

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**DE JAÉN**

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO**  
**EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE POSCOSECHA DE**  
**CACAO CRIOLLO ORGÁNICO (*Theobroma cacao* L.)**  
**PROCEDENTES DE LA ASOCIACIÓN DE**  
**PRODUCTORES CACAOTEROS DE DISTRITO DE**  
**HUARANGO, PROVINCIA DE SAN IGNACIO”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Autores** : **Bach. Leslie Medalith López Bazán**  
**Bach. Marlon Tito Incio Cieza**

**Asesor** : **Ing. Mg. Sc. James Tirado Lara**

**JAÉN – PERÚ, OCTUBRE 2021**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2019-SUNEDU/CD

## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día Jueves 30 de diciembre del año 2021, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

- Presidente : Mg. Jorge Eugenio Cabrejos Barriga
- Secretario : Mg. Ralph Stein Rivera Botonares
- Vocal : Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce

para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación
- ( X ) Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE POSCOSECHA DE CACAO CRIOLLO ORGÁNICO (Theobroma cacao L.) PROCEDENTES DE LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES CACAOTEROS DE DISTRITO DE HUARANGO, PROVINCIA DE SAN IGNACIO”**, presentado por los Bachilleres **Bach. Leslie Medalith López Bazán y Bach. Marlon Tito Incio Cieza**, de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- ( ) Aprobar      ( ) Desaprobar      ( X ) Unanimidad      ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 11:44 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 30 de diciembre de 2021

Mg. Jorge Cabrejos Barriga  
Presidente Jurado Evaluador

Mg. Ralph Stein Rivera Botonares  
Secretario Jurado Evaluador

HANS HIMBLER MINCHAN VELAYARCE  
ING° EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
REG. CIP. 184957

Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce  
Vocal Jurado Evaluador

## INDÍCE

	Página
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	4
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos .....	4
III. MATERIAL Y MÉTODOS .....	5
3.1. Población y muestreo .....	5
3.2. Variables en estudio .....	6
3.3. Métodos, técnicas e instrumentos y procedimiento .....	7
3.3.1. Lugar de ejecución .....	7
3.3.2. Materiales .....	7
3.3.3. Acondicionamiento del material biológico .....	8
3.3.4. Diagrama de flujo de obtención de muestras .....	10
3.3.5. Análisis de cadmio .....	11
3.3.6. Diseño de la investigación .....	12
a) Diseño experimental .....	12
b) Análisis de datos .....	12
c) Contrastación de datos .....	13
IV. RESULTADOS .....	14
Contenido de cadmio en caserío Ozurco .....	14
Contenido de cadmio en caserío Tapara .....	15
Contenido de cadmio en caserío Nueva Esperanza .....	17
Contenido de cadmio en la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito Huarango .....	19
Prueba de hipótesis o contrastación del contenido de cadmio con los límites máximos permisibles .....	26
V. DISCUSIÓN .....	28
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
AGRADECIMIENTO .....	34
DEDICATORIA .....	35
ANEXOS .....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 <i>Operativización de las variables independientes</i> .....	6
Tabla 2 <i>Operativización de la variable dependiente</i> .....	7
Tabla 3 <i>Norma técnica peruana con Resolución Directoral N° 004-2015-INACAL para la determinación de cadmio en productos de cacao</i> .....	11
Tabla 4 <i>Concentración de cadmio en almendras y licor de cacao en el caserío Ozurco, julio 2021</i> .....	14
Tabla 5 <i>Estadísticos del contenido de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao en el caserío Ozurco, julio 2021</i> .....	14
Tabla 6 <i>Concentración de cadmio en almendras y licor de cacao en el caserío Tapara, julio 2021</i> .....	16
Tabla 7 <i>Estadísticos del contenido de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao en el caserío Tapara, julio 2021</i> .....	16
Tabla 8 <i>Concentración de cadmio en almendras y licor de cacao en el caserío Nueva Esperanza, julio 2021</i> .....	17
Tabla 9 <i>Estadísticos del contenido de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao en el caserío Nueva Esperanza, julio 2021</i> .....	18
Tabla 10 <i>Contenido promedio de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao, de los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza</i> .....	19
Tabla 11 <i>Estadísticos del contenido de cadmio (ppm), en almendras y licor de cacao, de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, julio 2021</i> .....	20
Tabla 12 <i>Prueba de hipótesis, al 0,05 de probabilidad, del contenido de cadmio (ppm), para los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza, julio 2021</i> .....	26
Tabla 13 <i>Prueba de hipótesis al 0,05 de probabilidad, de la concentración de Cadmio (ppm), de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, julio 2021</i> .....	27
Tabla 14 <i>Concentración de cadmio (ppm) procedentes del laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales –ICT- julio 2021</i> .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1</b> <i>Flujograma para análisis de cadmio en almendras y licor de cacao</i> .....	10
<b>Figura 2</b> <i>Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Ozurco</i> .....	15
<b>Figura 3</b> <i>Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Tapara</i> .....	17
<b>Figura 4</b> <i>Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Nueva Esperanza</i> .....	18
<b>Figura 5</b> <i>Media aritmética de la concentración de cadmio</i> .....	19
<b>Figura 6</b> <i>Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, San Ignacio</i> .....	20
<b>Figura 7</b> <i>Desviación Estándar de la media muestral para almendras frescas</i> .....	21
<b>Figura 8</b> <i>Desviación Estándar de la media muestral para almendras secas fermentadas</i> .....	22
<b>Figura 9</b> <i>Desviación Estándar de la media muestral para almendras tostadas</i> .....	22
<b>Figura 10</b> <i>Desviación Estándar de la media muestral para licor de cacao</i> .....	23
<b>Figura 11</b> <i>Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en almendras frescas</i> .....	24
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en almendras secas fermentadas</i> .....	24
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en almendras tostadas</i> .....	25
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en licor de cacao</i> .....	25
<b>Figura 15</b> <i>Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas, caserío Ozurco</i> .....	49

<b>Figura 16</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas, caserío Ozurco .....	49
<b>Figura 17</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas, caserío Ozurco .....	49
<b>Figura 18</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao, caserío Ozurco .....	49
<b>Figura 19</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas, caserío Tapara .....	50
<b>Figura 20</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas, caserío Tapara .....	50
<b>Figura 21</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas, caserío Tapara .....	50
<b>Figura 22</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao, caserío Tapara .....	50
<b>Figura 23</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas, caserío Nueva Esperanza .....	51
<b>Figura 24</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas, caserío Nueva Esperanza .....	51
<b>Figura 25</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas, caserío Nueva Esperanza .....	51
<b>Figura 26</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao, caserío Nueva Esperanza .....	51
<b>Figura 27</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas .....	52
<b>Figura 28</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas .....	52
<b>Figura 29</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas .....	52
<b>Figura 30</b> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao .....	52
<b>Figura 31</b> Muestreo de mazorcas de cacao en el caserío Ozurco-Huarango, 2021 .....	53

<b>Figura 32</b> <i>Muestreo de almendras tostadas en centro de beneficio de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, 2021 ..</i>	53
<b>Figura 33</b> <i>Descascarillado de almendras de cacao tostadas .....</i>	54
<b>Figura 34</b> <i>Molido de almendras tostadas de cacao .....</i>	54
<b>Figura 35</b> <i>Pesado de cacao .....</i>	54
<b>Figura 36</b> <i>Preparación de muestras de licor de cacao .....</i>	55
<b>Figura 37</b> <i>Preparación de muestras de licor de cacao .....</i>	55



## RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es considerado uno de los productos importantes de exportación en el Perú, pero debido a la presencia de metales pesados, la comercialización es limitada. El objetivo de esta investigación fue de evaluar la concentración de cadmio en las diferentes etapas de poscosecha de cacao criollo, procedentes de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, provincia de San Ignacio. En cada uno de tres plantaciones de cacao de los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza del distrito de Huarango, se cosecharon mazorcas en su estado de madurez fisiológica, las mismas que fueron quebradas para sacar las almendras que a su vez fueron fermentadas, secadas, tostadas y molidas. Se analizaron el contenido de cadmio en el Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)-Tarapoto, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. El promedio del contenido de cadmio en los tres caseríos fueron de 0,125; 0,515; 0,415 y 0,430 ppm, para almendras frescas, almendras secas beneficiadas, almendras tostadas y licor de cacao, respectivamente y, la prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad indicaron que, en almendras frescas, almendras secas beneficiadas, almendras tostadas y licor de cacao, el contenido de cadmio no superaron los LMP.

Palabras clave: almendras, cacao, licor, cadmio.

## ABSTRACT

The cocoa (*Theobroma cacao* L.) is considered one of the important export products in Peru, but due to the presence of heavy metals, marketing is limited. The objective of this research was to evaluate the cadmium concentration in the different post-harvest stages of Creole cocoa, from the Association of Cocoa Producers of the Huarango district, San Ignacio province. In each of three cacao plantations in the Ozurco, Tapara and Nueva Esperanza villages of the Huarango district, ears were harvested in their physiological maturity state, the same ones that were broken, to extract the almonds that were fermented, dried, toasted and ground. The cadmium content was analyzed at the Tropical Cultivation Institute (ICT) -Tarapoto, using the atomic absorption spectrophotometry method. The average cadmium content in the three hamlets was 0.125; 0.515; 0.415 and 0.430 ppm, for fresh almonds, beneficiated dried almonds, roasted almonds and cocoa liquor, respectively, and the hypothesis test at 0.05 probability indicated that in fresh almonds, beneficiated dried almonds, roasted almonds and cocoa liquor, the content cadmium did not exceed the LMP. Keywords: almonds, cocoa, liquor, cadmium.

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao, es uno de los productos más importantes en la economía de nuestro país y se ha convertido en un cultivo alternativo, a la hoja de la coca, que contribuye con la economía familiar del productor de cacao. Además, el Perú es uno de los principales lugares originarios del cacao, pues posee el 60% de las variedades de cacao del mundo, siendo el segundo productor mundial de cacao orgánico y primer lugar en nichos especiales del mercado mundial (Barrueta, 2013).

Existen cuatro grupos genéticos naturales y un grupo genético artificial: 1) **Criollo**: variedad semisilvestre; 2) **Forastero del Alto Amazonas o Amazonas**: que representa el 90 % de la producción mundial; 3) **Forastero del Bajo Amazonas o Guyanas** y 4) **Nacional** y un quinto grupo genético artificial es el **Trinitario** (García, 2012; MINAGRI, 2018). En el Perú, además de las variedades que provienen de los grupos genéticos criollo, forastero y nacional, existen también variedades nativas como el cacao “Porcelana Piura” (Arévalo *et al.*, 2018). En términos de cantidad de productores el cacao es considerado como el sexto cultivo más importante a nivel nacional, toda vez que el 67,6 % de los productores cacaoteros conducen una parcela que no supera 10 hectáreas. Asimismo, el cultivo requiere de mano de obra que puede significar un aproximado de 10 millones de jornales al año (MINAGRI, 2018).

El cultivo se distribuye en 16 regiones, 57 provincias y 259 distritos cacaoteros, siendo las principales zonas productoras el Valle del Huallaga, en los Departamentos de Huánuco y San Martín; el Valle de La Convención, en el Departamento del Cusco; el Valle del Río Apurímac-Ene (VRAE), en los Departamentos de Ayacucho, Cusco y Junín; el Valle de Tambo, en el Departamento de Junín; y, el Valle del Marañón, en los Departamentos de Cajamarca y Amazonas. De este modo, el cacao contribuye con el 3% del Valor Bruto de la Producción Agrícola permitiendo 253 millones de dólares, de divisas, en exportaciones (Acosta, 2018).

Por otro lado, una de las limitantes en la comercialización es la presencia del cadmio, cuya presencia en las almendras es causal del rechazo por el mercado internacional. Este metal pesado puede contaminar, de forma natural y antrópica, el suelo y las plantas cuando se absorben en altas concentraciones (Barrueta, 2013) y, junto al Pb y Hg, pueden causar graves problemas de toxicidad (Alloway, 2013; citado por Chupillón, 2017).

Los alimentos que poseen cadmio al ser consumidos pueden producir diarreas, dolor de estómago y vómitos severos, daño al sistema nervioso central, debilitamiento óseo, perjuicio

al sistema inmune, fallos en la reproducción y posibilidad incluso de esterilidad, desórdenes psicológicos, posible daño en el ADN y, además puede ser carcinógeno para los seres humanos ocasionando, muchas veces, la muerte (Ramírez, 2018).

El cadmio se encuentra en el suelo y puede ser asimilado por las plantas. Al respecto, Arévalo, *et al.* (2016) reportan que, a una profundidad de 0 a 20 cm, de plantaciones de cacao, el cadmio ha sido el metal menos frecuente en los suelos muestreados con valores de 0,00 ppm en las regiones de Cajamarca (San Ignacio), San Martín (El Dorado y Tocache), Huánuco y Cuzco, pero en Piura (Morropón) el contenido promedio de cadmio es de  $0,53 \pm 0,02$  ppm. Asimismo, reportan que, en promedio los mayores valores de cadmio se encontraron en la Zona Norte 0,20 ppm, seguido de la Zona Central 0,08 ppm y Zona Sur 0,00 ppm. También, Huamaní *et al.* (2012) reportó que, en los suelos con plantaciones de cacao de Huánuco y Ucayali, el contenido de cadmio fue de 0,53 ppm mientras que en las hojas de plantas de cacao fue de 0,21 ppm, demostrando, de esta manera, que la concentración de cadmio no superan los límites máximos permisibles, al compararlos con lo establecido en la norma europea para cacao, que es de 3 ppm; por el contrario, Del Águila (2017) encontró, en la Cooperativa Agraria Cacaotera Campos Verdes del Alto Huallaga, 0,08 ppm de cadmio en almendras frescas de cacao y 0,11 ppm en almendras secas, lo cual indica que no superaron los valores permitidos por el Codex Alimentarius y la Organización Mundial de la Salud (0,5 ppm).

Cárdenas (2012) reportó que el contenido de cadmio a nivel de almendras y cascarillas en las diferentes parcelas de cacao orgánico de la región de Huánuco, contienen valores promedio total entre 1,55 ppm y 2,04 ppm respectivamente, los cuales se encuentran por sobre los límites permisibles, mientras que el valor promedio de cadmio en los suelos es 0,66 ppm, está por debajo de los límites permisibles.

Condezo y Huaraca (2018) reportaron que, en la zona de Jaén – Cajamarca, el contenido de cadmio en granos de cacao fue de 0,70 ppm con cifras extremas de 0,04 ppm y 0,11 ppm; aunque los valores promedios de los metales pesados superaron los límites máximos permisibles señalados por el Codex Alimentarius.

Los resultados de las diferentes investigaciones indican que en algunos casos superan los límites máximos permisibles, lo cual genera la idea de seguir investigando el contenido de cadmio, sobre todo en el cacao orgánico que se produce en Huarango de la provincia de San Ignacio, de la región Cajamarca, con el fin de descartar si el contenido de cadmio supera o

no los límites máximos permisibles. Bajo este contexto, en la presente investigación se planteó la hipótesis: las almendras frescas, beneficiadas, tostadas y licor de cacao que produce la Asociación de Productores de Cacao Orgánico de Huarango, San Ignacio, contienen cadmio entre 0.10 ppm a 0.80 ppm; por lo que, se determinó el contenido de cadmio en cacao, procedente de la Asociación de Productores de Cacao Orgánico de Huarango, San Ignacio en la campaña 2021.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar la concentración de cadmio en las diferentes etapas de poscosecha de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), procedentes de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, durante la campaña 2021.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de concentración de cadmio en almendras frescas, almendras secas beneficiadas, almendras tostadas y licor de cacao, procedentes de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, provincia de San Ignacio.
- Comparar el contenido de cadmio en almendras frescas, almendras secas beneficiadas, almendras tostadas y licor de cacao con los límites máximos permisibles dados por la Unión Europea.

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Población, muestra y muestreo**

##### **3.1.1. Población**

Corresponde a todas las almendras, procedentes de las mazorcas de cacao Nacional cosechadas, de 50 productores, que se acopian en el centro de beneficio de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, el cual se ubica a 700 m de altitud, aproximadamente.

##### **3.1.2. Muestra**

La muestra fue probabilística y representativa y estuvo constituida por las almendras de cacao nacional procedente del centro de beneficio de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango.

La unidad muestral para determinar la concentración de cadmio correspondió a:

##### **Almendras frescas**

Haciendo un recorrido del campo en forma de zigzag, se cosecharon 50 mazorcas, de cada caserío, en estado de madurez fisiológica, para luego obtener cuatro submuestras de almendras frescas, de 250 g cada una, para su análisis en laboratorio.

##### **Almendras secas beneficiadas**

De las almendras beneficiadas, de cada caserío, y dispuestas en las tarimas del centro de beneficio, se obtuvo al azar cuatro muestras de 250 g cada una, para su análisis en laboratorio.

##### **Almendras tostadas**

De las almendras beneficiadas, dispuestas en las tarimas de secado, se tomó 5 kg de almendras secas, que fueron envasadas en bolsas de plástico, con cierre hermético, y trasladadas al laboratorio de la cooperativa Sol & Café, donde fueron tostadas. De estas almendras tostadas, se tomó cuatro submuestras de 250 g cada una, para su análisis.

##### **Licor de cacao**

De las almendras tostadas sobrantes, 4 kg de almendras, que fueron tostadas, se procedió a descascararlas y finalmente se sometieron a la molienda para obtener el licor de cacao. De este licor se tomó cuatro muestras de 250 g cada una, para su análisis.

### 3.1.3. Muestreo

Se utilizó el método del Muestreo Aleatorio Simple, recorriendo el campo en forma de zig zag. Para **Almendras frescas, de la cosecha de cada caserío, se seleccionaron al azar** 50 mazorcas, procediéndose luego al quebrado y los granos fueron colocados en baldes. Antes de trasladarlos a los cajones fermentadores, se obtuvieron 4 muestras, al azar, de 250 g cada una.

Para las almendras secas beneficiadas, se muestreo al azar, en forma de zigzag, en las tarimas de secado de la planta de beneficio de la Asociación de Productores de Cacao. Asimismo, se consideró que el cacao presente una humedad de 7 %, para su almacenamiento seguro. En este caso, los granos secos, del módulo de secado, se extrajeron 20 g de 50 puntos diferentes, por cada caserío.

Para las almendras tostadas, se realizó el muestro siguiendo la metodología que para almendras secas; en este caso se completó una muestra de 5 kg, de la cual un kg fue usado para las almendras tostadas y 4 kg para el licor de cacao.

## 3.2. Variables de estudio

### 3.2.1. Variable independiente

**Tabla 1**

*Operativización de las variables independientes.*

<b>Variable (X)</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Almendras de cacao (frescas, secas beneficiadas y tostadas)	Almendras de cacao de los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza	Almendras de cacao con presencia de cadmio en las plantaciones de los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza
Licor de cacao	Licor de cacao de los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza	Licor de cacao con presencia de cadmio en las plantaciones de los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza



### 3.2.2. Variable dependiente

**Tabla 2**

*Operativización de la variable dependiente.*

<b>Variable (Y)</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Concentración de Cadmio	Concentración de cadmio en ug/g	0,1 a 0,8 ug/g, dado por la Unión Europea *

\*: Unión Europea (13 de mayo de 2014).

### 3.3. Métodos, técnicas e instrumentos y procedimiento

#### 3.3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el Caserío Cigarro de Oro del distrito de Huarango, lugar donde se encuentra la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango.

La Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, es una asociación conformada por 50 agricultores cacaoteros, que producen y comercializan cacao criollo. Las prácticas culturales son con enfoque orgánico y cuentan con un centro de beneficio, ubicado a 750 m de altitud, donde se realiza el secado del cacao procedente de las cosechas en las diferentes parcelas, de sus socios, que se localizan en diversos caseríos del distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, región Cajamarca.

**Fase de campo:** Para la obtención de almendras frescas, se realizó en las parcelas de los productores, de los caseríos Ozurco (Longitud: -78.740140, Latitud: -5.244208), Tapara (Longitud: -78.727160, Latitud: -5.178723 y Nueva Esperanza (Longitud: -78.726930, Latitud: -5.382631); mientras que, para la obtención de las muestras de almendras secas beneficiadas, se realizó en el centro de beneficio de cacao de la Asociación, ubicada en el caserío Cigarro de Oro (Longitud: -78.794300, Latitud: -5.301551). Las almendras secas, estuvieron dispuestas en los secadores de manera individualizada, por cada caserío.

**Fase de laboratorio:** Para el tostado y la molienda de cacao se realizó en las instalaciones de la Cooperativa Sol & Café de la ciudad de Jaén y, para el análisis de cadmio se realizó en el Instituto de Cultivos Tropicales, ubicado en la ciudad de Tarapoto, región San Martín.

### 3.3.2. Materiales

#### a. Material biológico

- 250 gramos de almendras frescas por cada muestra.
- 250 gramos de almendras secas beneficiadas por cada muestra.
- 250 gramos de almendras tostadas por cada muestra.
- 250 gramos de licor de cacao por cada muestra.

#### b. Materiales de muestreo

- Bolsas herméticas
- Guantes quirúrgicos
- Caja térmica
- Tijeras podadoras

#### c. Materiales de laboratorio

- Molino
- Espátula

#### d. Equipos

- Balanza analítica ESJ-210-4 (Digital precisión)  
Equilibrio analítico de 210g/0.0001g ESJ-210-4  
El sensor posterior de la fuerza electromagnética, equilibrio incorporado del peso de la calibración, calibración fácil en cualquier momento, con la alarma de la sobrecarga/del underload, acumulativo de la gama completa/regresivo pelada. Interfaz opcional RS232.
- Espectrofotómetro de absorción atómica por horno de grafito  
Espectrofotómetro UV-VIS  
Instrumentos para flujos de trabajo espectroscópicos UV-VIS  
Con un tamaño reducido y sin tiempo de calentamiento. El equipo usa una combinación de tecnología de red de diodos y una lámpara de xenón de larga duración.
- Tostadora
- Estufa
- Digestor

#### e. Reactivos

- Solución estándar de cadmio

- Ácido nítrico 65%
- Ácido clorhídrico
- Agua destilada
- Solución estándar de trabajo.

### **3.3.3. Acondicionamiento del material biológico**

#### **A) Almendras frescas**

- Se recolectaron las mazorcas, con ayuda de una tijera podadora, en su madurez óptima (es decir al momento que al agitarlas emite un sonido al vacío), en parcelas de cacao, en cada uno de tres caseríos (Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza).
- Las mazorcas de cacao cosechadas, en un número de 50 unidades por parcela, se transportaron al centro de beneficio de la Asociación de Productores Cacaoteros de Huarango, en costales de polietileno evitando cualquier herida a la superficie de las mazorcas.
- En el centro de beneficio, las mazorcas previamente identificadas, fueron sometidas al corte o quiebre con ayuda de un machete limpio, simulando la normal actividad del productor, para luego extraer las almendras y colocándolas en un balde de plástico de 5 litros de capacidad.
- Se seleccionaron las almendras frescas, al azar, una cantidad de 250 g por cada una de 4 sub muestras, colocándolas en una bolsa de polietileno con cierre hermético. Las 4 sub muestras fueron colocadas en una caja térmica, debidamente rotuladas (consignando fecha de muestreo y caserío de procedencia), acondicionándolas con geles refrigerantes e inmediatamente fueron transportadas al laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales de Tarapoto, para su análisis de cadmio.

#### **B) Almendras secas beneficiadas**

Las muestras de almendras secas de cacao fueron recolectadas en el centro de beneficio de la Asociación de Productores que se ubica en el caserío Cigarro de Oro. De los módulos de secado y cuando las almendras tuvieron una humedad de 7, se seleccionaron 4 muestras de 250 g cada una. Éstas fueron colocadas en una bolsa de polietileno con cierre hermético las que su vez fueron colocadas, debidamente rotuladas (consignando fecha de muestreo, fecha de

envío y caserío de procedencia), en una caja térmica, para ser trasladadas al laboratorio del ICT.

### **C) Almendras tostadas**

En el módulo de secado se seleccionaron al azar una muestra de 5 kg de almendras secas, las cuales fueron envasadas en bolsas de polietileno herméticas. Estas almendras fueron trasladadas al laboratorio de la Cooperativa Sol & Café de la ciudad de Jaén, en donde se realizó el tostado y la molienda. Luego de someterse al tueste, se seleccionaron 4 muestras de 250 g cada una, por cada caserío, y se colocaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, debidamente rotuladas (consignando fecha de muestreo, fecha de envío y caserío de procedencia). Finalmente, estas muestras de almendras tostadas contenidas en cada bolsa hermética, fueron colocadas en una caja térmica, para ser transportadas al laboratorio de ICT, para su análisis de cadmio.

### **D) Licor de cacao**

Los 4 kg de almendras tostadas, sobrantes en el procedimiento anterior, se sometieron al descascarillado y luego al molido, hasta obtener una masa fina y homogénea, fundiéndose como resultado de la elevación de temperatura. Una vez obtenido el licor de cacao, con ayuda de una espátula, se vertieron 250 g de licor de cacao en cada una de cuatro bolsas de polietileno con cierre hermético, debidamente identificados (fecha de muestreo, fecha de envío, caserío de procedencia). A continuación, fueron acondicionadas en una caja térmica y trasladadas al laboratorio del ICT.

#### **3.3.4. Diagrama de flujo de obtención de muestras**

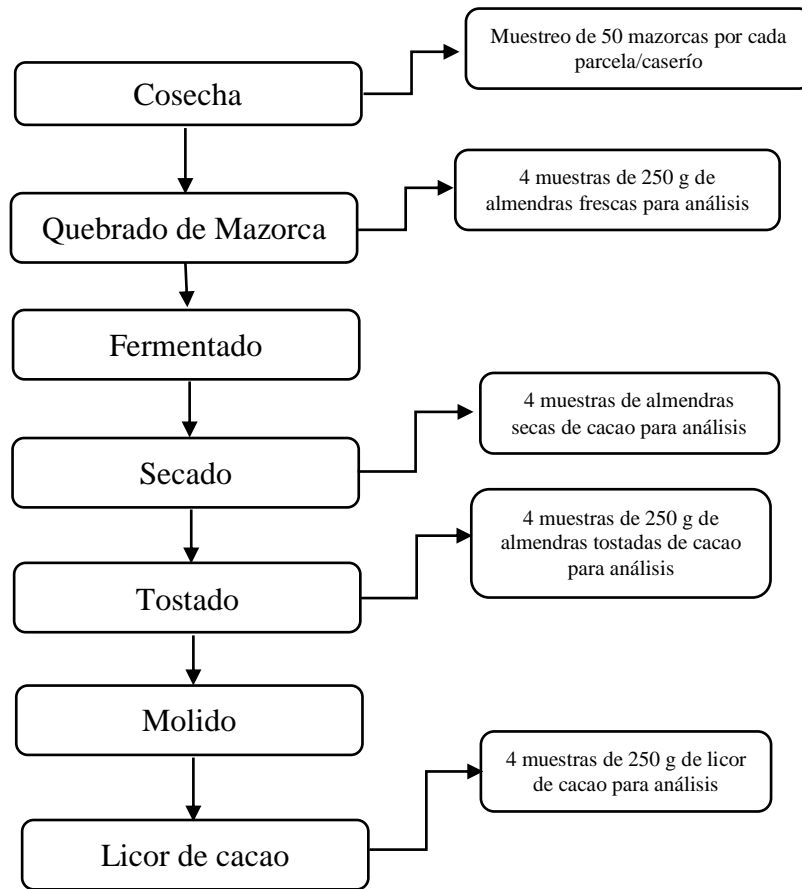
Se realizó teniendo en cuenta el proceso productivo del cacao a nivel de poscosecha, tal como se observa en la figura 1.

#### **3.3.5. Análisis de cadmio**

Se tuvo en cuenta lo establecido por la Norma Técnica Peruana (Tabla 3) que establece las técnicas de preparación de muestras de cacao para la determinación de cadmio por vía seca (INACAL, 2015).

**Figura 1**

*Flujograma para análisis de cadmio en almendras y licor de cacao.*



**Tabla 3**

*Norma técnica peruana con Resolución Directoral N° 004-2015-INACAL para la determinación de cadmio en productos de cacao.*

Norma	Título	Método de Digestión	Método de Análisis
NTP 208.030:2015	Productos de cacao: Determinación de plomo, cadmio, cobre, cinc.	Digestión por vía seca	GFAAS (Graphite Furnance Atomic Absortion Spectrometry = Espectrometría de absorción atómica de fuente de grafito)

**Fuente:** (INACAL, 2015)

El análisis de cadmio fue realizado, siguiendo el protocolo del laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales de la ciudad de Tarapoto, región San Martín. Para dicho análisis, se siguió el método de espectrofotometría de absorción atómica, que, según Arboleda *et al.* (2011) es una técnica instrumental que se basa en la absorción, emisión y fluorescencia de radiación electromagnética por partículas atómicas. Se utiliza para analizar diferentes concentraciones mediante radiaciones del espectro ultravioleta (UV), visible y Rayos X.

### **Procedimiento del análisis mediante la espectrofotometría de absorción atómica**

**Limpieza y acondicionamiento de material:** todo el material de vidrio que se utilizó en el análisis fue lavado con ácido nítrico al 5% y con abundante agua destilada, finalmente se colocó en la estufa para su respectivo secado.

**Cantidad de muestra a utilizar:** Se utilizó 10 g de cada muestra, posteriormente se pesó 0,5 g de la muestra y se colocó en un tubo de teflón al que se le adicionó 6 mL ácido nítrico, 1 mL ácido clorhídrico, 0,5 mL de agua oxigenada y se selló para ser llevado al Digestor de Microondas a una potencia de 1600 w, a un tiempo de 30 minutos y de 15 minutos de enfriamiento. En seguida se transvasó a fioles de 25 mL y enrasados con agua destilada, quedando listos para su correspondiente lectura al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

### **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 (almendras frescas, secas, tostadas y licor de cacao) 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.

**Determinación de cadmio:** se emplea 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.

### 3.3.6. Diseño de la investigación

#### a) Diseño experimental

Por la modalidad de estudio no se usó Diseños Experimentales; por lo que, se utilizó la estadística descriptiva, determinando las medias de la concentración de cadmio de las diferentes etapas de beneficiado de cacao.

#### b) Análisis de datos

Los datos fueron sometidos al cálculo de las medias en cada una de las etapas de beneficiado de grano de cacao. Se utilizó las medidas de **Tendencia central** (Mediana y Media aritmética); las medidas de **dispersión**, (Rango, Varianza, Desviación Estándar, Valor Máximo, Valor Mínimo), para determinar la distancia de los valores de la variable a un cierto valor central y, las medidas de **posición** (Cuartiles), para obtener la característica poblacional.

Se realizó también la prueba de la hipótesis al 0,05 de probabilidad, teniendo en cuenta la hipótesis nula ( $H_0$ ), en la cual se obtiene el supuesto de que el parámetro toma un valor de 0,10 a 0,80 ppm de cadmio.

#### c) Contrastación de datos

Los datos fueron contrastados con los valores máximos permisibles (0,10 a 0,80 ppm) reglamentado por la Unión Europea, para rechazar o aceptar la hipótesis nula.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinación de cadmio

#### 4.1.1. Caserío Ozurco

El contenido de cadmio, Tabla 4, indica que en todas las etapas de poscosecha del cacao, están dentro del margen de los límites máximos permisibles, con contenidos entre 0,09 a 0,58 ppm.

**Tabla 4**

*Concentración de cadmio en almendras y licor de cacao en el caserío Ozurco, julio 2021.*

Muestra	Almendras	Almendras Secas	Almendras	Licor de Cacao
	Frescas	Fermentadas	Tostadas	
M1	0,16	0,54	0,30	0,39
M2	0,12	0,58	0,33	0,36
M3	0,10	0,39	0,41	0,35
M4	0,09	0,49	0,30	0,38

En la tabla 5, las medidas de tendencia central muestran que el promedio del contenido de cadmio es de 0,118 ppm; 0,500 ppm; 0,335 ppm y 0,370 ppm, para las almendras frescas, almendras secas, almendras tostadas y licor de cacao, respectivamente. La mediana varía de 0,11 a 0,515 ppm, encontrándose dentro de los valores máximos permisibles (0,10 a 0,80 ppm). El rango, se observa disperso, variando de 0,04 a 0,19.

**Tabla 5**

*Estadísticos del contenido de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao en el caserío Ozurco, julio 2021.*

Parámetros Estadísticos	Contenido de cadmio (ppm) (n=4)			
	Almendras Frescas	Almendras Secas Fermentadas	Almendras Tostadas	Licor de Cacao
Mediana	0,110	0,515	0,315	0,370

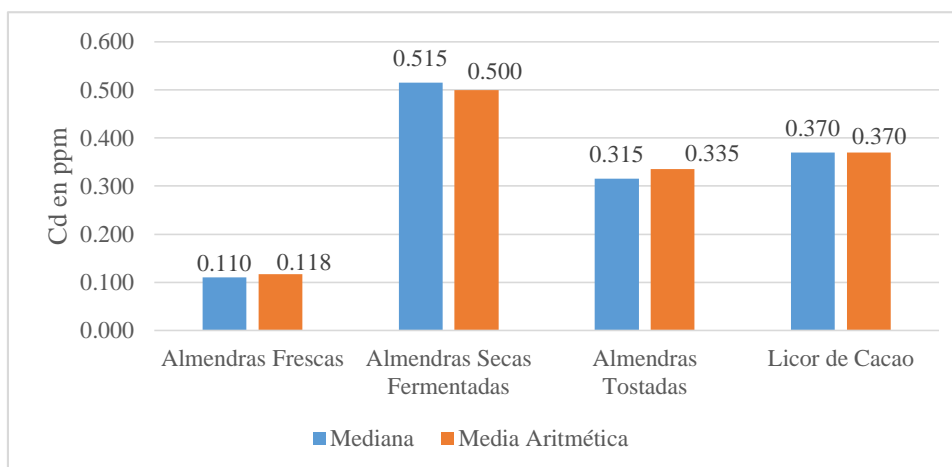


De Tendencia Central	Media Aritmética	0,118	0,500	0,335	0,370
	Rango	0,070	0,190	0,110	0,040
	Varianza	0,001	0,007	0,003	0,000
De Dispersión	Desviación Estándar	0,031	0,082	0,052	0,018
	Error Estándar (s $\bar{X}$ )	0,015	0,041	0,026	0,009
	Valor mínimo	0.090	0,390	0,300	0,350
	Valor máximo	0.160	0,580	0,410	0,390

En la figura 2, la mediana y media aritmética del contenido de cadmio, en el caserío Ozurco, difieren ligeramente en almendras frescas, almendras secas y almendras tostadas, mientras que, en el licor de cacao, la mediana presenta el mismo valor que el promedio de cadmio.

**Figura 2**

*Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Ozurco.*



#### 4.1.2. Caserío Tapara

Para el caserío Tapara, en la tabla 6, se observa que el contenido de cadmio en las diferentes etapas de poscosecha, se encuentra entre los límites máximos permisibles; sin embargo, a excepción de la muestra M4, el cadmio supera el LMP con un valor de 0,83 ppm.

**Tabla 6**

*Concentración de cadmio en almendras y licor de cacao en el caserío Tapara, julio 2021.*

Muestra	Almendras Frescas	Almendras Secas Fermentadas	Almendras Tostadas	Licor de Cacao
M1	0,15	0,30	0,35	0,40
M2	0,16	0,57	0,42	0,47
M3	0,16	0,61	0,46	0,55
M4	0,19	0,64	0,83	0,55

Las medidas de tendencia central, en el caserío Tapara –tabla 7- en cada una de las etapas de poscosecha, el contenido de cadmio no supera los límites máximos permisibles. El rango se muestra disperso, alcanzando valores de 0,04 a 0,480 ppm.

**Tabla 7**

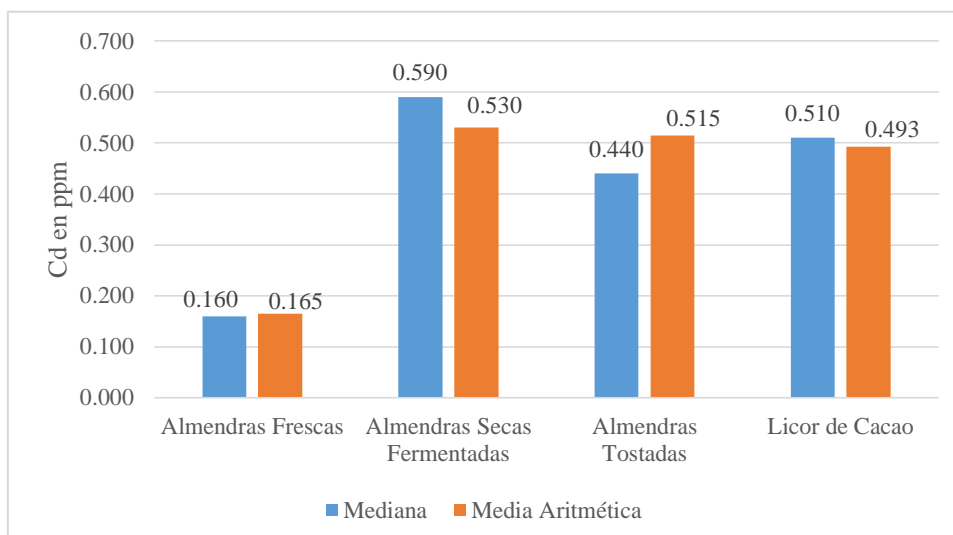
*Estadísticos del contenido de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao en el caserío Tapara, julio 2021.*

Parámetros Estadísticos		Contenido de cadmio (ppm) (n=4)			
		Almendras Frescas	Almendras Secas Fermentadas	Almendras Tostadas	Licor de Cacao
De Tendencia Central	Mediana	0,160	0,590	0,440	0,510
	Media Aritmética	0,165	0,530	0,515	0,493
	Rango	0,040	0,340	0,480	0,150
	Varianza	0,000	0,024	0,046	0,005
De Dispersión	Desviación Estándar	0,017	0,156	0,215	0,072
	Error Estándar (s $\bar{x}$ )	0,009	0,078	0,107	0,036
	Valor mínimo	0,150	0,300	0,350	0,400
	Valor máximo	0,190	0,640	0,830	0,550

La mediana, figura 3, muestra valores casi similares que la media aritmética, además que no superan los límites máximos permisibles.

**Figura 3**

*Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Tapara.*



#### 4.1.3. Caserío Nueva Esperanza

Para el caserío Nueva Esperanza, tabla 8, los valores del contenido de cadmio en algunos casos son inferior a los límites máximos permisibles, tal como se observa en la M1 y M2 de almendras frescas. Por el contrario, en la M4 de almendras tostadas el contenido de cadmio supera los límites máximos permisibles con un valor de 0,88 ppm.

**Tabla 8**

*Concentración de cadmio en almendras y licor de cacao en el caserío Nueva Esperanza, julio 2021.*

Muestra	Almendras Frescas	Almendras Secas Fermentadas	Almendras Tostadas	Licor de Cacao
M1	0,07	0,37	0,38	0,36
M2	0,09	0,41	0,45	0,46
M3	0,10	0,43	0,46	0,48
M4	0,13	0,57	0,88	0,55

En cuanto a la mediana y media aritmética, el contenido de cadmio –tabla 9 y figura 4- ha alcanzado valores que no superan los límites máximos permisibles. El rango es disperso con valores entre 0,06 a 0,50 ppm.

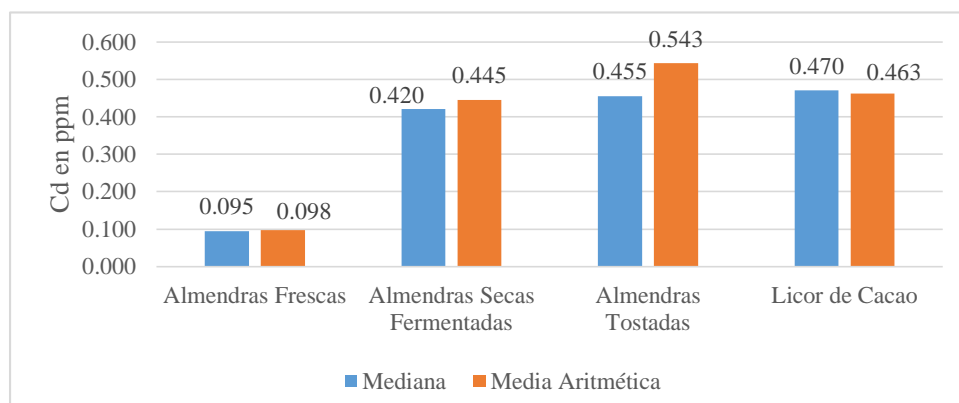
**Tabla 9**

*Estadísticos del contenido de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao en el caserío Nueva Esperanza, julio 2021.*

Parámetros Estadísticos		Contenido de cadmio (ppm) (n=4)			
		Almendras Frescas	Almendras Secas Fermentadas	Almendras Tostadas	Licor de Cacao
De Tendencia	Mediana	0,095	0,420	0,455	0,470
Central	Media Aritmética	0,098	0,445	0,543	0,463
	Rango	0,060	0,200	0,500	0,190
	Varianza	0,001	0,008	0,052	0,006
De Dispersión	Desviación Estándar	0,025	0,087	0,228	0,078
	Error Estándar (s $\bar{X}$ )	0,013	0,043	0,114	0,039
	Valor mínimo	0,070	0,370	0,380	0,360
	Valor máximo	0,130	0,570	0,880	0,550

**Figura 4**

*Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Nueva Esperanza.*



#### 4.1.4. Contenido de cadmio del cacao de la Asociación de Productores Cacaoteros

En la tabla 10 y figura 5, se logra observar que el contenido de cadmio no supera los límites máximos permisibles en la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango.

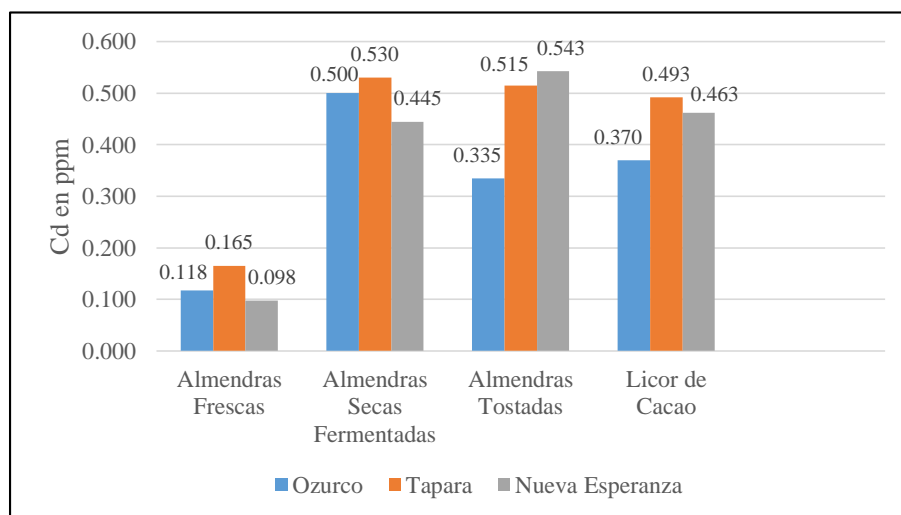
**Tabla 10**

*Contenido promedio de cadmio (ppm) en almendras y licor de cacao en los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza.*

Estado de poscosecha	Caserío		
	Ozurco	Tapara	Nueva Esperanza
Almendras frescas	0,118	0,165	0,098
Almendras secas fermentadas	0,500	0,530	0,445
Almendras tostadas	0,335	0,515	0,543
Licor de cacao	0,370	0,493	0,463

**Figura 5**

*Media aritmética de la concentración de cadmio.*



Los valores de la mediana y la media aritmética, tabla 11 y figura 6, difieren ligeramente, lo cual daría a entender que el recojo de muestras ha sido homogénea. Aunque el rango se muestra disperso con valores entre 0,12 a 0,58, no significa que el trabajo de investigación haya tenido errores en el muestreo.

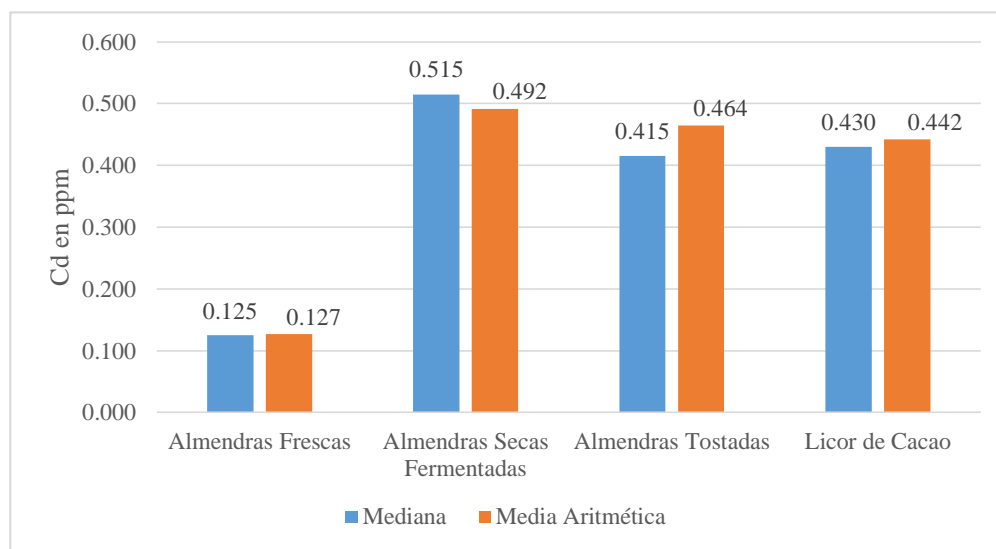
**Tabla 11**

*Estadísticos del contenido de cadmio (ppm), en almendras y licor de cacao, de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, julio 2021.*

Parámetros Estadísticos		Contenido de cadmio (ppm) (n=4)			
		Almendras Frescas	Almendras Secas Fermentadas	Almendras Tostadas	Licor de Cacao
De Tendencia Central	Mediana	0,125	0,515	0,415	0,430
	Media Aritmética	0,127	0,492	0,464	0,442
	Rango	0,120	0,340	0,580	0,200
	Varianza	0,001	0,012	0,037	0,006
De Dispersión	Desviación Estándar	0,037	0,109	0,192	0,078
	Error Estándar ( $s\bar{X}$ )	0,011	0,031	0,055	0,023
	Valor mínimo	0,07	0,30	0,30	0,35
	Valor máximo	0,19	0,64	0,88	0,55

**Figura 6**

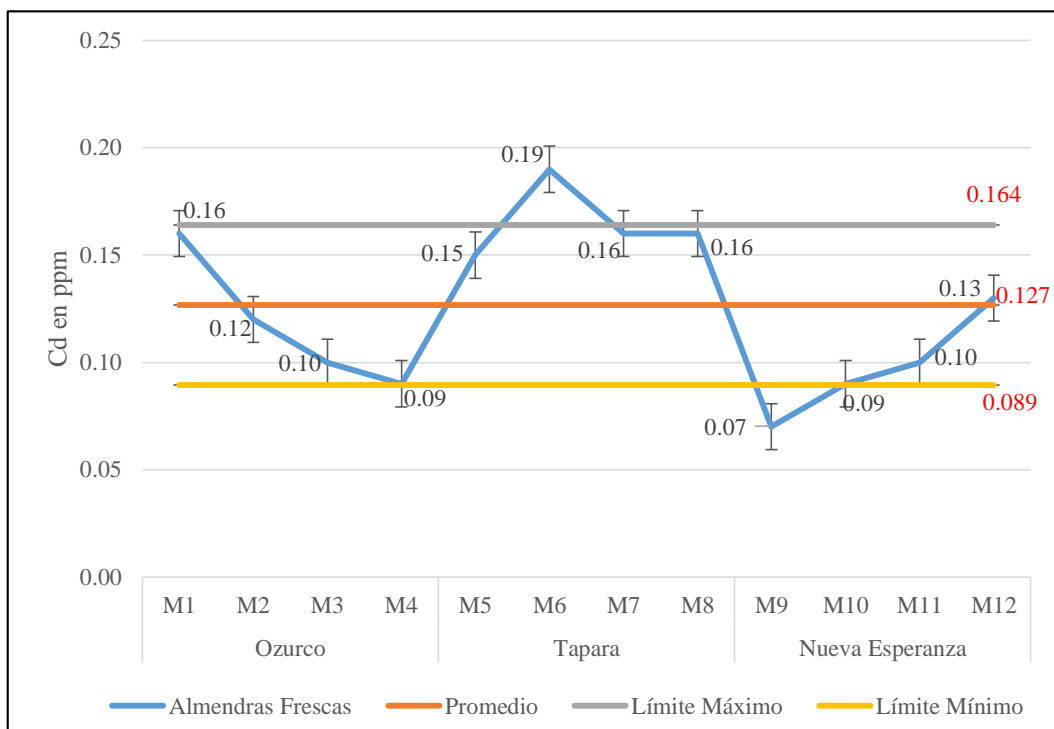
*Mediana y media aritmética de la concentración de cadmio en la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, San Ignacio.*



En la figura 7, se observa la dispersión de la media muestral para el contenido de cadmio en almendras frescas. Las muestras M2, M3, M4, M9, M10 y M11, son inferiores a la media aritmética, mientras que las muestras M1, M5, M6, M7, M8 y M12, superan el promedio del contenido de cadmio. En este caserío, la variancia es dispersa, lo cual indicaría que puede haber heterogeneidad en las labores culturales o heterogeneidad en contenido de cadmio en los diferentes puntos de muestreo.

**Figura 7**

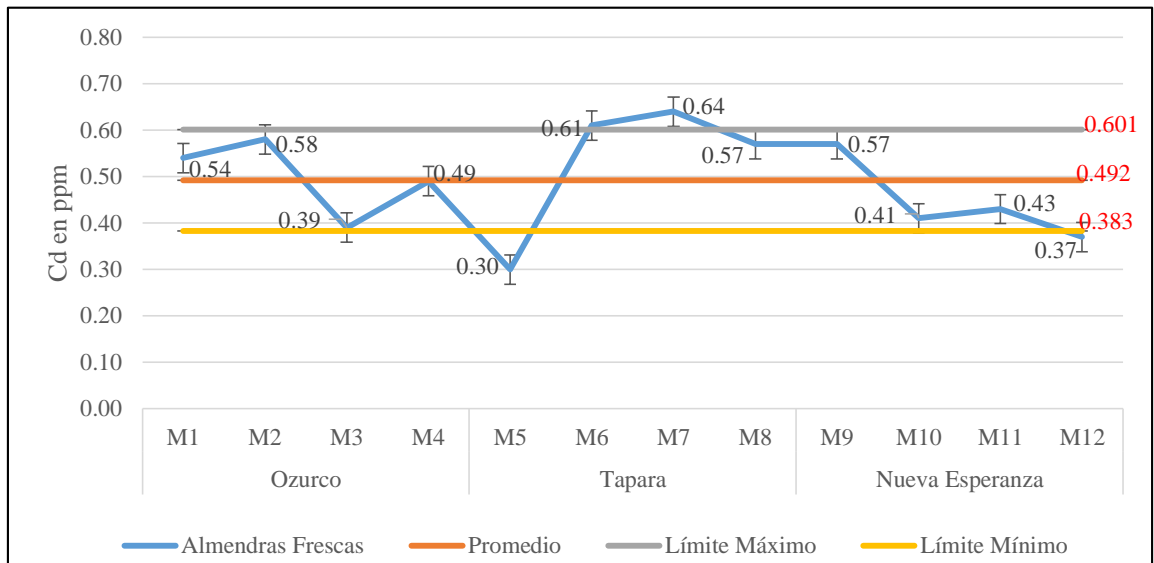
*Desviación Estándar de la media muestral para almendras frescas.*



En la figura 8, para las almendras seca fermentadas, la media muestral es dispersa. En un 50 % de las muestras superan el promedio y otro 50 % de muestras son inferiores a la media muestral. Esta dispersión puede indicar que el secado es heterogéneo, aunque los valores no superan los límites máximos permisibles.

**Figura 8**

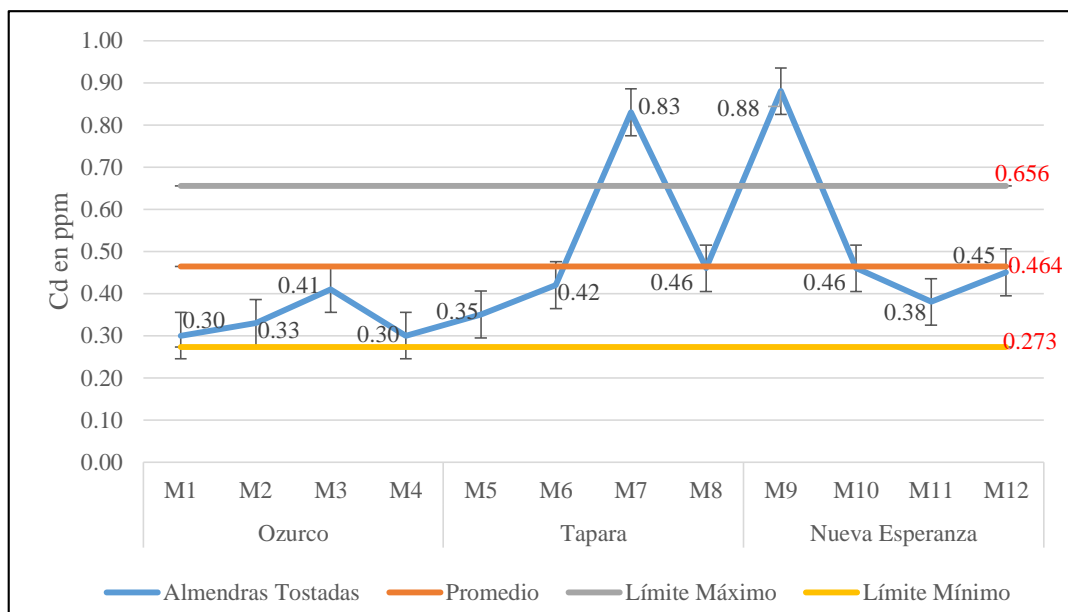
*Desviación Estándar de la media muestral para almendras secas fermentadas.*



En caso de las almendras tostadas, figura 9, la dispersión de la media muestral es casi homogénea; en este caso sólo las muestras M7 y M9 superan a la media muestral o promedio, mientras que las demás muestras están con valores por debajo de la media muestral.

**Figura 9**

*Desviación Estándar de la media muestral para almendras tostadas.*

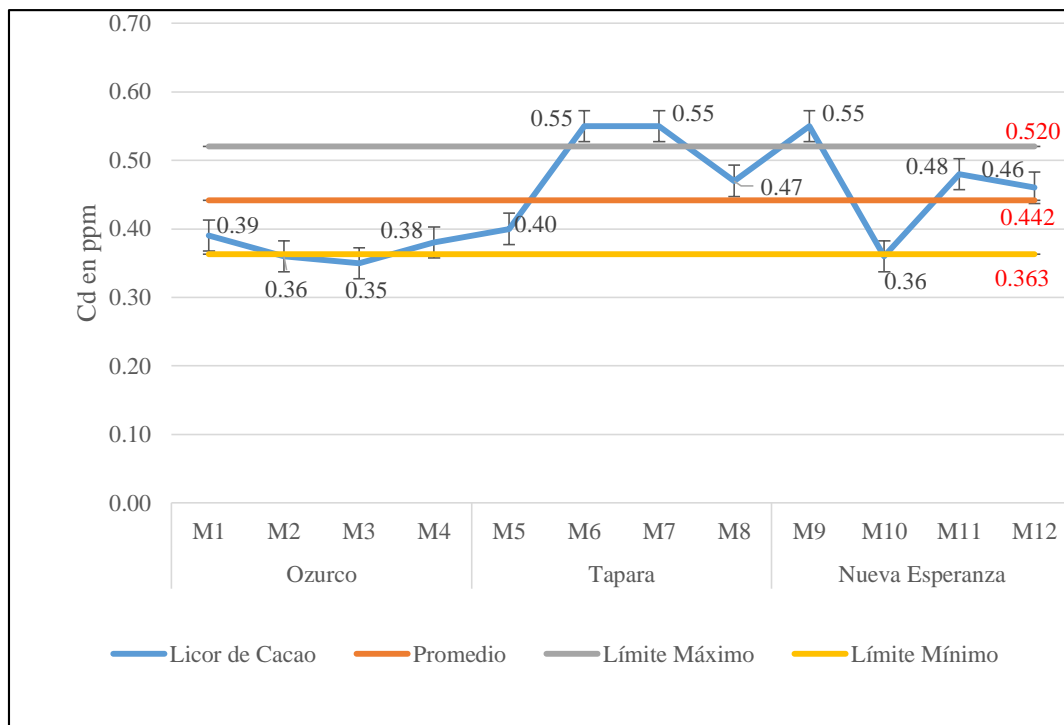




En la figura 10, la dispersión de la media muestral del licor de cacao respecto al contenido de cadmio, es un tanto dispersa y sólo las muestras M1, M2, M3, M4, M5 y M10 son inferiores a la media muestral. La variancia es dispersa, indicando que el contenido de cadmio en el licor de cacao, en las diferentes muestras no es muy homogéneo, aunque no superan los límites máximos permisibles.

**Figura 10**

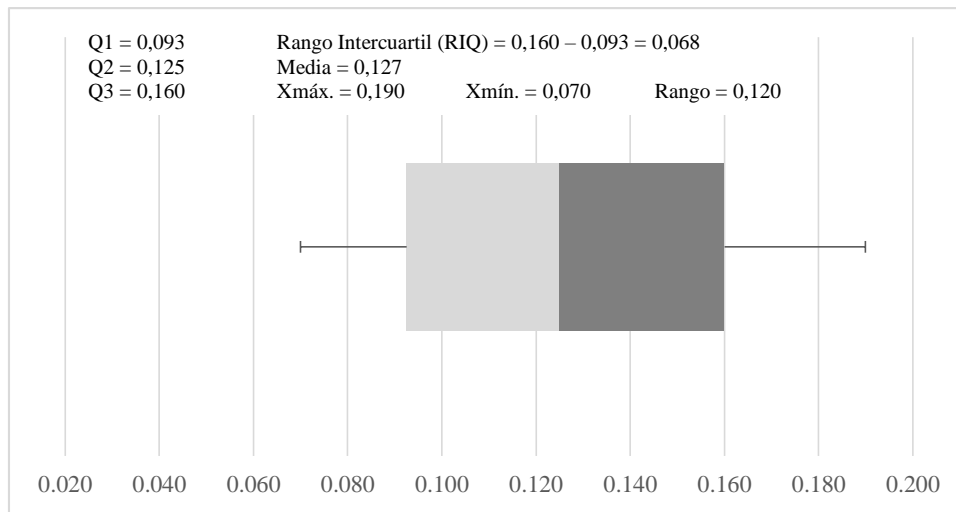
*Desviación Estándar de la media muestral para licor de cacao.*



En la figura 11, las medidas de posición de la concentración de cadmio en almendras frescas, muestra que el cuartil 1 (Q1) tiene el 25 % de los datos que son iguales a 0,093 ppm. El segundo cuartil (Q2) tiene el 50 % de los datos, siendo igual a 0,125 ppm y el cuartil 3 (Q3) tiene el 75 % de los datos y es igual a 0,160 ppm. El 50 % de los datos obtenidos presentan un promedio de 0,068 ppm de cadmio. El rango es casi similar que la media y la mediana, por lo que los datos no son dispersos mostrando poca variabilidad comparada con el contenido de cadmio de almendras secas fermentadas, almendras tostadas y licor de cacao. La distribución de la mediana es asimétrica positiva porque se ubica más cerca al primer cuartil y, la media aritmética es mayor que la mediana.

**Figura 11**

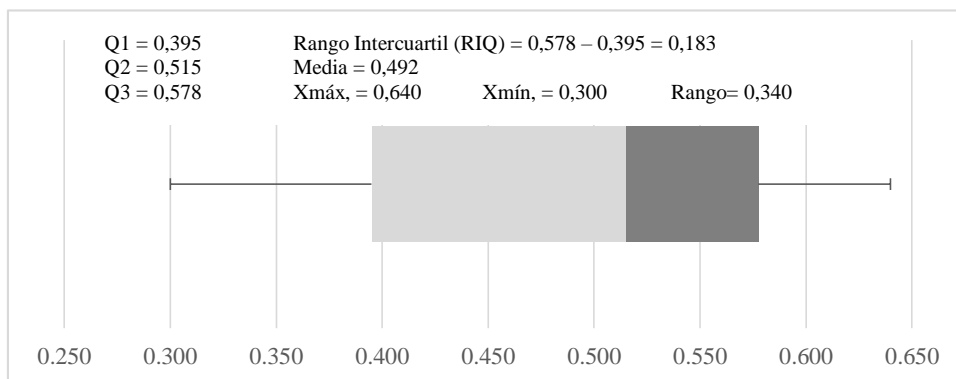
*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en almendras frescas.*



Para el contenido de cadmio de almendras fermentadas, las medidas de posición, figura 12, indican que el 25 % -cuartil 1, Q1- de los datos presentan valores de 0,395 ppm, el cuartil 2, Q2, presenta un 50 % de datos con valores de 0,515 ppm y el cuartil 3, Q3, presentan un 75 % de los datos con valores de 0,578 ppm. El 50 % de los datos muestran valores de 0,183 ppm. El rango es grande por lo que indica que hay variabilidad de los datos obtenidos. La distribución de la mediana es asimétrica negativa, debido a que se ubica más cerca del tercer cuartil y es decir que la media aritmética es menor que la mediana.

**Figura 12**

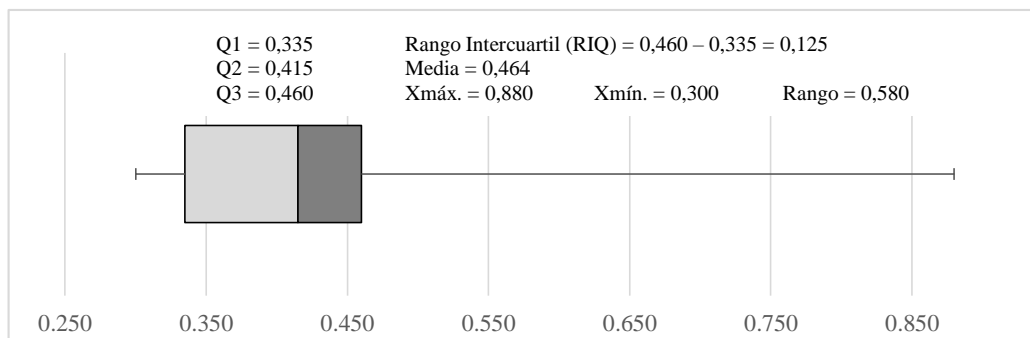
*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en almendras secas fermentadas.*



En la figura 13, la posición de los datos tomados indica que el 25 % se agrupan con valores de 0,335, correspondientes al cuartil 1. El cuartil 2, Q2, indica que el 50 % de los datos muestran valores de 0,415 ppm y el cuartil 3, Q3, muestra que el 75 % de los datos corresponden a valores de 0,460 ppm. El rango intercuartil, que corresponde al 50% de datos agrupados, es de 0,125 ppm. En este caso, la dispersión de la mediana es asimétrica negativa toda vez que la mediana se ubica más cerca al tercer cuartil; sin embargo, los datos son atípicos, que hacen que la media aritmética sea mayor que la mediana.

**Figura 13**

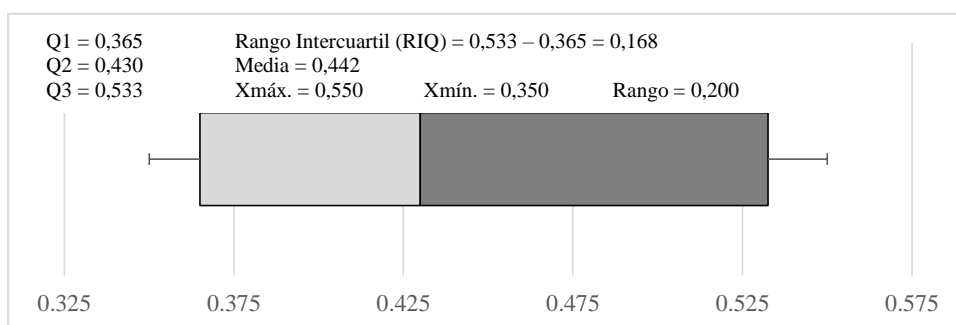
*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en almendras tostadas.*



En la figura 14, se observa que el 25 % de datos que corresponde al cuartil 1, arrojan valores de 0,365 ppm, el cuartil 2, Q2, tienen un valor de 0,430 ppm y el Q3 indica que el 75 % de los datos corresponden a valores de 0,533 ppm. El rango es grande lo que indica que los datos son dispersos y la mediana es asimétrica positiva por ubicarse más cercana al cuartil 1, siendo la media aritmética mayor que la mediana.

**Figura 14**

*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en licor de cacao.*



#### 4.2. Prueba de hipótesis o contrastación del contenido de cadmio con los límites máximos permisibles

La tabla 12 y figuras 15 al 26, del Anexo 3, muestran que en almendras frescas el valor de hipótesis calculado arrojó valores en el área de rechazo de la hipótesis nula; es decir, el contenido de cadmio no es igual a los límites máximos permisibles (LMP=0,10 ppm a 0,80 ppm). Sin embargo, para almendras frescas en el caserío Ozurco y Nueva Esperanza, el contenido de cadmio si se localiza en el área de aceptación, lo que podría dar a entender que el contenido de cadmio en almendras frescas supera los LMP, pero referido a la media poblacional de 0,10 ppm, pero como la norma de la Unión Europea define un rango de LMR de 0,10 a 0,80 ppm, en esta investigación, los valores de cadmio no han superado los LMP.

**Tabla 12**

*Prueba de hipótesis, al 0,05 de probabilidad, del contenido de cadmio (ppm), para los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza, julio 2021.*

Caserío		Valor de hipótesis ( $\mu = \text{LMP de Cd}$ )	Almendras frescas	Almendras secas fermentadas	Almendras tostadas	Licor de cacao
Valor observado	<b>Ozurco</b>	0,10 ppm	1,131	9,749	9,045	29,577
		0,80 ppm	-44,093	-7,312	-17,898	-47,104
$\bar{X} - \mu$	<b>Tapara</b>	0,10 ppm	7,506	5,513	3,863	10,860
		0,80 ppm	-73,323	-3,462	-2,653	-8,508
$t = \frac{\bar{X} - \mu}{(s^2/n)^{1/2}}$	<b>Nueva Esperanza</b>	0,10 ppm	-0,200	7,932	3,885	9,239
		0,80 ppm	-56,200	-8,162	-2,261	-8,601
Valor Tabular			2,353	2,353	2,353	2,353

Al promediar los valores de cada caserío, en la tabla 13 y figuras 27 al 30 (Anexo 3), se observa que el contenido de cadmio en almendras frescas, almendras secas fermentadas, almendras tostadas y licor de cacao, no superan los LMP de 0,10 a 0,80 ppm; por lo que se puede afirmar que el cacao criollo, que comercializa la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, contienen contenido de cadmio muy por debajo de los LMP, rechazando así la hipótesis nula.

**Tabla 13**

*Prueba de hipótesis al 0,05 de probabilidad, de la concentración de Cadmio (ppm), de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, julio 2021.*

<b>Caserío</b>		<b>Valor de hipótesis (<math>\mu = \text{LMP de Cd}</math>)</b>	<b>Almendras frescas</b>	<b>Almendras secas fermentadas</b>	<b>Almendras tostadas</b>	<b>Licor de cacao</b>
Valor observado	$\bar{X} - \mu$	0,10 ppm	2,480	12,444	6,583	15,079
	$t = \frac{\bar{X} - \mu}{(s^2/n)^{1/2}}$	0,80 ppm	-62,610	-9,796	-6,071	-15,815
	Valor Tabular		1,796	1,796	1,796	1,796

## V. DISCUSIÓN

Los resultados, en los caseríos Ozurco, Tapara y Nueva Esperanza (Tabla 4, Tabla 6 y Tabla 8) muestran que el contenido de cadmio no supera numéricamente a los Límites Máximos Permisibles (0,10 a 0,80 ppm), mostrando valores que coinciden con lo encontrado por Oc *et al.* (2018) que encontró 0,411 ppm en frutos de cacao, mientras Mendoza *et al.* (2021) encontró en la región San Martín, granos de cacao que superaron los LMP a 0,5 ppm. Asimismo, Santander *et al.* (2021) encontró en cotiledones de cacao 0,021 a 0,098 ppm, en almendras secas fermentadas de 0,023 a 0,075 ppm y en licor de cacao de 0,089 a 0,210 ppm. Estos resultados indicarían que en almendras frescas muestran bajos contenidos de cadmio, lo cual indicaría que los suelos de los caseríos muestreados que representan a la población de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, estarían siendo manejadas bajo el enfoque orgánico, es decir con aplicaciones de materia orgánica u otros que eviten la acumulación de cadmio. Esto se puede corroborar por Díaz *et al.* (2018) quien encontró contenido en almendras de 0,455 ppm en fincas de productores orgánicos; además Robinson *et al.* (como se citó en Prieto *et al.*, 2019), menciona que las enmiendas orgánicas remedian los suelos contaminados, pues la unión entre la materia orgánica y los metales, al formar moléculas complejas de alta estabilidad, disminuyen la fitoextracción y por ende la fitotoxicidad.

Por otro lado, en las almendras frescas, almendras tostadas y licor de cacao, los valores en todos los caseríos aumentan en comparación con el contenido de cadmio de las almendras frescas, aunque no superan el límite máximo permisible de 0,80 ppm. Este aumento del contenido de cadmio, si bien no hay investigaciones, podría deberse a causas antropogénicas durante el traslado de las almendras al centro de beneficio, por los envases u otro factor. Sin embargo, al no superar los LMP da a entender que la producción de cacao criollo se realiza haciendo usan buenas prácticas de pre y poscosecha que evitan la contaminación por cadmio en valores excesivos.

Al promediar las muestras de cada caserío, los resultados igualmente muestran que el contenido de cadmio no supera los límites máximos permisibles (0,10 a 0,80 ppm) pudiendo afirmar que la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, comercializa cacao libre de cadmio, o en todo caso con contenidos de este metal pesado por debajo de los LMP. Estos resultados coinciden con lo reportado por Arévalo *et al.* (2016) quien encontró

en suelos de Jaén y San Ignacio  $0.01 \pm 0.02$  y  $0.00 \pm 0.00$ , de cadmio respectivamente, mientras que, Aguirre (2020), por el contrario, reporto contenidos de cadmio por sobre los LMP en Piura (0,84 a 3,14 ppm), Tumbes (0,80 a 2,21 ppm) y Tingomaría (1,55 ppm).

Respecto a la prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad, para cada caserío (Tabla 12 y figuras 15 al 26), indican que el contenido de cadmio no supera los límites máximos permisibles, por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $=0,10$  a  $0,80$  ppm), dando a entender que, en cada caserío de producción de cacao criollo, el cadmio está por debajo de los LMP. Asimismo, los resultados para el conjunto de muestras, Tabla 13 y figuras 27 al 30, la prueba de hipótesis indica que el contenido de cadmio es inferior a los LMP, rechazándose la hipótesis nula.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- El promedio del contenido de cadmio en el cacao de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, provincia de San Ignacio fueron de 0,125 ppm; 0,515 ppm; 0,415 ppm y 0,430 ppm, para almendras frescas, almendras secas beneficiadas, almendras tostadas y licor de cacao, respectivamente.
- El contenido de cadmio en el cacao, de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, no superaron los límites máximos permisibles (0,10 ppm a 0,80 ppm); rechazándose la hipótesis nula.
- Se recomienda a los estudiantes o bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias y de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal de la UNJ, realizar investigación en otras localidades, de parcelas orgánicas como inorgánicas, para determinar diferencias del contenido de cadmio en relación al manejo del cultivo.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, K.Y. (2020). Estudio del contenido del cadmio (Cd) en el cultivo del cacao [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2485/AGRO-AGU-CUE-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Acosta Reátegui, J. M. (Setiembre de 2018). Análisis de la cadena productiva del cacao. *Ministerio de Agricultura y Riego*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego.
- Arévalo, E., Obando, M.E., Zúñiga, L.B., Arévalo, C.O., Baligar, V. y He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15 (2), 8 <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a03v15n2.pdf1-89>.
- Arévalo, E., Meinhardt, L.W., Zúñiga, L.C., Arévalo, J., Motilal, L. & Zhang, D. (2019). Genetic identity and origin of B*Piura* Porcelana-a fine-flavored traditional variety of cacao (*Theobroma cacao*) from the Peruvian Amazon. *Tre Genetics & Genomes*, 15, 11. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11295-019-1316-y.pdf>
- Barrueta, S. V. (Noviembre de 2013). Guía de métodos de detección y análisis de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Comisión Nacional para el desarrollo y vida sin drogas*.
- Cárdenas, A. A. (2012). Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico en la cooperativa agraria industrial Naranjillo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/153>
- Chupillón, J. W. (2017). Determinación de la absorción de cadmio y plomo en genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.), para el establecimiento de plantaciones comerciales [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2473>
- Condezo, S. y Huaraca, C.V. (2018). 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 2028 [Tesis de pregrado, Universidad Norbert Wiener]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2571/TESIS%20Condezo%20Silvia%20%20Huaraca%20Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Del Águila, E. A. (2017). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio Institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1269>
- Díaz, L.E., Mendoza, E., Bravo, M. y Domínguez, N. (2018). Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. *Espirales*, 2 (15), 77-92. <https://www.revistaespirales.com/index.php/es/article/view/213/159>
- García, L.F. (2012). Catálogo de cultivares de cacao del Perú. Ministerio de Agricultura y Riego. [https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/cultivares\\_cacao.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/cultivares_cacao.pdf)
- Huamaní, H. A., Huauya, M. Á., Mansilla, L. G., Florida, N., & Neira, G. M. (2012). Presence of heavy metals in organic cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 61 (4), 309-314. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/38134](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/38134)
- INACAL. (06 de Noviembre de 2015). Resolución Directoral N° 004-2015-INACAL/DN. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1675717/004-2015.pdf.pdf>
- Mendoza, K.L., Mostacero, J., López, S.E., Gil, A.E. y Villena, L. (2021). Cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. "cacao" en la región San Martín (Lamas), Perú. *Manglar* 18(2): 169-173. <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/239/363>
- MINAGRI. (septiembre, 2018). Análisis de la cadena productiva de cacao. *Ministerio de Agricultura y Riego*. <https://repositorio.minagri.gob.pe/handle/MIDAGRI/66>
- Oc, W., Gonza, C.J., Guzman, W., Pariente, E. (2018). Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. *Revista Forestal del Perú*, 33 (1): 63 – 75. [https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1156/pdf\\_29](https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1156/pdf_29)
- Prieto, J., González, C.A., Román, A.D. y Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 29-44. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- Ramírez, D. E. (2018). Determinación de niveles de concentración de cadmio (Cd) en hojas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivado bajo tres sistemas de manejo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali] Repositorio Institucional. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3891>

Santander, W., Garay, R., Verde, C. y Mendieta, O. (2021). Determinación del contenido de cadmio en suelos, frutos, granos fermentados y secos, licor de cacao y chocolate en zonas productoras de la región San Martín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87 (1): 39-49. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v87n1/2309-8740-rsqp-87-01-39.pdf>

Unión Europea (13 de mayo de 2014). Reglamento (UE) N° 488/2014 de la comisión de 12 de mayo de 2014 que modifica el reglamento (CE) N° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. *Diario oficial de la Unión Europea*. <https://www.boe.es/doue/2014/138/L00075-00079.pdf>

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer, a Dios por habernos permitido culminar la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Jaén, y todos los docentes que fueron parte de nuestra formación profesional.

De manera especial a la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango. A sus socios un agradecimiento por las facilidades en su centro de beneficio y zonas productoras de cacao.

A la Cooperativa Agraria de Sol & Café por permitir el uso de su laboratorio para el procesamiento de las muestras.

Finalmente, a todas las personas que, de algún modo, nos brindaron el apoyo en este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dios, te doy gracias por guiarme durante mis estudios en la Universidad Nacional de Jaén y al permitirme con éxito llegar a ser un profesional.

A todos mis familiares, sobre todo mis padres, quienes me guiaron al éxito.

**Marlon Tito Incio Cieza**

Primero a ti mi Dios por darme fortaleza y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi vida. A mis padres y hermana que siempre estuvieron conmigo para fortalecerme y motivarme a ser una profesional.

**Leslie Medalith López Bazán**



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**  
INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI N° 06072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**  
**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0029-01-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INICIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - OZURCO  
ALIMENTO : GRANO DE CACAO FRESCO

FECHA DE MUESTREO : 25/07/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 30/07/2021  
FECHA DE REPORTE : 14/08/2021

Item	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 07 0233	M1	0.16
02	21 07 0234	M2	0.12
03	21 07 0235	M3	0.10
04	21 07 0236	M4	0.09

**METODOS:**  
CADMIO : Digestion HNO3:H2O2 (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

**Nota:** El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 14 de Agosto del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
LABORATORIO

Cesar O. Arevalo Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0029-02-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INICIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - TAPARA  
ALIMENTO : GRANO DE CACAO FRESCO

FECHA DE MUESTREO : 25/07/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 30/07/2021  
FECHA DE REPORTE : 14/08/2021

Item	Número de Muestra			CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario		
01	21 07 0237	M1		0.15
02	21 07 0238	M2		0.19
03	21 07 0239	M3		0.16
04	21 07 0240	M4		0.16

**METODOS:**

CADMIO : Digestion HNO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 14 de Agosto del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO - PERU

Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOP Nº 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

Nº SOLICITUD : AA0029-03-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INICIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - NUEVA ESPERANZA  
ALIMENTO : GRANO DE CACAO FRESCO

FECHA DE MUESTREO : 25/07/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 30/07/2021  
FECHA DE REPORTE : 14/08/2021

Item	Número de Muestra			CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario		
01	21 07 0241	M1		0.07
02	21 07 0242	M2		0.09
03	21 07 0243	M3		0.10
04	21 07 0244	M4		0.13

**METODOS:**

CADMIO : Digestión HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 14 de Agosto del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TAGAPOTO - PERÚ

Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS





**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA  
CERTIFICADO INDCOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-01-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INCIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - OZURCO  
ALIMENTO : CACAO SECO

FECHA DE MUESTREO : 13/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Item	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0032	M1	0.54
02	21 06 0033	M2	0.58
03	21 06 0034	M3	0.39
04	21 06 0035	M4	0.49

**METODOS:**

CADMIO : Digestion HNO3:H2O2 (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO - PERU

Cesar O. Alvarado Hernández, MSc  
JEFE DE Dpto. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI N° 00772183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**  
**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-02-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INICIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - TAPARA  
ALIMENTO : CACAO SECO

FECHA DE MUESTREO : 13/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Item	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0036	M1	0.30
02	21 06 0037	M2	0.61
03	21 06 0038	M3	0.64
04	21 06 0039	M4	0.57

**METODOS:**

CADMIO : Digestion HNO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TAPACHO - PERU

Cesar O. Arévalo Hernández, MSc  
JEFE DE C/TO. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPT N° 0072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**  
**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-03-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INCIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - NUEVA ESPERANZA  
ALIMENTO : CACAO SECO

FECHA DE MUESTREO : 13/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Item	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0040	M1	0.57
02	21 06 0041	M2	0.41
03	21 06 0042	M3	0.43
04	21 06 0043	M4	0.37

**METODOS:**  
CADMIO : Digestion HNO3:H2O2 (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TAPACHICO - PERU

César O. Arévalo Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-04-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INICIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - OZURCO  
ALIMENTO : CACAO TOSTADO

FECHA DE MUESTREO : 14/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Ítem	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0044	M1	0.30
02	21 06 0045	M2	0.33
03	21 06 0046	M3	0.41
04	21 06 0047	M4	0.30

**METODOS:**

CADMIO : Digestion HNO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO - PERU

César O. Arévalo Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**  
**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-05-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INCIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - TAPARA  
ALIMENTO : CACAO TOSTADO

FECHA DE MUESTREO : 14/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Ítem	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0048	M1	0.35
02	21 06 0049	M2	0.42
03	21 06 0050	M3	0.83
04	21 06 0051	M4	0.46

**METODOS:**

CADMIO : Digestion HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TAPARA, PERU

Cesar O. Ayévalo Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-06-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INCIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - NUEVA ESPERANZA  
ALIMENTO : CACAO TOSTADO  
FECHA DE MUESTREO : 14/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Item	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0052	M1	0.88
02	21 06 0053	M2	0.46
03	21 06 0054	M3	0.38
04	21 06 0055	M4	0.45

**MÉTODOS:**  
CADMIO : Digestion HNO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TARAPOTO, PERÚ

César O. Arévalo Hernández, MSc  
JEFE DE OPTO. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-07-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INCIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - OZURCO  
ALIMENTO : LICOR DE CACAO

FECHA DE MUESTREO : 15/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Item	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0056	M1	0.39
02	21 06 0057	M2	0.36
03	21 06 0058	M3	0.35
04	21 06 0059	M4	0.38

**METODOS:**

CADMIO : Digestion HNO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TACAPOTO - PERU

Dr. *[Firma]*  
Asesor Técnico, **MSC**  
SERV. DE SUELOS



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**  
INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**  
**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

N° SOLICITUD : AA0006-08-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INCIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - TAPARA  
ALIMENTO : LICOR DE CACAO

FECHA DE MUESTREO : 15/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Item	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0060	M1	0.40
02	21 06 0061	M2	0.55
03	21 06 0062	M3	0.55
04	21 06 0063	M4	0.47

**METODOS:**

CADMIO : Digestion HNO3:H2O2 (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
TAPARA, TAPARA

Cesar Augusto Henandez, MSC  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS





**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA  
CERTIFICADO INDECOPI Nº 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS – CADMIO**

Nº SOLICITUD : AA0006-09-21  
SOLICITANTE : MARLON TITO INCIO CIEZA  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - NUEVA ESPERANZA  
ALIMENTO : LICOR DE CACAO

FECHA DE MUESTREO : 15/06/2021  
FECHA DE RECEP. LAB : 19/06/2021  
FECHA DE REPORTE : 30/06/2021

Ítem	Número de Muestra		CADMIO ppm
	Laboratorio	Usuario	
01	21 06 0064	M1	0.55
02	21 06 0065	M2	0.36
03	21 06 0066	M3	0.48
04	21 06 0067	M4	0.46

**MÉTODOS:**  
CADMIO : Digestion HNO3:H2O2 (2:1) / Espectr. Absorción Atómica

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología utilizada en el muestreo.

La Banda de Shilcayo, 30 de Junio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
T. 075 426 010 - P. 054  
César C. Alvarado Hernández, MSc  
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

**Anexo 2: Datos ordenados procedentes del laboratorio**

Tabla 14

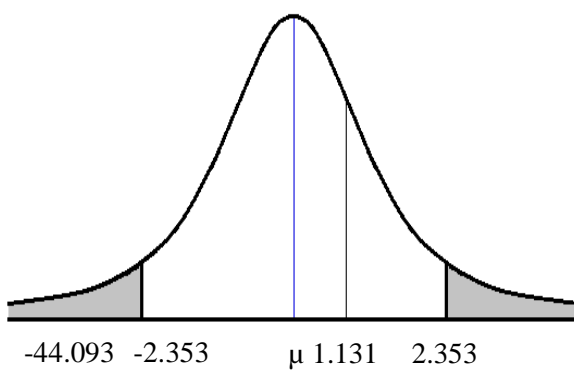
*Concentración de cadmio (ppm) procedentes del laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales –ICT- julio 2021.*

Caserío	Muestra	Almendras Frescas	Almendras Secas Tostadas	Almendras Tostadas	Licor de Cacao
Ozurco	M1	0,09	0,39	0,30	0,35
	M2	0,10	0,49	0,30	0,36
	M3	0,12	0,54	0,33	0,38
	M4	0,16	0,58	0,41	0,39
Tapara	M5	0,15	0,30	0,35	0,40
	M6	0,16	0,57	0,42	0,47
	M7	0,16	0,61	0,46	0,55
	M8	0,19	0,64	0,83	0,55
Nueva Esperanza	M9	0,07	0,37	0,38	0,36
	M10	0,09	0,41	0,45	0,46
	M11	0,10	0,43	0,46	0,48
	M12	0,13	0,57	0,88	0,55

### Anexo 3: Prueba de hipótesis

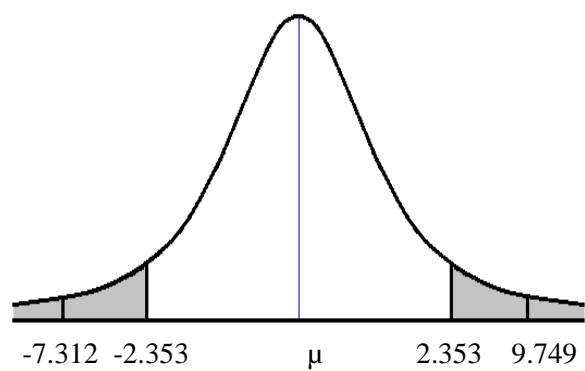
**Figura 15**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas, caserío Ozurco.*



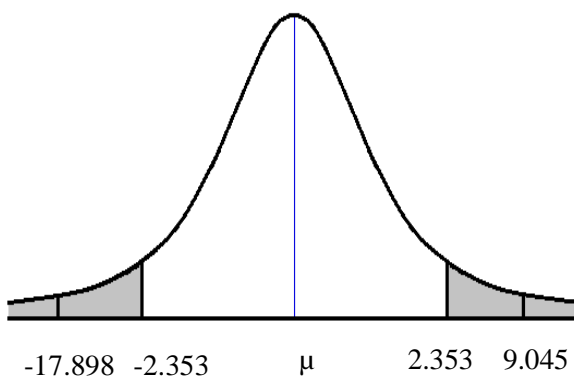
**Figura 16**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas, caserío Ozurco.*



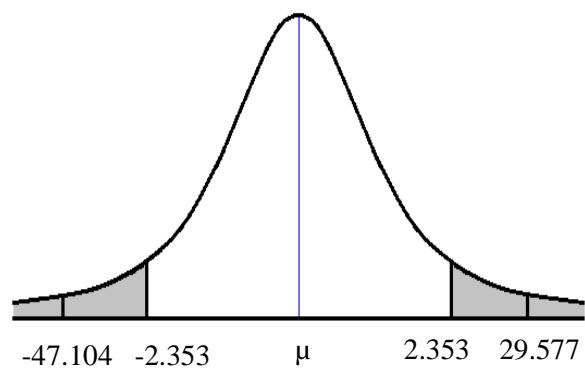
**Figura 17**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas, caserío Ozurco.*



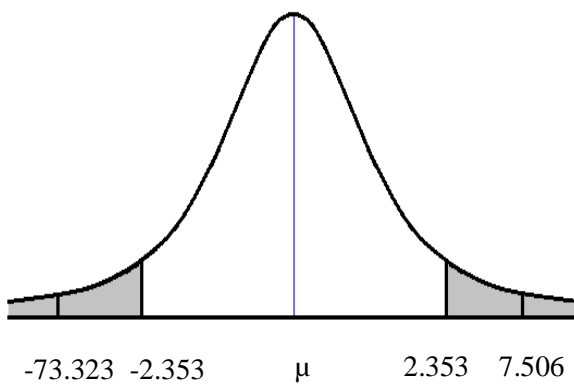
**Figura 18**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao, caserío Ozurco.*



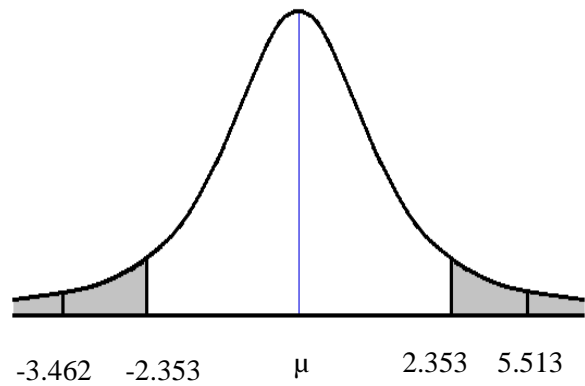
**Figura 19**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas, caserío Tapara.*



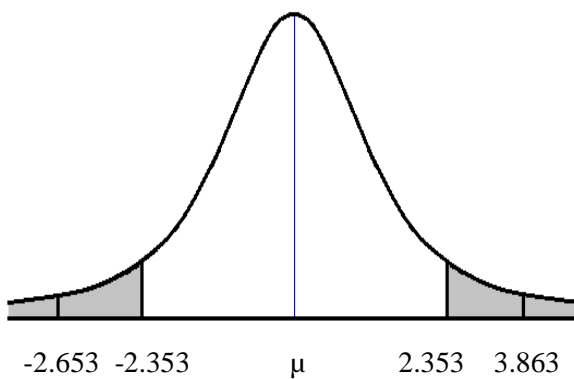
**Figura 20**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas, caserío Tapara.*



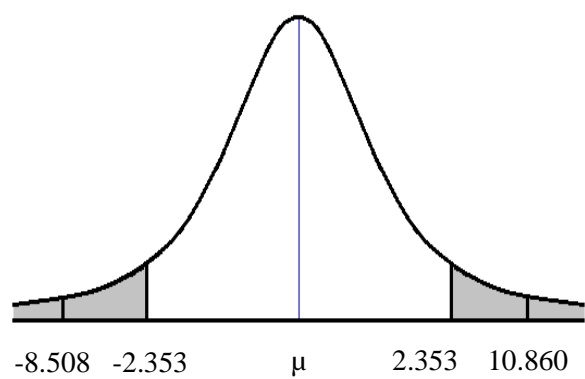
**Figura 21**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas, caserío Tapara.*

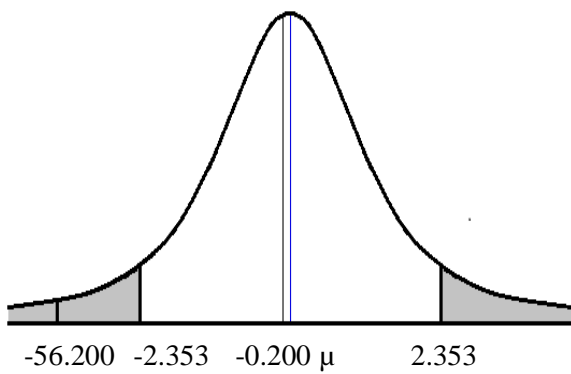


**Figura 22**

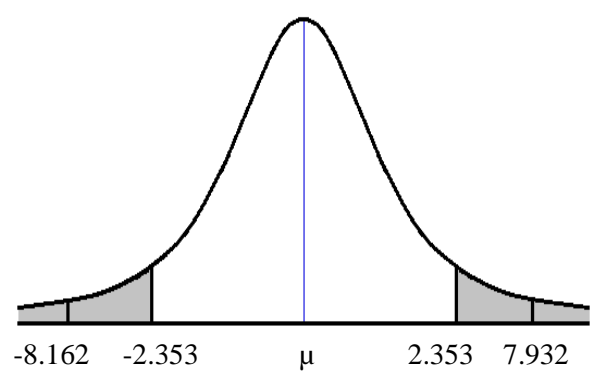
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao, caserío Tapara.*



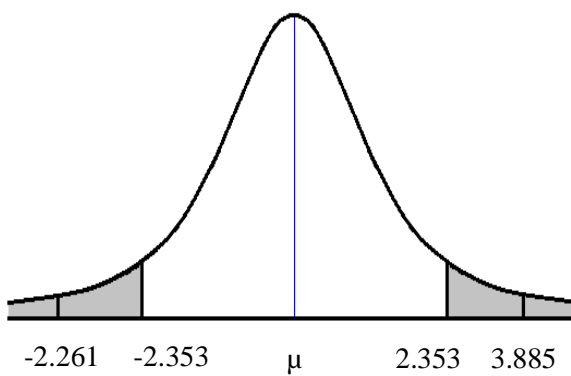
**Figura 23**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas, caserío Nueva Esperanza.*



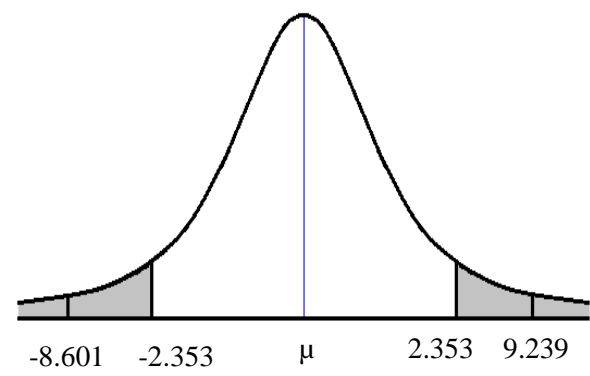
**Figura 24**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas, caserío Nueva Esperanza.*



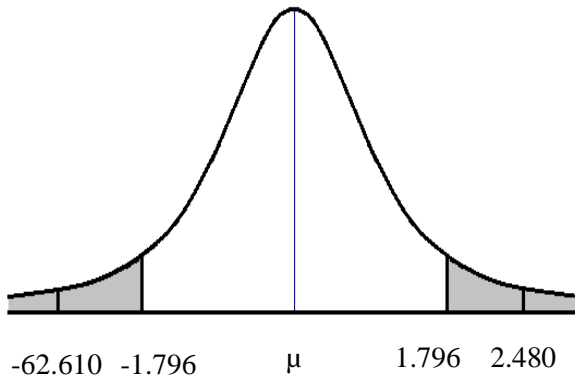
**Figura 25**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas, caserío Nueva Esperanza.*



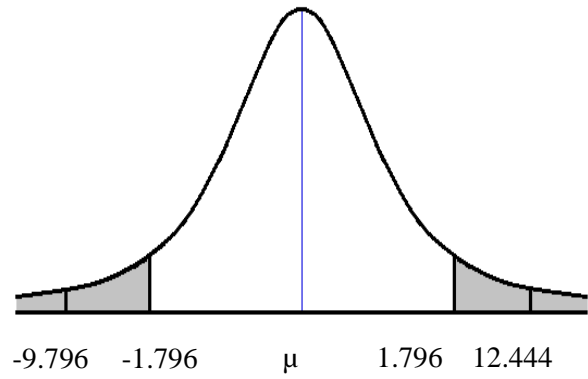
**Figura 26**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao, caserío Nueva Esperanza.*



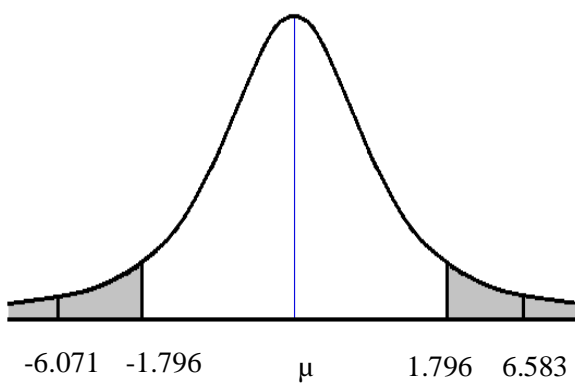
**Figura 27**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras frescas.*



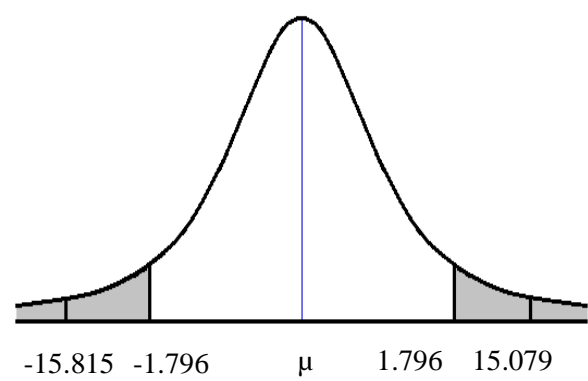
**Figura 28**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras secas fermentadas.*



**Figura 29**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en almendras tostadas.*



**Figura 30**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en licor de cacao.*



#### Anexo 4: Material Fotográfico

**Figura 31**

*Muestreo de mazorcas de cacao en el caserío Ozurco-Huarango, 2021.*



**Figura 32**

*Muestreo de almendras secas en centro de beneficio de la Asociación de Productores Cacaoteros del distrito de Huarango, 2021.*



**Figura 33**  
*Descascarillado de almendras de cacao tostadas.*



**Figura 34**  
*Molido de almendras tostadas de cacao.*



**Figura 35**  
*Pesado de licor de cacao.*





**Figura 36**  
*Preparación de muestras de licor de cacao.*



**Figura 37**  
*Preparación de muestras de licor de cacao.*

