

Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, porque el plomo altera pasos del metabolismo y función del calcio como explicamos previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal. (34)

III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **Descriptiva:** No Experimental. Se basa en las situaciones, actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, objetos y procesos conocidos.
- **Transversal:** Nuestras variables presentes en el estudio para la determinación del cadmio, arsénico y plomo se medirán en un momento y tiempo definido.

3.2. MÉTODO

a) *Determinación de Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (FIAS)*

PARÁMETROS DEL INSTRUMENTO	
<i>Tipo de Sistema</i>	Generación de Hidruros (FIAS).
<i>Elemento</i>	As
<i>Matriz</i>	HCl 30%
<i>Corriente de Lámpara.</i>	8.00Ma
<i>Longitud de Onda</i>	193.70nm
<i>Ancho de corte</i>	2.00 nm
<i>Tamaño de Apertura</i>	Reducido
<i>Modo de Instrumento</i>	Apagar Abs. BC

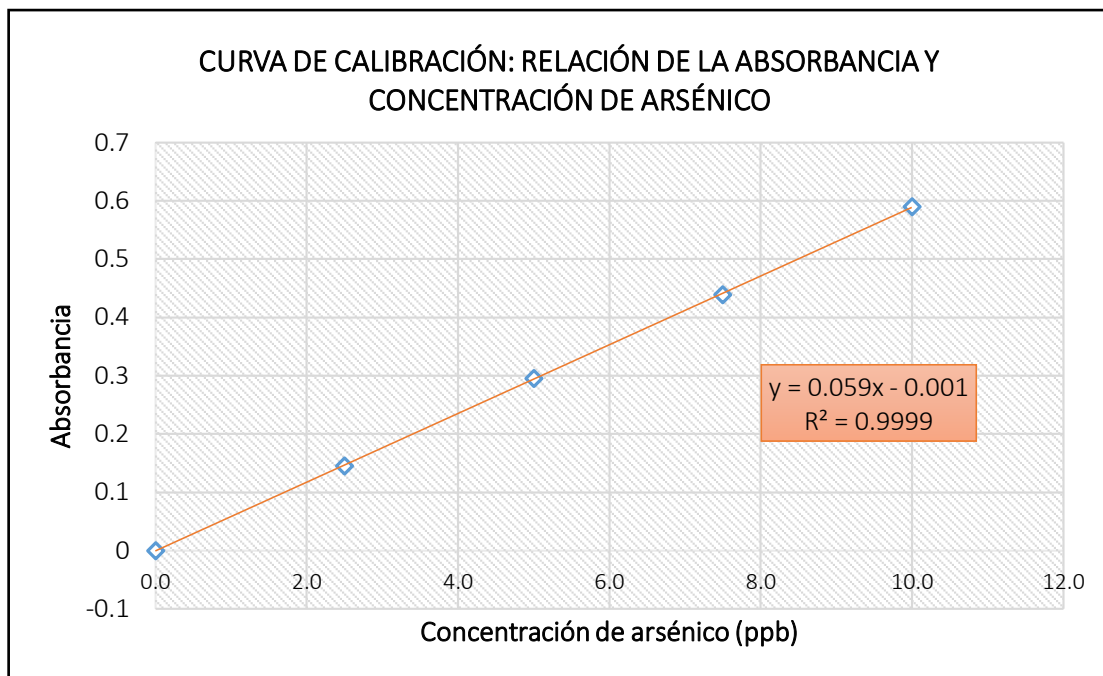
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
<i>Modo de Medición</i>	Integración
<i>Introducción de Muestras</i>	Manual.
<i>Constante de Tiempo</i>	0.00 s
<i>Replicas</i>	3

PARAMETROS DE CALIBRACIÓN

<i>Modo de Calibración</i>	LS Lineal a través de Cero
<i>Muestra fuera de rango de acción</i>	No
<i>Unidades de Conc.</i>	Ppb
<i>Punto decimal de Conc.</i>	2
<i>Falla de Calibración</i>	No
<i>Acción de fallo de cal.</i>	Parar
<i>Medir muestra en Blanco después de Cal.</i>	No
<i>Auto-guardar método después de cal.</i>	Si

▪ **CALIBRACIÓN COMPLETA:**

Muestra Etiquetada	Conc. Cd (ppm)	Media Abs
<i>Cal. Blanco</i>	-----	0.0000
<i>Estándar 1</i>	2.50	0.145
<i>Estándar 2</i>	5.00	0.295
<i>Estándar 3</i>	7.50	0.439
<i>Estándar 4</i>	10.00	0.590



Curva de Calibración de Arsénico

Fuente: Alvira, LF; Rada, M; et al. Cuantificación de arsénico por absorción atómica en termoformados y películas flexibles biodegradables. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol. 10 No. 1 (pág. 157 - 165) Enero - Junio 2012.

b) Determinación de cadmio por horno de grafito

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
<i>Tipo de Sistema</i>	Horno
<i>Elemento</i>	Cd
<i>Matriz</i>	Ácido Fosfórico.
<i>Corriente de Lámpara.</i>	3,00mA
<i>Longitud de Onda</i>	228,80nm
<i>Ancho de corte</i>	2,00 nm
<i>Tamaño de Apertura</i>	Reducido
<i>Modo de Instrumento</i>	Encender Abs. BC
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
<i>Modo de Medición</i>	Área máxima.

<i>Introducción de Muestras</i>	Automático
<i>Constante de Tiempo</i>	0,00
<i>Replicas</i>	1

PARAMETROS DE CALIBRACIÓN

<i>Modo de Calibración</i>	LS Lineal a través de Cero
<i>Muestra fuera de rango de acción</i>	No
<i>Unidades de Conc.</i>	Ppm
<i>Punto decimal de Conc.</i>	2
<i>Falla de Calibración</i>	No
<i>Acción de fallo de cal.</i>	Continuar.
<i>Medir muestra en Blanco después de Cal.</i>	No
<i>Auto-guardar método después de cal.</i>	Si

▪ **CALIBRACIÓN COMPLETA:**

Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0.0087, **R²:** 0.9997, **R:** 0.9999, **Conc. =** 5.4585 *Abs.

Muestra Etiquetada	Conc. Cd (ppm)	Media Abs
<i>Cal. Blanco</i>	----	0,0000
<i>Estándar 1</i>	0,25	0,0448
<i>Estándar 2</i>	0,50	0,0913
<i>Estándar 3</i>	0,75	0,1388
<i>Estándar 4</i>	1,00	0,1827

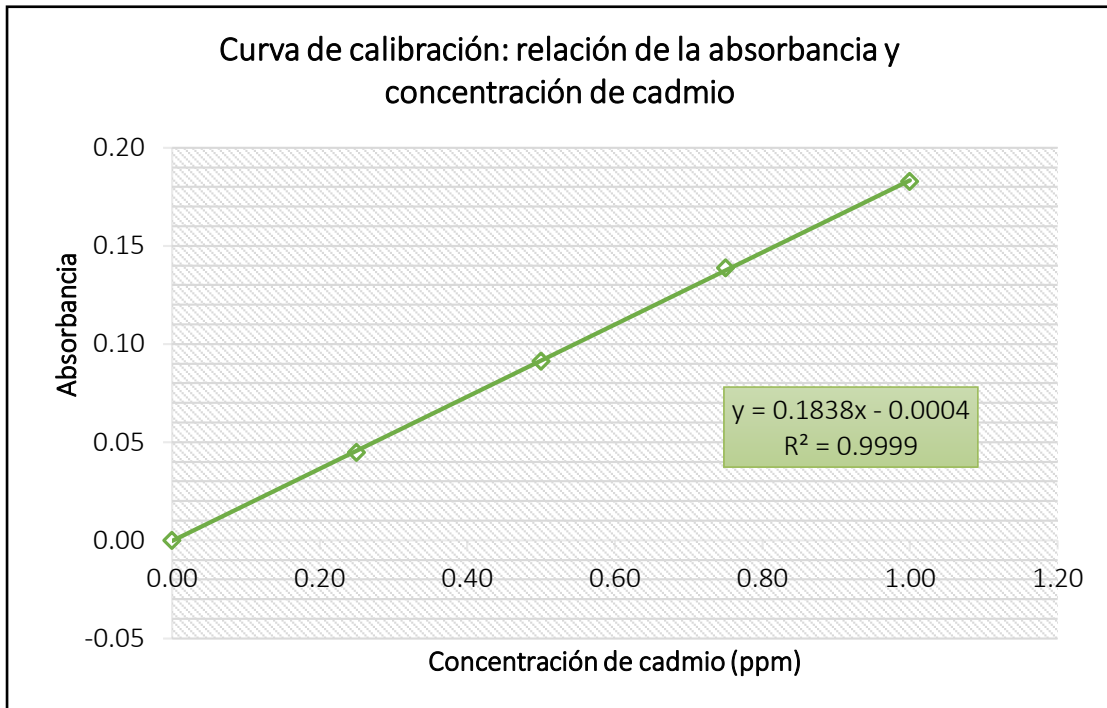


GRÁFICO 4:

Curva de Calibración de Cadmio

Fuente: Douglas A.S, Donald M.W, James H. Fundamentos de química analítica. Editorial: Reverte S.A. Vol. 1, España.2003. Pág.663.

c) Determinación de plomo por Horno de grafito

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
<i>Tipo de Sistema</i>	Horno
<i>Elemento</i>	Pb
<i>Matriz</i>	Ácido Fosfórico.
<i>Corriente de Lámpara</i>	5.00mA
<i>Longitud de Onda</i>	283,30nm
<i>Ancho de corte</i>	0.50nm
<i>Tamaño de Apertura</i>	Reducido
<i>Modo de Instrumento</i>	Encender Abs. BC

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN

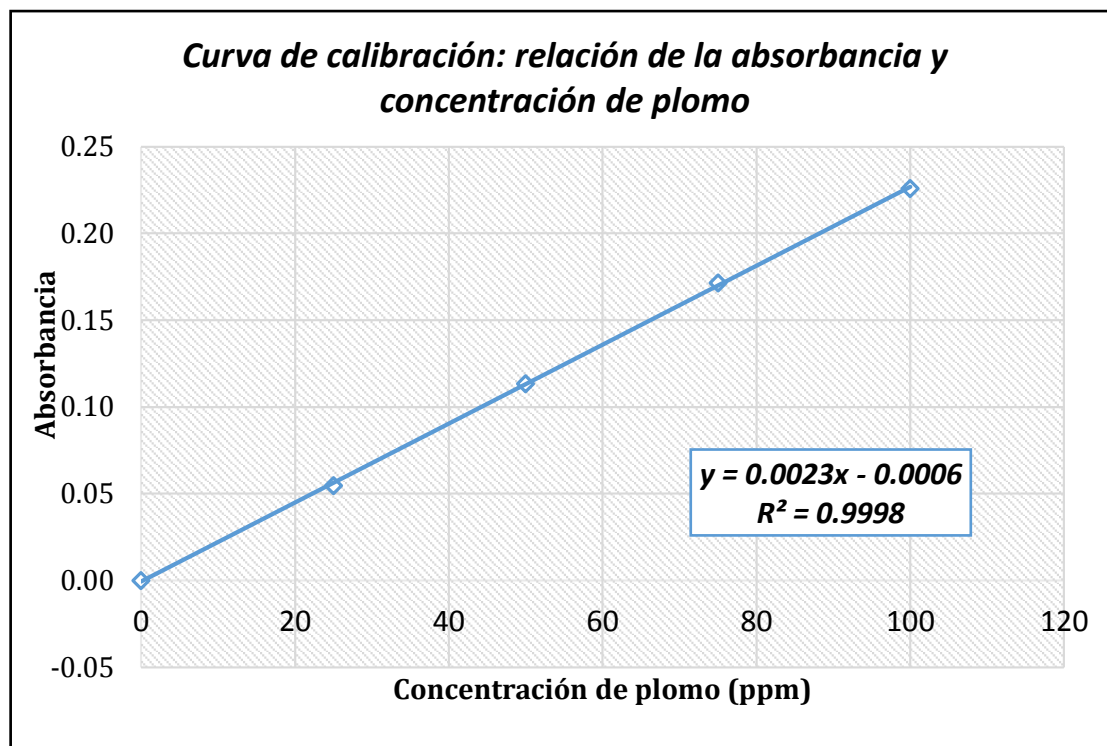
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Conc.	Ppm
Punto decimal de Conc.	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Continuar
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de cal.	No

▪ **CALIBRACIÓN COMPLETA:**

Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0,6331, **R²:** 0,9998, **R:** 0,9999, **Conc. =** 439.6764*Abs.

Muestra Etiquetada	Conc. Pb (ppm)	Media Abs.
<i>Cal Blanco</i>	-----	0,0000
<i>Estándar 1</i>	25,00	0,0547
<i>Estándar 2</i>	50,00	0,1135
<i>Estándar 3</i>	75,00	0,1717
<i>Estándar 4</i>	100,00	0,2261

GRÁFICO 5:



Curva de Calibración de Plomo.

Fuente: Douglas A.S, Donald M.W, James H. Fundamentos de química analítica.
Editorial: Reverte S.A. Vol. 1, España.2003. Pág.663.

3.3. POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.3.1. Población

La población de estudio son los granos de café y cacao de la zona de Jaén del departamento de Cajamarca.

3.3.2. Muestra

Se recolecto 8 muestras de un kilo cada una de granos de café y de cacao de diferentes caseríos productoras de la ciudad de Jaén:

- Caserío: La palma
Agricultor: Gregorio Julon Cerdán
- Caserío: San Felipe
Agricultor: Osmar flores Recalde

- Caserío: Rumipite
Agricultor: Meybi yajahuanca Bustamante
- Caserío: Rumipite
Agricultor: Kewi Martínez Herrera
- Caserío: Rumipite
Agricultor: Eder Agurto Ibáñez
- Caserío: Rumipite
Agricultor: Walter Valdiviezo adrianzen
- Caserío: Rumipite
Agricultor: Marino Huaman cabrera
- Caserío: Rumipite
Agricultor: Jhonny García yajahuanca.

3.4. REACTIVOS, MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO

3.4.1. Reactivos

- Agua ultra pura Tipo I, usada para la preparación de reactivos y limpieza los materiales de vidrio.
- Ácido nítrico ultra puro 65%.
- Ácido clorhídrico ultra puro 35%.
- Agua oxigenada 30vol.
- Solución stock: 1000mg/L de Cd como Cd (NO₃)₂
- Solución stock: 1000mg/L de Pb como Pb (NO₃)₂
- Solución stock: 1000mg/L de As como As (NO₃)₃
- Solución modificante: Ácido Fosfórico (1%) ultra puro.
- Hidróxido de Sodio.

- Boro hidruro de Sodio Q.P
- Ioduro de Potasio Q.P

3.4.2. Materiales

- Fiolas Clase A de 25 y 100 mL
- Matraces de 100mL Clase A
- Pipetas automáticas de 100 μ L – 1000 μ L
- Pipetas automáticas de 500 μ L – 5000 μ L
- Tips de 100 μ L – 1000 μ L
- Tips de 500 μ L – 5000 μ L

3.4.3. Instrumentos y Equipos

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito Perkin Elmer Analyst 600.
- Digestor Microondas Multiwave.
- Campana extractora.
- Balanza eléctrica.
- Destilador de agua.

3.5. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnica Operatoria

3.5.1.1. Espectroscopia de Absorción Atómica

La Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. La cual es absorbida por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la

energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona esta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbedores. (35)

Los componentes instrumentales de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica son los similares a los de un fotómetro o espectrofotómetro de flama, excepto que en EAA se requiere de una fuente de radiación necesaria para excitar los átomos del analito. (36)

3.5.1.2. *Espectrometría de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito*

El espectrómetro de absorción atómica por Horno grafito (GFAAS) permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100 μL) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas. Habitualmente se analizan muestras de material biológico de origen clínico (sangre, suero, orina, biopsias hepáticas, etc.). Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg, etc.) (37)

3.5.1.3. *Espectrometría de absorción atómica de Generación de Hidruros*

Aparte de las técnicas convencionales de flama y horno de grafito existe una tercera que es llamada técnica de generación de hidruros. Este tipo de espectroscopia de absorción atómica tiene grandes ventajas sobre las dos primeras, sin embargo, esta técnica de generación de hidruros solo puede aplicarse a elementos que forman hidruros volátiles en condiciones normales (arsénico, bismuto, selenio, telurio y estaño).

Algunos de los elementos de la tabla periódica de los grupos V y VI tienden a formar hidruros volátiles a temperatura ambiente en condiciones reductoras. La volatilidad de los hidruros formados permite que éstos sean separados de la solución o matriz donde se

encuentran y pueden ser captados en forma concentrada en algún medio apropiado. (38)

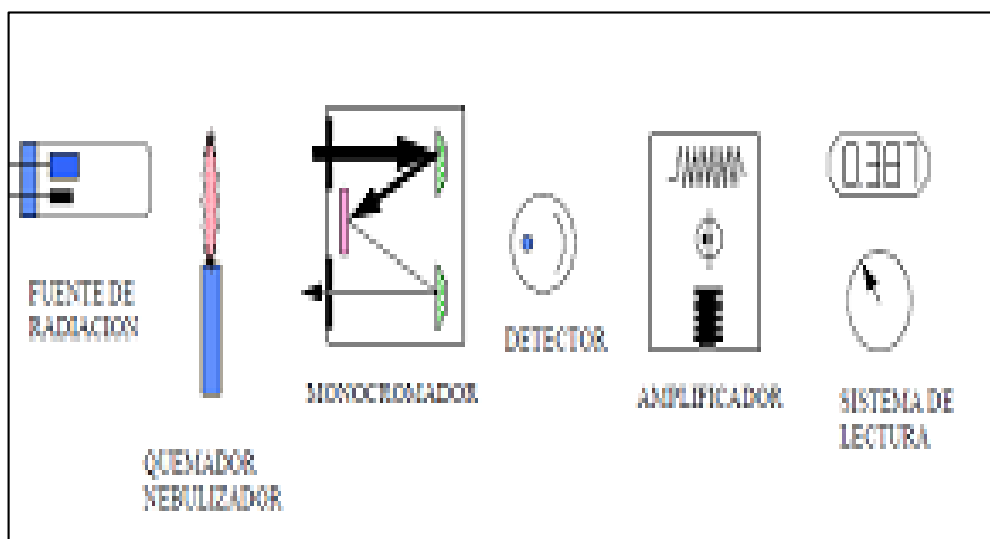


GRÁFICO 6:

Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Fuente: MC Edmundo Rocha DR. Facultad De Ciencias Químicas UACH.

3.5.2. Procedimiento de análisis

3.5.2.1. Preparación de la muestra

- a) **Limpieza y acondicionamiento de material:** Todo el material de vidrio utilizado en este análisis después de su lavado fue enjuagado con ácido Nítrico al 5% y con agua ultrapura y finalmente secado en estufa.
- b) **Cantidad de muestra a utilizar:** Se pulverizó 10 g de cada muestra, luego se pesó 0,5 g y se colocó en un tubo de teflón al que se le adicionara 6mL Ácido Nítrico Ultra puro más 1mL Ácido Clorhídrico Ultrapura y 0,5mL de Agua oxigenada Ultrapura se sella y es llevado al Digestor de Microondas a una potencia de 1600w, a un tiempo de 30 minutos y de 15 minutos de enfriamiento. Luego fueron transvasados a fioles de 25mL y enrasados con agua ultrapura tipo I quedando listos para su

correspondiente lectura al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

3.5.2.2. Digestión Asistida por Microondas

El presente método emplea la vibración de los enlaces de las moléculas de agua cuando esos son expuestos a la radiación Microondas generando calor y por ende la destrucción de la materia orgánica.

Destrucción de la materia orgánica por el método del Digestión Asistida por Microondas: La primera etapa consiste en la digestión de la muestra (granos de café y cacao pulverizado) es decir la destrucción de la materia orgánica (DMO) por oxidación con la ayuda del digestor de microondas con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica.

3.5.2.3. Determinación de arsénico, cadmio y plomo

- Arsénico: se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 193,70 nm por Generador de Hidruros.
- Cadmio: se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 228,80 nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con Deuterio.
- Plomo: se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 283,30 nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con Deuterio.

V. RESULTADOS

TABLA 1: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO (µg/g)
1	1 ^a	0.09
2	1B	0.12
3	1C	0.14
4	1D	0.16
5	1E	0.08
6	1F	0.06
7	1G	0.09
8	1H	0.13

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

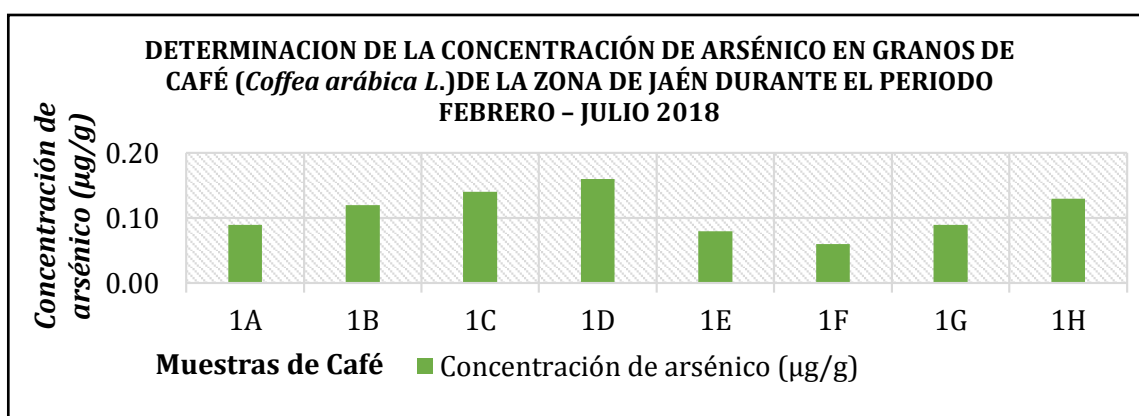


GRÁFICO 7: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero-julio 2018

TABLA 2: Datos estadísticos de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de arsénico ($\mu\text{g/g}$) (n=8)
<i>Parámetros de Centralización</i>	Mediana	0.11
	Promedio (Media aritmética)	0.11
	Moda	0.09
<i>Parámetros de Dispersión</i>	Rango	0.10
	Varianza	0.001
	Desviación Estándar	0.03
<i>Valor Máximo</i>		0.16
<i>Valor Mínimo</i>		0.06

Interpretación: Se determinó que la concentración promedio es 0,11 $\mu\text{g/g}$; el valor que más se repite es 0,09 $\mu\text{g/g}$ y el rango es 0,10 $\mu\text{g/g}$ lo que demuestra que los valores están dispersos.

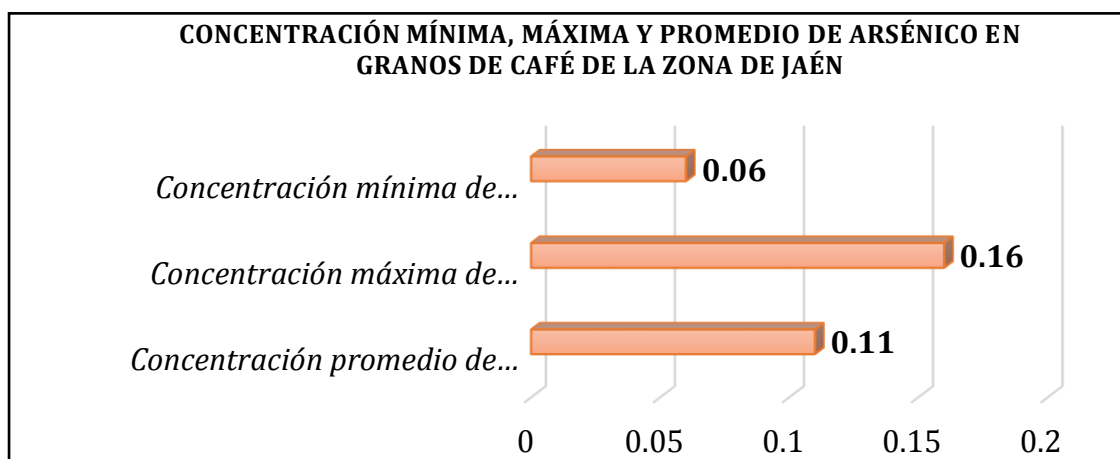


GRÁFICO 8: Concentración mínima, máxima y promedio de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: en el gráfico se observa la concentración promedio de arsénico (0,11 $\mu\text{g/g}$); concentración mínima de arsénico (0,06 $\mu\text{g/g}$) y la concentración máxima de arsénico (0,16 $\mu\text{g/g}$) en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero-julio 2018.

TABLA 3: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico y MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO ($\mu\text{g/g}$)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO ($\mu\text{g/g}$)	VALOR PERMITIDO POR LA MERCOSUR PARA ARSÉNICO ($\mu\text{g/g}$)
1	1 ^a	0.09	0.11	0.50
2	1B	0.12	0.11	0.50
3	1C	0.14	0.11	0.50
4	1D	0.16	0.11	0.50
5	1E	0.08	0.11	0.50
6	1F	0.06	0.11	0.50
7	1G	0.09	0.11	0.50
8	1H	0.13	0.11	0.50

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico ($0,11\mu\text{g/g}$) y MERCOSUR ($0,50\mu\text{g/g}$).

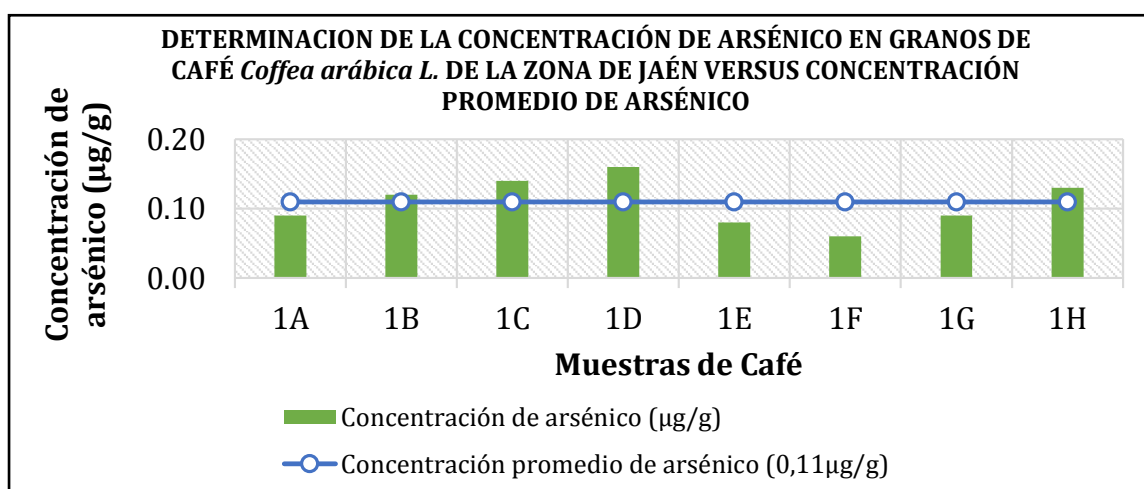


GRÁFICO 9: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico.

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico ($0,11\mu\text{g/g}$).

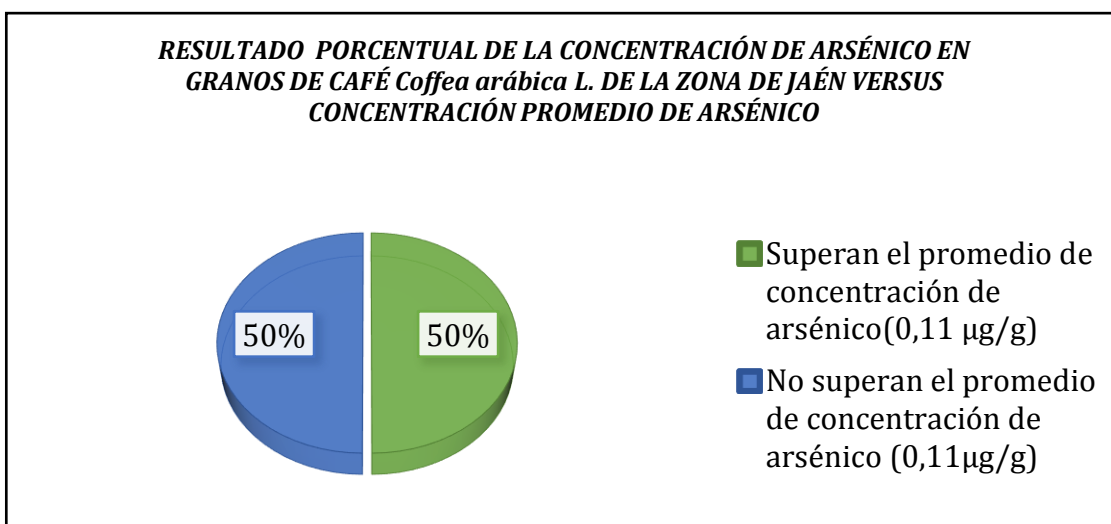


GRÁFICO 10: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico.

Interpretación: En el gráfico se observa que el 50% de las muestras superan la concentración promedio de arsénico (0,11µg/g) en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).

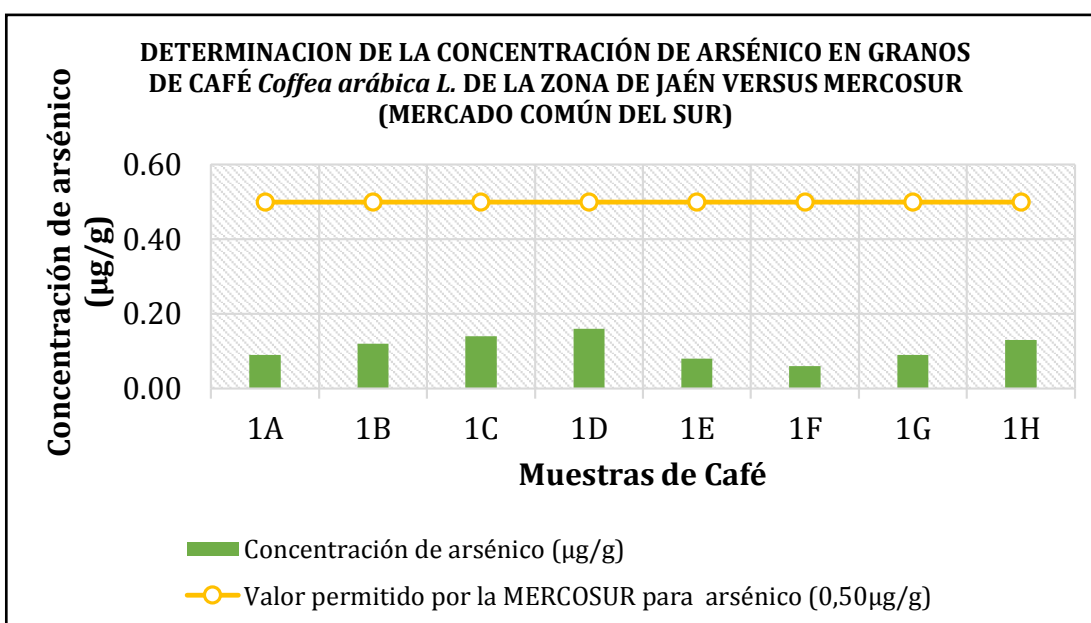


GRÁFICO 11: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el valor permitido por la MERCOSUR (0,50µg/g).

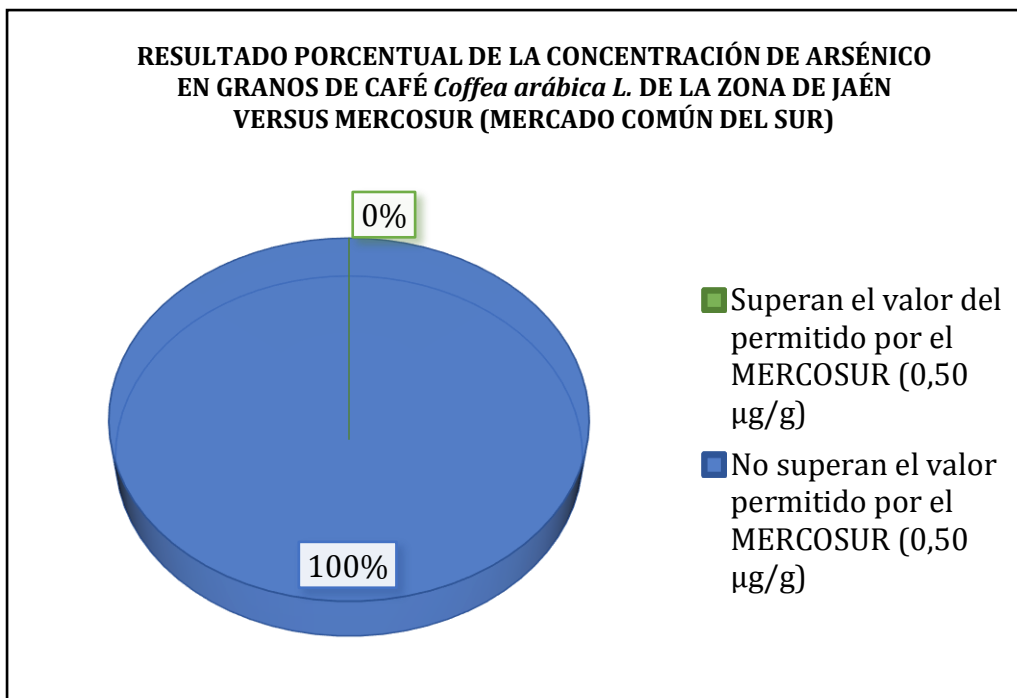


GRÁFICO 12: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

Interpretación: En el gráfico se observa que el 100% de las muestras de los granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) no superan el valor permitido por la MERCOSUR (0,50µg/g).

TABLA 4: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO ($\mu\text{g/g}$)
1	1 ^a	0.16
2	1B	0.11
3	1C	0.09
4	1D	0.07
5	1E	0.05
6	1F	0.03
7	1G	0.16
8	1H	0.21

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

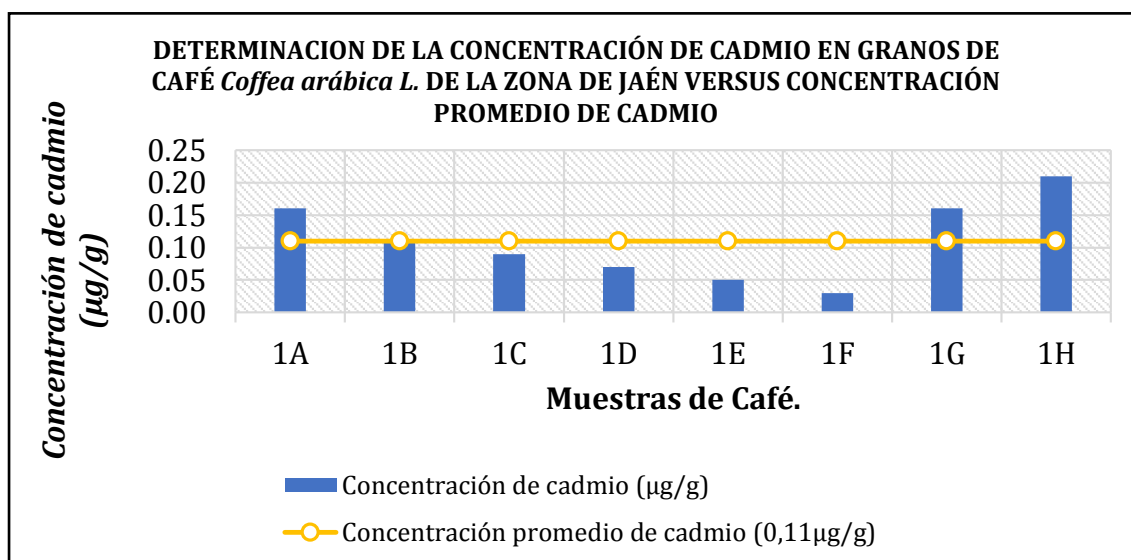


GRÁFICO 13: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de cadmio en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

TABLA 5: Datos estadísticos de la concentración de cadmio en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de cadmio ($\mu\text{g/g}$) (n=8)
<i>Parámetros de Centralización</i>	Mediana	0.10
	Promedio (Media aritmética)	0.11
	Moda	0.16
<i>Parámetros de Dispersión</i>	Rango	0.18
	Varianza	0.004
	Desviación Estándar	0.06
<i>Valor Máximo</i>		0.21
<i>Valor Mínimo</i>		0.03

Interpretación: Se determinó que la concentración promedio es $0,11 \mu\text{g/g}$; el valor que más se repite es $0,16 \mu\text{g/g}$ y el rango es $0,18 \mu\text{g/g}$ lo que demuestra que los valores están muy dispersos.

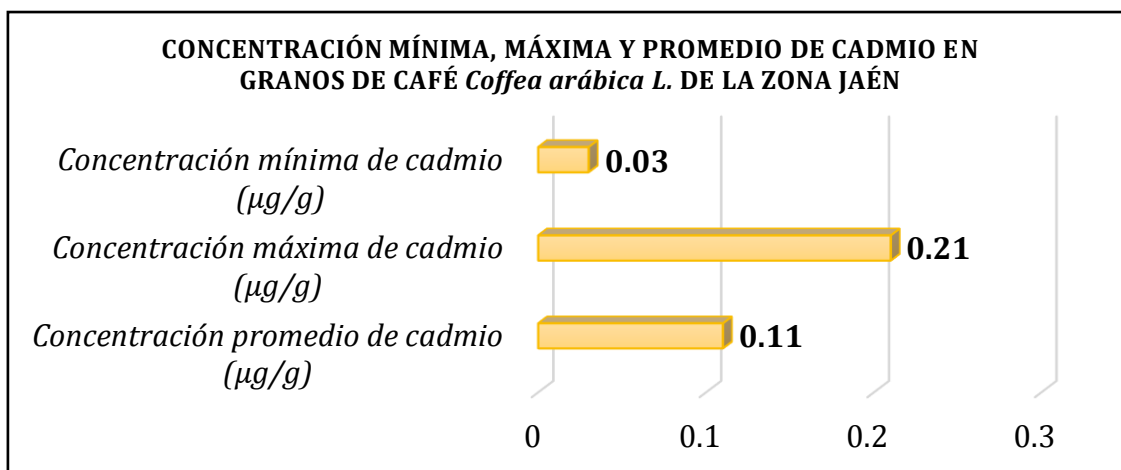


GRÁFICO 14: Concentración mínima, máxima y promedio de cadmio en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: en el gráfico se observa la concentración promedio de cadmio ($0,11 \mu\text{g/g}$); concentración mínima de cadmio ($0,03 \mu\text{g/g}$) y la concentración máxima de cadmio ($0,21 \mu\text{g/g}$) granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).

TABLA 6: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio y MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO ($\mu\text{G/G}$)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CADMIO ($\mu\text{g/g}$)	VALOR PERMITIDO POR LA MERCOSUR PARA CADMIO ($\mu\text{g/g}$)
1	1 ^a	0.16	0.11	0.20
2	1B	0.11	0.11	0.20
3	1C	0.09	0.11	0.20
4	1D	0.07	0.11	0.20
5	1E	0.05	0.11	0.20
6	1F	0.03	0.11	0.20
7	1G	0.16	0.11	0.20
8	1H	0.21	0.11	0.20

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio y MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

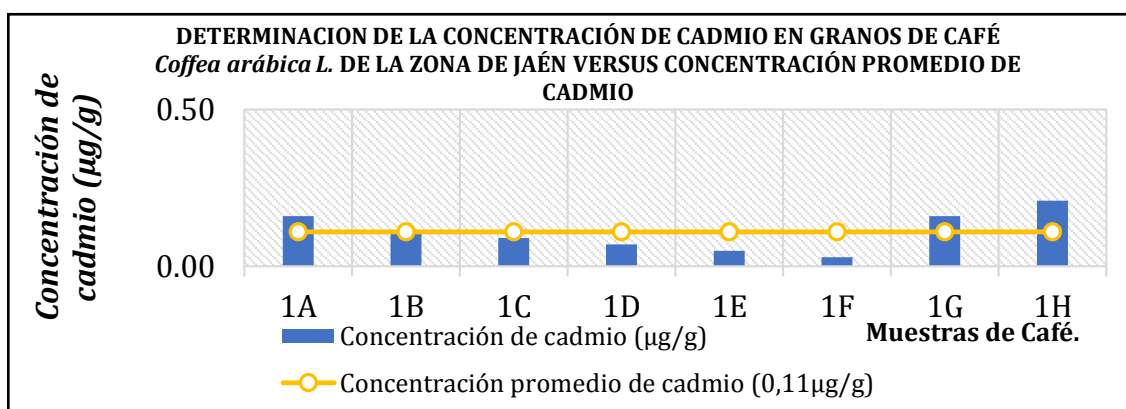


GRÁFICO 15: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio.

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio (0,11 $\mu\text{g/g}$).

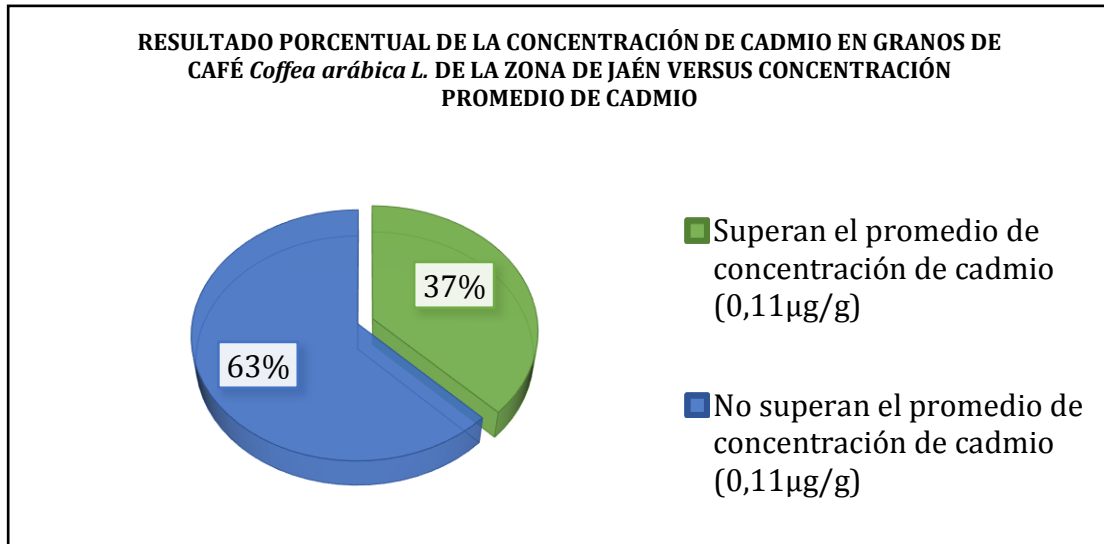


GRÁFICO 16: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de café (*Coffea arabica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio.

Interpretación: En el gráfico se observa que el 37% de las muestras superan la concentración promedio de cadmio (0,11µg/g) en granos de café (*Coffea arabica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).

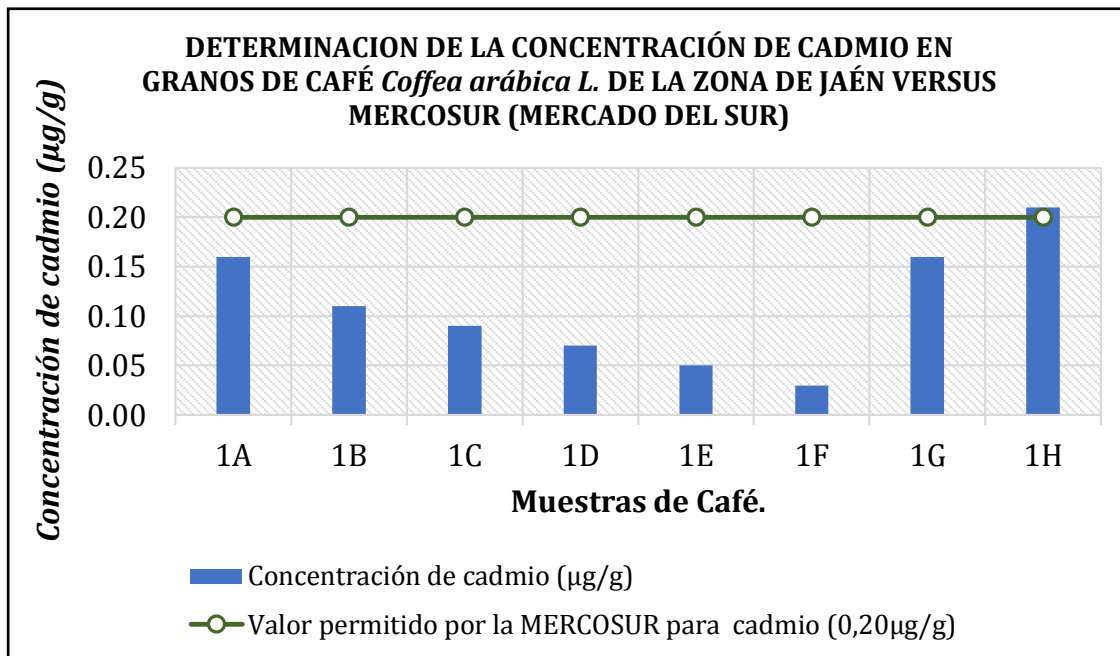


GRÁFICO 17: Determinación de la concentración de cadmio en granos de café (*Coffea arabica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en granos de café (*Coffea arabica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus valor permitido por la MERCOSUR (0,20 µg/g).

RESULTADO PORCENTUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN GRANOS DE CAFÉ *Coffea arabica L.* DE LA ZONA RIOJA VERSUS MERCOSUR (MERCADO DEL SUR)

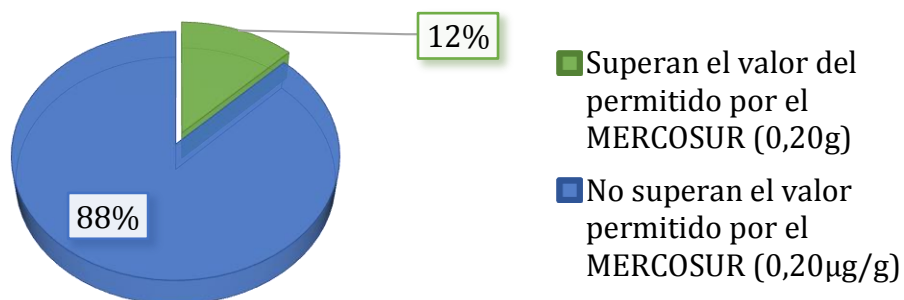


GRÁFICO 18: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de café (*Coffea arabica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

Interpretación: En el gráfico se observa que el 12% de las muestras de los granos de café (*Coffea arabica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) superan el valor permitido por la MERCOSUR (0,20µg/g).

TABLA 7: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

MUESTRAS	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE PLOMO ($\mu\text{g/g}$)
1	1A	2.16
2	1B	1.87
3	1C	1.14
4	1D	0.87
5	1E	0.59
6	1F	0.75
7	1G	0.93
8	1H	1.16

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de plomo en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

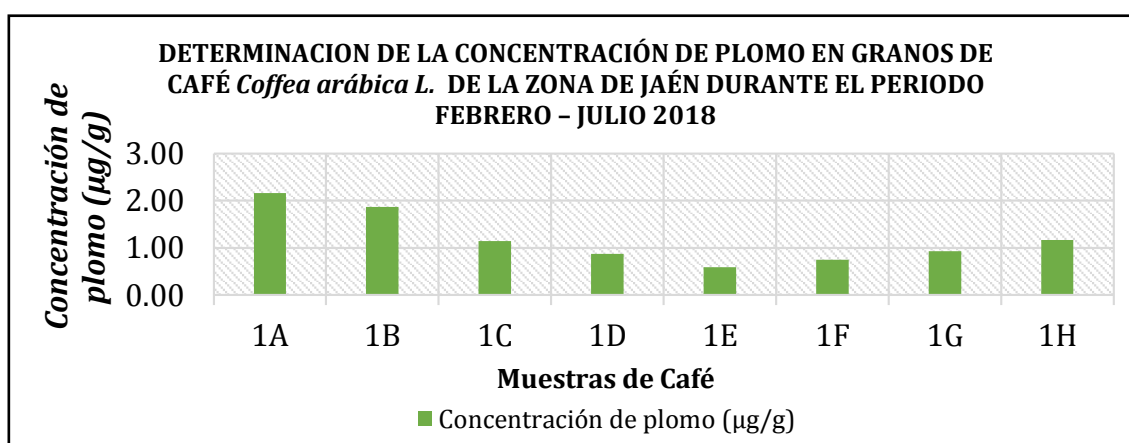


GRÁFICO 19: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación. - en el gráfico se observa las concentraciones de plomo en granos de café (*coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

TABLA 8: Datos estadísticos de la concentración de *plomo* en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de plomo ($\mu\text{g/g}$) (n=8)
Parámetros de Centralización	Mediana	1.04
	Promedio (Media aritmética)	1.18
	Moda	
Parámetros de Dispersión	Rango	1.57
	Varianza	0.30
	Desviación Estándar	0.55
Valor Máximo		2.16
Valor Mínimo		0.59

Interpretación: Se determinó que la concentración promedio es $1,18 \mu\text{g/g}$; la desviación estándar es $0,55 \mu\text{g/g}$ y el rango es $1,57 \mu\text{g/g}$ lo que demuestra que los valores están muy dispersos.

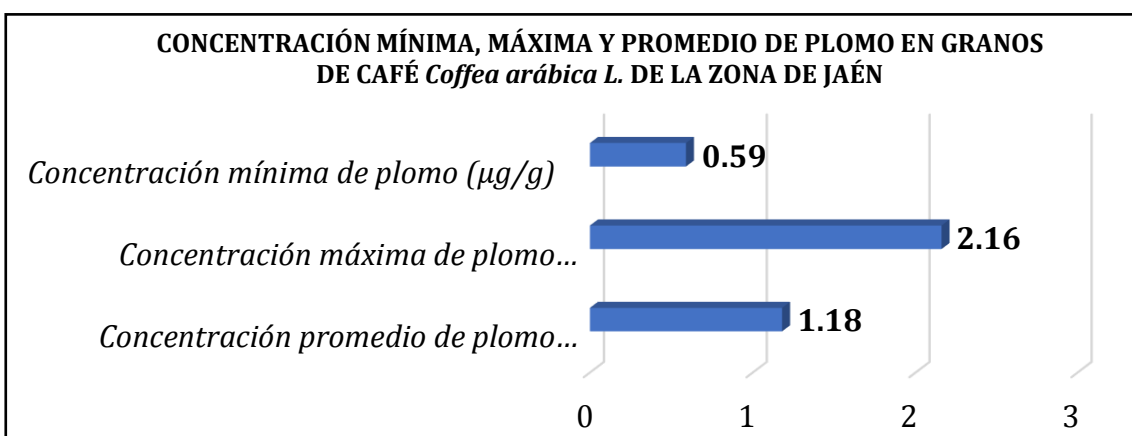


GRÁFICO 20: Concentración mínima, máxima y promedio de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: en el gráfico se observa la concentración promedio de plomo ($1,18 \mu\text{g/g}$); concentración mínima de plomo ($0,59 \mu\text{g/g}$) y la concentración máxima de plomo ($2,16 \mu\text{g/g}$) granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).

TABLA 9: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo y MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

MUESTRAS	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE PLOMO ($\mu\text{g/g}$)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLOMO($\mu\text{g/g}$)	VALOR PERMITIDO POR LA MERCOSUR PARA PLOMO ($\mu\text{g/g}$)
1	1A	2.16	1.18	1.00
2	1B	1.87	1.18	1.00
3	1C	1.14	1.18	1.00
4	1D	0.87	1.18	1.00
5	1E	0.59	1.18	1.00
6	1F	0.75	1.18	1.00
7	1G	0.93	1.18	1.00
8	1H	1.16	1.18	1.00

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo y MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

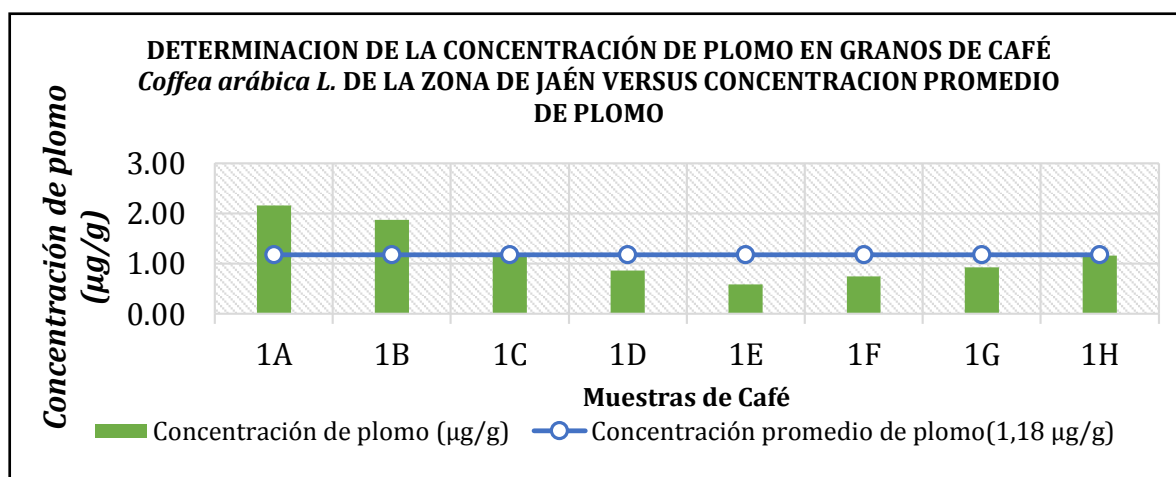


GRÁFICO 21: Determinación de la concentración de arsénico en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo (1,18 $\mu\text{g/g}$).

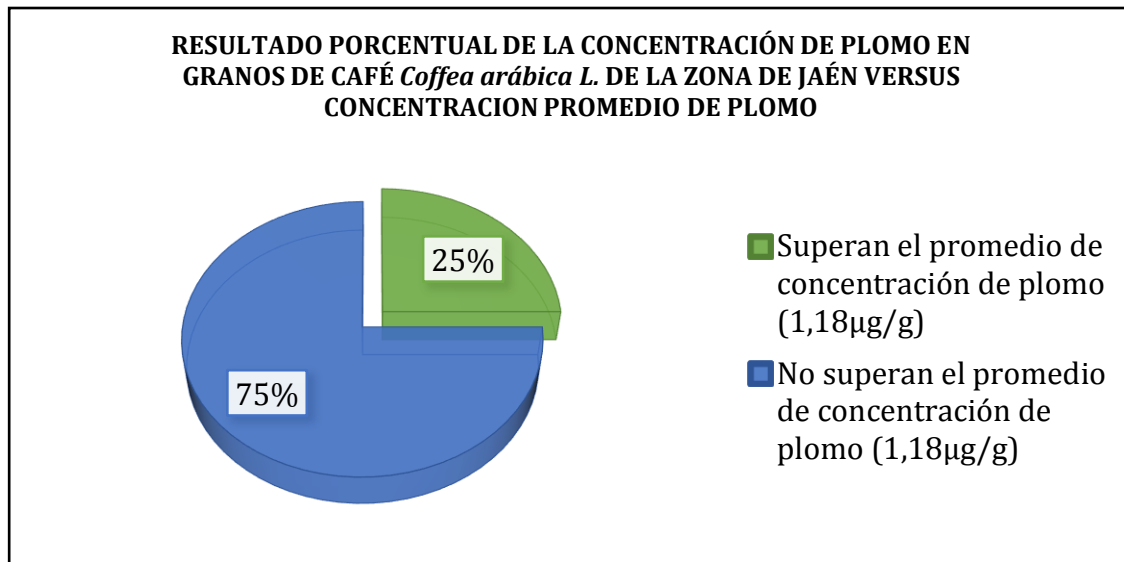


GRÁFICO 22: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio.

Interpretación: En el gráfico se observa que el 25% de las muestras superan la concentración promedio de plomo (1,18 µg/g) en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).

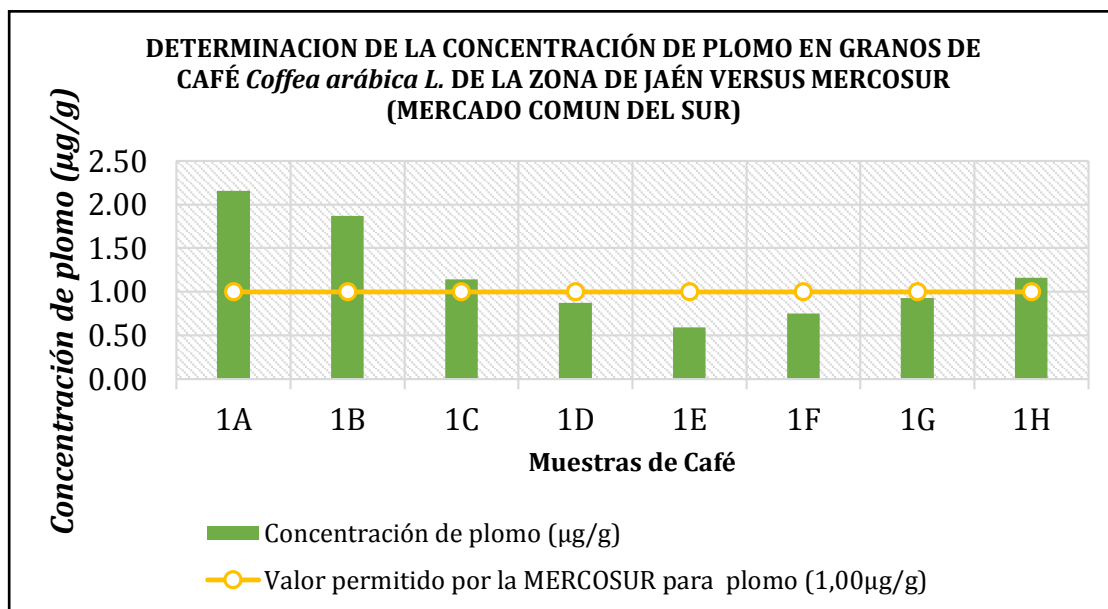


GRÁFICO 24: Determinación de la concentración de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus valor permitido por la MERCOSUR (1,00 µg/g)

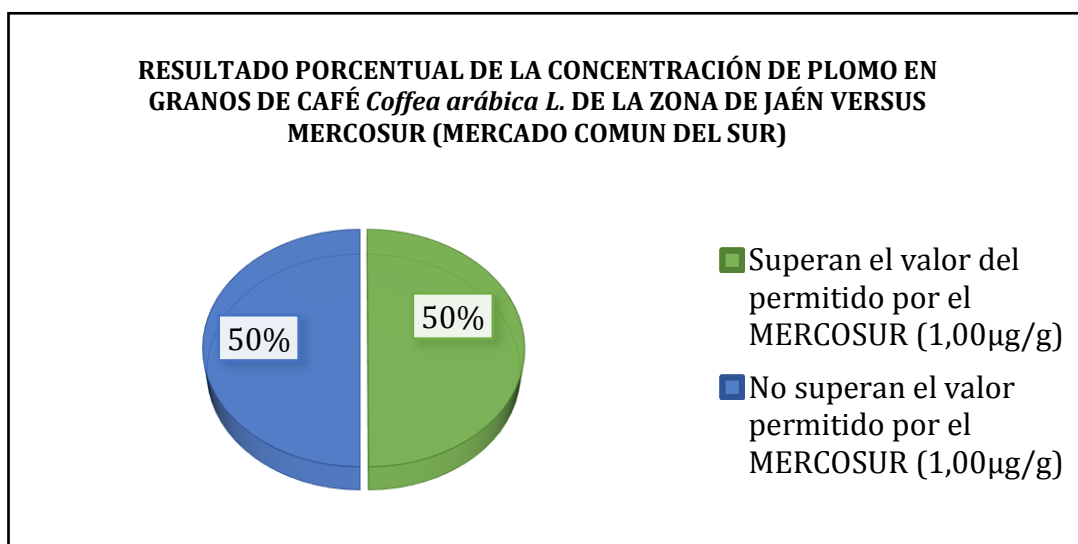


GRÁFICO 23: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

Interpretación: En el gráfico se observa que el 50% de las muestras de los granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) superan el valor permitido por la MERCOSUR (1,00 µg/g).

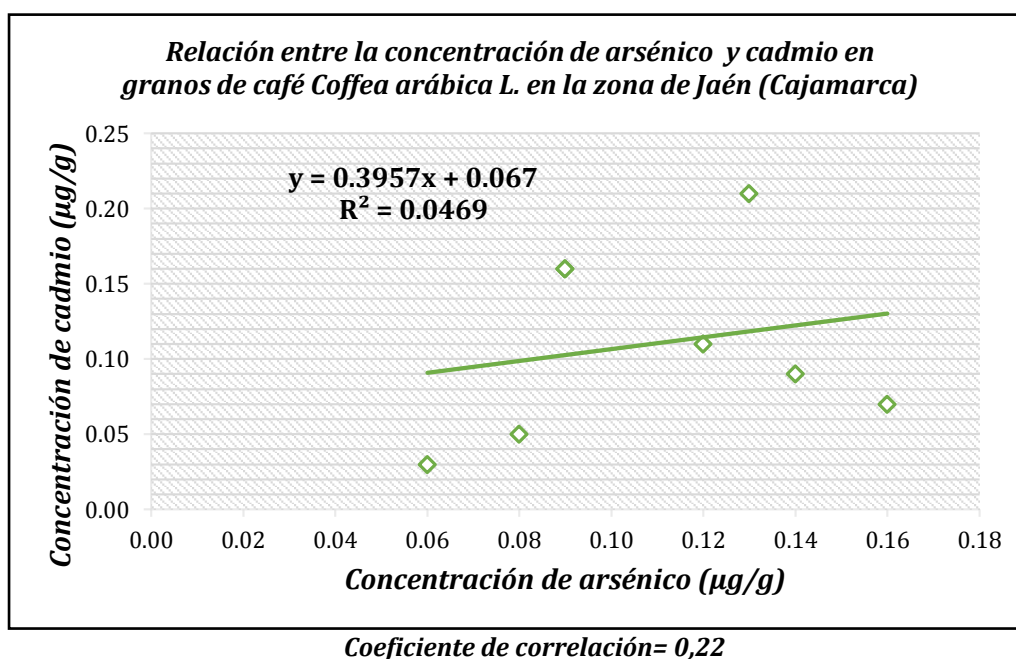
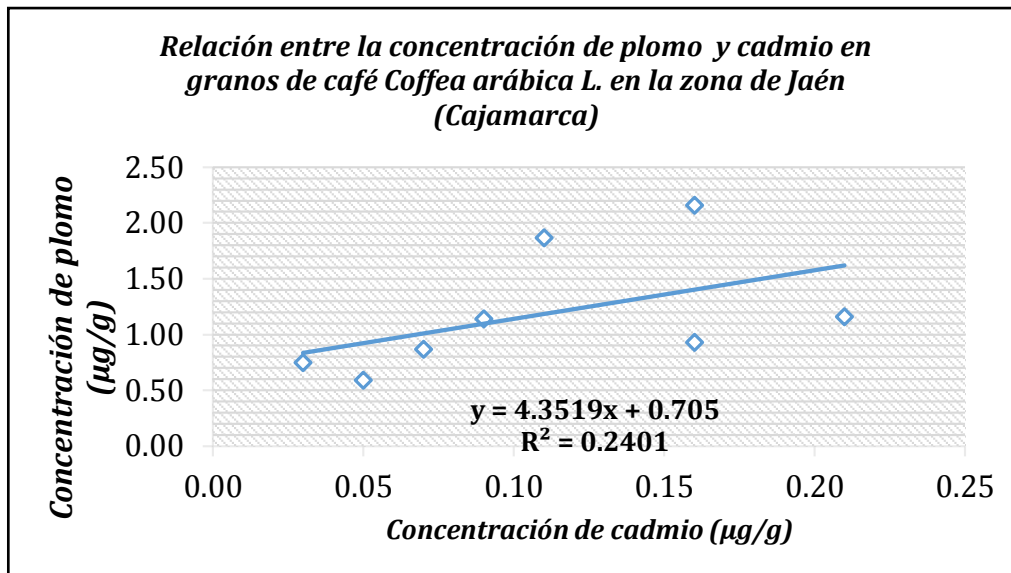


GRÁFICO 24: Relación entre la concentración de arsénico y cadmio en granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).

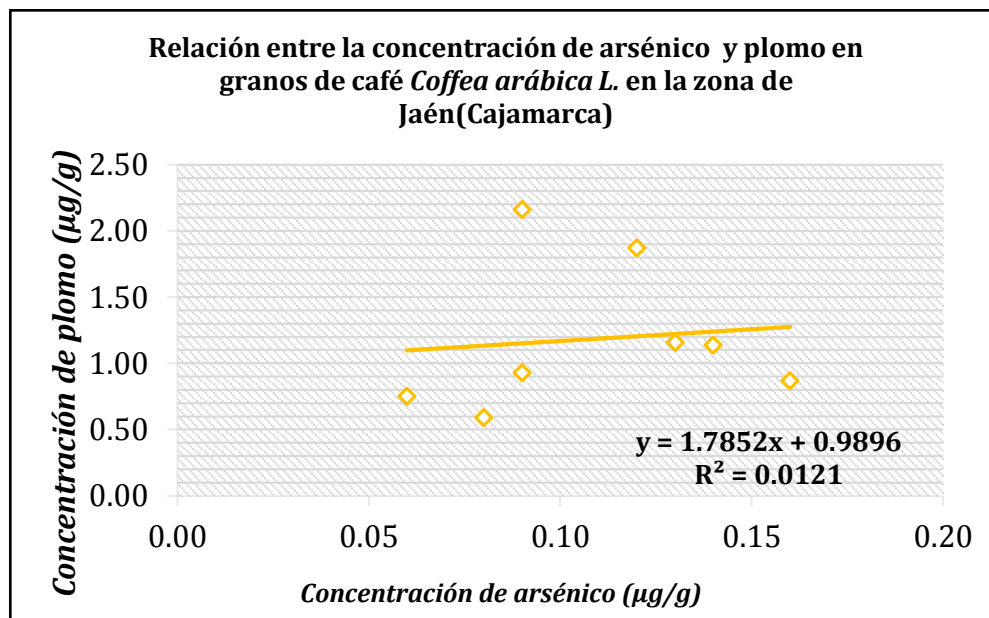
Interpretación: En el gráfico se observa que existe una débil relación entre la concentración de cadmio y arsénico de los granos de café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).



Coeficiente de correlación= 0,49

GRÁFICO 25: Relación entre la concentración de plomo y cadmio en granos de café (*Coffea arábica L.*) en la zona de Jaén (Cajamarca).

Interpretación: En el gráfico se observa que existe una relación entre la concentración de cadmio y plomo de los granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).



Coeficiente de correlación= 0,11

GRÁFICO 26: Relación entre la concentración de arsénico y plomo en granos de café (*Coffea arábica L.*) en la zona de Jaén (Cajamarca).

Interpretación: En el gráfico se observa que casi no existe una relación entre la concentración de arsénico y plomo de los granos de café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

TABLA 10: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO (µg/g)
1	1A	0.04
2	1B	0.05
3	1C	0.08
4	1D	0.15
5	1E	0.13
6	1F	0.09
7	1G	0.07
8	1H	0.05

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

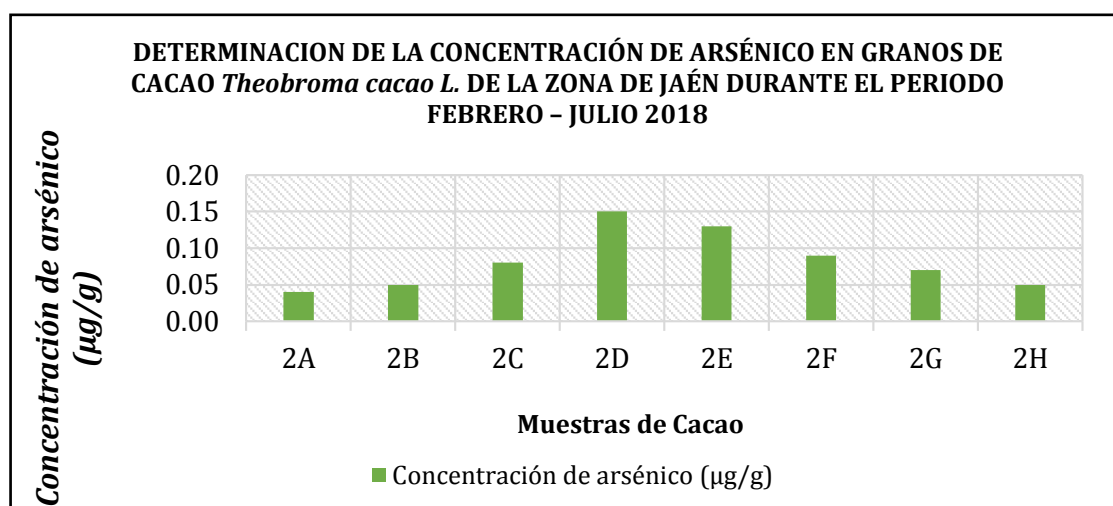


GRÁFICO 27: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018

TABLA 11: Datos estadísticos de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de arsénico (µg/g) (n=8)
Parámetros de Centralización	Mediana	0.08
	Promedio (Media aritmética)	0.08
	Moda	0.05
Parámetros de Dispersión	Rango	0.09
	Varianza	0.002
	Desviación Estándar	0.04
Valor Máximo		0.15
Valor Mínimo		0.06

Interpretación: Se determinó que la concentración promedio es 0,08 µg/g; el valor que más se repite es 0,05 µg/g y el rango es 0,09 µg/g lo que demuestra que los valores están dispersos.

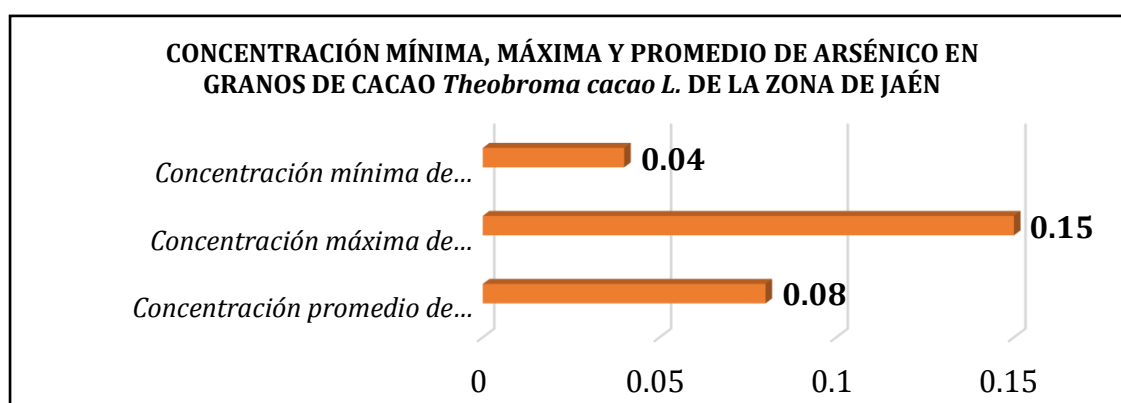


GRÁFICO 28: Concentración mínima, máxima y promedio de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: En el gráfico se observa la concentración promedio de arsénico (0,08 µg/g); concentración mínima de arsénico (0,04 µg/g) y la concentración máxima de arsénico (0,15 µg/g) en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

TABLA 12: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico y el Codex Alimentarius.

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO (µg/g)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO (µg/g)	VALOR PERMITIDO POR EL CODEX ALIMENTARIUS (µg/g)
1	1A	0.04	0.08	0.10
2	1B	0.05	0.08	0.10
3	1C	0.08	0.08	0.10
4	1D	0.15	0.08	0.10
5	1E	0.13	0.08	0.10
6	1F	0.09	0.08	0.10
7	1G	0.07	0.08	0.10
8	1H	0.05	0.08	0.10

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico (0,08µg/g) y el Codex Alimentarius (0,10µg/g).

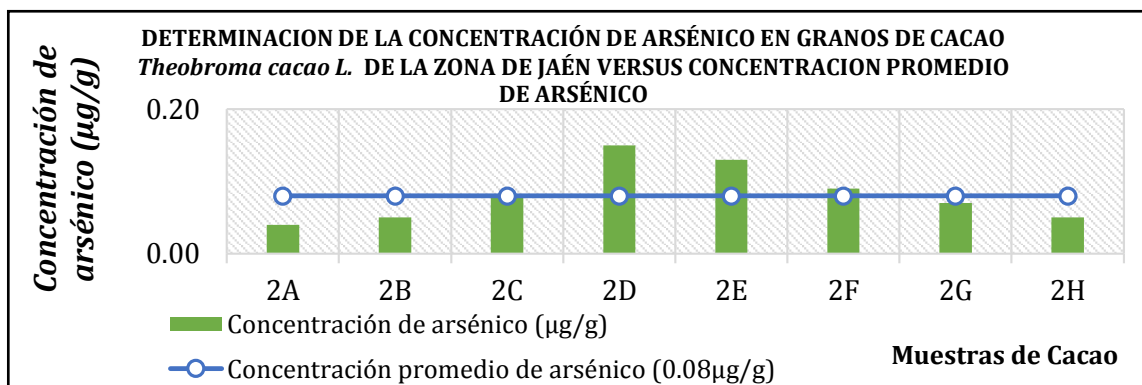


GRÁFICO 29: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico.

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico (0,08µg/g).

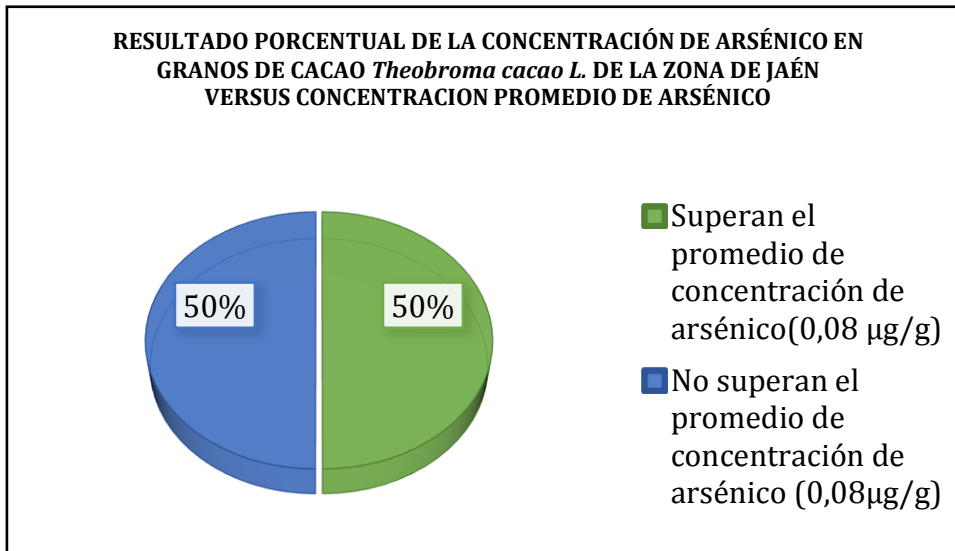


GRÁFICO 30: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de arsénico

Interpretación: En el gráfico se observa que el 50% de las muestras superan la concentración promedio de arsénico (0,08µg/g) en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca)

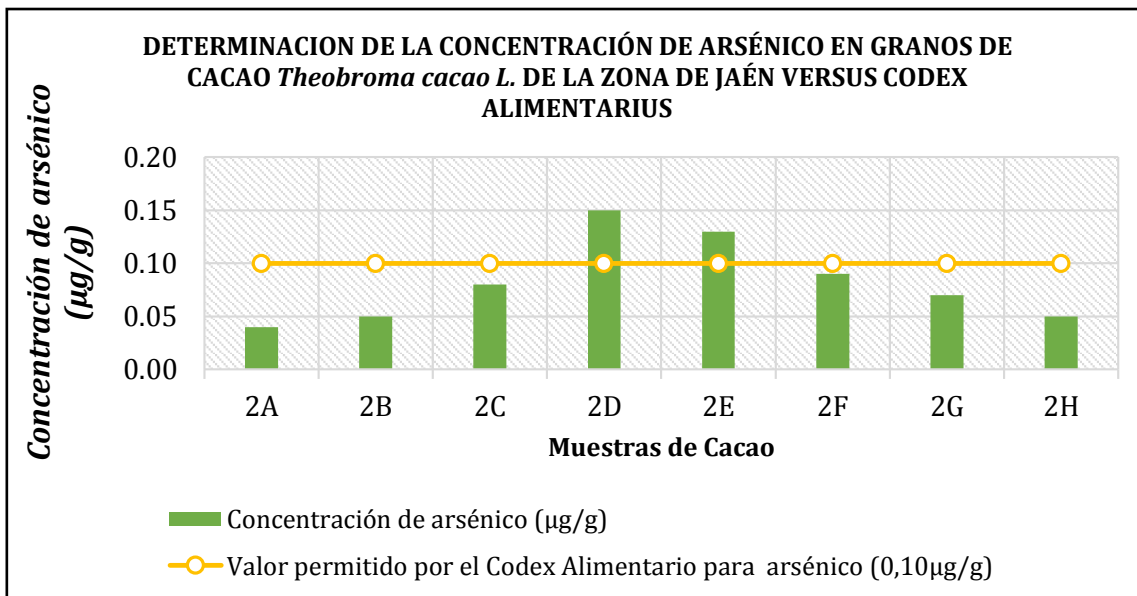


GRÁFICO 31: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el valor permitido por el Codex Alimentarius (0,10µg/g).

RESULTADO PORCENTUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN GRANOS DE CACAO *Theobroma cacao L.* DE LA ZONA DE JAÉN VERSUS CODEX ALIMENTARIUS

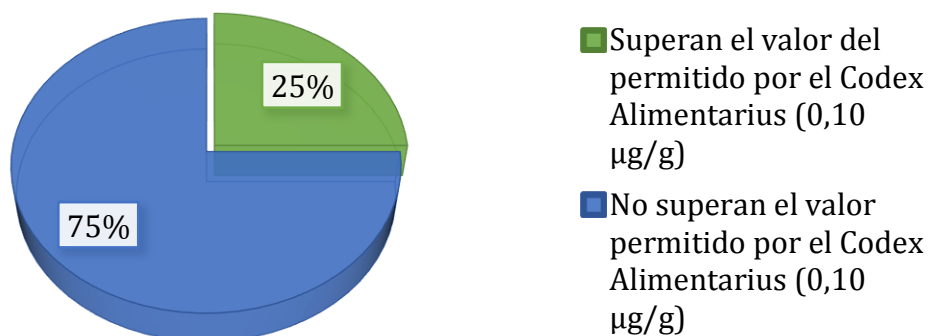


GRÁFICO 32: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius

Interpretación: En el gráfico se observa que el 75% de las muestras de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) no superan el valor permitido por el Codex Alimentarius (0,10µg/g).

TABLA 13: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO ($\mu\text{g/g}$)
1	1 ^a	0.07
2	1B	0.09
3	1C	0.04
4	1D	0.07
5	1E	0.11
6	1F	0.08
7	1G	0.04
8	1H	0.06

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

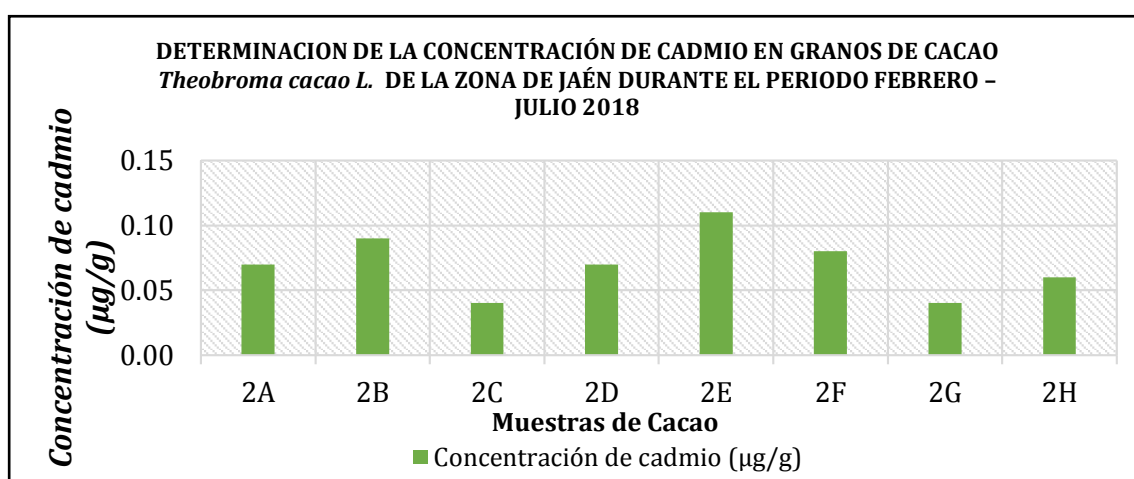


GRÁFICO 33: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018

TABLA 14: Datos estadísticos de la concentración de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de cadmio (µg/g) (n=8)
Parámetros de Centralización	Mediana	0.07
	Promedio (Media aritmética)	0.07
	Moda	0.07
Parámetros de Dispersión	Rango	0.07
	Varianza	0.0005
	Desviación Estándar	0.02
Valor Máximo		0.11
Valor Mínimo		0.04

Interpretación: Se determinó que la concentración promedio es 0,07 µg/g; el valor que más se repite es 0,07 µg/g y el rango es 0,07 µg/g lo que demuestra que los valores están dispersos.

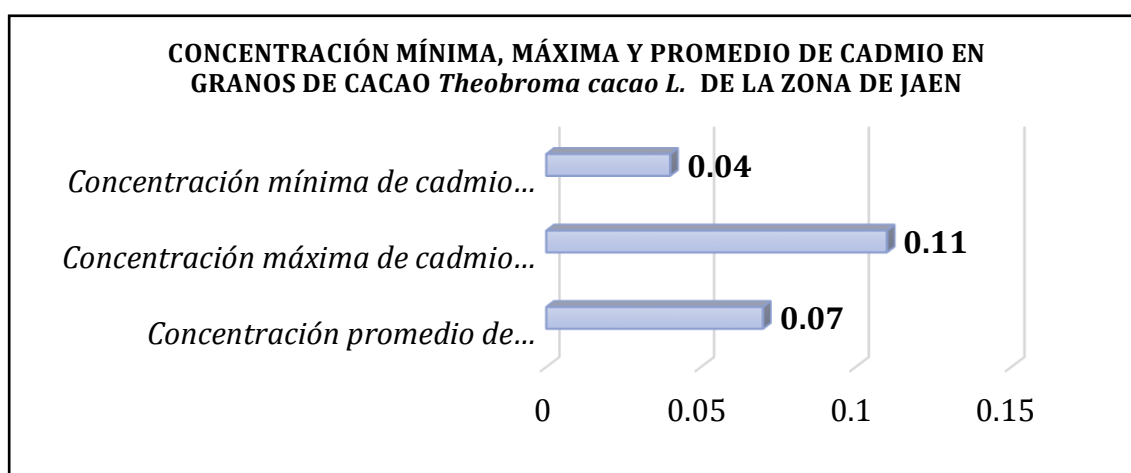


GRÁFICO 34: Concentración mínima, máxima y promedio de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018. **Interpretación:** En el gráfico se observa la concentración promedio de cadmio (0,07 µg/g); concentración mínima de cadmio (0,04 µg/g) y la concentración máxima de cadmio (0,11 µg/g) en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

TABLA 15: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio y el Codex Alimentarius.

MUESTRA	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO ($\mu\text{g/g}$)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CADMIO ($\mu\text{g/g}$)	VALOR PERMITIDO POR EL CODEX ALIMENTARIUS PARA CADMIO ($\mu\text{g/g}$)
1	1A	0.07	0.07	0.05
2	1B	0.09	0.07	0.05
3	1C	0.04	0.07	0.05
4	1D	0.07	0.07	0.05
5	1E	0.11	0.07	0.05
6	1F	0.08	0.07	0.05
7	1G	0.04	0.07	0.05
8	1H	0.06	0.07	0.05

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio y el Codex Alimentarius.

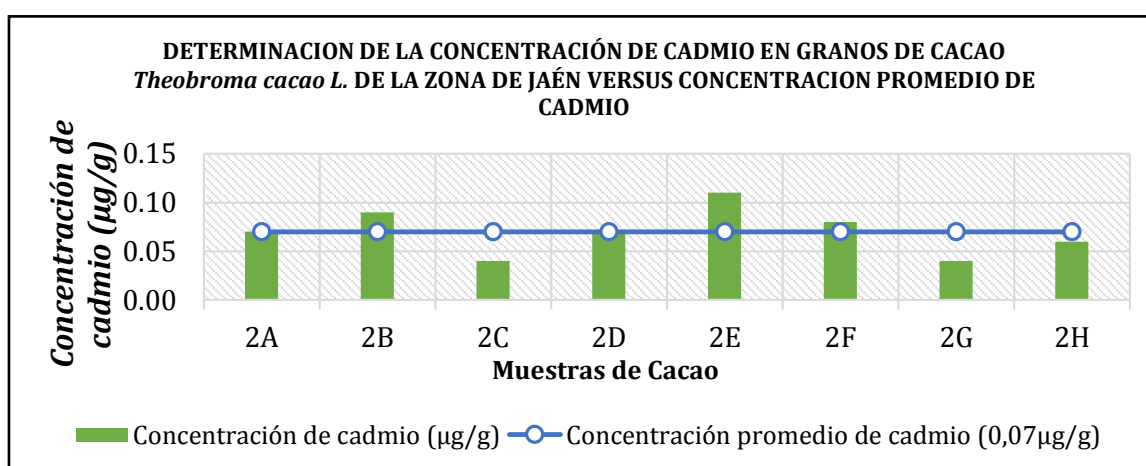


GRÁFICO 35: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio.

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio ($0,07\mu\text{g/g}$).

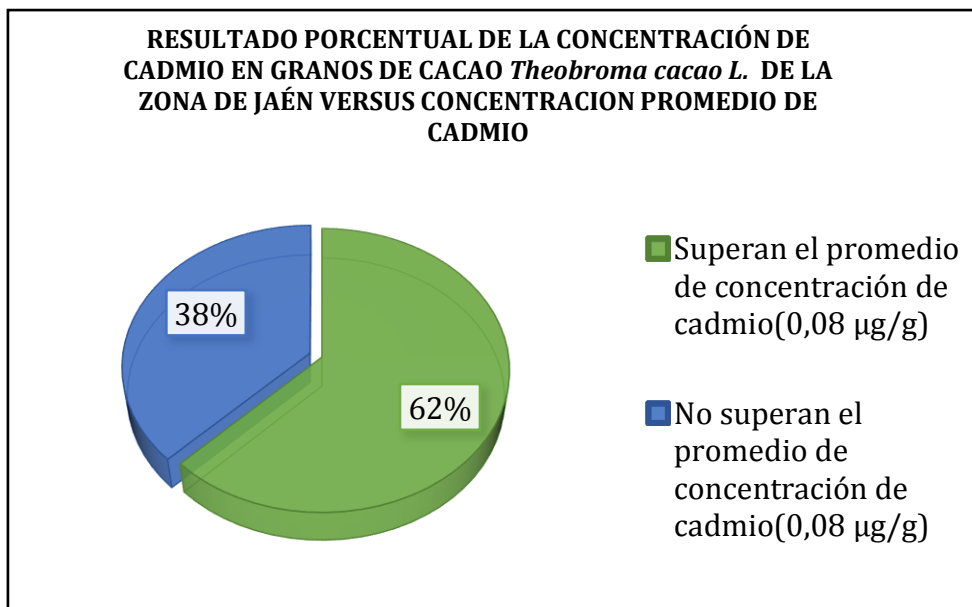


GRÁFICO 36: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio.

Interpretación: En el gráfico se observa que el 62% de las muestras superan la concentración promedio de cadmio (0,11µg/g) en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

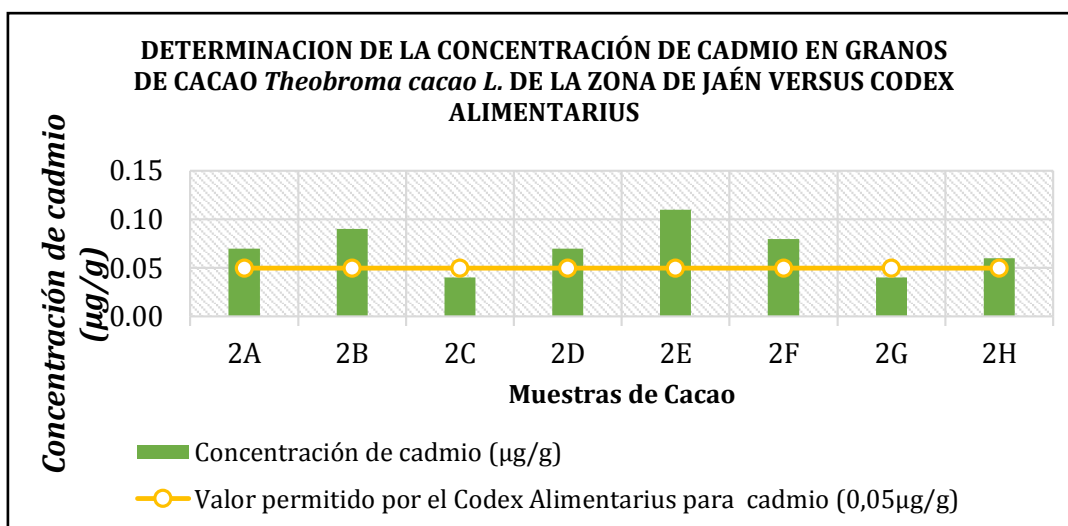


GRÁFICO 37: Determinación de la concentración de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius (0,05 µg/g).

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus valor permitido por el Codex Alimentarius. (0,05 µg/g).

RESULTADO PORCENTUAL DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN GRANOS DE CACAO *Theobroma cacao L.* DE LA ZONA DE JAÉN VERSUS CODEX ALIMENTARIUS

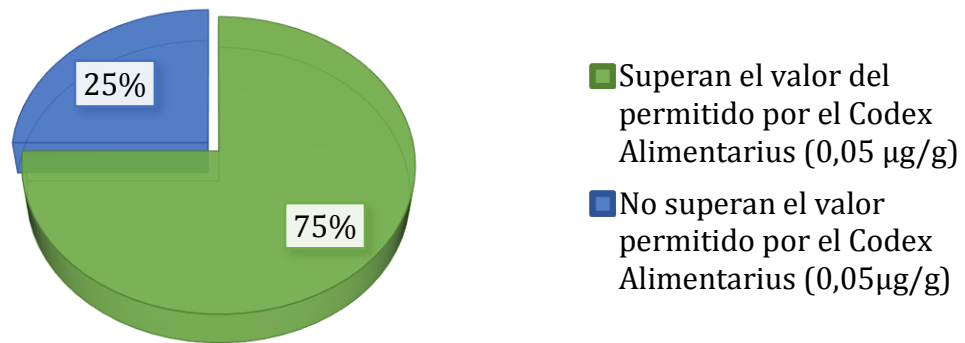


GRÁFICO 38: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius.

Interpretación: En el gráfico se observa que el 75% de las muestras de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) superan el valor permitido por el Codex Alimentarius. (0,05µg/g).

TABLA 16: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

MUESTRAS	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (µg/g)
1	1A	0.06
2	1B	0.08
3	1C	0.15
4	1D	0.12
5	1E	0.11
6	1F	0.09
7	1G	0.08
8	1H	0.12

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

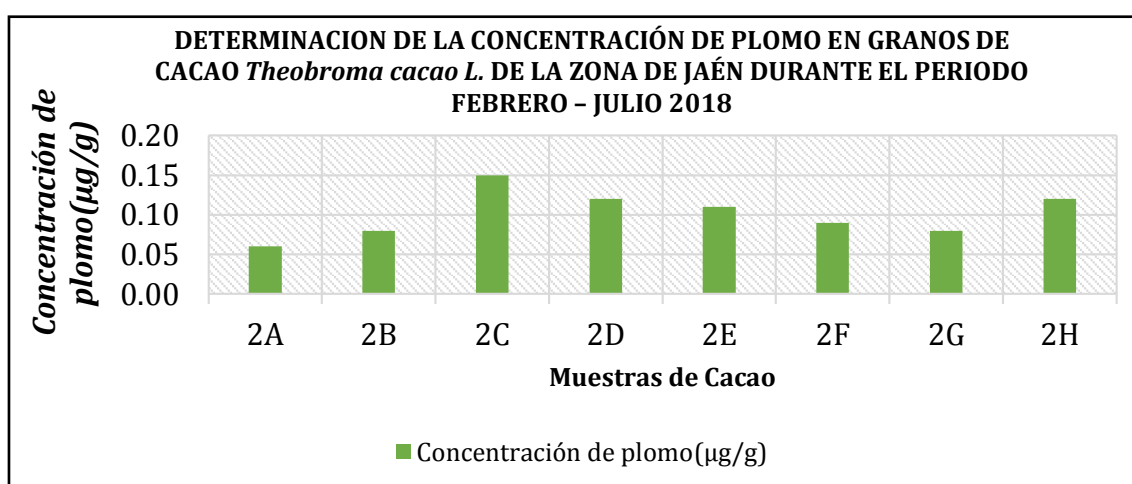


GRÁFICO 39: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

TABLA 17: Datos estadísticos de la concentración de *plomo* en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de plomo ($\mu\text{g/g}$) (n=8)
<i>Parámetros de Centralización</i>	Mediana	0.10
	Promedio (Media aritmética)	0.10
	Moda	0.08
<i>Parámetros de Dispersión</i>	Rango	0.09
	Varianza	0.0008
	Desviación Estándar	0.03
<i>Valor Máximo</i>		0.15
<i>Valor Mínimo</i>		0.06

Interpretación: Se determinó que la concentración promedio es 0,10 $\mu\text{g/g}$; la desviación estándar es 0,03 $\mu\text{g/g}$ y el rango es 0,09 $\mu\text{g/g}$, lo que demuestra que los valores están muy dispersos.

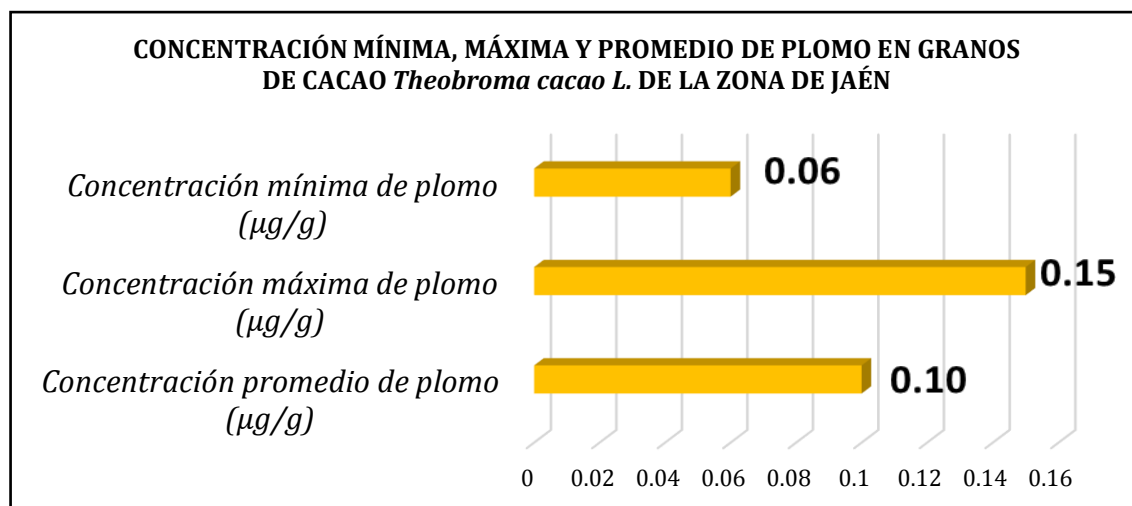


GRÁFICO 40: Concentración mínima, máxima y promedio de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) durante el periodo febrero – julio 2018.

Interpretación: En el gráfico se observa la concentración promedio de plomo (0,10 $\mu\text{g/g}$); concentración mínima de plomo (0,06 $\mu\text{g/g}$) y la concentración máxima de plomo (0,15 $\mu\text{g/g}$) en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

TABLA 18: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo y el Codex Alimentarius.

MUESTRAS	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (µg/g)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLOMO(µg/g)	VALOR PERMITIDO POR EL CODEX ALIMENTARIUS PARA PLOMO (µg/g)
1	1 ^a	0.06	0.10	0.10
2	1B	0.08	0.10	0.10
3	1C	0.15	0.10	0.10
4	1D	0.12	0.10	0.10
5	1E	0.11	0.10	0.10
6	1F	0.09	0.10	0.10
7	1G	0.08	0.10	0.10
8	1H	0.12	0.10	0.10

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo y el Codex Alimentarius.

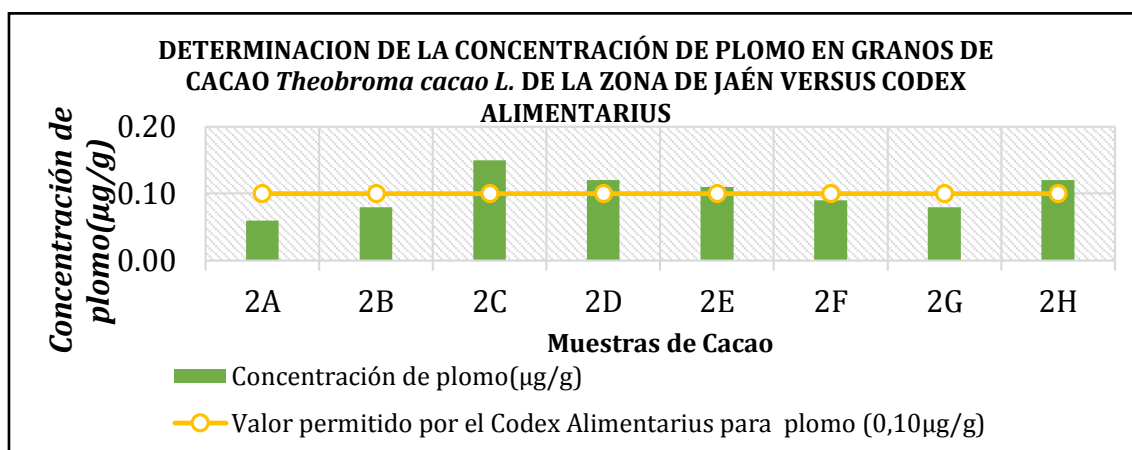


GRÁFICO 41: Determinación de la concentración de arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo.

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de plomo (0,10µg/g)

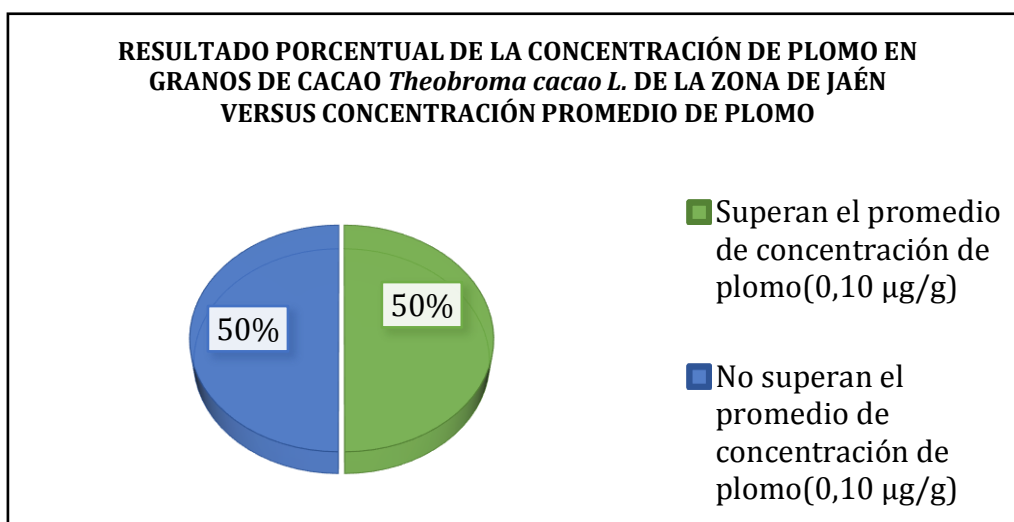


GRÁFICO 42: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus concentración promedio de cadmio.

Interpretación: En el gráfico se observa que el 50% de las muestras superan la concentración promedio de plomo (1,18µg/g) en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca).

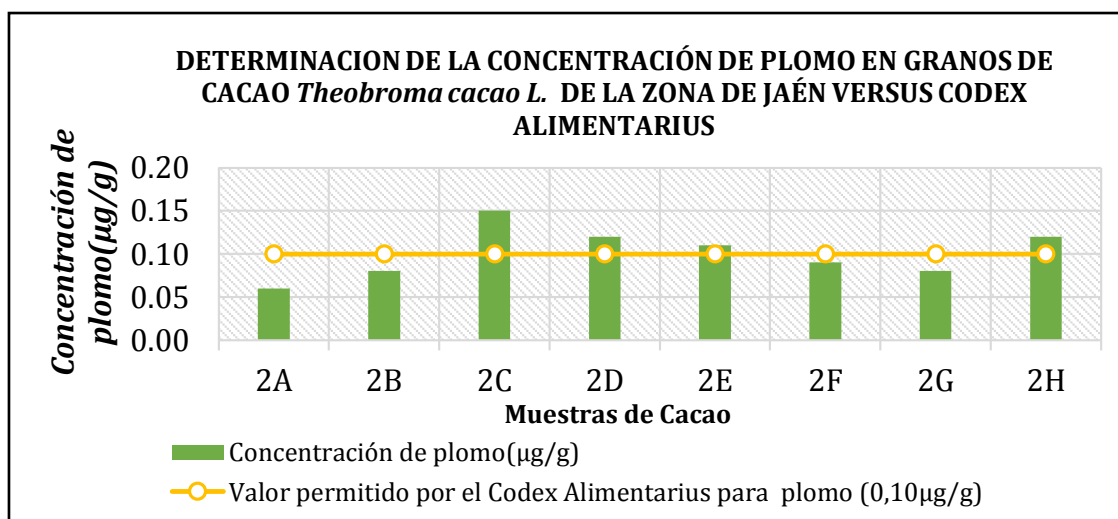


GRÁFICO 43: Determinación de la concentración de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius.zona de Jaén (Cajamarca).

Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus valor permitido por el Codex Alimentarius (0,10µg/g).

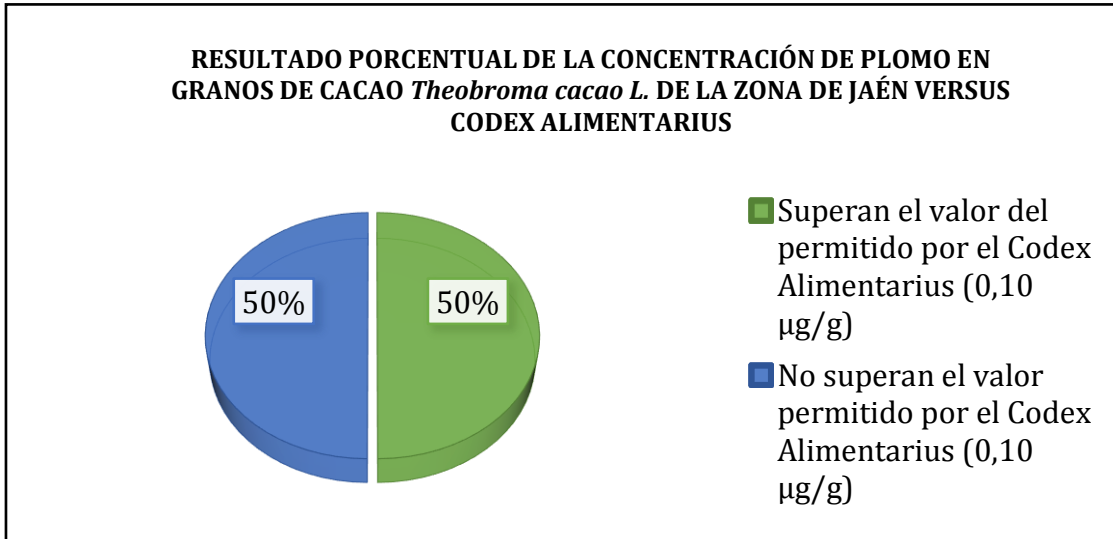


GRÁFICO 44: Resultado porcentual de la concentración de plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) versus el Codex Alimentarius.

Interpretación: En el gráfico se observa que el 50% de las muestras de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca) superan el valor permitido el Codex Alimentarius (0,10µg/g).

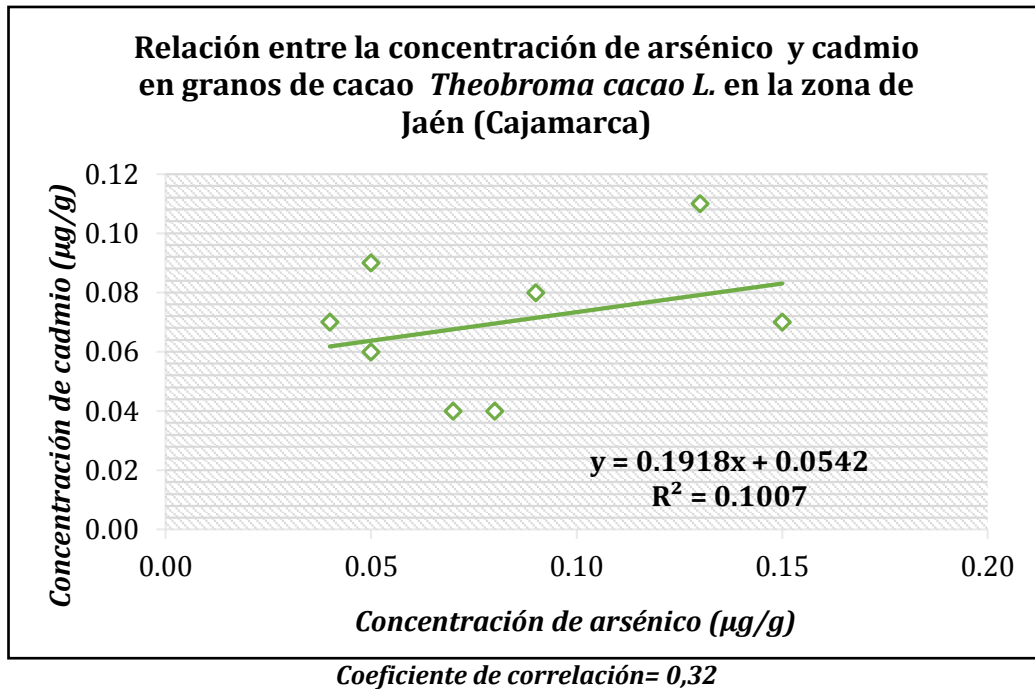


GRÁFICO 45: Relación entre la concentración de arsénico y cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la zona de Jaén (Cajamarca).

Interpretación: En el gráfico se observa que existe una relación débil entre la concentración de arsénico y cadmio de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

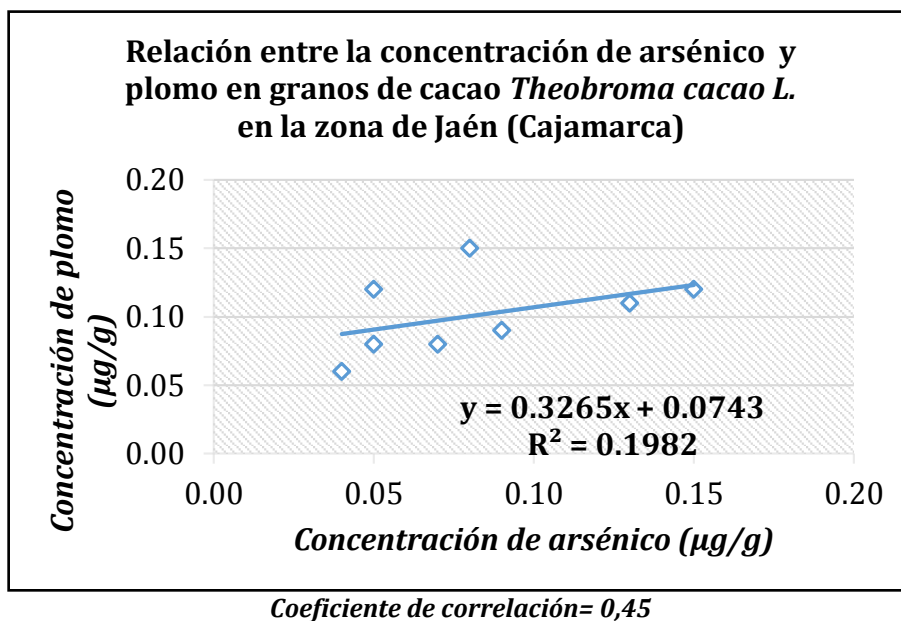


GRÁFICO 46: Relación entre la concentración de arsénico y plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la zona de Jaén (Cajamarca).

Interpretación: En el gráfico se observa que existe relación entre la concentración de arsénico y plomo de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

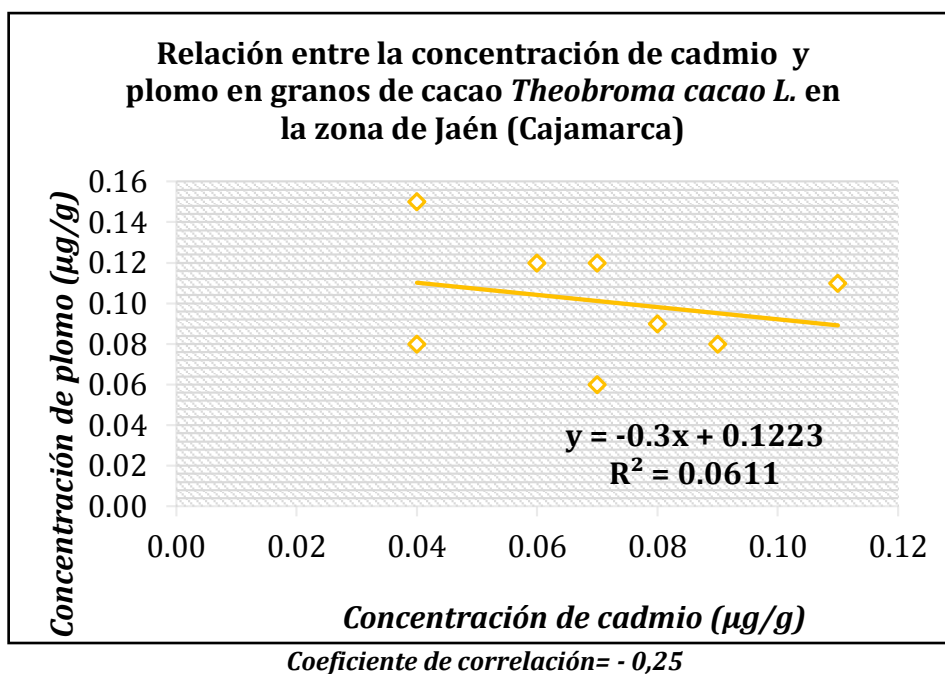


GRÁFICO 47: Relación entre la concentración de cadmio y plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la zona de Jaén (Cajamarca).

Interpretación: En el gráfico se observa que no existe relación entre la concentración de cadmio y plomo de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Jaén (Cajamarca).

VI. DISCUSIÓN

El entorno en que se desarrollan los cultivos se encuentran mayormente contaminados por la presencia de los metales pesados, provocados principalmente por la explotación del petróleo, vertidos incontrolados de residuos de industrias, quema de basuras urbanas, uso abusivo de pesticidas, etc. Estos metales como el arsénico, cadmio y plomo se encuentran de manera natural en la corteza terrestre en forma de minerales, de donde pueden ser absorbidos por las plantas y tomados de ellas por el ser humano.

Por ello fue necesario realizar un estudio de la cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y café (*Coffea arábica L.*) de la zona de Jaén – Cajamarca, durante el periodo febrero – julio 2018. Porque el café y el cacao a nivel nacional han aumentado su área sembrada y rendimiento por hectárea, sin embargo, actualmente los productores se enfrentan a una fuerte legislación para su exportación respecto a los contenidos máximos de arsénico, plomo y cadmio que deben tener dichos productos.

En la Grafico N°9, para el café, indica que la concentración promedio de arsénico es de 0,11µg/g; con una concentración mínima de 0,06µg/g y una concentración máxima de 0,16µg/g. Donde el 100% de las muestras no superan el límite máximo permisible dado por la MERCOSUR de 0,50µg/g. Esto es debido a que los agricultores están utilizando solo las lluvias para el regado del café y están dejando de utilizar las aguas contaminadas de desechos de las mineras.

En el Grafico N°15, para el café, indica que la concentración promedio de cadmio es de 0,11µg/g; con una concentración mínima de 0,03µg/g y una concentración máxima de 0,21µg/g. Donde el 12% de las muestras superan el límite máximo permisible dado por la MERCOSUR de 0.20µg/g. Esto debido a que el abono que utilizan es combinado, es decir natural y químico, logrando muchas veces que el producto no tenga la pureza deseada por el agricultor.

En el Grafico N°21, para el café, indica que la concentración promedio de plomo es de 1,18µg/g; con una concentración mínima de 0,59µg/g y una concentración máxima de 2,16µg/g. Donde el 25% de las muestras superan el límite máximo permisible dado por MERCOSUR de 1.00µg/g. Esto debido a que el plomo se acumula en los suelos y es absorbido por la raíz del café, concentrándose en los granos de café.

En el Grafico N°30, para el cacao, indica que la concentración promedio de arsénico es de 0,08µg/g; con una concentración mínima de 0,04µg/g y una concentración máxima de 0,15µg/g. Donde el 25% de las muestras superaron el límite máximo permisible del Codex Alimentarius de 0,10µg/g. Esto debido a que no cuentan con procedimientos detalladas de las cantidades y concentraciones de abono químico para una buena producción de cacao.

En el Grafico N°36, para el cacao, indica que la concentración promedio de cadmio es de 0,07µg/g; con una concentración mínima de 0,04µg/g y una concentración máxima de 0,11µg/g. Donde el 75% de las muestras superaron el límite máximo permisible del Codex Alimentarius de 0,05µg/g. Esto debido a que en Jaén-Cajamarca hay un gran número de concesiones mineras (el cadmio se obtiene como subproducto de tratamientos metalúrgicos de zinc y plomo) y este metal puede viajar grandes distancias con el viento llegando a las zonas agrícolas y acumularse en las plantas de cacao y en los suelos de estos.

En el Grafico N°42, para el cacao, indica que la concentración promedio del plomo es de 0,10µg/g; con una concentración mínima de 0,06µg/g y una concentración máxima de 0,15µg/g. Donde el 50% de las muestras superaron el límite máximo permisible del Codex Alimentarius de 0,10µg/g. Esto debido a que los agricultores trabajan por contratos, haciendo que utilicen gran cantidad de fertilizantes para su mayor producción, estos fertilizantes contienen cantidades variables de plomo.

En los granos de café de la zona de Jaén - Cajamarca se hallaron las concentraciones promedio de arsénico (0,11 µg/g), cadmio (0,11µg/g) y plomo (1,18µg/g). La mayoría de las muestras analizadas no superan los valores permitidos por la MERCOSUR (Mercado Común del Sur) permitiendo que sea inocuo para la salud.

Por otro lado, se determinó que los granos de cacao de la zona de Jaén - Cajamarca tienen como concentraciones promedio de arsénico (0,08 µg/g), cadmio (0,07µg/g) y plomo (0,10µg/g). Las concentraciones de cada metal hallado al ser comparado con el valor permisible por el Codex Alimentarius nos dan como resultado que más del 60% de las muestras son admisibles para el consumo humano.

El año 2011 en Addis Abeba, Etiopía. Ashu y Chandravanshi publicaron la evaluación cuantitativa de las trazas de potasio, magnesio, calcio, sodio, manganeso, hierro, cobre, zinc, cobalto, plomo y cadmio, el objetivo fue cuantificar las trazas en tres marcas de polvo tostado de café y sus infusiones provenientes de Etiopía, el método utilizado fue de digestión húmeda y la determinación de metales, El análisis no detectó presencia de cadmio y plomo, con un ensayo de sensibilidad de 0.01 µg para cadmio y 0.04 µg para plomo.⁽¹¹⁾ Dichos resultados difieren de los nuestros, dado que para nuestro análisis detectó presencia de cadmio de 0,11 µg/g y 1,18 µg/g para plomo.

En el año 2014 en Jerusalén, Israel. Yanus y col publicaron un estudio cuantitativo de plomo, cadmio, cromo, manganeso, cobalto, arsénico, bismuto y molibdeno. El objetivo fue la cuantificación de metales en granos de café y manteca de cacao de importadores israelíes y barras de chocolate provenientes de Europa, Estados Unidos e Israel. El método utilizado fue la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente y los resultados más relevantes se encuentra 230±87 y 139±13 ng/g de plomo y 141±6.5 y 131±11 ng/g de cadmio en chocolates de dos marcas diferentes. ⁽¹²⁾. Dichos resultados difieren de los resultados de nuestra investigación ya que los resultados de plomo fueron 0,10 µg/g y 0,07 µg/g para cadmio.

El año 2015 en Kumasi, Ghana. Amankwaah y col. publicaron la determinación cuantitativa de cadmio, plomo, cobre, manganeso, hierro y zinc. El objetivo fue cuantificar estos metales en granos de cacao de cuatro regiones más productoras de Ghana. El método fue la espectroscopia de absorción atómica. Y entre los resultados se encontraron que las concentraciones de plomo variaron entre 0.003 a 0.095 µg/g, de cadmio 0.005 a 0.095 µg/g, dichos resultados difieren de los nuestros, dado que para plomo los resultados fueron 0,10 µg/g y 0,07 µg/g para cadmio.

Dentro de los trabajos que se han efectuado en nuestro país, tenemos que en el año 2012 en Huánuco, Perú. Huamaní *et al* realizaron un estudio para determinar la presencia de metales pesados en el cultivo de cacao orgánico. El objetivo fue la determinación de cadmio y plomo en suelos y hojas del cacao en las regiones de Huánuco y Ucayali. El método utilizado fue el análisis de correlación de Pearson de los contenidos de plomo y cadmio en el suelo con variables foliares (P, Mg, Ca, Zn, Cd, Pb) y del suelo (arena, arcilla y K). Los resultados fueron: en el tejido foliar se presentaron deficiencias de N, P, K, Mg y Zn. Los valores promedio de cadmio y plomo disponible en los suelos fueron 0,53 mg/Kg y 3,02 mg/Kg y en las hojas de cacao de 0,21 mg/Kg y 0,58 mg/Kg respectivamente. ⁽¹⁴⁾. dichos resultados fueron superiores a los nuestros, dado que para plomo nuestros resultados fueron 0,10 µg/g y 0,07 µg/g para cadmio.

VII. CONCLUSIONES

1. El grano de cacao tiene un promedio de plomo de $0,10\mu\text{g/g}$; con cifras extremas de $0,06\mu\text{g/g}$ y $0,15\mu\text{g/g}$. Donde el 50% de las muestras superaron el límite máximo permisible del Codex Alimentarius.
2. El grano de cacao tiene un promedio de arsénico de $0,08\mu\text{g/g}$; con cifras extremas de $0,04\mu\text{g/g}$ y $0,15\mu\text{g/g}$. Donde el 25% de las muestras superaron el límite máximo permisible del Codex Alimentarius.
3. El grano de cacao tiene un promedio de cadmio de $0,07\mu\text{g/g}$; con cifras extremas de $0,04\mu\text{g/g}$ y $0,11\mu\text{g/g}$. Donde el 75% de las muestras superaron el límite máximo permisible del Codex Alimentarius.
4. El grano de café tiene un promedio de plomo de $1,18\mu\text{g/g}$; con cifras extremas de $0,59\mu\text{g/g}$ y $2,16\mu\text{g/g}$. Donde el 25% de las muestras superaron el límite máximo permisible dado por la MERCOSUR.
5. El grano de café tiene un promedio de arsénico de $0,11\mu\text{g/g}$; con cifras extremas de $0,06\mu\text{g/g}$ y $0,16\mu\text{g/g}$. Donde el 100% de las muestras no superaron el límite máximo permisible dado por la MERCOSUR.
6. El grano de café tiene un promedio de cadmio de $0,11\mu\text{g/g}$; con cifras extremas de $0,03\mu\text{g/g}$ y $0,21\mu\text{g/g}$. Donde el 12% de las muestras superaron el límite máximo permisible dado por la MERCOSUR.
7. Se demostró que en los granos de café existe correlación entre arsénico, cadmio y plomo, dicha correlación es débil porque no está cerca a la unidad. Por otro lado en las muestras de cacao se determinó que cadmio y plomo no tienen correlación.

VIII. RECOMENDACIONES

- Es importante analizar la calidad de estos dos productos agrícolas, porque es consumido nacional e internacionalmente por un gran número de personas.
- Tomar una mayor cantidad de muestras para poder obtener datos y resultados más precisos y exactos.
- Realizar charlas de orientación dirigidas a los productores de café y cacao, para enfatizar el impacto del uso de plaguicidas y la siembra en suelos limpios, libres de metales pesados.
- Realizar posteriores estudios para la monitorización y seguimiento de la presencia de Pb, As y Cd en los granos de café y cacao de la zona de Jaén localizada en el departamento de Cajamarca, para evitar la contaminación con estos metales.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. OMS. La Comisión Mixta FAO/OMS del Codex Alimentarius adopta más de 50 nuevas normas alimentarias. Organización Mundial de la Salud. 2003. p. 1.
2. IEES. Reporte sectorial N 06 junio 2016 [Internet]. Instituto de Estudios Económicos y Sociales Perú. 2016 [citado 12 de febrero de 2018]. p. 19. Disponible en: <http://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2017/01/Junio-2016-Industria-del-cacao-chocolate-y-otros-derivados.pdf>
3. MINAGRI. Exportaciones de cacao y chocolate superarán los US\$ 300 millones de dólares al cierre del 2017 [Internet]. Ministerio de Agricultura y Riego Perú. 2017 [citado 12 de febrero de 2018]. p. 1. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2017/19572-exportaciones-de-cacao-y-chocolate-superaran-los-us-300-millones-de-dolares-al-cierre-del-2017>.
4. Osakwe CE, Sanni I, Sa'id S, Zubairu A. Adsorption of heavy metals from wastewaters using Adonosa digitata fruit shells and Theobroma cacao pods as adsorbents: A comparative study. AU J Technol [Internet]. 2014; 18(1):11-8. Disponible en: <http://www.assumptionjournal.au.edu/index.php/AUJournalofTechnology/article/view/1212/1068>.
5. OMS. Arsénico [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2016 [citado 12 de febrero de 2018]. p. 1. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>.
6. Léonard A, Lauwerys RR. Carcinogenicity, teratogenicity and mutagenicity of arsenic. Mutat Res Genet Toxicol [Internet]. 1980; 75(1):49-62. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0165-1110\(80\)90027-5](https://doi.org/10.1016/0165-1110(80)90027-5).
7. Herrera-Añazco P, Willer H, Taype-Rondan A. Exposición a arsénico como factor asociado a la alta mortalidad atribuida a insuficiencia renal en Puno TT - Exposure to arsenic as associated factor of the high mortality attributed to renal failure in Puno. Rev Peru Med Exp Salud Pública [Internet]. 2016; 33(2):381-2. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36346797031>
8. Flora SJS. Handbook of arsenic toxicology. 1a ed. San Diego: Academic press; 2015; 750 p.
9. OMS. Intoxicación por plomo y salud [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2017 [citado 12 de febrero de 2018]. p. 1. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>.

- 10.**Zaidi JH, Fatima I, Arif M, Qureshi IH. Determination of trace elements in coffee beans and instant coffee of various origins by INAA. *J Radioanal Nucl Chem.* 2005; 267(1):109–12.
- 11.**Ashu R, Chandravanshi BS. Concentration levels of metals in commercially available ethiopian roasted coffee powders and their infusions. *Bull Chem Soc Ethiop.* 2011; 25(1):11–24.
- 12.**Yanus RL, Sela H, Borojovich EJC, Zakon Y, Saphier M, Nikolski A, et al. Trace elements in cocoa solids and chocolate: An ICPMS study. *Talanta.* 2014; 119:1–4.
- 13.**Amankwaah D, Nnuro WA, Awudza J, Chemistry N, Commission E. Determination of Heavy Metals in Cocoa Beans From Some Major. *Ann food Sci Technol.* 2015; 16(1):225–35.
- 14.**Huamaní YH, Huauya RM, Mansilla ML, Florida RN, Neira TG. Presencia de metales pesados en cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) orgánico. Huanuco-Perú: *Acta Agronómica.*2012. 61(4).339-344.
- 15.**Arevalo Gardini, E; Obando Cerpa, ME; Zuñiga Cernales, LB; et al. Metales pesados en suelos de plantación de cacao (*Theobroma cacao L*) en tres regiones del Perú. Tesis. Lima-Perú: *Revista ecología aplicada*, 2016.Vol.15 (2). Pp.81-89.
- 16.**The Plant list: A working list of all species. *Coffea arabica* [Internet]. 2013 [citado 17 de febrero de 2018]. p. 1. Disponible en: <http://www.theplantlist.org/browse/A/Rubiaceae/Coffea>
- 17.**Peysson RS. Historia del café. En: *El mundo del café.* Barcelona: Ultramar Eds. S.A. 2001. p. 5-21
- 18.**Situación del mercado del Café en grano [citado 12 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/863>.
- 19.**MINAGRI. Estudio del cacao en el Peru y en el mundo: un analisis de la producción y el comercio. Lima: Ministerio de agricultura y riego; 2016. 90 p.
- 20.**Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M. Handbook on the toxicology of metals [Internet]. 4a ed. Vol. I y II, *Handbook on the Toxicology of Metals (Fourth Edition).* Oxford: Academic press; 2015. 1422 p. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444594532000597>
- 21.**Determinación de arsénico, de sus compuestos en forma particulada y de vapores de trióxido de arsénico en aire - Método de generación de hidruros/Espectrofotometría de

absorción atómica. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Edición 2012. [En línea]. [Fecha de acceso 02 de febrero del 2018]; Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA_035_A96.pdf.

22. Indicadores biológicos para la valoración de la exposición humana a compuestos químicos industriales. Foa, A Colombi, M Maroni. Cancillería de Sanidad de Valencia. Ed 2005.
23. Mealey J, Brownell GI, Sweet Wh. Radioarsenic in plasma, urine normal tissues and intracranial neoplasms. Arch Neurol Psychiatry 1959; 8: 310-320.
24. Mathieu P, Buchet Jp, Roels Ha, Lauwerys R. The metabolism of arsenic in humans acutely intoxicated by As₂O₃: its significance for the duration of BAL therapy. Clin Toxicol 1981; 18: 1067-1075.
25. Yip L, Dart Rc. Arsenic. En: Sullivan JB, Krieger GR, editors. Clinical environmental health and toxic exposures. Philadelphia: Lippincott William and Wilkins, 2001: 858-866.
26. Ford M. Arsenic. En: Goldfrank LR, Flomenbaum NE, Lewin NA, Weisman RS, Howland MA, Hoffman RS, editors. Goldfrank's Toxicologic Emergencies, 6ª edición. Stamford: Appleton and Lange, 1998: 1261-1273.
27. Kjellstrom T, Nordberg GF. Kinetic model of cadmium metabolism. En: Fridberg L, Elinder CG, Kjellstrom T, Nordberg GF, Eds. Cadmium and Health, A Toxicological and Epidemiological Appraisal. Vol I, Boca Raton, FL: CRC Press. 1985: 179-97.
28. González E. Toxicocinética y evaluación de riesgos para la salud producidos por exposición a cadmio. Medicina y Seguridad del Trabajo. 1988. XXXV: 3-17.
29. WHO. Environmental Health Criteria 134, Cadmium, Geneva: WHO. 1992.
30. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. ISSN 1025 - 5583. Vol. 63, Nº 1 - 2002. Págs. 51 - 64.
31. Burriel Martí. (2006). «Química analítica de los cationes: Plomo». Química analítica cualitativa (18ª edición edición). Thomson. pp. 426-435.
32. Lead environmental aspects. Geneva, World Health Organization, 1989 (Environmental Health Criteria, No. 85).

- 33.** Fichas sustancias indeseables alimentación animal plomo. ELIKA (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria).2008.
- 34.** Valdivia M. Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. [en línea]. 2005 [Fecha de acceso 21 de enero de 2018]; 18(1):22-27. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspmi/v18n1/a05v18n1.pdf>.
- 35.** Poma PA. . Intoxicación por plomo en humanos. Anales de la Facultad de Medicina [en línea]. 2008 [Fecha de acceso 29 de enero de 2018]; 69 (2):120-126. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a11v69n2.pdf>.
- 36.** Skoog DA, Holler FJ, Crouch SR. Principles of instrumental analysis. 6°. USA: Brooks/Cole; 2007. 1038 p.
- 37.** Rocha Castro E. Principios Básicos de Espectroscopía. México: Editorial UACH; 2000
- 38.** Espectroscopia de emisión y absorción atómica. Vol. 7 pág. 7.1-7.7. [en línea]. [Fecha de acceso 6 de junio de 2018], URL disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>.
- 39.** Espectroscopia de emisión y absorción atómica. [en línea]. México; 2008. [Fecha de acceso 22 de agosto de 2018]. URL. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/la-espectrometria-de-absorcion-atmica-31648.htm>.

ANEXO N°2: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	VALORES	CRITERIOS DE MEDICION	TIPO DE VARIABLES	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE	Café (<i>Coffea arabica L.</i>)	Plantación o lote de café de la zona de Jaén.	Se recolecto 8 muestras de un kilo de diferentes lugares de Jaén.	Granos de cacao y café maduros	Cualitativa	Balanza
	Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	Plantación o lote de cacao de la zona de Jaén.	Se recolecto 8 muestras de un kilo de diferentes lugares de Jaén.			
DEPENDIENTE	Concentración de plomo, cadmio y arsénico para el café.	Límite de contaminantes metálicos establecidos por la MERCOSUR.	Plomo: 1 µg/g Cadmio: 0.20µg/g Arsénico: 0.5µg/g	Concentración µg/g	Cuantitativa	Espectrofotómetro de Absorción Atómica
	Concentración de plomo, cadmio y arsénico para el cacao.	Límite de contaminantes metálicos establecidos por el Codex Alimentarius	Plomo: 0.1 µg/g Cadmio: 0.05µg/g Arsénico: 0.1µg/g.			

