

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**“EVALUACIÓN DE CADMIO EN GRANOS DE CAFÉ,  
CAFÉ TOSTADO MOLIDO Y ESENCIA DE CAFÉ (*Coffea  
arabica* L.) PROCEDENTES DE FINCAS MANEJADAS  
CONVENCIONALMENTE, EN EL DISTRITO SAN  
IGNACIO, CAJAMARCA, CAMPAÑA 2020”**

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

**Autores** : **Bach. Yaque Marley Mundaca Ramos**  
**Bach. Jaky Sheila Huamán García**

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

**JAÉN – PERÚ, MARZO, 2021**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el 09 de abril; siendo las 16:00 horas, se reunieron mediante el aplicativo de videoconferencias Google Meet (enlace: [meet.google.com/rpk-mdod-rof](https://meet.google.com/rpk-mdod-rof)), los **miembros del Jurado Evaluador**:

Presidenta            Dr. Manuel Emilio Milla Pino  
Secretario(a)        Mg. Lenin Quiñones Huatangari  
Vocal                 Mg. María Marleni Torres Cruz

Para **evaluar la Sustentación del Informe Final de:**

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

**Titulado:** "EVALUACIÓN DE CADMIO EN GRANOS DE CAFÉ, CAFÉ TOSTADO MOLIDO Y ESENCIA DE CAFÉ (Coffea arabica L.) PROCEDENTES DE FINCAS MANEJADAS CONVENCIONALMENTE, EN EL DISTRITO SAN IGNACIO, CAJAMARCA, CAMPAÑA 2020"; **presentado por** las Bachilleres: Yaque Marley Mundaca Ramos y Jaky Sheila Huamán García de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, **el Jurado Evaluador acuerda:**

( **X** ) Aprobar            (   ) Desaprobar            ( **X** ) Unanimidad            (   ) Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	(   )
Muy bueno	16, 17	(   )
Bueno	14, 15	(   )
Regular	13	( <b>TRECE</b> )
Desaprobado	12 ò menos	(   )

Siendo las 17:00 horas del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

### JURADO EVALUADOR

Mg. Lenin Quiñones Huatangari  
Secretario Jurado Evaluador

Dr. Manuel Emilio Milla Pino  
Presidente Jurado Evaluador

Mg. María Marleni Torres Cruz  
Vocal Jurado Evaluador

## INDÍCE

	Página
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	4
3.1 Objetivo general .....	4
3.2 Objetivos específicos .....	4
III. MATERIAL Y MÉTODOS .....	5
3.1 Lugar de ejecución .....	5
3.2 Población y muestreo .....	6
3.3 Variables en estudio .....	8
3.4 Materiales e insumos .....	9
A) Material biológico para análisis .....	9
B) Materiales para muestreo .....	9
C) Materiales para laboratorio .....	9
D) Equipos para laboratorio .....	10
E) Insumos .....	10
3.5 Análisis de cadmio-espectrofotometría de absorción atómica ..	10
3.6 Metodología experimental .....	11
A) Diseño metodológico .....	11
B) Muestreo de granos frescos .....	11
C) Muestreo de granos de café oro verde .....	11
D) Muestreo de granos tostados .....	11
E) Muestreo de café tostado molido .....	11
F) Muestreo de esencia de café .....	13
G) Traslado de la muestra a laboratorio .....	13
3.7 Análisis de datos .....	13
A) Análisis estadístico .....	13
B) Contrastación de datos .....	15
IV. RESULTADOS .....	16

Análisis del caserío Barrio Nuevo .....	16
Análisis de caserío Los Lirios .....	18
Análisis del caserío San Martín .....	20
Comparación de medias entre caseríos .....	22
Prueba de hipótesis (para cada caserío) .....	23
Análisis de la concentración de cadmio general (tres caseríos) .....	23
Análisis de las medidas de posición (cuartiles) .....	28
Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio para los tres caseríos .....	31
V. DISCUSIÓN .....	32
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	34
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
AGRADECIMIENTO .....	38
DEDICATORIA .....	39
ANEXOS .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Operativización de las variables independientes. ....	8
Tabla 2 Operativización de la variable dependiente. ....	9
Tabla 3 Concentración de cadmio en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Barrio Nuevo, octubre 2020. ....	16
Tabla 4 Estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Barrio Nuevo, octubre 2020. ....	16
Tabla 5 Concentración de cadmio en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Los Lirios, octubre 2020. ....	18
Tabla 6 Parámetros estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Los Lirios, octubre 2020. ....	19
Tabla 7 Concentración de cadmio en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío San Martín, octubre 2020. ....	20
Tabla 8 Parámetros estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío San Martín, octubre 2020. ....	20
Tabla 9 Concentración promedio de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín. ....	22
Tabla 10 Parámetros estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café. Caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios, San Martín, octubre 2020. ....	23
Tabla 11 Prueba de hipótesis al 0,05 de probabilidad, de la concentración de Cadmio (ppm), octubre 2020. ....	30
Tabla 12 Prueba de hipótesis al 0,05 de probabilidad, de la concentración de Cadmio (ppm). Caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín, octubre 2020. ....	31
Tabla 13 Registro de datos procedentes del laboratorio. ITC. 2020. ....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<i>Figura 1.</i> Ámbito del proyecto de investigación en la fase de campo ....	5
<i>Figura 2.</i> Muestreo estratificado. ....	6
<i>Figura 3.</i> Flujograma para análisis de cadmio. ....	12
<i>Figura 4.</i> Mediana de la concentración de cadmio en el caserío Barrio Nuevo. ....	17
<i>Figura 5.</i> Media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Barrio Nuevo ....	17
<i>Figura 6.</i> Mediana de la concentración de cadmio del caserío Los Lirios. ....	18
<i>Figura 7.</i> Media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Los Lirios. ....	19
<i>Figura 8.</i> Mediana de la concentración de cadmio en el caserío San Martín. ....	21
<i>Figura 9.</i> Media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío San Martín. ....	21
<i>Figura 10.</i> Media aritmética de la concentración de cadmio. ....	22
<i>Figura 11.</i> Mediana de la concentración de cadmio. ....	24
<i>Figura 12.</i> Media aritmética de la concentración de cadmio. ....	25
<i>Figura 13.</i> Desviación Estándar de la media muestral para granos frescos. ....	25
<i>Figura 14.</i> Desviación Estándar de la media muestral para granos oro verde. ....	26
<i>Figura 15.</i> Desviación Estándar de la media muestral para granos tostados. ....	27
<i>Figura 16.</i> Desviación Estándar de la media muestral para café tostado molido. ....	27
<i>Figura 17.</i> Desviación Estándar de la media muestral para bebida de café. ....	28
<i>Figura 18.</i> Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos frescos de café. ....	28

<i>Figura 19.</i> Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos de café oro verde.	....	29
<i>Figura 20.</i> Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos de café tostado.	....	30
<i>Figura 21.</i> Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en café tostado molido.	....	30
<i>Figura 22.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, caserío Barrio Nuevo.	....	47
<i>Figura 23.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde, caserío Barrio Nuevo.	....	47
<i>Figura 24.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado, caserío Barrio Nuevo.	....	47
<i>Figura 25.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido, caserío Barrio Nuevo.	....	47
<i>Figura 26.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café, caserío Barrio Nuevo.	....	48
<i>Figura 27.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, caserío Los Lirios.	....	48
<i>Figura 28.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde, caserío Los Lirios.	....	48
<i>Figura 29.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado, caserío Los Lirios.	....	48
<i>Figura 30.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido, caserío Los Lirios.	....	48
<i>Figura 31.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café, caserío Los Lirios.	....	48
<i>Figura 32.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, caserío San Martín.	....	49
<i>Figura 33.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde, caserío San Martín.	....	49
<i>Figura 34.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado, caserío San Martín.	....	49

<i>Figura 35.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido, caserío San Martín.	....	49
<i>Figura 36.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café, caserío San Martín.	....	49
<i>Figura 37.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, al 0.05 de probabilidad.	....	49
<i>Figura 38.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde.	....	50
<i>Figura 39.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado.	....	50
<i>Figura 40.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido.	....	50
<i>Figura 41.</i> Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café.	....	50
<i>Figura 42.</i> Presencia de fertilizantes sintéticos y herbicida, caserío Barrio Nuevo. 2020.	....	51
<i>Figura 43.</i> Cosecha de cerezos, caserío Barrio Nuevo. 2020.	....	51
<i>Figura 44.</i> Preparación de muestras de granos de café frescos. Caserío Barrio Nuevo.	....	52
<i>Figura 45.</i> Muestras en bolsas herméticas para envío a laboratorio. Caserío Barrio Nuevo.	....	52
<i>Figura 46.</i> Despulpado de los cerezos. Caserío Barrio Nuevo.	....	53
<i>Figura 47.</i> Secado de granos de café. Caserío Barrio Nuevo.	....	53
<i>Figura 48.</i> Muestras en bolsas herméticas para envío a laboratorio. Caserío San Martín.	....	53
<i>Figura 50.</i> Fertilizantes sintéticos en la finca del caserío San Martín.	....	53
<i>Figura 51.</i> Tostado de café.	....	54
<i>Figura 52.</i> Pesado de muestra para catación.	....	54
<i>Figura 53.</i> Catación del café.	....	54
<i>Figura 54.</i> Muestras de café oro verde (a), granos tostados (b), café tostado molido (c) y bebida de café (d), para envío a laboratorio.	....	55

## RESUMEN

El café (*Coffea arabica* L.) es considerado el primer producto de exportación en el Perú. Los objetivos de esta investigación fueron: a) determinar el contenido de cadmio en granos frescos, granos de café oro verde, granos de café tostado, café tostado molido y esencia de café y, b) comparar el contenido de cadmio, en granos frescos, granos de café oro verde, granos de café tostado, café tostado molido y esencia de café, con los límites máximos permisibles (LMP=0.10 ppm) dados por la MERCOSUR. En cada una de tres fincas cafetaleras, de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín, del distrito de San Ignacio, Cajamarca, se cosecharon cerezos en estado de madurez de cosecha, los cuales fueron despulpados, fermentados, secados, trillados, tostados y molidos. Mediante el espectrofotómetro se analizaron el contenido de cadmio. En granos frescos, granos oro verde, granos tostados, café tostado molido y bebida presentaron promedios de 0.379, 0.288, 0.228, 0.109 y 0.00 ppm, respectivamente. La prueba de hipótesis al 0.05 de probabilidad indicaron que en granos frescos, granos oro verde y granos tostados, el contenido de cadmio superaron los LMP, mientras que, en café tostado molido y bebida de café fueron inferiores a los LMP.

Palabras clave. Cadmio, café oro verde, café tostado, café tostado molido, bebida de café.

## ABSTRACT

The coffee (*Coffea arabica* L.) is considered the first export product in Peru. The objectives of this research were: a) to determine the cadmium content in fresh beans, green gold coffee beans, roasted coffee beans, ground roasted coffee and coffee essence and, b) to compare the cadmium content in fresh beans, Green gold coffee beans, roasted coffee beans, ground roasted coffee and coffee essence, with the maximum permissible limits (LMP = 0.10 ppm) given by MERCOSUR. In each of three coffee farms, in the hamlets of Barrio Nuevo, Los Lirios and San Martín, in the district of San Ignacio, Cajamarca, cherry trees were harvested in a state of harvest maturity, which were pulped, fermented, dried, threshed, toasted and ground. Cadmium content was analyzed using the spectrophotometer. In fresh beans, green gold beans, roasted beans, ground roasted coffee and drink presented averages of 0.379, 0.288, 0.228, 0.109 and 0.00 ppm, respectively. The hypothesis test at 0.05 probability indicated that in fresh beans, green gold beans and roasted beans, the cadmium content exceeded the LMP, while in ground roasted coffee and coffee drink they were lower than the LMP.

Keywords: Cadmium, green gold coffee, roast coffee, ground roast coffee, coffee drink.

## I. INTRODUCCIÓN

El café, considerado “Producto Bandera” del Perú, es uno de los cultivos más relevantes desde el punto de vista estratégico por su contribución económica y social a la actividad agraria, siendo el primer producto de exportación en términos de valor, además de ser considerado el principal producto alternativo a los cultivos ilícitos de coca. (Cafecito amargo, 2018) En el Perú, se cultiva en Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, San Martín y Puno, y su disponibilidad se produce mayormente en los meses de marzo-abril y junio-julio. Este producto incluye más de 1,000 compuestos, como vitamina B, aminoácidos, azúcares y minerales, y provee más antioxidantes que cualquier otra bebida o alimento consumido (ComexPerú, 2018).

El Ministerio de Agricultura y Riego (citado por ComexPerú, 2018), indica que más de 1,000 millones de personas en el mundo beben café diariamente y se consumen más de 100 millones de sacos al año. Sin embargo, a pesar de que el Perú es un referente a nivel mundial de cafés especiales, el consumo interno llega a los 650 gramos por persona al año, cifra muy inferior en comparación con otros países como México y Brasil cuyo consumo supera los 1.3 kilos en promedio por año. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018) Este producto, no es comprado o consumido por sus valores nutritivos sino por los efectos antioxidantes proporcionados por los compuestos fenólicos presentes, y los efectos estimulantes producidos por la cafeína (Pacheco, 2016); aunque, es también rico en algunas vitaminas como la niacina (vitamina B3), obteniendo un gran valor gastronómico, debido a la producción de cafés muy selectos y de elevada calidad (Sánchez, 2015).

Existen dos tipos de café, relacionados al manejo, el orgánico y el convencional. Ambos requieren de actividades agronómicas que van desde la selección de semillas, siembra, abonamientos, control fitosanitario, etc. sólo que en la producción del café orgánico queda estrictamente prohibido el uso de fertilizantes, herbicidas, fungicidas, insecticidas, nematicidas químicos o sintéticos (Fischersworing & Robkam, 2001). Cabaní (2019) manifiesta que el café convencional es uno de los alimentos más tratados químicamente en el mundo. Está impregnado de fertilizantes sintéticos, pesticidas, herbicidas, fungicidas e insecticidas. Indica, también, que los agricultores están expuestos a un alto nivel de productos químicos mientras aplican al cultivo y manipulan la cosecha; siendo muchos de

estos químicos altamente tóxicos y perjudiciales para la salud humana. Asimismo, en cuestión de salud, el uso de la fertilización del café en los cultivos es conocido a manera general como el hecho de que los residuos químicos pueden ser cancerígenos, por lo que evitar su consumo tendrá como resultado una disminución en la posibilidad de padecer alguna de éstas enfermedades graves que son provocadas por el uso de químicos en productos alimenticios (My Coffee Box, 2016). Al respecto, es necesario conocer y comprender los efectos de los fertilizantes químicos sobre la salud humana y el medio ambiente, pues permite actuar para proteger nuestra salud y la del planeta (Martínez, 2018).

Es posible que en el café exista la acumulación de metales pesados y son éstos uno de los mayores problemas que existen, en la actualidad, afectando la calidad del medio ambiente y la salud de los seres humanos (Nava y Méndez, como se citó en López, 2017). Uno de los metales pesados es el cadmio (Cd), el cual puede producir anemia, enfermedades cardiovasculares, daño al hígado y provoca cambios metabólicos del calcio entre otras acciones (Martell, 2014). El cadmio, también, tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos (Organización Mundial de la Salud, 2017). En efecto, la FDA (Food and Drug Administration: Administración de Medicamentos y Alimentos) de los EE. UU., comenta que el café acumula tanto cadmio como el cacao, aunque hay poca investigación en esta área (Comisión del Códex Alimentarius, 2019). Al respecto, dado la importancia que tiene el café en su consumo a nivel nacional e internacional, es necesario determinar si hay acumulación de Cadmio en granos de café, puesto que la presencia de metales pesados puede generar daños irreversibles en la salud y al ambiente, dependiendo del elemento en particular. Su toxicidad depende de la naturaleza, cantidad y forma química de los metales, su concentración en el alimento y de la resistencia del organismo a los efectos sinérgicos o antagónicos a otros contaminantes químicos, y de su capacidad de acumulación en el organismo (AGQ Labs, 2017). Además, este metal no es biodegradable y es persistente en el ambiente; pudiendo transportarse en las plantas de cultivo y entrar a la cadena trófica, bioacumulándose y biomagnificándose en animales y humanos (López, 2017), además que el cadmio puede estar de manera natural en el suelo u originarse en el almacenamiento y el procesamiento de los alimentos (Arnold, citado por Londoño, 2016).

Por lo expuesto, debido a las exigencias de calidad en tasa e inocuidad del grano de café son estrictas y, considerando que el Cadmio se acumula en las plantas de manera natural o antrópica, se ha visto necesario realizar la presente investigación, con la finalidad de fomentar la inocuidad del café.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el contenido de cadmio en granos de café, café tostado molido y esencia de café (*Coffea arabica* L.) procedentes de fincas manejadas convencionalmente en el distrito de San Ignacio, Cajamarca, durante la campaña 2020.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de cadmio en granos frescos, granos de café oro verde, granos de café tostado, café tostado molido y esencia de café, procedentes de fincas manejadas bajo el sistema convencional, del distrito de San Ignacio, Cajamarca, campaña 2020.
- Comparar el contenido de cadmio, en granos frescos, granos de café oro verde, granos de café tostado, café tostado molido y esencia de café, con los límites máximos permisibles dados por la MERCOSUR.

### III. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

##### Fase de campo (Figura 1)

El material biológico procedió de tres fincas ubicadas en el distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio de la región Cajamarca. Estas fincas se ubicaron en:

- a) Caserío Barrio Nuevo, con un área de 1.0 ha.
- b) Caserío Los Lirios, con un área de 1.0 ha.
- c) Caserío San Martín, con un área de 1.0 ha.

##### Figura 1

*Ámbito del proyecto de investigación en la fase de campo. (Distrito San Ignacio, provincia San Ignacio = 10,073.22 ha de café. Fuente INEI-Censo Nacional Agropecuario 2012)*



Nota: Mapa tomado de <http://asiescajamarca.blogspot.com/2011/06/historia-de-la-provincia-de-san-ignacio.html>

##### Fase de Laboratorio

El análisis de Cadmio se realizó en el Laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales de la ciudad de Tarapoto.

### 3.2 Población y muestreo

#### Población

Correspondió a los granos cosechados de 384 plantas de cada una de tres parcelas (caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín), siendo cada una de ellas de una superficie de 1.0 ha, conteniendo plantas de cafeto entre 5 a 7 años de edad. Asimismo se tuvo en cuenta que la población de plantas ha tenido el mismo manejo desde su plantación en campo definitivo hasta la realización del muestreo y, además se consideró las condiciones ambientales que han sido prácticamente uniformes desde el inicio del cultivo. De este modo, se asegurará la homogeneidad de las unidades experimentales.

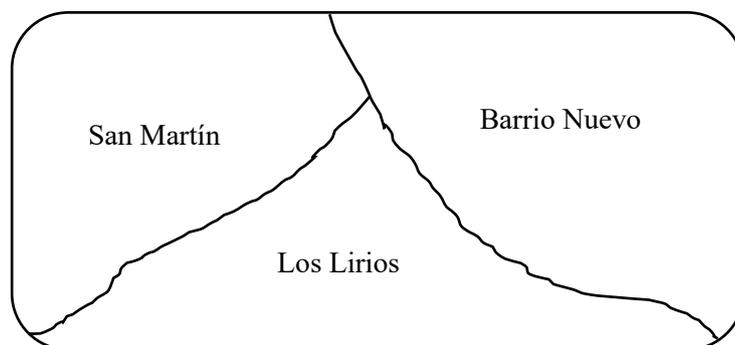
#### Muestreo (Figura 2)

Para seleccionar las localidades se realizó un muestreo probabilístico estratificado en la cual se determinó el número de plantas a muestrear, en este caso la cosecha de los cerezos.

Dentro de cada parcela se utilizó el muestreo probabilístico aleatorio simple, por tratarse de una población de plantas homogéneo en cuanto a variedad, edad y manejo del cultivo. En este muestreo se obtuvo los granos frescos, de los que a su vez se obtuvo los granos de café oro verde, granos tostados, café tostado molido y esencia de café.

**Figura 2**

*Muestreo estratificado.*



## Muestra

Debido a que no existen estudios del cálculo de la desviación estándar relacionado a esta investigación, para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó la fórmula 1:

$$n = \frac{N Z^2 p q}{d^2 (N-1) + Z^2 p q} \dots\dots (1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población (10,073.22 ha x 5000 plantas)

Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza. (Z=1.96)

p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia. (p=0.5)

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 -p). (q=0.5)

d = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor. (d=0.05)

Fuente: Aguilar (2005).

Nota: El distrito de San Ignacio cuenta con 10,073.22 ha (según el Instituto Nacional de Estadística e Informática-Censo Agropecuario 2012). Asumiendo que en cada hectárea de café se cultiva 5 mil plantas, al aplicar la fórmula 1, el tamaño de muestra equivale a 384 plantas a muestrear (cosechadas). De estas 384 plantas, se considera que cada planta produce 500 g de café cerezo, es decir habría una producción de 192000 g de café cerezo. Al aplicar la fórmula 1, arroja que el tamaño de muestra es de 383.39 g; por lo que en la presente investigación el tamaño de muestra fue adecuado.

**Granos frescos:** 5 muestras de 250 gramos frescos de café cerezo para su análisis de cadmio, por cada parcela.

### **Granos de café beneficiados**

Estas muestras correspondieron a los granos, que ha pasado por el proceso de despulpado, fermentado y secado, procedentes cada una de las fincas en estudio.

**Granos de café oro:** 5 muestras de 250 gramos para su análisis de cadmio, por cada parcela.

**Granos de café tostados:** 5 muestras de 250 gramos para su análisis de cadmio, por cada parcela.

**Café tostado molido:** 5 muestras de 250 gramos para su análisis de cadmio, por cada parcela.

**Bebida de café:** 5 muestras de 250 ml cada una, para su análisis de cadmio, por cada parcela.

## **3.3 Variables en estudio**

### **a) Variable independiente**

**Tabla 1**

*Operativización de las variables independientes.*

<b>Variable (X)</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Granos de café (frescos, café verde y café tostado)	Granos de café de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín	Granos de café con presencia de cadmio en las fincas de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín
Café tostado molido	Café tostado molido de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín	Café tostado molido con presencia de cadmio, procedentes de las fincas de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín
Bebida de café	Bebida de café de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín	Bebida de café con presencia de cadmio a partir de los granos de café procedentes de las fincas de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín

## b) 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 ug/g, dado por la MERCOSUR

## c) Variable interviniente

Fincas cultivadas bajo el sistema convencional (aplicación de prácticas culturales no acorde al enfoque orgánico).

## 3.4 Materiales e insumos

### A) Material biológico para análisis

- 250 gramos de granos frescos por cada parcela.
- 250 gramos de granos oro verde por cada parcela.
- 250 gramos de granos de café tostado por cada parcela
- 250 gramos de café tostado molido por cada parcela
- 250 ml de esencia de café por cada parcela

### B) Materiales para muestreo

- Bolsas herméticas
- Guantes quirúrgicos
- Cajas térmicas
- Plumero

### C) Materiales para laboratorio

- Fiola
- Tubos de ensayo
- Placas Petri
- Molino
- Matraz Erlenmeyer

#### **D) Equipos para laboratorio**

- Balanza analítica modelo ESJ-210-4 (Digital precisión).
- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Trillador.
- Estufa
- Digestor

#### **E) Insumos**

- Agua destilada
- Ácido clorhídrico
- Ácido nítrico
- Solución estándar de cadmio

### **3.5 Análisis de cadmio - espectrofotometría de absorción atómica**

Se realizó haciendo uso del método de Espectrofotometría, la cual consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra. La técnica de atomización más usada es la absorción atómica con flama o llama, que nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire de acetileno u óxido nitroso-acetileno. (QuiMinet, citado por Chukiwanka, 2018)

Para el efecto se seguirá la metodología sugerida por Barrueta (2013).

#### **a) Preparación de la solución estándar de cadmio**

Se disolvió 1000 mg de Cd en 14 ml de agua desionizada + 7 ml de HNO<sub>3</sub> al 65%, en una Fiola de 1 L y luego se diluyó a volumen con agua desionizada, con ello se obtuvo un patrón de 1000 mg/L.

#### **b) Curva de calibración para cadmio**

Se realizó la curva de calibración en el espectrómetro de absorción atómica.

- Se tomó 5 ml de un patrón de cadmio 1000 mg/L, colocándolo en un balón aforado de 500 ml para aforar con HNO<sub>3</sub> al 1%. Esta solución de 10 mg/L de cadmio fue rotulado como “solución madre”.

- De la solución madre se tomaron alícuotas de 1, 2, 3, 5, 7, 10, 13 y 15 ml que fueron aforados a 100 ml con agua destilada en HNO<sub>3</sub> al 1% que sirvieron para preparar patrones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.3, y 1.5 mg/L de cadmio, respectivamente. Finalmente se preparó un blanco que contuvo agua destilada en HNO<sub>3</sub> al 1%.

### **3.6 Metodología experimental (Figura 3)**

#### **A) Diseño metodológico**

El presente proyecto de investigación corresponde a un tipo de investigación descriptiva; es decir, no se utilizó ningún diseño experimental.

#### **B) Muestreo de granos frescos**

Una vez que los granos alcanzaron su estado de madurez fisiológica se realizó la cosecha de frutos.

Se cosechó de cada parcela 384 plantas, evitando el efecto de borde. Luego de la cosecha, se muestreó 5 muestras, por cada parcela, de cerezos, de 250 gramos cada una, las mismas que fueron trasladadas al ICT-Tarapoto, para su análisis.

#### **C) Muestreo de granos de café oro verde**

Los cerezos cosechados, de las 384 plantas, fueron despulpados, fermentados y secados. Una vez que los granos pergamino secos presentaron 12 % de humedad, se muestreó 10 kg de café pergamino, los cuales fueron trillados para quitar la cascarilla, obteniendo el café oro verde. De estos 10 kg, se muestreó 5 muestras de 250 gramos/parcela, las cuales sirvieron para el análisis de cadmio.

#### **D) Muestreo de granos tostados**

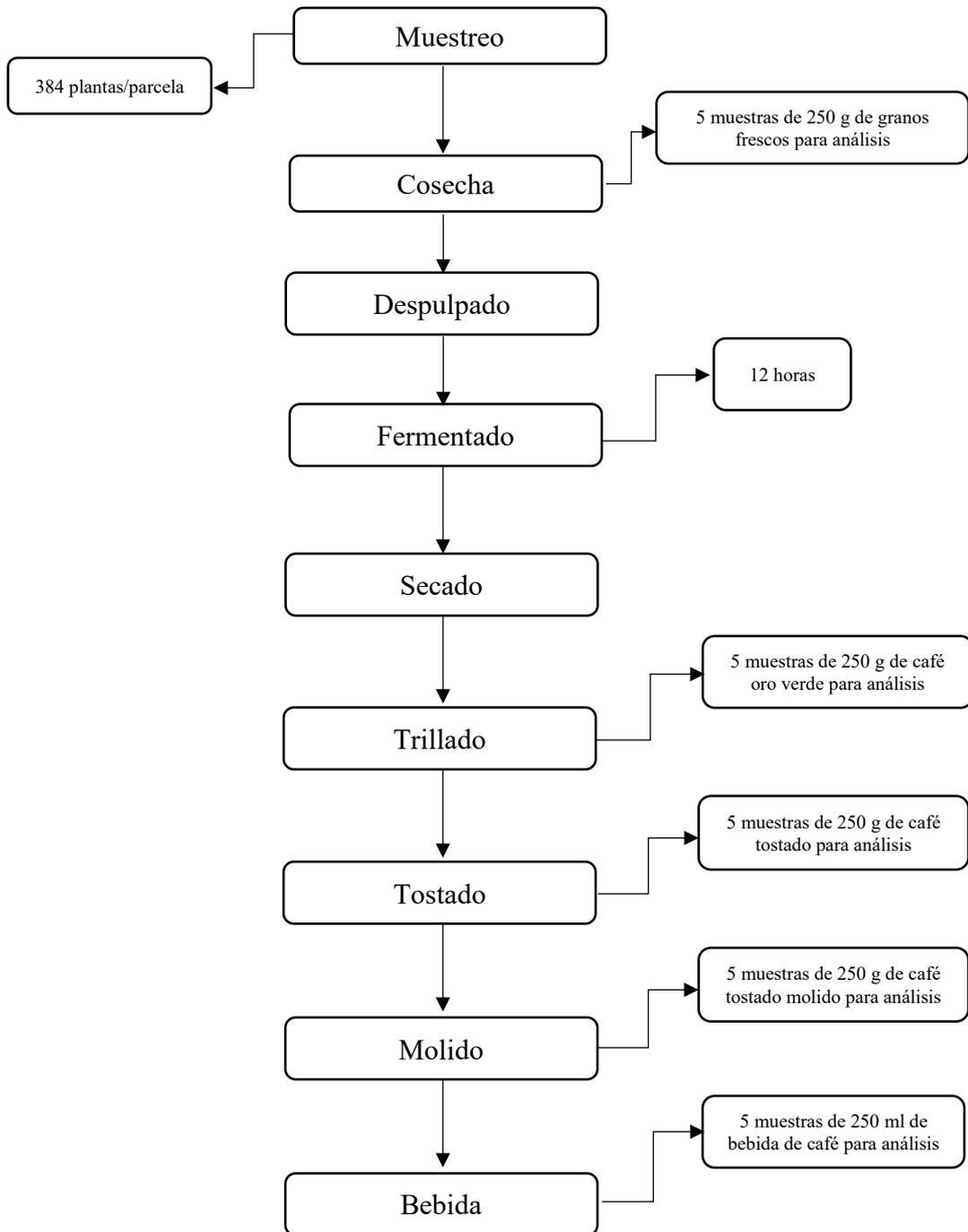
Del café oro verde obtenido (descrito en el ítem anterior-D), se tostaron 5 kg de los que a su vez se obtuvo 5 muestras de 250 gramos/parcela, para su respectivo análisis.

#### **E) Muestreo de café tostado molido**

De los 5 kg de café tostado, y con la ayuda de un molino, se obtuvo el café tostado molido. De este café se obtuvo, al azar, cinco muestras de 250 gramos para su análisis de cadmio, por cada parcela, para su análisis.

**Figura 3**

*Flujograma para análisis de cadmio.*



#### **F) Muestreo de bebida de café**

Del café tostado molido, sobrante, se obtuvieron cinco muestras de 250 gramos/parcela, de las cuales se obtuvieron cinco muestras de 250 ml de bebida que fueron vertidas a envases de vidrio herméticos para luego trasladarlos al laboratorio.

#### **G) Traslado de la muestra a laboratorio**

Las muestras (granos de café frescos, granos oro verde, tostados) fueron colocadas en bolsas de polietileno herméticas a temperatura ambiente, en la cantidad ya mencionada para cada fase. Estas bolsas conteniendo las muestras se colocaron en una caja térmica para trasladarlo al menor tiempo posible al laboratorio del ICT-Tarapoto.

Para el caso de la esencia de café, las muestras fueron colocadas en envases de botella descartables, manteniéndolas a temperatura ambiente; que finalmente se trasladaron al laboratorio para su análisis.

### **3.7 Análisis de datos**

#### **A) Análisis estadístico**

Una vez realizado la determinación de cadmio, en granos de café, café tostado molido y esencia de café, se aplicó la estadística descriptiva del contenido de cadmio en los granos de café, café tostado molido y esencia de café.

Los datos recolectados fueron presentados para describir las características de la población en estudio, referido a la acumulación de cadmio, relacionado con los objetivos de esta investigación. Para ello, las medidas de los datos fueron: **1) de Tendencia Central** (Mediana, Promedio o Media aritmética y Moda), que permitió conocer un solo valor, a partir de ese conjunto de valores (datos recolectados), es decir, la representación de un valor central en torno a todo el conjunto de datos; **2) de Dispersión** (Rango, Varianza, Desviación Estándar, Valor Máximo, Valor Mínimo), para calcular un valor numérico que ofrezca información sobre el grado de variabilidad de la variable en estudio, lo cual permitió evaluar en qué medida los datos difieren entre sí; determinando que tan distante están los valores de la variable a un

cierto valor central. Estas medidas de tendencia central y de dispersión deben actuar en conjunto ya que ofrecen información que luego ayudaría a tomar decisiones, respecto al manejo del cafeto; y **3) de Posición** (Percentiles, Deciles y Cuartiles), para la obtención de la información contenida en la muestra que describen el comportamiento proporcional del contenido de cadmio en los granos de café, café tostado molido y esencia de café, reconociendo otras características de distribución no central.

Con la finalidad de predecir una característica poblacional a partir de una muestra, se recurrió al uso de las probabilidades, las cuales a su vez, permite establecer la confianza en rechazar o aceptar la hipótesis. Para el efecto, basado en los supuestos de distribución normal o aproximadamente normal de la población en estudio, se determinó el LIC: límite inferior de confianza y el LSC: límite superior de confianza. Asimismo, se comprobó la hipótesis mediante los métodos de contraste de hipótesis; teniendo como objetivo comprobar si la presencia de cadmio en la población en estudio, está relacionada con el contenido de cadmio en la muestra de café (granos, café tostado, esencia de café). Para el contraste de hipótesis, se consideró la hipótesis nula ( $H_0$ ) la cual recoge el supuesto de que el parámetro toma un valor determinado (menor a 0.10 ppm de cadmio) y es la que soporta la carga de la prueba. La decisión de rechazar la hipótesis nula, que en principio se considera cierta, estará en función de la concentración de cadmio contenida en cada muestra; considerando el nivel de significancia (5 %) del contraste. Por lo antedicho, se aplicó la inferencia estadística intercalar y la prueba de hipótesis de una muestra, usando la distribución de Z (a partir de la variancia poblacional calculada y considerando que en esta investigación el número de muestra es superior a 30).

Los datos obtenidos, también son presentados a través de gráficos que ayuden a comprender el comportamiento de la variable en estudio. Así para observar las medidas de tendencia central se acudió al uso de gráficos en líneas o barras, mientras que para las medidas de dispersión y posición se usarán los diagramas de caja y bigotes.

**B) Contratación de datos**

Los datos fueron contrastados con los diferentes manejos que se ha realizado en la finca, para cuyo efecto se usó una encuesta indicada en el anexo 1. Cabe indicar que por no haber estudios al respecto, esta encuesta sería válida y confiable, toda vez que se obtendría información del agricultor propietario de la parcela.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Contenido de cadmio

La Tabla 3, muestra la concentración de cadmio (ppm) en el caserío Barrio Nuevo de la provincia de San Ignacio, en la campaña 2020.

**Tabla 3**

*Concentración de cadmio en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Barrio Nuevo, octubre 2020.*

Muestra	Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
M1	0.53	0.77	0.24	0.14	0.00
M2	0.48	0.25	0.30	0.04	0.00
M3	0.70	0.54	0.19	0.10	0.00
M4	0.77	0.24	0.28	0.14	0.00
M5	0.39	0.14	0.13	0.14	0.00

En la tabla 4, se observa las medidas de tendencia central y de dispersión de la concentración de cadmio en ppm, del caserío Barrio Nuevo. Se observa que el promedio es de 0.574 ppm, 0.388 ppm, 0.228 ppm, 0.112 ppm y 0.000 ppm, para el grano fresco, grano oro verde, grano tostado, café tostado molido y bebida de café, respectivamente. El rango es disperso alcanzando 0.38; 0.63; 0.17; 0.10 y 0.00 en granos frescos, grano oro verde, granos tostado, café tostado molido y bebida, respectivamente.

**Tabla 4**

Estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Barrio Nuevo, octubre 2020.

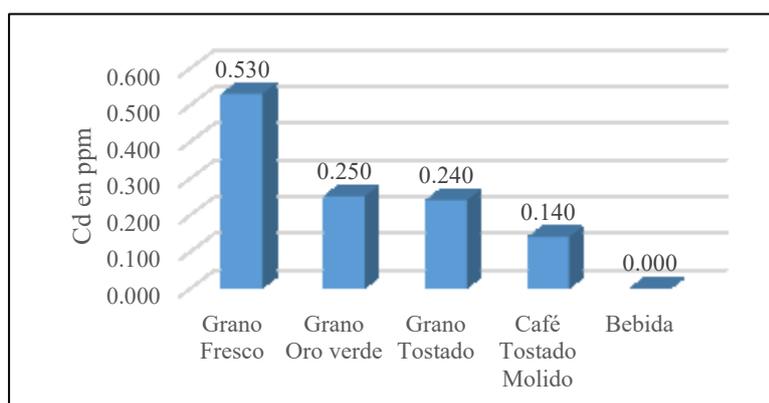
Parámetros Estadísticos		Concentración de cadmio (ppm) (n=5)				
		Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
De Tendencia Central	Mediana	0.530	0.250	0.240	0.140	0.000
	Media Aritmética	0.574	0.388	0.228	0.112	0.000

	Rango	0.380	0.630	0.170	0.100	0.000
De Dispersión	Varianza	0.025	0.068	0.005	0.002	0.000
	Desviación Estándar	0.157	0.261	0.069	0.044	0.000
	Error Estándar ( $s\bar{X}$ )	0.070	0.117	0.031	0.020	0.000
	Valor mínimo	0.390	0.140	0.130	0.040	0.000
	Valor máximo	0.770	0.770	0.300	0.140	0.000

En la figura 4, se observan las medianas para los granos frescos, grano oro verde, grano tostado, café tostado molido y bebida de café, del caserío Barrio Nuevo, campaña 2020.

**Figura 4**

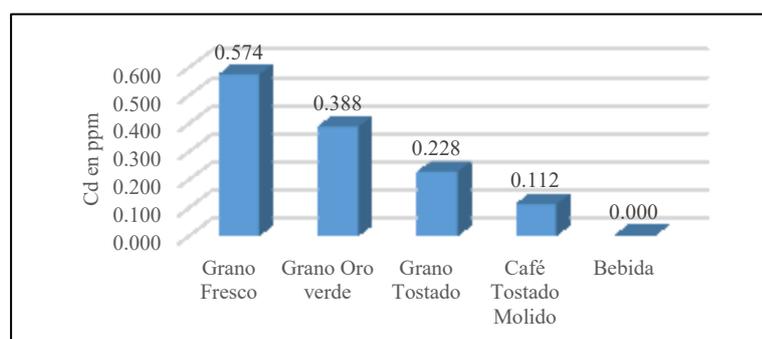
*Mediana de la concentración de cadmio en el caserío Barrio Nuevo.*



En la figura 5, se muestra el promedio o media aritmética de la concentración de cadmio (ppm) en las diferentes etapas de procesamiento del café, del caserío Barrio Nuevo.

**Figura 5**

*Media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Barrio Nuevo.*



En la tabla 5, se muestra la concentración de cadmio en el caserío Los Lirios; en donde tanto en los granos frescos y bebida de café, no hay rastros de la presencia de cadmio.

**Tabla 5**

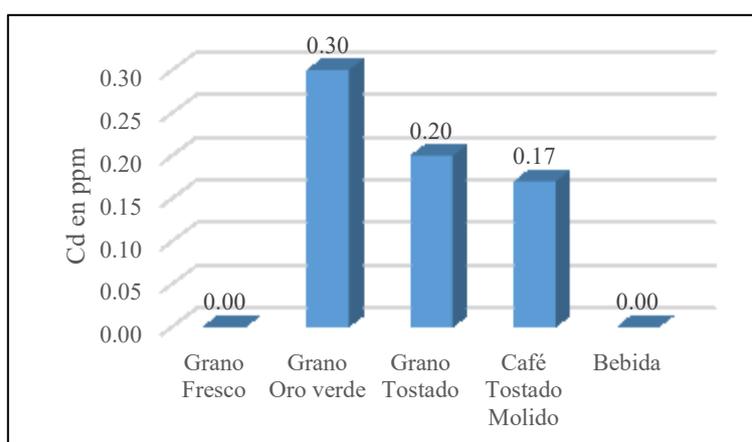
*Concentración de cadmio en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Los Lirios, octubre 2020.*

Muestra	Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
M1	0.00	0.40	0.20	0.00	0.00
M2	0.00	0.31	0.20	0.39	0.00
M3	0.00	0.30	0.04	0.28	0.00
M4	0.00	0.18	0.35	0.17	0.00
M5	0.00	0.10	0.17	0.00	0.00

En la figura 6, la mediana alcanzó valores de 0.30; 0.20 y 0.17 ppm, para el grano oro verde, grano tostado y café tostado molido, respectivamente; mientras que en granos frescos y bebida, la mediana es cero.

**Figura 6**

*Mediana de la concentración de cadmio del caserío Los Lirios.*



En la tabla 6, caserío Los Lirios, se muestra las medidas estadísticas de tendencia central y de dispersión. La mediana varía de 0.00 a 0.30 ppm en las diferentes fases del café.

Asimismo, tanto la media aritmética como el rango, muestran valores de cero de cadmio en granos frescos y en bebida de café.

**Tabla 6**

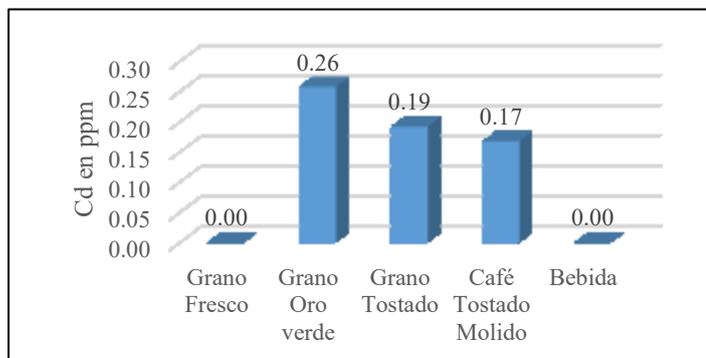
*Parámetros estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío Los Lirios, octubre 2020.*

Parámetros Estadísticos			Concentración de cadmio (ppm) (n=5)				
			Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
De Tendencia Central	Mediana		0.000	0.300	0.200	0.170	0.000
	Media Aritmética		0.000	0.258	0.192	0.168	0.000
	Rango		0.000	0.300	0.310	0.390	0.000
De Dispersión	Varianza		0.000	0.014	0.012	0.030	0.000
	Desviación Estándar		0.000	0.118	0.110	0.172	0.000
	Error Estándar ( $s\bar{x}$ )		0.000	0.053	0.049	0.077	0.000
	Valor mínimo		0.000	0.100	0.040	0.000	0.000
	Valor máximo		0.000	0.400	0.350	0.390	0.000

Igualmente, en la figura 7, se muestra el promedio en granos oro verde (0.26 ppm), grano tostado (0.19 ppm) y bebida (0.17 ppm). Los granos frescos y bebida, no mostraron trazas de cadmio.

**Figura 7**

*Media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío Los Lirios.*



En el caserío San Martín (tabla 7), la concentración de cadmio en ppm, las muestras en estudio, mostraron valores, numéricamente hablando, por sobre los límites máximos permisibles (ppm), sin embargo en la bebida de café no hubo indicios de presencia de cadmio.

**Tabla 7**

*Concentración de cadmio en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío San Martín, octubre 2020.*

Muestra	Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
M1	0.59	0.40	0.35	0.00	0.00
M2	0.57	0.00	0.16	0.00	0.00
M3	0.61	0.00	0.52	0.23	0.00
M4	0.47	0.19	0.12	0.00	0.00
M5	0.57	0.50	0.17	0.00	0.00

En la tabla 8 se muestra las medidas de tendencia central y de dispersión para la concentración de cadmio en el caserío San Martín. El rango se muestra disperso, obteniendo valores de 0.14; 0.5; 0.4; 0.23; y 0.00 para los granos frescos, granos oro verde, granos tostados, café tostado molido y bebida, respectivamente.

**Tabla 8**

*Parámetros estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, caserío San Martín, octubre 2020.*

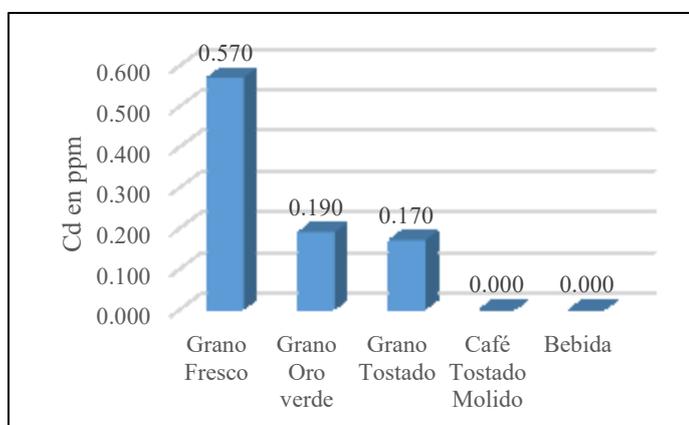
Parámetros Estadísticos			Concentración de cadmio (ppm) (n=5)				
			Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
De Tendencia Central	Mediana		0.570	0.190	0.170	0.000	0.000
	Media Aritmética		0.562	0.218	0.264	0.046	0.000
	Rango		0.140	0.500	0.400	0.230	0.000
De Dispersión	Varianza		0.003	0.052	0.028	0.011	0.000
	Desviación Estándar		0.054	0.228	0.168	0.103	0.000
	Error Estándar (s $\bar{x}$ )		0.024	0.102	0.075	0.046	0.000

Valor mínimo	0.470	0.000	0.120	0.000	0.000
Valor máximo	0.610	0.500	0.520	0.230	0.000

La figura 8, en el caserío San Martín, se observa que la mediana alcanzó valores de 0.57; 0.19; 0.17 en los granos frescos, granos oro verde y granos tostados, respectivamente; mientras que en café tostado y bebida, no hubo presencia de cadmio.

**Figura 8**

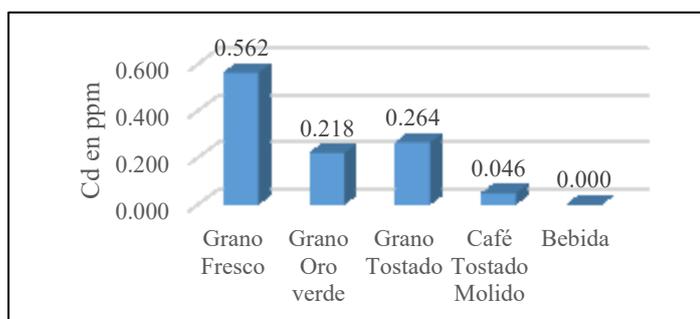
*Mediana de la concentración de cadmio en el caserío San Martín.*



Asimismo, la media aritmética para el caserío San Martín (figura 9) alcanzó valores de 0.562; 0.218; 0.264; 0.264 y 0.00 ppm, para granos frescos, granos oro verde, granos tostados, café tostado molido y bebida de café, respectivamente.

**Figura 9**

*Media aritmética de la concentración de cadmio en el caserío San Martín.*



En la tabla 9 se observan los promedios de cada uno de los caseríos muestreados. La concentración de cadmio varía de 0.00 a 0.574 ppm, aunque en la bebida de café en todos los caseríos no hay presencia de cadmio. Se observa también que los menores valores de cadmio lo obtuvo el caserío Los Lirios.

**Tabla 9**

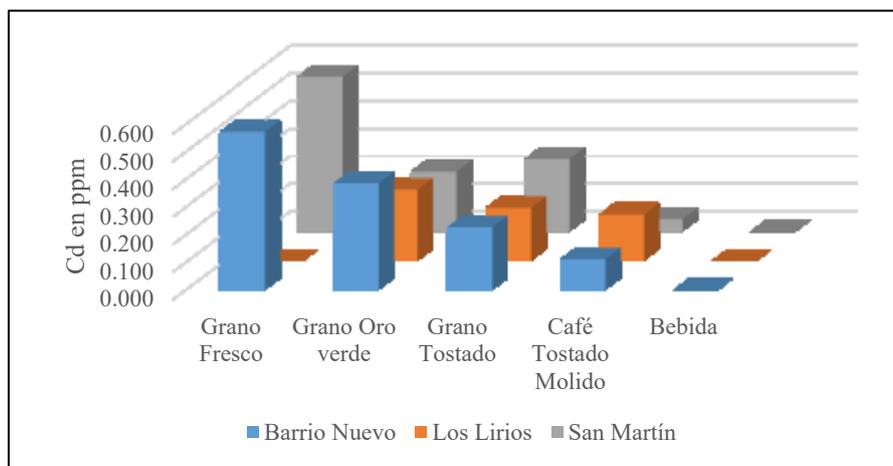
*Concentración promedio de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café, de los caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín.*

Estado de café en pos cosecha	Caserío		
	Barrio Nuevo	Los Lirios	San Martín
Granos frescos	0.574	0.000	0.562
Granos de café oro verde	0.388	0.258	0.218
Granos de café tostado	0.228	0.192	0.264
Café tostado molido	0.112	0.168	0.046
Bebida de café	0.000	0.000	0.000

En la figura 10, se muestra la media aritmética de cada caserío y en cada etapa del proceso del grano de café. Se observa que en el caserío Los Lirios, el café muestra menores valores comparado a los demás caseríos.

**Figura 10**

*Media aritmética de la concentración de cadmio.*



De los datos registrados en la Tabla 13 (Anexo 3), se muestra las medidas de tendencia central y de dispersión de la concentración de cadmio de los tres caseríos en conjunto (tabla 10). La mediana (figura 11) y la media aritmética (figura 12) van disminuyendo en cada etapa del proceso del café. El rango es disperso solamente en los granos tostados, mientras que en las demás fases (granos frescos, grano oro verde y café tostado molido) alcanzaron el mismo valor que el valor máximo observado.

**Tabla 10**

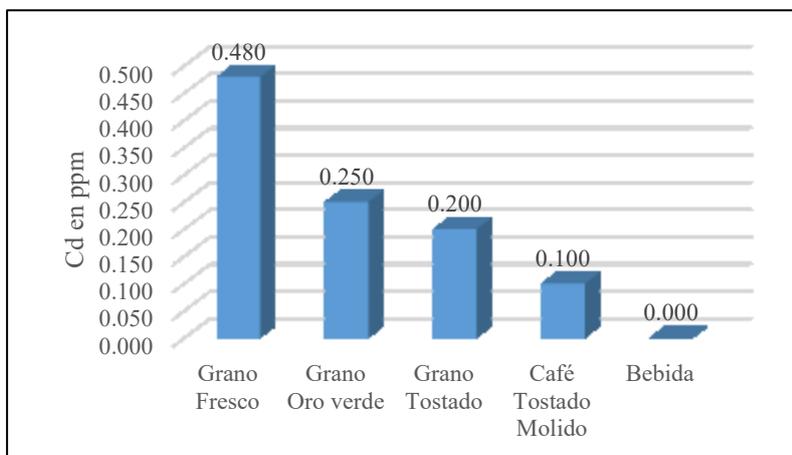
*Parámetros estadísticos de la concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café. Caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios, San Martín, octubre 2020.*

Parámetros Estadísticos			Concentración de cadmio (ppm) (n=5)				
			Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
De Tendencia Central	Mediana		0.480	0.250	0.200	0.100	0.000
	Media Aritmética		0.379	0.288	0.228	0.109	0.000
	Rango		0.770	0.770	0.480	0.390	0.000
De Dispersión	Varianza		0.085	0.044	0.014	0.015	0.000
	Desviación Estándar		0.291	0.210	0.118	0.121	0.000
	Error Estándar ( $s\bar{x}$ )		0.075	0.054	0.030	0.031	0.000
	Valor mínimo		0.000	0.000	0.040	0.000	0.000
	Valor máximo		0.770	0.770	0.520	0.390	0.000

En la figura 11, se observa la mediana en ppm, obtenida a partir de la tabla 10. Se observa que en San Ignacio (en los tres caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín) la concentración de cadmio va descendiendo conforme se realiza el proceso del café. En granos frescos, se observa que hay mayor concentración de cadmio (0.48ppm), seguido de grano oro verde (0.25 ppm), grano tostado (0.20 ppm), café tostado molido (0.10 ppm) y bebida de café (0.00 ppm).

**Figura 11**

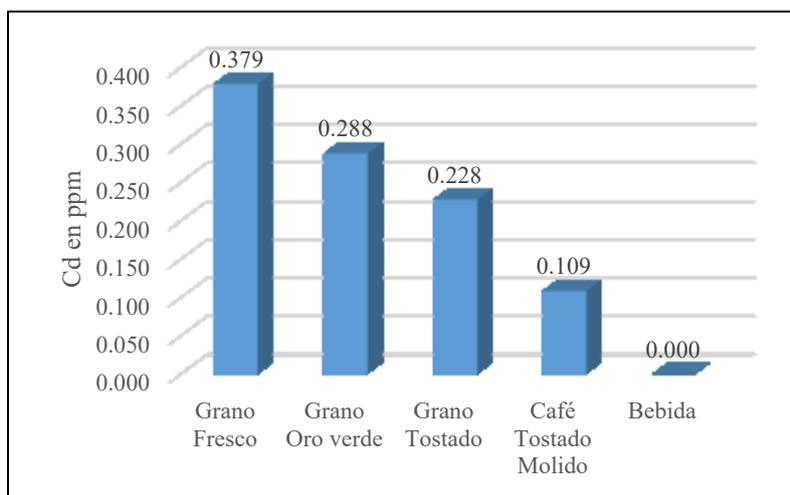
*Mediana de la concentración de cadmio.*



La media aritmética o promedio (figura 12) de las 15 muestras en estudios, procedente de los tres caseríos de la provincia de San Ignacio, muestran también que va disminuyendo conforme se procesa el café. Es decir en granos frescos hay mayor concentración de cadmio, mientras que en bebida de café no hay indicios de cadmio.

**Figura 12**

*Media aritmética de la concentración de cadmio.*

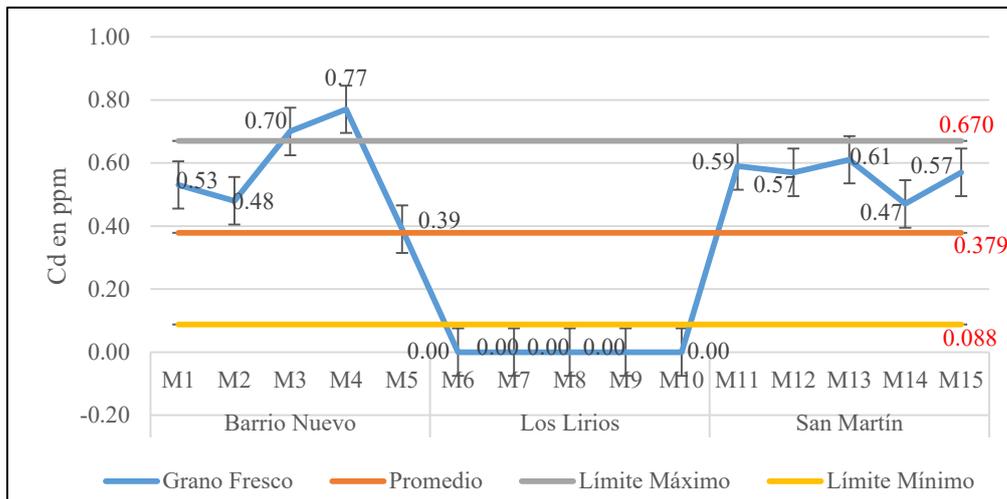


En la figura 13, se observa la dispersión de la media muestral para la concentración de cadmio en granos frescos, la misma que en la mayoría de los casos, las muestras superan la media aritmética o promedio, mientras que las muestras M6, M7, M8, M9 y M10,

correspondiente al caserío Los Lirios, han alcanzado valores muy por debajo de la media muestral.

**Figura 13**

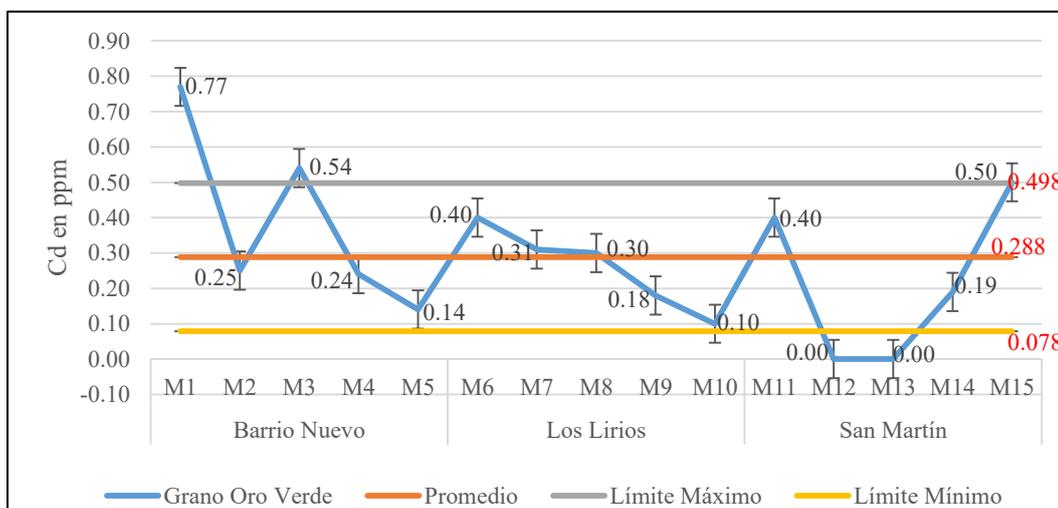
*Desviación Estándar de la media muestral para granos frescos.*



En la figura 14, la dispersión de los promedios de la concentración de cadmio en granos oro verde, indican que la Muestra 1 y Muestra 3, del caserío Barrio Nuevo y la M15 del caserío San Martín, superan el Límite Superior. Así mismo, se observa una dispersión del contenido de cadmio, toda vez que en algunos casos superan el valor de la media y en otros son inferiores al valor de la media muestral.

**Figura 14**

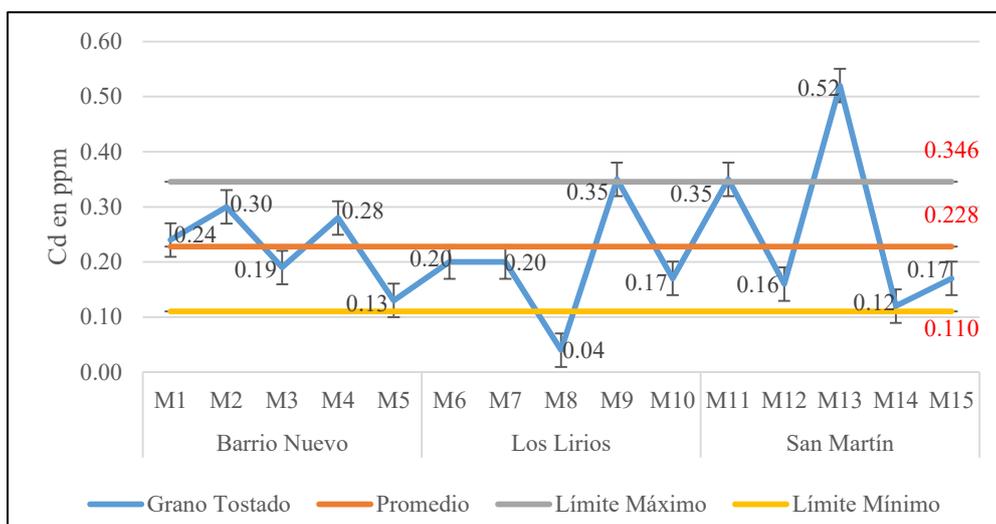
*Desviación Estándar de la media muestral para granos oro verde.*



En el caso de la desviación estándar, referente a granos tostados (figura 15), se observa que la muestra 13 (San Martín) supera el límite máximo y la muestra 8 (Los Lirios) son inferiores al límite mínimo. Por otro lado, la muestra 1, 2 (Barrio Nuevo), muestra 9 (Los Lirios) y muestra 11 (San Martín) superan el valor de la media muestral; mientras que las muestras 2 y 5 (Barrio Nuevo), muestras 6, 7 y 10 (Los Lirios), muestras 12, 14 y 15 (San Martín), tienen valores inferiores a la media muestral.

**Figura 15**

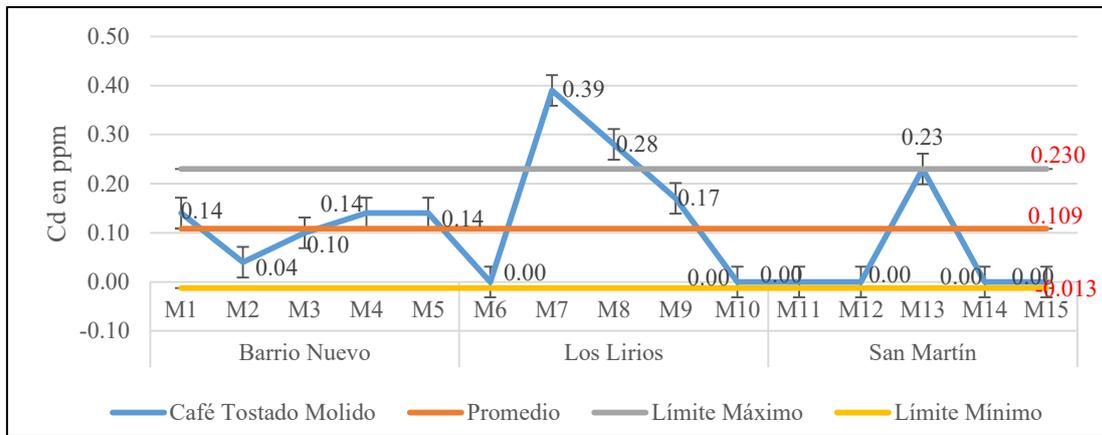
*Desviación Estándar de la media muestral para granos tostados.*



En la figura 16, la desviación estándar, para café tostado molido, muestra que en algunos casos en Barrio Nuevo supera el valor de la media y en otros casos es inferior al valor de la media. En cambio, en Los Lirios, la concentración de cadmio (muestra 6 y 10) están por debajo de la media muestral, pero la muestra 7, 8 y 9, superan el valor de la media, indicando que puede existir presencia de cadmio. En San Martín, a excepción de la muestra 13, todas las demás muestras presentan valores muy por debajo de la media.

**Figura 16**

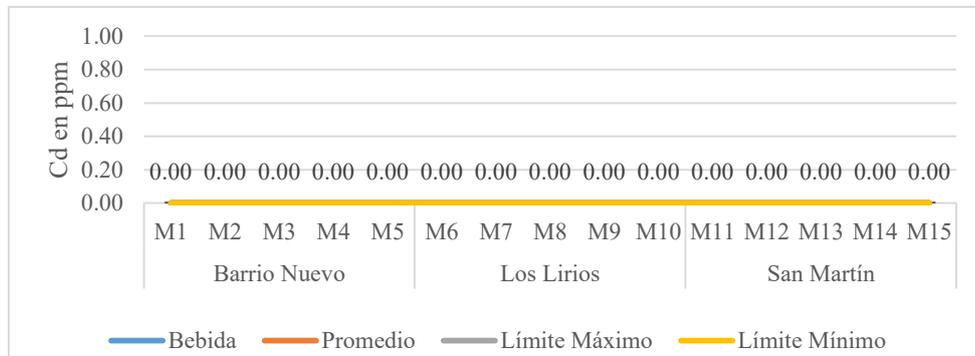
*Desviación Estándar de la media muestral para café tostado molido.*



La dispersión para la bebida de café (figura 17) se mostró nula debido a que no hubo presencia de cadmio.

**Figura 17**

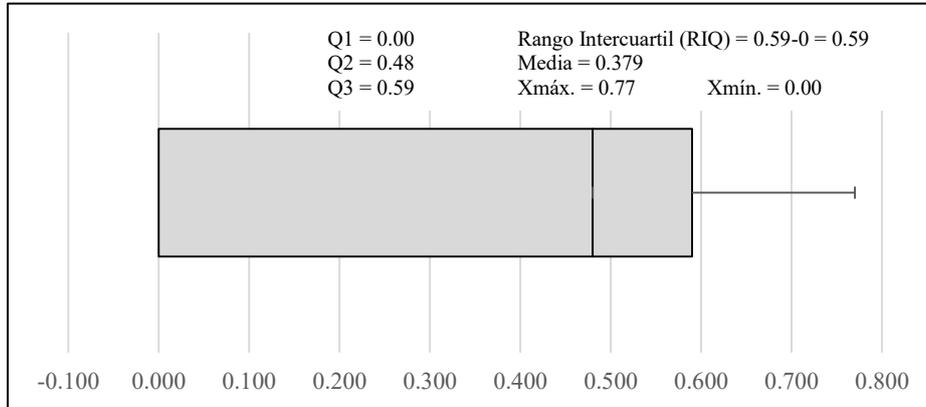
*Desviación Estándar de la media muestral para bebida de café.*



En la figura 18, se muestra las medidas de posición de la concentración de cadmio en granos frescos. El cuartil 1 (Q1) tiene el 25 % de los datos que son iguales a cero. El segundo cuartil (Q2) tiene el 50 % de los datos, siendo igual a 0.48 ppm. El cuartil 3 (Q3) tiene el 75 % de los datos y es igual a 0.59 ppm. El 50 % de los datos obtenidos presentan un promedio de 0.59 ppm de cadmio. El rango es grande, por lo que los datos son dispersos mostrando a la vez mayor variabilidad comparado con los otros parámetros (grano oro verde, grano tostado, café tostado molido). La distribución de la mediana es asimétrica negativa porque se ubica más cerca al tercer cuartil y, la media aritmética es menor que la mediana.

**Figura 18**

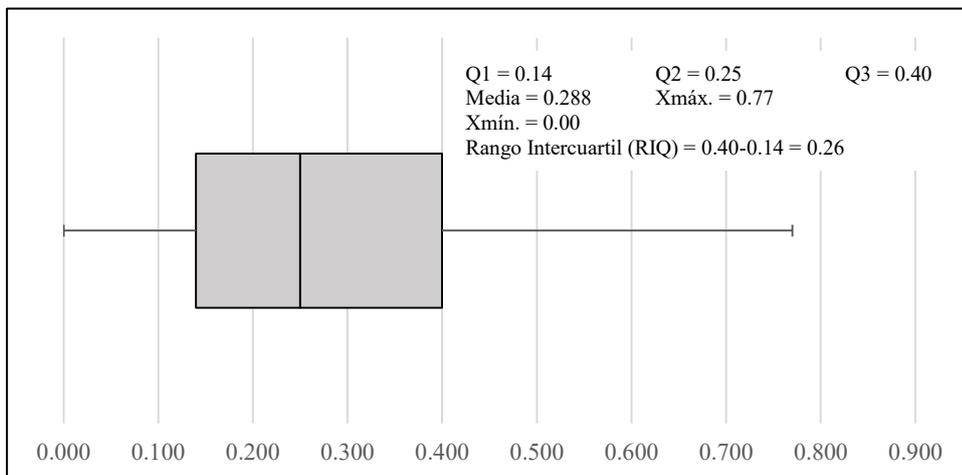
*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos frescos de café.*



En la figura 19, se muestra las medidas de posición de la concentración de cadmio en granos oro verde. El cuartil 1 (Q1) tiene el 25 % de los datos que son iguales a 0.14. El segundo cuartil (Q2) tiene el 50 % de los datos, siendo igual a 0.25 ppm. El cuartil 3 (Q3) tiene el 75 % de los datos y es igual a 0.40 ppm. El 50 % de los datos obtenidos presentan un promedio de 0.26 ppm de cadmio. El rango muestra menor dispersión que en granos frescos. 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 19**

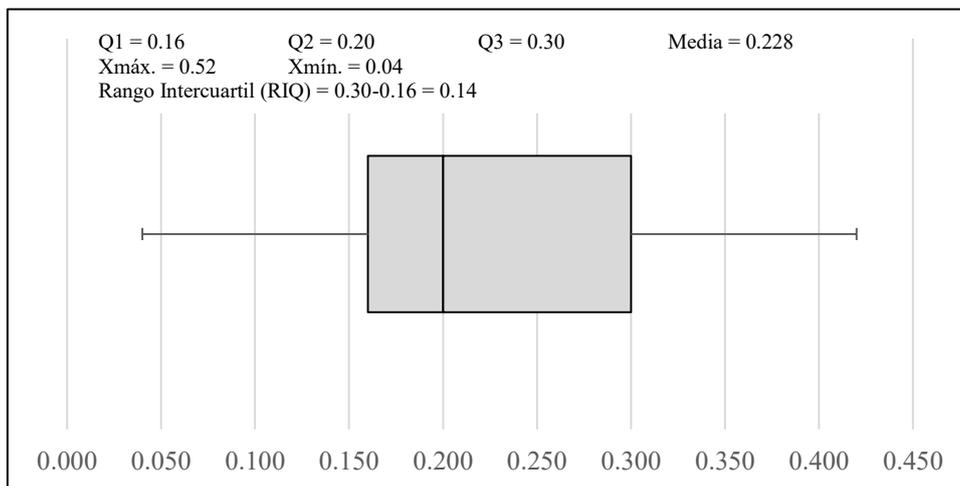
*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos de café oro verde.*



En la figura 20, se muestra las medidas de posición de la concentración de cadmio en granos tostados. El cuartil 1 (Q1) tiene el 25 % de los datos que son iguales a 0.16. El segundo cuartil (Q2) tiene el 50 % de los datos, siendo igual a 0.20 ppm. El cuartil 3 (Q3) tiene el 75 % de los datos y es igual a 0.30 ppm. El 50 % de los datos obtenidos presentan un promedio de 0.14 ppm de cadmio. El rango también muestra menor dispersión que en granos frescos. 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 20**

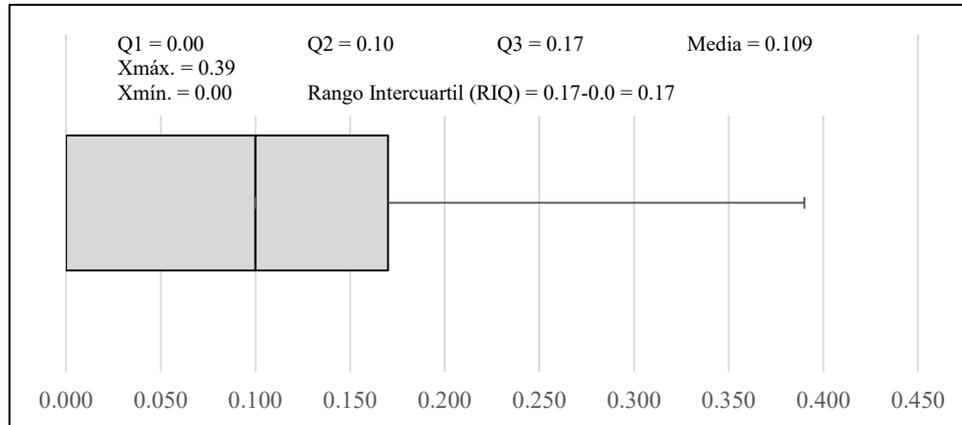
*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en granos de café tostado.*



En la figura 21, se muestra las medidas de posición de la concentración de cadmio en granos frescos. El cuartil 1 (Q1) tiene el 25 % de los datos que son iguales a cero. El segundo cuartil (Q2) tiene el 50 % de los datos, siendo igual a 0.10 ppm. El cuartil 3 (Q3) tiene el 75 % de los datos y es igual a 0.17 ppm. El 50 % de los datos obtenidos presentan un promedio de 0.17 ppm de cadmio. El rango muestra menor dispersión que en granos frescos. 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 21**

*Diagrama de cajas y bigotes para los cuartiles de cadmio en café tostado molido.*



#### **4.2. Comparación del contenido de cadmio con los límites máximos permisibles**

Al realizar la prueba de hipótesis (tabla 11 y figuras 22 al 36, del Anexo 3), se observa que en granos frescos y granos tostados, a excepción del caserío Los Lirios, el valor de hipótesis calculado arrojaron valores por encima de los límites máximos permisibles (LMP=0.10 ppm), por lo que se rechaza la hipótesis nula; afirmando que en estos caseríos existe presencia de cadmio. En grano oro verde, a excepción del caserío San Martín, superan los LMP. Por el contrario, en café tostado molido y bebida, se rechaza la hipótesis alternativa ya que no superan el valor máximo tabular, indicando que las muestras no presentan contenido de cadmio que superen los límites máximos permisibles.

En la tabla 12 y figuras 37 al 41 (Anexo 3), se observa que solamente en granos frescos, granos oro verde y granos tostados se acepta la hipótesis alternativa, ya que los valores superan el valor máximo tabular, indicando que existe alto contenido de cadmio superando los límites máximos permisibles (0.10 ppm). Por el contrario en café tostado molido y bebida, se acepta la hipótesis nula, ya que sus valores que son inferiores al valor máximo tabular, demuestran que no superan los límites máximos permisibles de cadmio (0.10 ppm).

**Tabla 11**

*Prueba de hipótesis al 0,05 de probabilidad, de la concentración de Cadmio (ppm), octubre 2020.*

	Valor observado			Valor Tabular	Valor de hipótesis ( $\mu = \text{LMP de Cd}$ )
	$t = \frac{\bar{x} - \mu}{(s^2/n)^{1/2}}$				
	Barrio Nuevo	Los Lirios	San Martín		
Grano Fresco	6.740	0.000	19.118	2.132	0.10 ppm
Grano Oro verde	2.472	2.994	1.156	2.132	0.10 ppm
Grano Tostado	4.144	1.865	2.179	2.132	0.10 ppm
Café Tostado Molido	0.612	0.884	-1.174	2.132	0.10 ppm
Bebida	0.000	0.000	0.000	2.132	0.10 ppm

**Tabla 12**

*Prueba de hipótesis al 0,05 de probabilidad, de la concentración de Cadmio (ppm). Caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín, octubre 2020.*

	Valor observado	Valor Tabular	Valor de hipótesis ( $\mu = \text{LMP de Cd}$ )
	$t = \frac{\bar{x} - \mu}{(s^2/n)^{1/2}}$		
Grano Fresco	3.708	1.761	0.10 ppm
Grano Oro verde	3.475	1.761	0.10 ppm
Grano Tostado	4.211	1.761	0.10 ppm
Café Tostado Molido	0.277	1.761	0.10 ppm
Bebida	0.000	1.761	0.10 ppm

## V. DISCUSIÓN

Los suelos de las parcelas estudiadas, que son arcillosos, contienen bajo contenido de materia orgánica. Bajo este contexto, Cueva y Urquiza (2020) demostraron que al aumentar el contenido de materia orgánica disminuye el contenido de cadmio y a medida que aumenta el pH también aumenta la concentración de cadmio.

Los resultados, en los caseríos Barrio Nuevo (Tabla 3) y San Martín (Tabla 7) los granos frescos recientemente cosechados, al mostrar, numéricamente, presencia de cadmio por encima de los Límites Máximos Permisibles (0.10 ppm), coincidiendo con lo reportado por Tezotto (2010) y Condezo y Huaraca (2018) con contenido de cadmio, en granos de café, entre 0 a 1.5 ppm y 0.11 ppm, respectivamente, se puede indicar que los suelos, contienen cadmio originado posiblemente por actividades antropogénicas –aplicando fertilizantes sintéticos, tal como lo muestra la encuesta del anexo 1-, acumulándose en el suelo y, por ser no biodegradables se bioacumula (Prieto, González, Román y Prieto, 2009) en los cerezos; además, estos resultados pueden indicar, también que el suelo, debido a la fertilización con insumos sintéticos a base de fósforo (Herrera, 2020; Bonomelli, Bonilla y Valenzuela, 2003) y uso de herbicidas (Metrohm, citado por Menchaca y Ríos, 2020), han ocasionado el aumento de los niveles de cadmio que ha sido asimilado y translocado hasta los cerezos del café.

En el caserío Los Lirios (Tabla 5 y Figura 7), ocurre que en granos frescos no se muestra la presencia de cadmio, dando a entender que en este suelo, no se ha usado recientemente insumos químicos; sin embargo, en grano oro verde y grano tostado, todas las muestras presentan acumulación de cadmio igual y por encima de los Límites Máximos Permisibles (0.10 ppm), mientras que en café tostado molido, a excepción de dos muestras, presentan niveles superiores a los Límites Máximos Permisibles. Esto quiere decir que, a pesar que al momento de la cosecha no hay presencia de cadmio, pudo haber ocurrido la contaminación, con cadmio, en el proceso de despulpado; considerando que la tolva de la máquina despulpadora tenía rastros de orín u óxido; es decir, es posible, que en el proceso de despulpado se pudo contaminar con cadmio, producto de la presencia de óxidos de hierro (Barragán, 2008).

Según la contrastación de datos, pruebas de hipótesis al 0.05 de probabilidad, para cada caserío (Tabla 10) y para el conjunto de caseríos (Tabla 12), el contenido de cadmio en café tostado molido y bebida, al no superar los límites máximos permisibles, pueden indicar que posiblemente el cadmio conforme se someten a altas temperaturas, en el proceso del tostado, se ha convertido en óxido de cadmio y haberse transportado a la atmósfera (Agencia para Sustancias Tóxicas y el registro de Enfermedades, s.f.) y, en la bebida de café el cadmio, posiblemente, ha sido adsorbido eficientemente por el sedimento, conocido como borra del café (Ángeles, 2009), coincidiendo con otra investigación en la cual, se reporta que en la bebida el contenido de cadmio no superan los LMP (Mego y Pintado, 2019). Sin embargo, en granos tostados a pesar que se ha sometido a altas temperaturas, el contenido de cadmio supera los LMP (Tabla 10), indicando de este modo que el cadmio es un metal de baja volatilidad (Cadmio, 09 de noviembre de 2020).

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados se llegó a las siguientes conclusiones:

- En el caserío Barrio Nuevo, en granos frescos, granos oro verde y granos tostados el contenido de cadmio superan los límites máximos permisibles.
- En el caserío Los Lirios, en granos frescos no hay presencia de cadmio pero en grano oro verde, el contenido de cadmio supera los límites máximos permisibles.
- En el caserío San Martín el contenido de cadmio superan los límites máximos permisibles en granos frescos y granos tostados.
- En los tres caseríos (Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín), en café tostado molido y bebida de café, el contenido de cadmio no superan los límites máximos permisible.
- Se recomienda, a tesistas de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, realizar investigaciones más exhaustivas desde la cosecha, beneficiado, almacenamiento y procesamiento para determinar la dinámica de la concentración de cadmio en cada etapa de poscosecha del café.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (s.f.). Resúmenes de Salud Pública (Cadmio). España. Consultado el 08 de noviembre de 2020. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs5.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html)
- AGQ Labs. (20 de Marzo de 2017). Analisis de Metales Pesados . Obtenido de Analisis de Metales Pesados : <https://agqlabs.co/2017/03/20/analisis-de-metales-pesados/>
- Aguilar, S. (2005) Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco, 11 (1-2), 333-338. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>.
- Ángeles, L.R. (2009). Adsorción de cadmio y plomo en efluentes acuosos mediante borra de café peruano, Pontificia Universidad Católica del Perú [Tesis de maestría]. Repositorio Institucional. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10007>
- Barragán, O.L. (2008). Estudio de diferentes metodologías para determinar la biodisponibilidad de cadmio y arsénico en suelos y su relación con la concentración en plantas. Nova-Publicación Científica en Ciencias Biológicas, 6(9), 101-212. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/394/1154>
- Bonomelli, C., Bonilla, C. y Valenzuela, A. (2003). Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 38(10), 1179-1186. <https://www.scielo.br/pdf/pab/v38n10/18299.pdf>
- Cabaní, M. (15 de marzo de 2019). Diferencias entre café orgánico y convencional. Recuperado de <https://bioemprendedores.com/diferencias-entre-cafe-organico-y-cafe-convencional/>.
- Cadmio. (09 de noviembre de 2020). En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Cadmio>
- Cafecito amargo (26 de setiembre de 2018). Gestión. Recuperado de <http://blogs.gestion.pe/innovacion-sinergias-y-crecimiento/2018/10/cafecito-desabor-amargo-para-el-peru.html>
- ComexPerú. (22 de Junio de 2018). Café, producto estrella para el mundo. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/cafe-producto-estrella-para-el-mundo>
- Comisión del Códex Alimentarius. (2019). Documento de debate sobre el desarrollo de un código de prácticas para la prevención y reducción del cadmio en cacao. Recuperado de [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-13%252FWDs%252Fcf13\\_12s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-13%252FWDs%252Fcf13_12s.pdf)

- 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 Japen-Cajamarca, durante el periodo febrero-julio 2028, Universidad Norbert Wiener (Tesis de pregrado]. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2571/TESIS%20Condezo%20Silvia%20%20Huaraca%20Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cueva, J.P. y Urquiza, N.A. (2020). Presencia de metales pesados (cadmio y mercurio) bajo distintos usos del suelo en la comunidad Boayacu perteneciente a la parroquia teniente Hugo Ortiz, Universidad Estatal Amazónica [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/816/1/T.AMB.B.UEA.%20%203257.pdf>
- Fischersworing, B. y Robkam, R. (2001). Guía para la caficultura ecológica. Editorial López.
- Herrera, T. (2020) La contaminación con cadmio en suelos agrícolas. *Venesuelos*, 8(1 y 2), 42-47. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_venes/article/view/1112/1040](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/1112/1040)
- Londoño, L. F., Londoño, P. T. y Muñoz, F. G. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol. 12 (2):148-153. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- López, J. D. (2017). Determinación de cadmio y plomo en soya (*Glycine max* L.) en granos, polvo y líquida comercializada en la ciudad de Guayaquil-Ecuador (Tesis de pre grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20968/1/UNIVERSIDAD%20DE%20GUAYAQUIL%20David%20L%C3%B3pez%20Tesis%20Cd%20y%20Pb%20en%20Soya.pdf>
- Martell, N. (Mayo de 2014). Acumulación de metales pesados en *Beta vulgaris* L. y *Lolium perenne* L. de los suelos de Cuemaco (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Autónoma de México, Cuemaco, México. Recuperado de [https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_martell\\_mendoza.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_martell_mendoza.pdf)
- Martínez, R. (21 de febrero de 2018). Los peligros de los fertilizantes químicos. Recuperado de <https://www.bioecoactual.com/2018/02/21/los-peligros-los-fertilizantes-quimicos/>.

- Mego, R. y Pintado, M (2019). Determinación del nivel de concentración de cadmio en granos y esencia de café (*Coffea arabica* L.), en el Distrito de Chirinos, Provincia de San Ignacio (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú. Recuperado de <http://m.repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/182>.
- Menchaca, S. y Ríos, L.M. (2020). Análisis diacrónico de la contaminación por cadmio en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. *UVserva*. 8-19. <https://uvserva.uv.mx/index.php/Uvserva/article/view/2644/4569>
- MERCOSUR. (2011). Reglamento Técnico Mercosur sobre Límites Máximos de contaminantes inorgánicos de alimentos (Derogación de las Res. GMC N° 102/94 y N° 35/96). Disponible en [http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r\\_gmc\\_12-11.pdf](http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_12-11.pdf).
- Ministerio de Agricultura y Riego . (11 de Octubre de 2018). Minagri promueve el consumo interno del café peruano. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/19996-minagri-promueve-el-consumo-interno-del-cafe-peruano>
- My Coffee Box. (12 de agosto de 2016) Fertilización del café. ¿cuáles son los daños que causa?. Recuperado de <https://mycoffeebox.com/fertilizacion-del-cafe/>.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). Cadmio. Recuperado de [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/cadmium/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/)
- Pacheco, V. R. (2016). Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo premium (*Coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.la.molina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1779/J11-P32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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.
- Sánchez, M. (Junio de 2015). El café, la cafeína y su relación con la salud y ciertas patologías. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14253/TFG-M-N370.pdf;jsessionid=A1B81A1408B1A9485FFB9A4B0BD93547?sequence=1>
- Tezotto, T. (2010). Metabolismo e qualidades da bebida em cafeeiro expostos ao cádmio, níquel e zinco, Universidade de Sao Paulo [Tesis maestro en ciencias]. [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-14022011-083149/publico/Tiago\\_Tezotto.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-14022011-083149/publico/Tiago_Tezotto.pdf)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer, primeramente, a Dios por la fortaleza brindada en el quehacer cotidiano, así como durante la ejecución de la presente investigación.

A nuestra Alma Mater, la Universidad Nacional de Jaén, que nos ha formado durante nuestra estancia estudiantil, lo cual ha permitido seamos profesionales para servir a la sociedad.

A nuestro asesor, Ing. Mg. Sc. James Tirado Lara, por ser guía primordial para la ejecución y culminación de este trabajo.

A la Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples El Diamante, por el procesamiento de las muestras para su respectivo análisis organoléptico.

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

## **DEDICATORIA**

A mi Dios por permitirme culminar con éxito la Universidad, permitiendo ser una profesional.

A mis padres y hermanas, pues son ellos quienes me mostraron el camino para mi superación.

**Yaque Marley Mundaca Ramos**

A Dios, por su misericordia y apoyo incondicional; a mis padres que fueron el pilar de este logro, sin ellos no hubiera logrado ser profesional.

A mi hija que es el elixir de mi vida y fortaleza para seguir superándome.

A mis hermanos, por su apoyo.

**Yaki Sheila Huamán García**

## ANEXO 1: Formatos de encuestas

### FORMATO DE ENCUESTA

#### I. Datos del Agricultor

Nombre o razón social		Teléfono	DNI
Guido Huamán Jiménez		972649344	27846038
Domicilio	Ciudad:		
	Calle/Jr./Av.		
	Número:		
	Caserío/Sector/Centro Poblado	Barrio Nuevo	
	Distrito:	San Ignacio	
	Provincia	San Ignacio	
	Región:	Cajamarca	

#### II. Datos de la parcela

Ubicación de la parcela	Caserío/Sector/Centro.Pobl. Barrio Nuevo	Distrito: San Ignacio	Provincia San Ignacio
Condiciones climáticas	Temperatura (aprox.) 21°C	Humedad relativa (% aprox.) 80	Precipitación (mm)
	Coordenadas UTM Latitud (Este/Oeste)	Longitud (Norte/Sur)	Zona horaria
Área (ha)	Tipo de suelo Arcilloso	Altitud	1200 m

#### III. Datos del cultivo

Antecedentes	Cultivo anterior	Café	Variedad/Área (ha)	
	Procedencia de la semilla botánica	San Ignacio	Pache	0.5
	Procedencia del plantón	San Ignacio	Catimor	7.5
	Fecha de siembra/trasplante	Enero 2011	Caturra	1.0
	Edad del cultivo	10 años		

Aplicación de fertilizantes o abonos			Aplicación de insecticidas		
Fertilizante	Dosis/planta	Fecha de aplicación	Insecticida	Dosis/planta	Fecha de aplicación
Úrea	20 gramos	Abril 2020			
Guano de Isas	30 gramos	Abril 2020			
Aplicación de fungicidas			Aplicación de herbicidas		
Fungicida	Dosis	Fecha de aplicación	Herbicida	Dosis	Fecha de aplicación
			Bazuka	200 ml/20 l	Febrero 2020

#### IV. Datos del centro de beneficio

Tiene centro de beneficio (si/no)		<del>Si</del> No	Tiene tanque tina (si/no)	<del>Si</del> No
Destino de las aguas mieles				
Río	Si	<del>No</del>	Misma parcela	<del>Si</del> No
Quebrada	Si	<del>No</del>	Misma parcela pero no a cultivo de café	Si <del>No</del>
Manantial	Si	<del>No</del>	Pozas de tratamiento de aguas mieles	Si <del>No</del>

Estado de la despulpadora		
<del>Bueno</del>	Malo	Regular
Describir estado: Se encuentra en adecuadas condiciones, salvo el rodillo con leve presencia de orín		

Secador
Describir: El secador corresponde a un área cercana al centro de beneficio, sobre la cual se coloca mantas de polipropileno.
Animales domésticos invaden el área de secado (describir): Hay presencia de aves circulando por sobre los granos del café, en proceso de secado.

Hay presencia de envases usados de plaguicidas agrícolas y/o fertilizantes químicos cerca o en la planta de beneficio y/o en la plantación de café u otras plantaciones): En el centro de beneficio se encuentran cercanos al despulpadero envases del herbicida Bazuka.
---

Otras observaciones que estime pertinente: Las aguas mieles tienen como destino un pozo ciego. Las aguas para lavar el café proceden de agua entubada.
--

## FORMATO DE ENCUESTA

### I. Datos del Agricultor

Nombre o razón social		Teléfono	DNI
Antonio Frías Rodríguez		91228089	27841252
Domicilio	Ciudad:		
	Calle/Jr./Av.		
	Número:		
	Caserío/Sector/Centro Poblado	Los Lirios/Alto Potrerillo	
	Distrito:	San Ignacio	
	Provincia	San Ignacio	
Región:	Cajamarca		

### II. Datos de la parcela

Ubicación de la parcela	Caserío/Sector/Centro.Pobl.	Distrito:	Provincia
	Los Lirios	San Ignacio	San Ignacio
Condiciones climáticas	Temperatura (aprox.)	Humedad relativa (% aprox.)	Precipitación (mm)
	25	70	
Coordenadas UTM	Latitud (Este/Oeste)	Longitud (Norte/Sur)	Zona horaria
Área (ha)	1.0	Tipo de suelo	Arcilloso
		Altitud	1400 m

### III. Datos del cultivo

Antecedentes	Cultivo anterior		Variedad/Área (ha)	
	Procedencia de la semilla botánica	Bajo Potrerillo	Catimor	1.0
	Procedencia del plantón	Bajo Potrerillo		
	Fecha de siembra/trasplante	Enero 2018		
	Edad del cultivo	3 años		

Aplicación de fertilizantes o abonos			Aplicación de insecticidas		
Fertilizante	Dosis/planta	Fecha de aplicación	Insecticida	Dosis/planta	Fecha de aplicación
Supercafé	50 gramos	Marzo 2020			
Aplicación de fungicidas			Aplicación de herbicidas		
Fungicida	Dosis	Fecha de aplicación	Herbicida	Dosis	Fecha de aplicación
			Bazuka (glifosato)	200 cc/20 l	Agosto 2019

#### IV. Datos del centro de beneficio

Tiene centro de beneficio (si/no)		Si <del>No</del>	Tiene tanque tina (si/no)	Si <del>No</del>
Destino de las aguas mieles				
Río	Si	<del>No</del>	Misma parcela	Si <del>No</del>
Quebrada	Si	<del>No</del>	Misma parcela pero no a cultivo de café	Si <del>No</del>
Manantial	Si	<del>No</del>	Pozas de tratamiento de aguas mieles	Si <del>No</del>

Estado de la despulpadora		
Bueno	Malo	<del>Regular</del>
Describir estado: La despulpadora tiene presencia de orín en la tolva, dispuesta en postes de madera en donde los clavos están oxidados		

Secador
Describir: El secador es de un espacio de área cerca a la casa del agricultor. Sobre el piso, que es de tierra se coloca mantas de polipropileno sobre las cuales se coloca el café fermentado y listo para ser secado.
Animales domésticos invaden el área de secado (describir): Hay presencia de aves de corral (gallinas) circulando por sobre el café. Además hay presencia de caninos cerca al secador.

Hay presencia de envases usados de plaguicidas agrícolas y/o fertilizantes químicos cerca o en la planta de beneficio y/o en la plantación de café u otras plantaciones: Hay bolsas de fertilizantes en el centro de beneficio.
--

Otras observaciones que estime pertinente: El centro de beneficio es precario; es decir es un ambiente simple con la despulpadora dispuesta sobre dos postes, que no cumple con condiciones adecuadas para tratamiento de café. El agua usada es entubada y las aguas mieles fluyen a un pozo ciego. Además no tiene tanque tina, siendo el café directamente secado inmediatamente después de haberse despulpado.
--

## FORMATO DE ENCUESTA

### I. Datos del Agricultor

Nombre o razón social		Teléfono	DNI
Fidencio García Zurita			27820076
Domicilio	Ciudad:		
	Calle/Jr./Av.		
	Número:		
	Caserío/Sector/Centro Poblado	San Martín	
	Distrito:	San Ignacio	
	Provincia	San Ignacio	
Región:	Cajamarca		

### II. Datos de la parcela

Ubicación de la parcela	Caserío/Sector/Centro.Pobl.	Distrito:	Provincia
	San Martín	San Ignacio	San Ignacio
Condiciones climáticas	Temperatura (aprox.)	Humedad relativa (% aprox.)	Precipitación (mm)
	21°C	80%	
Coordenadas UTM	Latitud (Este/Oeste)	Longitud (Norte/Sur)	Zona horaria
Área (ha)	Tipo de suelo	Arcilloso	Altitud
			1500

### III. Datos del cultivo

Antecedentes	Cultivo anterior	Café	Variedad/Área (ha)	
	Procedencia de la semilla botánica	Propio	Catimor	1.0
	Procedencia del plantón	Propio		
	Fecha de siembra/trasplante	Enero 2011		
	Edad del cultivo	10 años		

Aplicación de fertilizantes o abonos			Aplicación de insecticidas		
Fertilizante	Dosis/planta	Fecha de aplicación	Insecticida	Dosis/planta	Fecha de aplicación
Supercafé	40 gramos	Marzo 2020			
Aplicación de fungicidas			Aplicación de herbicidas		
Fungicida	Dosis	Fecha de aplicación	Herbicida	Dosis	Fecha de aplicación

**IV. Datos del centro de beneficio**

Tiene centro de beneficio (si/no)		<del>Si</del> No	Tiene tanque tina (si/no)	<del>Si</del> No	Estado de la despulpadora		
					Bueno	Malo	<del>Regular</del>
Destino de las aguas mieles							
Río	Si	<del>No</del>	Misma parcela	<del>Si</del>	No	Describir estado: La tolva de la despulpadora presenta óxidos de hierro, así como el rodillo.	
Quebrada	Si	<del>No</del>	Misma parcela pero no a cultivo de café	Si	<del>No</del>		
Manantial	Si	<del>No</del>	Pozas de tratamiento de aguas mieles	Si	<del>No</del>		

<b>Secador</b>
Describir: El secador es en el suelo sobre el cual se coloca las mantas de polipropileno.
Animales domésticos invaden el área de secado (describir): Se observa aves de corral circulando por el secador.

Hay presencia de envases usados de plaguicidas agrícolas y/o fertilizantes químicos cerca o en la planta de beneficio y/o en la plantación de café u otras plantaciones): Los envases de plaguicidas usados están arrojados cerca de la planta de beneficio.
---

Otras observaciones que estime pertinente: Existen también la presencia de caninos circundando por el secador así como durmiendo por debajo de tarimas cercanas al tanque tina.
--

## ANEXO 2: Registro de datos procedentes del laboratorio

**Tabla 13**

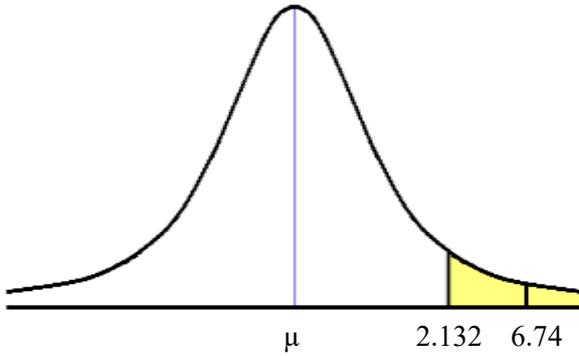
*Concentración de cadmio (ppm) en granos de café, café tostado molido y bebida de café. Caseríos Barrio Nuevo, Los Lirios y San Martín, octubre 2020.*

Zona	Muestra	Grano Fresco	Grano Oro verde	Grano Tostado	Café Tostado Molido	Bebida
Barrio Nuevo	M1	0.53	0.77	0.24	0.14	0.00
	M2	0.48	0.25	0.30	0.04	0.00
	M3	0.70	0.54	0.19	0.10	0.00
	M4	0.77	0.24	0.28	0.14	0.00
	M5	0.39	0.14	0.13	0.14	0.00
	M6	0.00	0.40	0.20	0.00	0.00
Los Lirios	M7	0.00	0.31	0.20	0.39	0.00
	M8	0.00	0.30	0.04	0.28	0.00
	M9	0.00	0.18	0.35	0.17	0.00
	M10	0.00	0.10	0.17	0.00	0.00
San Martín	M11	0.59	0.40	0.35	0.00	0.00
	M12	0.57	0.00	0.16	0.00	0.00
	M13	0.61	0.00	0.52	0.23	0.00
	M14	0.47	0.19	0.12	0.00	0.00
	M15	0.57	0.50	0.17	0.00	0.00

### ANEXO 3: Pruebas de hipótesis

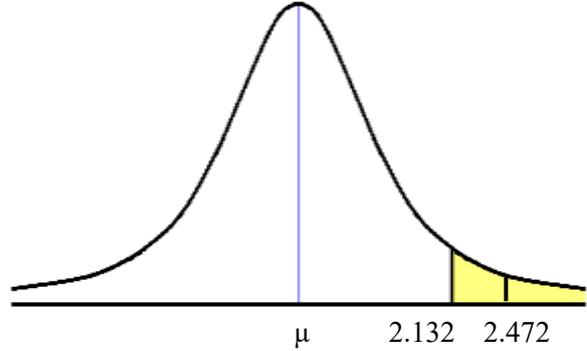
**Figura 22**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, caserío Barrio Nuevo.*



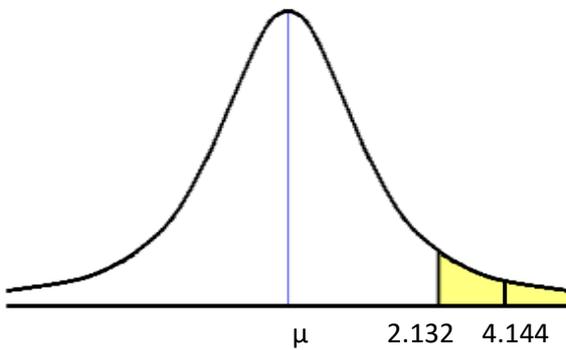
**Figura 23**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde, caserío Barrio Nuevo.*



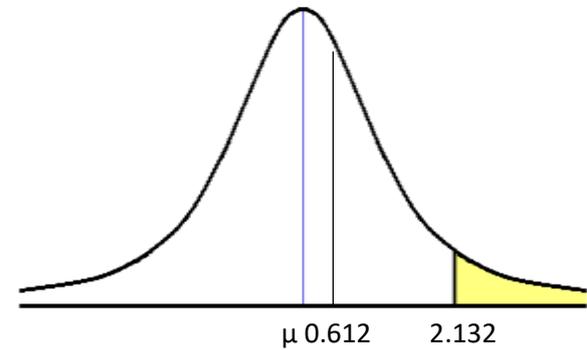
**Figura 24**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado, caserío Barrio Nuevo.*



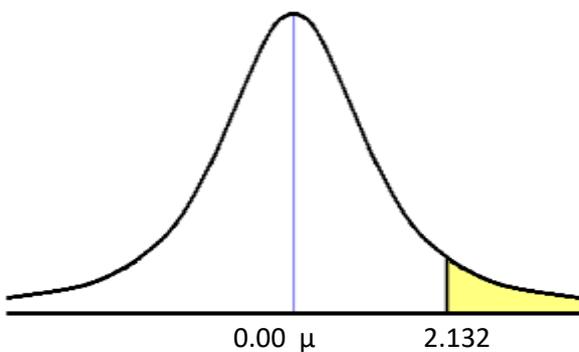
**Figura 25**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido, caserío Barrio Nuevo.*



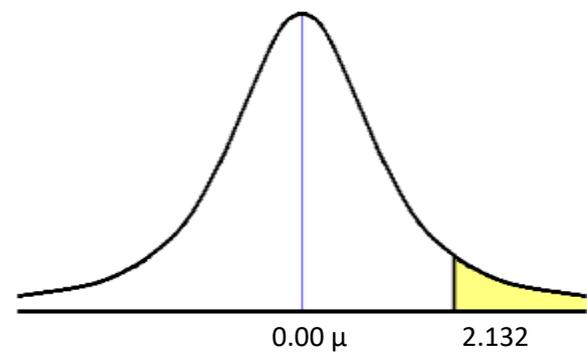
**Figura 26**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café, caserío Barrio Nuevo.*

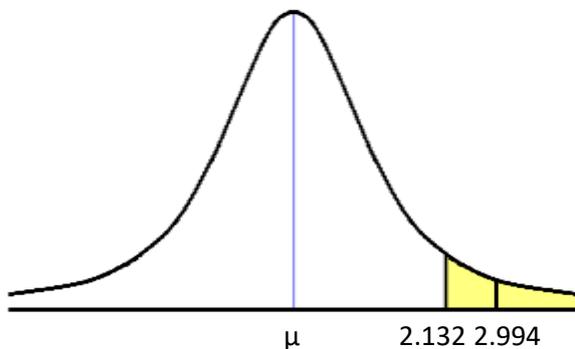


**Figura 27**

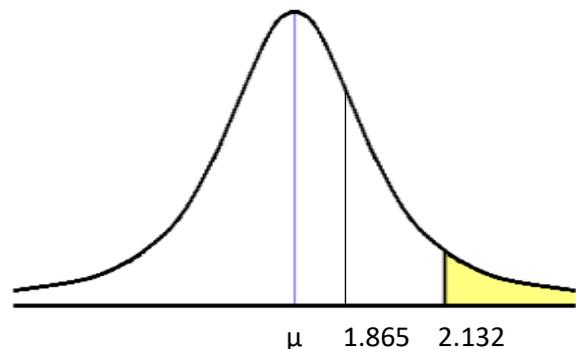
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, caserío Los Lirios.*



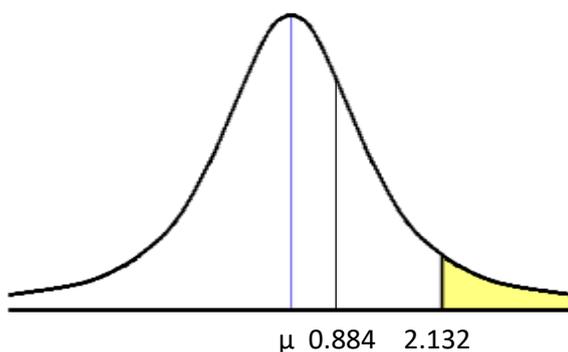
**Figura 28**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde, caserío Los Lirios.*



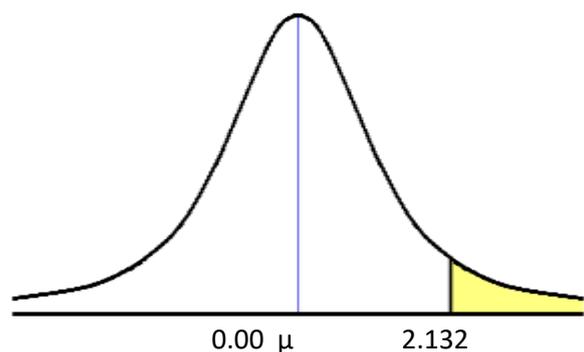
**Figura 29**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado, caserío Los Lirios.*



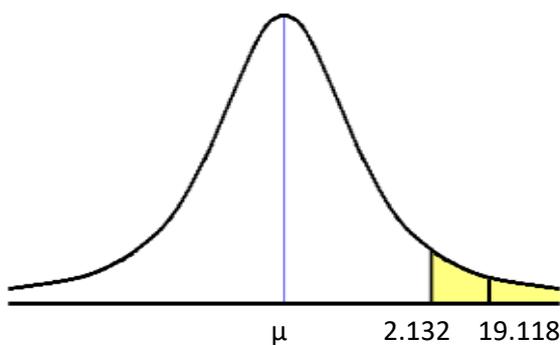
**Figura 30**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido, caserío Los Lirios.*



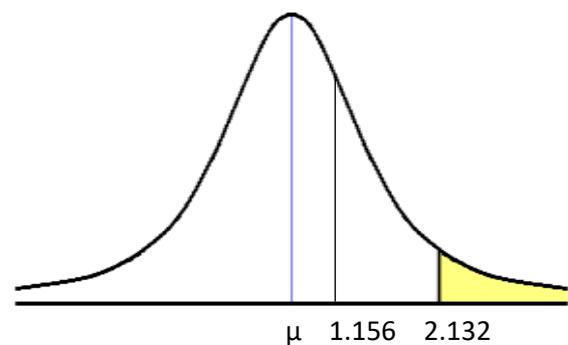
**Figura 31**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café, caserío Los Lirios.*



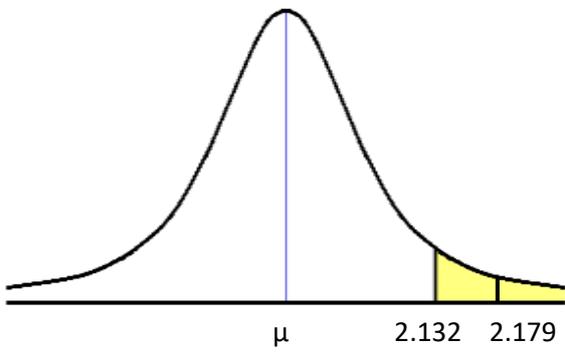
**Figura 32**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, caserío San Martín.*



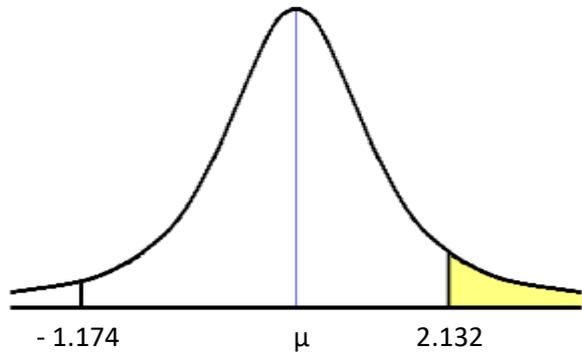
**Figura 33**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde, caserío San Martín.*



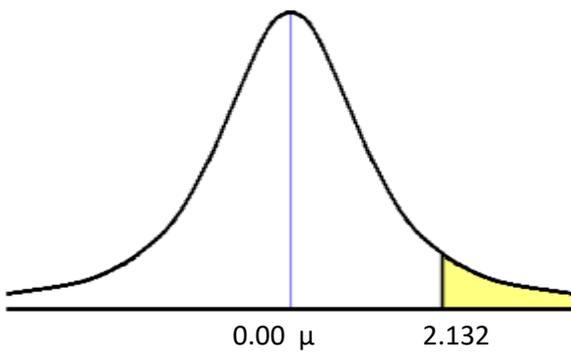
**Figura 34**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado, caserío San Martín.*



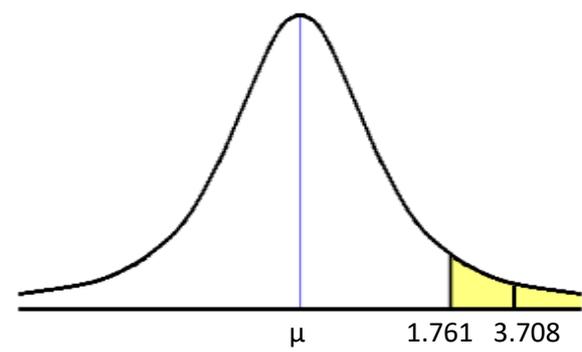
**Figura 35**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido, caserío San Martín.*



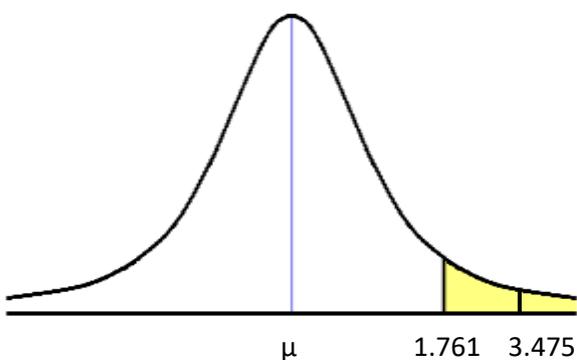
**Figura 36**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café, caserío San Martín.*



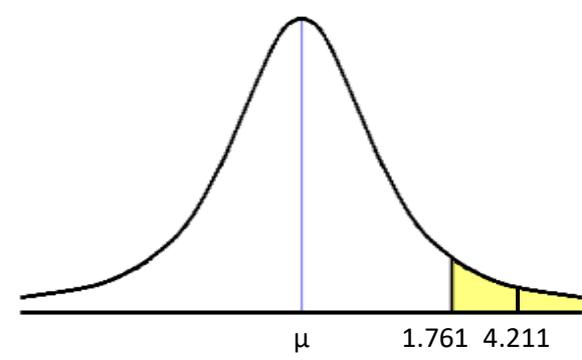
**Figura 37**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos frescos de café, al 0.05 de probabilidad.*



**Figura 38**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café oro verde.*

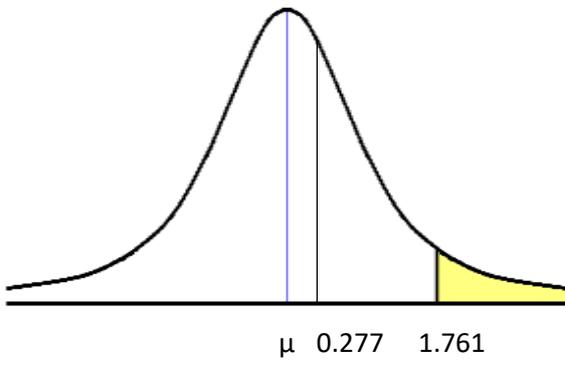


**Figura 39**  
*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en granos de café tostado.*



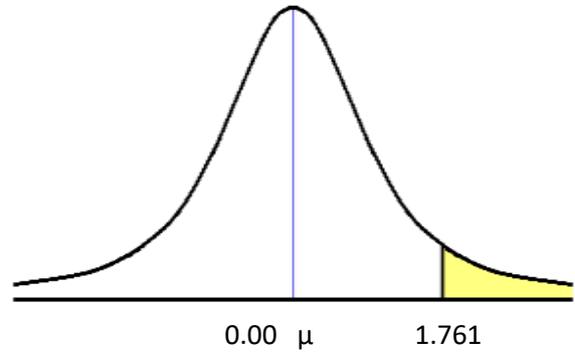
**Figura 40**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en café tostado molido.*



**Figura 41**

*Prueba de hipótesis de la concentración de cadmio en bebida de café.*



## ANEXO 4: Material Fotográfico

**Figura 42.**

*Presencia de fertilizantes sintéticos y herbicida, caserío Barrio Nuevo.*



**Figura 43**

*Cosecha de cerezos, caserío Barrio Nuevo. 2020.*



**Figura 44**

*Preparación de muestras de granos de café frescos. Caserío Barrio Nuevo.*



**Figura 45**

*Muestras en bolsas herméticas para envío a laboratorio. Caserío Barrio Nuevo.*



**Figura 46**  
*Despulpado de los cerezos. Caserío Barrio Nuevo.*



**Figura 47**  
*Secado de granos de café. Caserío Barrio Nuevo.*



**Figura 48**  
*Muestras en bolsas herméticas para envío a laboratorio. Caserío San Martín.*



**Figura 49**  
*Muestras en bolsas herméticas para envío a laboratorio. Caserío San Martín.*



**Figura 50**  
*Fertilizantes sintéticos en la finca del caserío San Martín.*



**Figura 51**  
*Tostado de café.*



**Figura 52**  
*Pesado de muestra para catación.*



**Figura 53**  
*Catación del café.*



**Figura 54**

*Muestras de café oro verde (a), granos tostados (b), café tostado molido (c) y bebida de café (d), para envío a laboratorio.*

