

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**“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 PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autores: Bach. RITA MEGO RAMÍREZ

Bach. MARGOT DEL MILAGRO PINTADO CASTILLO

Asesores: Mg. Sc. JAMES TIRADO LARA

JAÉN-PERÚ, OCTUBRE, 2019



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 día 02 de OCTUBRE del año 2019, siendo las 11:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: SEGUNDO EDILBERTO VERGARA MEDRANO

Secretario: EUDUALDO DÍAZ BONZALES

Vocal: SANTOS CLEMENTE HERRERA DÍAZ, para evaluar la

Sustentación del Informe Final:

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

Titulado:

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN GRANOS Y ESENCIA DE CAFÉ (Coffea arabica L.) EN EL DISTRITO DE CHIRINOS, PROVINCIA DE SAN BERNABÉ

presentado por estudiante/egresado o Bachiller RITA HEGO FAHÍREZ

y MARCO DEL MILAGRO PINTADO CASTILLO de la Carrera Profesional

de INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

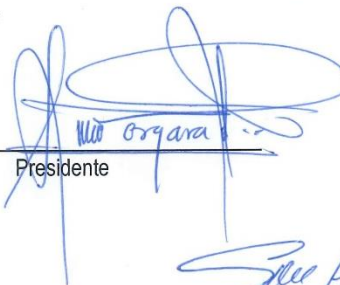
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

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

Con la siguiente mención:

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

Siendo las 1:20 pm horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1. Materiales.....	5
3.1.1. Materia prima	5
3.1.2. Materiales para muestro	5
3.1.3. Materiales de laboratorio.....	5
3.1.4. Equipos.....	5
3.1.5. Reactivos	6
3.2. Metodología	6
3.2.1. Lugar de ejecución	6
3.2.2. Muestreo de granos frescos	6
3.2.3. Muestreo de granos secos.....	7
3.2.4. Muestreo de esencia de café.....	7
3.2.5. Traslado de la muestra a laboratorio	8
3.3. Método de análisis.....	8
3.3.1. Determinación del cadmio en granos frescos, secos y esencia de café.....	8
3.4. Diseño experimental.....	10
3.4.1. Flujo para la determinación de cadmio	10
3.4.2. Diseño estadístico.....	10
IV. RESULTADOS	12
4.1. Nivel de concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia.	12
V. DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24

6.1. Conclusiones	24
6.2. Recomendaciones.....	25
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
AGRADECIMIENTO.....	28
DEDICATORIA.....	29
ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).....	10
Tabla 2. Concentración promedio de cadmio, con la aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	12
Tabla 3. ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Catimor. Datos (con valor de $0.09 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°26 (del anexo).....	13
Tabla 4. Significación de Medias Tukey al 0.05 de probabilidad, en variedad Catimor con aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	14
Tabla 5. ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Pache. Datos (con valor de $0.09 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N° 30 (del anexo).....	14
Tabla 6. Significación de Medias de Tukey al 0.05 de probabilidad, en variedad Pache con aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	15
Tabla 7. Concentración promedio de cadmio, con la aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	15
Tabla 8. ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Catimor. Datos (con valor de $0.05 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°34(Del anexo).....	16
Tabla 9. Significación de Medias de Tukey al 0.05 probabilidad, en variedad Catimor con aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	17
Tabla 10. ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Pache. Datos (con valor de $0.05 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°38 (del anexo).....	17
Tabla 11. Significación de Medias de Tukey al 0.05 de probabilidad, en variedad Pache con aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	18
Tabla 12. Concentración promedio de cadmio, con la asunción de una concentración de 0 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	18

Tabla 13. ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Catimor. Datos (con valor de $0 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°42(del anexo).....	20
Tabla 14. Significación de Medias de Tukey al 0.05 en variedad Catimor con aducción de una concentración de 0.00 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)	20
Tabla 15. ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Pache. Datos (con valor de $0 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°46 (del anexo).....	21
Tabla 16. Significación de Medias de Tukey al 0.05 de probabilidad de la concentración de cadmio la variedad Pache, modificados, menores a 0.1.	21
Tabla 17. Concentración cadmio en granos frescos de café variedad Catimor.....	31
Tabla 18. Concentración de cadmio en granos frescos de café variedad Pache.....	31
Tabla 19. Concentración de cadmio en granos secos de café en la variedad Catimor	32
Tabla 20. Concentración de Cadmio en granos secos de café de la variedad Pache.....	32
Tabla 21. Concentración de cadmio en esencia de café de la variedad Catimor.....	33
Tabla 22. Concentración de Cadmio en esencia de café de la variedad Pache	33
Tabla 23. Concentración de cadmio en variedad Catimor, con valor de 0.09 (<0.1).	34
Tabla 24 Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la asunción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	34
Tabla 25. Concentración de cadmio en variedad Catimor, con un valor de 0.09 (<0.1), transformados con $\sqrt{(x+1)}$	35
Tabla 26. Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la asunción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$	35
Tabla 27. Concentración de cadmio en variedad Pache, con valor de 0.09 (<0.1).	35
Tabla 28. Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	36
Tabla 29. Concentración de cadmio en variedad Pache, con un valor de 0.09 (<0.1), transformados con $\sqrt{(x+1)}$	36
Tabla 30. Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$	36
Tabla 31. Concentración de cadmio en variedad Catimor, con valor de 0.05 (<0.1).	37

Tabla 32. Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la aducción de una concentración de 0.05ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	37
Tabla 33. Concentración de cadmio en variedad Catimor, con un valor de 0.05 (<0.1), transformados con $\sqrt{(x+1)}$	37
Tabla 34. Concentración promedio de cadmio variedad Catimor, con la aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro), transformados mediante raíz cuadrada de x+1	38
Tabla 35. Concentración de cadmio en variedad Pache, con valor de 0.05 (<0.1).	38
Tabla 36. Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.05ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	38
Tabla 37. Concentración de cadmio en variedad Pache, con un valor de 0.05 (<0.1), transformados con $\sqrt{(x+1)}$	39
Tabla 38. Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro) transformados mediante raíz cuadrada de x+1.	39
Tabla 39. Concentración de cadmio en variedad Catimor, con valor de 0(<0.1).....	39
Tabla 40. Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la aducción de una concentración de 0 (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	40
Tabla 41. Concentración de cadmio en variedad Catimor, con un valor de 0 (<0.1), transformados con $\sqrt{(x+1)}$	40
Tabla 42. Promedio de datos de la concentración de cadmio en variedad Catimor con la aducción de una concentración de 0 (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro), transformados mediante raíz cuadrada de x+1.	40
Tabla 43. Concentración de cadmio en variedad Pache, con valor de 0(<0.1).	41
Tabla 44. Promedio de datos de la concentración de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0 (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).....	41
Tabla 45. Concentración de cadmio en variedad Pache, con un valor de 0 (<0.1), transformados con $\sqrt{(x+1)}$	41
Tabla 46. Promedio de datos de la concentración de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro), transformados mediante raíz cuadrada de x+1.	42
Tabla 47. Límites máximos de cadmio en alimentos	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para determinación de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café.....	10
Figura 2. Concentración de cadmio variedad Catimor.....	13
Figura 3. Concentración de cadmio variedad Pache.....	13
Figura 4. Concentración de cadmio variedad Catimor.....	16
Figura 5. Concentración de cadmio variedad Pache.....	16
Figura 6. Concentración de cadmio variedad Catimor.....	19
Figura 7. Concentración de cadmio variedad Pache.....	19
Figura 8. Reporte de análisis de granos secos de café variedad Catimor.....	46
Figura 9. Reporte de análisis de granos secos de café variedad Pache.....	47
Figura 10. Reporte de análisis de granos frescos variedad Catimor.....	48
Figura 11. Reporte de análisis de granos frescos variedad Pache.....	49
Figura 12. Reporte de análisis de esencia de café variedad Catimor.....	50
Figura 13. Reporte de análisis de esencia de café variedad Pache.....	51
Figura 14. Variedad Catimor (Parcela Pedregal).....	52
Figura 15. Variedad Catimor (Parcela Las Piñas).....	52
Figura 16. Variedad Pache (Parcela El Recuerdo).....	52
Figura 17. Variedad Catimor (Parcela El Recuerdo).....	52
Figura 18. Variedad Pache (Parcela El Pedregal).....	53
Figura 19. Variedad Pache (Parcela Las Piñas).....	53
Figura 20. Selección de café cerezo variedad Catimor y Pache.....	53
Figura 21. Acondicionamiento en cajas térmicas de muestras.....	53
Figura 22. Recolección de granos secos.....	53
Figura 23. Muestras de granos secos.....	53
Figura 24. Rotulado de muestras granos frescos.....	54
Figura 25. Pesado de granos frescos.....	54
Figura 26. Rotulado de muestras granos secos.....	54
Figura 27. Pesado de granos secos.....	54
Figura 28. Proceso de torrefacción (tostado) de granos secos.....	54
Figura 29. Molienda.....	55
Figura 30. Molienda Proceso para obtener esencia de café.....	55

Figura 31. Pesado de granos frescos.....	55
Figura 32. Estufa, para secado de granos frescos	55
Figura 33. Molino	55
Figura 34. Pesado de granos secos café.....	55
Figura 35. Pesado de esencia de café.	56
Figura 36. Molienda de muestras (granos frescos y secos)	56
Figura 37. Pesado de muestras frescas y secas molidas	56
Figura 38. Muestras (frescas, secas y esencia) en proceso de digestión	56
Figura 39. Muestras listas para análisis de cadmio	56
Figura 40. Planta de Café variedad Catimor.....	57
Figura 41. Planta de Café variedad Pache	57
Figura 42. Parcela “Las Piñas”	57
Figura 43. Parcela “El Pedregal”	57
Figura 44. Parcela “EL Recuerdo”	58

RESUMEN

La presente investigación permitió determinar el nivel de concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café (*Coffe arabica L.*), este se desarrolló en el Centro Poblado Las Pirias, Distrito Chirinos, Provincia de San Ignacio; el mismo que consistió en la recolección de café en cerezo (fresco) y seco de las variedades Catimor y Pache provenientes de las parcelas (El Recuerdo, Las Piñas y El Pedregal) y almacenes de los principales productores de la zona. Luego se realizó la obtención de la muestra de café para la obtención de la esencia mediante los procesos de tostado, molido y filtrado de los granos en las condiciones de fresco y secos. El método utilizado para dicho análisis fue Espectrofotometría de Absorción Atómica y el diseño que se utilizó fue de Bloques Completamente al Azar (DBCA), dispuesto a un arreglo factorial de 2x3x3, teniendo tres repeticiones por tratamiento de cada variedad. El análisis estadístico fue el de ANOVA y se empleó la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados indicaron que se tiene alto nivel de concentración de cadmio solo en granos secos, de la variedad Catimor en las tres parcelas, resultado que sobrepasa el límite máximo permisible del Reglamento Técnico MERCOSUR (0,1mg/kg), mientras que en granos frescos y esencia se obtiene un nivel de concentración menor que < 0.1 ppm.

Palabras claves: Cadmio, café, variedad, Catimor, Pache.

ABSTRACT

The present investigation allowed to determine the level of concentration of cadmium in fresh, dried beans and coffee essence (*Coffe arabica* L.), this was developed in the Village Center Las Pirias, District Chirinos, Province of San Ignacio; the same one that consisted of the collection of coffee in cherry (fresh) and dry of the Catimor and Pache varieties from the plots (El Recuerdo, Las Piñas and El Pedregal) and warehouses of the main producers in the area. Then the coffee sample was obtained to obtain the essence by roasting, grinding and filtering the beans under the conditions of fresh and dry. The method used for this analysis was Atomic Absorption Spectrophotometry and the design that was used was Completely Random Blocks (DBCA), arranged to a factorial arrangement of 2x3x3, having three repetitions per treatment of each variety. The statistical analysis was that of ANOVA and the Tukey test was used ($p < 0.05$). The results indicated that there is a high level of cadmium concentration only in dry grains, of the Catimor variety in the three plots, a result that exceeds the maximum permissible limit of the MERCOSUR Technical Regulation (0.1mg / kg), while in fresh grains and essence a concentration level less than < 0.1 ppm is obtained.

Keywords: Cadmium, coffee, variety, Catimor, Pache.

I. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los principales productos agrarios de exportación de Perú y es el producto más importante después del petróleo, tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional. ComexPeru (2018)

En nuestro país, el café se cultiva en concentraciones significativas en los Departamentos como Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, San Martín y Puno; su disponibilidad de producción mayormente se da en los meses de marzo-abril y junio-julio. La producción en el año 2018 fue de 5'700,000 quintales, monto superior en 6% al resultado del 2017 (5'380,000 quintales) y se estima que en este año crecerá entre 5% y 8%, con lo que alcanzará unos 6'600,000 quintales. Junta Nacional del Café (2019).

El Café incluye más de 1,000 compuestos, como vitamina B, aminoácidos, azúcares y minerales, y provee más antioxidantes que cualquier otra bebida o alimento consumido, pero para su comercialización se exige una alta calidad en tasa e inocuidad en el grano, que influyen en el aumento y disminución de los precios. ComexPeru (2018)

El café, es considerado como un cultivo bandera de la región Cajamarca y debido a la producción de un café orgánico ha sido reconocido por su calidad en concursos nacionales e internacionales lo cual ha favorecido en su precio y demanda del mercado internacional. Gobierno Regional de Cajamarca (2015)

(Condezo & Huaraca, 2018), realizaron un estudio de “Cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arábica* L) de la zona de Jaén-Cajamarca durante el periodo Febrero – Julio 2018”. Se señala que el café es un producto cultivado en varios países en desarrollo, constituyéndose en el principal rubro de exportación agrícola y primera fuente generadora de divisas después del petróleo, además de mostrar grandes expectativas de desarrollo en el mercado internacional. El café es un producto básico en el mundo que más se comercializa, se produce en más de 50 países y más de 25 millones de familias caficultoras en el mundo entero la producen.

La calidad del café con el pasar de los años se ha visto afectada por diversos factores, uno de ellos es la presencia del cadmio; un elemento que se encuentra en la naturaleza, considerándose como uno de los elementos más tóxicos y, por esto es uno de los más estudiados. ComexPeru (2018)

Los metales pesados se conocen desde hace mucho tiempo como contaminantes de difícil solución que una vez que ingresan en los suelos agrícolas y a la cadena alimenticia permanecen por mucho tiempo en el sistema. Los valores tolerables en presencia de metales pesados varían entre pocos miligramos hasta solamente microgramos en el producto final comercial, estos rangos extremadamente bajos vuelven todavía más complicada la comercialización. El cadmio es tal vez el metal pesado con más atención por su relación con una serie de trastornos incluido el cáncer y por su extremadamente bajo valor tolerable que está en el rango de 0.2 y 0.5 ppm para los alimentos terminados. INIAP (2015)

El cadmio en los suelos puede tener un origen natural o antrópico, pero independientemente de ello las plantas lo absorben y pueden acumularlo en distintas estructuras y proporciones, esta situación en el café se presenta con acumulación importante en sus semillas y hojas. Londoño *et al.*, (2016) citado en Casteblanco (2018). Las plantas absorben una mayor cantidad de cadmio, cuando el pH del suelo es bajo. En los seres humanos y en algunos animales terrestres la concentración de cadmio se da con mayor frecuencia en el hígado y los riñones. Kjellstrom *et al.*, (1985) citado en (Condezo & Huaraca, 2018).

La CONTAM (2009) (Comisión Técnica de la Cadena Alimentaria), en su dictamen científico, concluye que en los países europeos la exposición alimentaria al cadmio se acerca o supera ligeramente la ingesta semanal tolerable de 2,5 µg/kg de peso corporal. Asimismo la CONTAM concluye que en algunos sub grupos de la población, la ingesta semanal tolerable llega casi a duplicarse; aunque es poco probable que se produzcan efectos negativos sobre la función renal en un individuo expuesto a dicho nivel, es necesario reducir la exposición al cadmio en la población.

Por lo expuesto se puede suponer que la presencia Cadmio en los alimentos en este caso el café supera el contenido máximo permisible establecido la MERCOSUR, poniendo en riesgo su consumo y exportación debido a los altos estándares de calidad en el mercado europeo. Zambrano (2017)

Dado la importancia que tiene el café respecto a su consumo, es necesario determinar la presencia de cadmio en granos y esencia de café, en las variedades Pache y Catimor; ya que la contaminación por metales puede derivar en diversos efectos a la salud y al ambiente. 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)

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el nivel de concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café (*Coffea arabica* L.) en variedades Pache y Catimor, procedentes del Centro Poblado las Pirias, Distrito de Chirinos, Provincia de San Ignacio.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de concentración de cadmio en granos frescos de café (*Coffea arabica* L.) en variedades Pache y Catimor.
- Determinar el nivel de concentración de cadmio en granos secos de café (*Coffea arabica* L.) en variedades Pache y Catimor.
- Determinar el nivel de concentración de cadmio en esencia de café (*Coffea arabica* L.) en variedades Pache y Catimor.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materia prima

Los granos de café fresco y seco de las variedades Pache y Catimor, fueron obtenidos por las autoras conjuntamente con los productores de las Parcelas (El Recuerdo, Las Piñas y El Pedregal); pertenecientes al Centro Poblado Las Pirias, Distrito de Chirinos.

La esencia de café de las variedades Pache y Catimor fue obtenida de los mismos granos secos, obtenidos por las autoras mediante plumeo de dichos almacenes de los productores.

3.1.2. Materiales para muestro

- Bolsas herméticas
- Guantes quirúrgicos
- Caja térmica
- Plumas

3.1.3. Materiales de laboratorio*

- Tubos de ensayo
- Pipetas
- Placas Petri
- Balanza analítica
- Fiala

3.1.4. Equipos*

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

3.1.5. Reactivos*

- Agua destilada
- Ácido nítrico (HNO_3)

*Los materiales, equipos y reactivos se utilizaron bajo el protocolo del Instituto de Cultivos Tropicales.

3.2. Metodología

3.2.1. Lugar de ejecución

Los granos frescos y secos se obtuvieron en las parcelas, Las Piñas, El Pedregal y El Recuerdo ubicadas en el Centro Poblado las Pirias, Distrito de Chirinos, Provincia de San Ignacio.

La preparación de las muestras de granos frescos, secos y esencia de café se realizó en el Taller de Tecnológico de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

La determinación del nivel de concentración de cadmio de los granos frescos, secos y esencia de café, se realizó en Laboratorio de análisis de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales - Tarapoto, utilizando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

3.2.2. Muestreo de granos frescos

La recolección de los granos frescos de café (cerezo) de ambas variedades, se realizó desde el centro de la rama hacia la base de la rama, de tres puntos diferentes y lineales (entrada, centro y final de la parcela), obteniendo 300 gramos por cada punto y por cada variedad. Los cerezos se recolectaron en bolsas con sellado hermético a temperatura ambiente.

Luego se procedió a seleccionar los cerezos maduros, se acondicionaron las muestras en cajas térmicas a temperatura ambiente, para ser trasladadas al Taller Tecnológico de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, con la finalidad de pesar 200 gramos de muestra.

En el Taller se procedió a pesar y colocar las muestras en bolsas con sellado hermético con su respectivo rotulado, para luego ser llevado al Laboratorio de análisis de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), para su análisis correspondiente.

3.2.3. Muestreo de granos secos

- Después del beneficiado, con la ayuda de una pluma se realizó la recolección de 900 gramos de granos secos en bolsas herméticas por cada variedad de los almacenes de los productores.
- Luego se procedió a seleccionar los granos secos, se acondicionaron las muestras en cajas térmicas a temperatura ambiente, para ser trasladadas al Taller Tecnológico de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, con la finalidad de pesar 200 gramos de muestra.
- En el Taller se procedió a pesar y colocar las muestras en bolsas con sellado hermético con su respectivo rotulado, para luego ser llevado al Laboratorio de análisis de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), para su análisis correspondiente.

3.2.4. Muestreo de esencia de café

Los de granos secos de café de ambas variedades se procedieron a trillar, seleccionando a la vez los granos con daños en su interior, obteniendo gramos de café trillado por cada variedad. Posteriormente se realizó la torrefacción (tostado) que implica tostar el café seco trillado e ir aumentando la temperatura hasta alcanzar los 100°, al alcanzar esta temperatura el grano pierde humedad y pasa de forma repentina del color verde al color amarillo y posteriormente al dorado. Luego se eleva la temperatura a 180° produciéndose una rotura de la superficie más intensa. El café desprende una grasa muy aromática. Los granos se hinchan y se rompen, tomando una tonalidad carmelita. Posteriormente, sigue aumentando la temperatura a 215°. Luego, los granos se enfrían bruscamente para fijar el aroma y condensar los aceites para luego realizar el molido del café torrefactado y así obtener un café molido grueso con la finalidad de filtrar.

- Luego de haber realizado el tostado, se procedió a moler. La muestra molida se procedió a filtrar con ayuda de una cafetera para obtener la esencia de café. Para extraer la esencia se utilizó 100 gramos de café tostado molido, y 150 ml de agua. La esencia de café, de ambas variedades, se colocó en recipientes esterilizados comercialmente, en una cantidad de 100 ml de esencia de café, por cada variedad.

3.2.5. Traslado de la muestra a laboratorio

Las muestras (granos de café frescos, secos y esencia) fueron colocadas en bolsas de polietileno selladas herméticamente y rotuladas, en una cantidad de 200 gramos cada por cada variedad, teniendo tres repeticiones por tratamiento, obteniendo una cantidad 36 de muestras entre granos frescos y secos de café, y 18 muestras de esencia de café, los mismos que se colocaron en cajas térmicas a temperatura ambiente para ser trasladadas al Laboratorio de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales- Tarapoto con un promedio de viaje de nueve a diez horas.

3.3. Método de análisis

3.3.1. Determinación del cadmio en granos frescos, secos y esencia de café

La metodología para determinar cadmio en granos frescos, secos y esencia de café, se realizó bajo el protocolo del Instituto de Cultivos de Tropicales.

1. Granos frescos

- Se pesó 200 gramos de la muestra y luego se seca en estufa a una temperatura de 75°C durante 5 horas.

- Después del secado de los granos frescos en estufa, se procedió a moler la muestra con ayuda de un molino.

- En un tubo de ensayo conteniendo un gramo de muestra, se agregó 10 ml de HNO₃; sometiéndose a mineralización nítrico perclórica 130 °C, hasta que la digestión termine.

- La digestión se completó cuando empezó a emanar humo blanco y formo un líquido incoloro.

- Para finalizar se filtró los extractos en fiolas de 100 ml, agregándose 25ml de agua destilada y adicionando también solución estándar de cadmio.

2. Granos secos

- Se pesó 200 gramos de la muestra de café secos. Estos granos fueron descascarillados y posteriormente molidos.
- En un tubo de ensayo se agregó un gramo de los granos molidos, además de agregarse 10 ml de HNO₃.
- Posteriormente se sometieron a mineralización nítrica perclórica a 130 °C hasta que la digestión termine. La digestión se completó cuando empezó a emanar humo blanco y formo un líquido incoloro.
- Para finalizar se filtró los extractos en fiolas de 100 ml y se diluyó en 25ml de agua destilada; adicionando además la solución estándar de cadmio.

3. Esencia de Café

- Se procedió a pesar 1ml de esencia de café. Se vertió en un tubo de ensayo, agregándose 10 ml de HNO₃, sometiéndose este contenido a mineralización a una temperatura de 130 °C hasta que la digestión termine.
- La digestión al igual que en los granos, se completó cuando empezó a emanar humo blanco y formación un líquido incoloro.
- Finalmente se filtró los extractos en fiolas de 100 ml y se diluyó en 25ml de agua destilada, adicionando la solución estándar de cadmio, para su posterior lectura.

3.4. Diseño experimental

3.4.1. Flujo para la determinación de cadmio

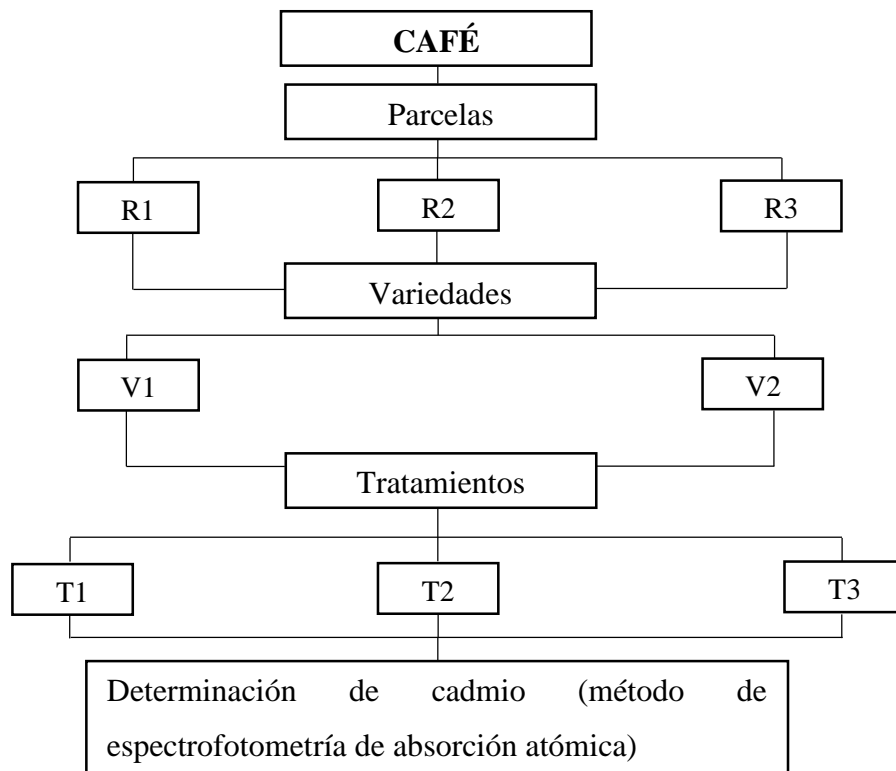


Figura 1. Diagrama de flujo para determinación de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café

3.4.2. Diseño estadístico

Se utilizó el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), dispuesto a un arreglo factorial de 2x3x3. Se utilizó dos variedades de café (Catimor y Pache) de tres repeticiones (Parcela Las Piñas, Parcela El Pedregal y Parcela El Recuerdo), con tres tratamientos (granos frescos, granos secos y esencia de café)

Tabla 1
Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).

	V1			V2			
BLOQUE I	R1	T1	T2	T3	T1	T2	T3
BLOQUE II	R2	T2	T3	T1	T2	T3	T1
BLOQUE III	R3	T3	T1	T2	T3	T1	T2

Leyenda:

a. Bloques o Repeticiones

- R1: Pedregal
- R2: Piñas
- R3: Recuerdo

b. Variedad de Café

- V1: Catimor
- V2: Pache

c. Tratamientos

- T1: Granos Frescos
- T2: Granos Secos
- T3: Esencia

IV. RESULTADOS

4.1. Nivel de concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia.

A. Concentración cadmio con valores de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

El espectrofotómetro para detección de cadmio ha determinado un valor menor a 0.1 ppm tanto en la variedad Catimor como en la variedad Pache. Aduciendo que el valor menor a 0.1, es de 0.09, el promedio de las variedades fluctúa entre 0.09 a 0.286, entre tratamientos.

Tabla 2

Concentración promedio de cadmio, con la aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

Concentración de cadmio (ppm)						
Tratamientos	Catimor			Pache		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Recuerdo	0.09	0.463	0.09	0.09	0.093	0.09
Las Piñas	0.09	0.267	0.09	0.09	0.09	0.09
El Pedregal	0.09	0.127	0.09	0.09	0.09	0.09
Promedio	0.09	0.286	0.09	0.09	0.091	0.09

ppm: partes por millón

En la tabla se observa la concentración promedio de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de las variedades Catimor y Pache con un valor de 0.09 ppm equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).

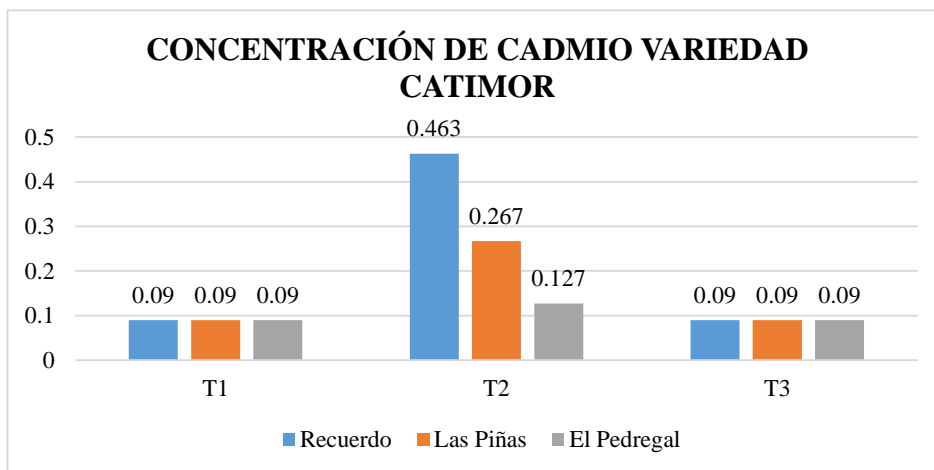


Figura 2. Concentración de cadmio variedad Catimor

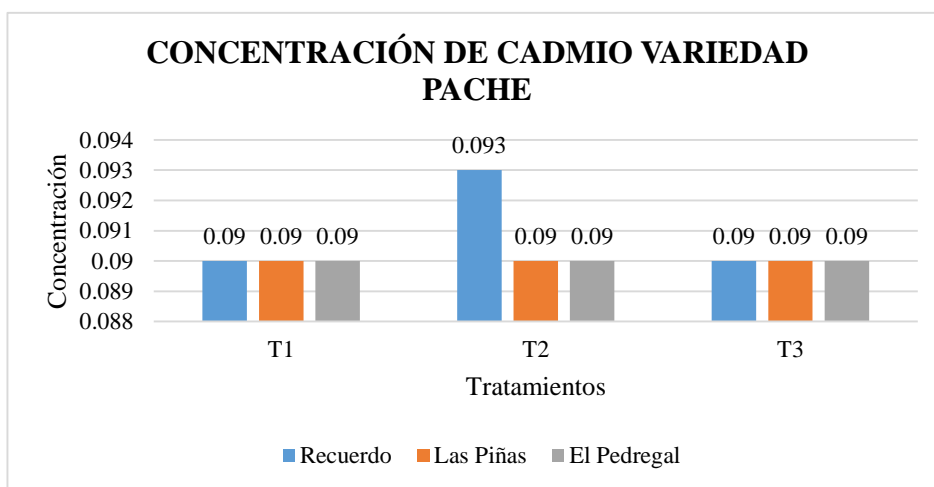


Figura 3. Concentración de cadmio variedad Pache

Para realizar el ANVA, se procedió a transformar los datos mediante la raíz cuadrada de $X+1$, obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 3

ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Catimor. Datos (con valor de $0.09 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°26 (del anexo).

	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.04	2	0.000			
Tratamientos	0.015	2	0.008	4.22	6.94	18.00
Error	0.007	4	0.002			
Total		8				

$$CV = 3.98 \%$$

Para la variedad Catimor, se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que, la concentración de cadmio no difiere en

cada una de las parcelas. Para corroborar este efecto, se acude a realizar la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla 4

Significación de Medias Tukey al 0.05 de probabilidad, en variedad Catimor con aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

Tratamientos	Orden de mérito	Significancia
Grano Seco	1.132	A
Esencia	1.044	A
Grano Fresco	1.044	A

Los resultados de la comparación de medias entre tratamientos, arrojan que, si bien tienen diferencias numéricas, no muestran significancia estadística entre tratamientos.

Es decir que, posiblemente, la concentración de cadmio en granos fresco, granos secos y esencia son similares estadísticamente. Esto puede relacionarse con lo mencionado por Zambrano (2017), quien afirma que el cadmio puede trasladarse desde los suelos hasta las raíces, hojas y puede terminar en los granos de café; por último puede terminar en la esencia y líquido, asimismo en derivados.

Tabla5

ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Pache. Datos (con valor de $0.09 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N° 30 (del anexo)

FV	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.00	2	0.00			
Tratamientos	0.00	2	0.00	1.00	6.94	18.00
Error	0.00	4	0.00			
Total		27				

$$CV = 0.05 \%$$

Para la variedad Pache, a nivel de significación de 0.05, se puede afirmar que al menos uno de los tratamientos difiere del resto. Esto nos puede dar a entender que, la concentración de cadmio difiere en cada una de las parcelas. Para corroborar este efecto, se realiza la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla6

Significación de Medias de Tukey al 0.05 de probabilidad, en variedad Pache con aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

Tratamientos	Orden de mérito	Significancia
Grano seco	1.045	A
Esencia	1.044	A
Grano Fresco	1.044	A

Los resultados de la comparación de medias entre tratamientos, arrojan que, si bien tienen diferencias numéricas, no muestran significancia estadística entre tratamientos. Es decir que, posiblemente, la concentración de cadmio en granos fresco, granos secos y esencia son similares estadísticamente.

B. Concentración de cadmio con valores de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

El espectrofotómetro para detección de cadmio ha determinado un valor menor a 0.1 ppm tanto en la variedad Catimor como en la variedad Pache. Aduciendo que el valor menor a 0.01, es de 0.05, el promedio de las variedades fluctúa entre 0.05 a 0.28, entre tratamientos.

Tabla7

Concentración promedio de cadmio, con la aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

Tratamientos	Concentración de cadmio (ppm)					
	Catimor			Pache		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Recuerdo	0.05	0.46	0.05	0.05	0.07	0.05
Las Piñas	0.05	0.27	0.05	0.05	0.05	0.05
El Pedregal	0.05	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05
Promedio	0.05	0.28	0.05	0.05	0.06	0.05

ppm: partes por millón

En la tabla se observa la concentración promedio de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de las variedades Catimor y Pache con un valor de 0.05 ppm equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).

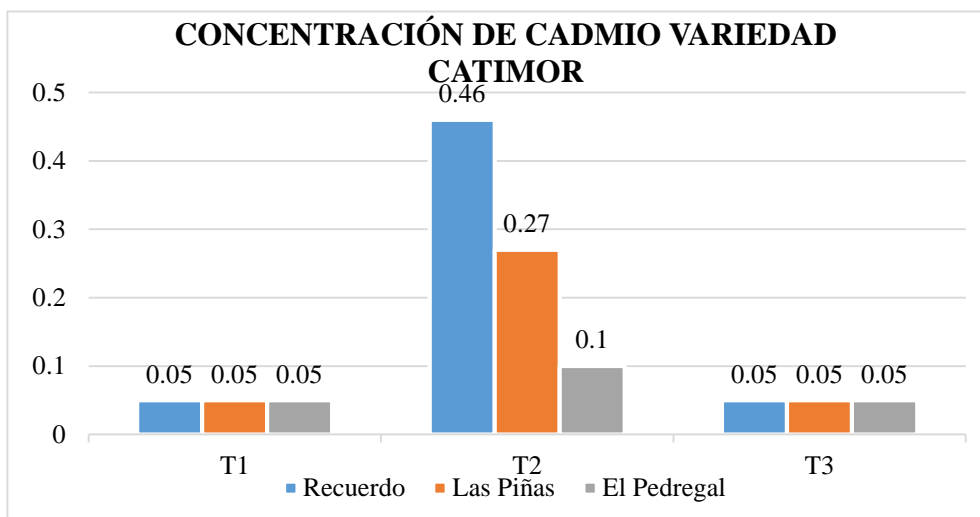


Figura 4. Concentración de cadmio variedad Catimor

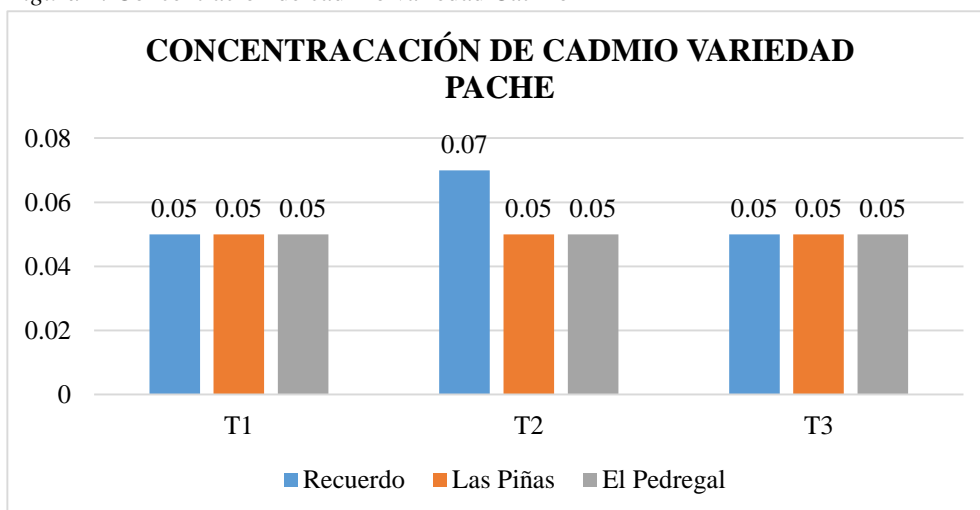


Figura 5. Concentración de cadmio variedad Pache

Para realizar el ANVA, se procedió a transformar los datos mediante la raíz cuadrada de $X+1$, obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 8

ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Catimor. Datos (con valor de $0.05 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°34 (Del anexo).

	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.00	2	0.00			
Tratamientos	0.02	2	0.01	4.92	6.94	18.00
Error	0.01	4	0.00			
Total		27				

CV = 4.37 %

Para la variedad Catimor, se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que, la concentración de cadmio no difiere en cada una de las parcelas.

Para corroborar este efecto, se realiza la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla9

Significación de Medias de Tukey al 0.05 probabilidad, en variedad Catimor con aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

Tratamientos	Orden de mérito	Significancia
Grano Seco	1.127	A
Esencia	1.025	A
Grano Fresco	1.025	A

Los resultados de la comparación de medias entre tratamientos, arrojan que, si bien tienen diferencias numéricas, no muestran significancia estadística entre tratamientos. Es decir que, posiblemente, la concentración de cadmio en granos fresco, granos secos y esencia son similares estadísticamente.

Tabla10

ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Pache. Datos (con valor de $0.05 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°38 (del anexo).

	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.00	2	0.00			
Tratamientos	0.00	2	0.00	1.00	6.94	18.00
Error	0.00	4	0.00			
Total		27				

CV= 0.26 %

Para la variedad Pache, se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que, la concentración de Cadmio no difiere en cada una de las parcelas.

Para corroborar este efecto, se acude a realizar la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla 11

Significación de Medias de Tukey al 0.05 de probabilidad, en variedad Pache con aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

Tratamientos	Orden de mérito	Significancia
Grano Seco	1.027	A
Esencia	1.025	A
Grano Fresco	1.025	A

Los resultados de la comparación de medias entre tratamientos, arrojan que, si bien tienen diferencias numéricas, no muestran significancia estadística entre tratamientos. Es decir que, posiblemente, la concentración de cadmio en granos fresco, granos secos y esencia son similares estadísticamente.

C. Concentración de cadmio con valores de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

El espectrofotómetro para detección de Cadmio ha determinado un valor menor a 0.1 ppm tanto en la variedad Catimor como en la variedad Pache. Aduciendo que el valor menor a 0.01, es de 0, el promedio de las variedades fluctúa entre 0 a 0.27, entre tratamientos.

Tabla 12

Concentración promedio de cadmio, con la asunción de una concentración de 0 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

Tratamientos	Concentración de cadmio (ppm)					
	Catimor			Pache		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Recuerdo	0	0.46	0	0	0.03	0
Las Piñas	0	0.27	0	0	0	0
El Pedregal	0	0.07	0	0	0	0
Promedio	0	0.27	0	0	0.01	0

Ppm: partes por millón

En la tabla se observa la concentración promedio de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de las variedades Catimor y Pache con un valor de 0 ppm equivalente a <0.1 del espectrofotómetro).

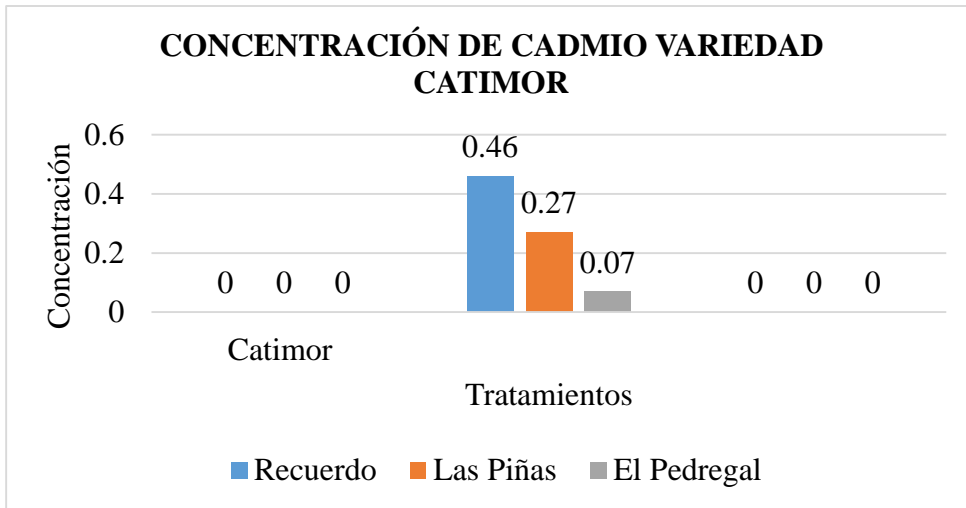


Figura 6. Concentración de cadmio variedad Catimor

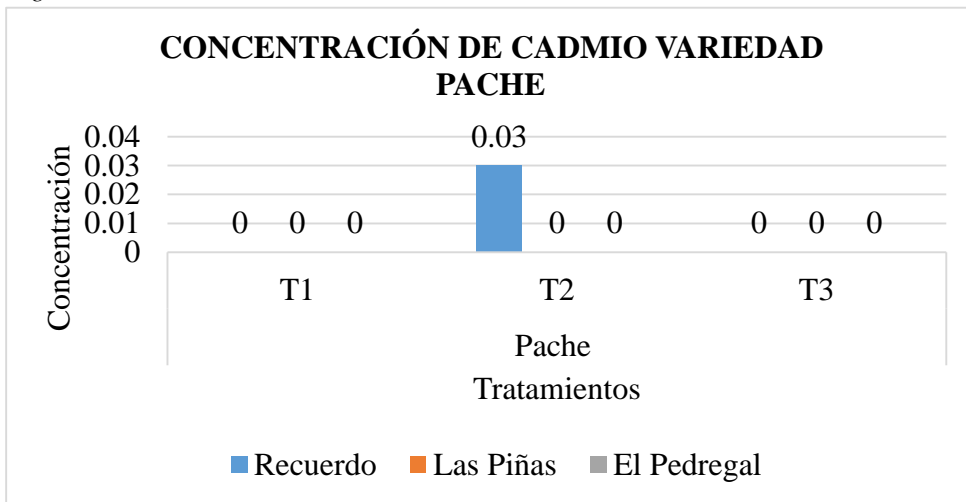


Figura 7. Concentración de cadmio variedad Pache

Para realizar el ANVA, se procedió a transformar los datos mediante la raíz cuadrada de $x+1$, obteniendo los resultados siguientes:

Tabla13

ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Catimor. Datos (con valor de $0 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°42(del anexo).

	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.01	2	0.00			
Tratamientos	0.03	2	0.01	5.70	6.94	18.00
Error	0.01	4	0.00			
Total		27				

$$CV = 4.91 \%$$

Para la variedad Catimor, se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que, la concentración de cadmio no difiere en cada una de las parcelas. Para corroborar este efecto, se acude a realizar la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Tabla14

Significación de Medias de Tukey al 0.05 en variedad Catimor con aducción de una concentración de 0.00 ppm (equivalente a < 0.1 del espectrofotómetro)

Tratamientos	Orden de mérito	Significancia
Grano Seco	1.122	A
Esencia	1.000	B
Grano Fresco	1.000	B

En la tabla, la prueba de Tukey en la variedad Catimor se observa que; el contenido de cadmio en granos secos supera y difiera estadísticamente con el contenido de cadmio en esencia y granos frescos.

Sin embargo, entre granos frescos y esencia no hay diferencias significativas. Esto quiere decir que, el Catimor podría concentrar cadmio en el grano a causa de malas prácticas de despulpado o secado, por no tener el cuidado respectivo.

Asimismo, las diferencias numéricas son mínimas lo cual se puede decir que tanto en granos frescos, secos y esencia de café el contenido de cadmio es similar

Tabla15

ANVA, de la concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café de la variedad Pache. Datos (con valor de $0 \cong < 0.1$) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$ y tomados de la Tabla N°46 (del anexo)

FV	SC	GL	CM	Fobs.	F tabular	
					0.05	0.01
Repeticiones	0.00	2	0.00			
Tratamientos	0.00	2	0.00	1.00	6.94	18.00
Error	0.00	4	0.00			
Total		27				

CV = 0.54 %

Para la variedad Pache, se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos. Esto nos puede dar a entender que, la concentración de cadmio no difiere en cada una de las parcelas. Para corroborar este efecto, se acude a realizar la prueba de significación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

Tabla16

Significación de Medias de Tukey al 0.05 de probabilidad de la concentración de cadmio la variedad Pache, modificados, menores a 0.1.

Tratamientos	Orden de mérito	Significancia
Grano Seco	1.005	A
Esencia	1.000	A
Grano Fresco	1.000	A

Los resultados de la comparación de medias entre tratamientos, arrojan que, si bien tienen diferencias numéricas, no muestran significancia estadística entre tratamientos. Es decir que, posiblemente, la concentración de cadmio en granos fresco, granos secos y esencia son similares estadísticamente.

V. DISCUSIÓN

- De los resultados obtenidos en la Tabla N°17 y 18 de granos frescos, se puede afirmar que los contenidos de cadmio en ambas variedades de las tres Parcelas tienen un nivel de concentración menor 0.1 ppm, teniendo en cuenta el límite máximo de contaminantes inorgánicos en alimentos según el Reglamento Técnico de MERCOSUR con resoluciones N° 19/94, 12/95, 35/97, 56/97, 38/98, 52/99, 20/00 y 56/02 del Grupo Mercado Común.
- Respecto al análisis concentración de cadmio en granos fresco, granos secos y esencia de café de la variedad Catimor con datos (con valor de $0.09 \cong < 0.1$), son similares estadísticamente. Esto puede relacionarse con lo mencionado por (Zambrano, 2017), quien afirma que el cadmio puede trasladarse desde los suelos hasta las raíces, hojas y puede terminar en los granos de café; por último puede terminar en la esencia y líquido, asimismo en derivados. Sin embargo, este análisis demuestra que no supera los Límites Máximos establecidos según el Reglamento Técnico MERCOSUR.
- La concentración de cadmio en granos fresco, secos y esencia de la variedad Pache con datos (con valor de $0.09 \cong < 0.1$), no son similares estadísticamente. Es decir que el nivel de concentración en al menos una variedad es diferente.
- En la Tabla N°19, se puede observar que el contenido de cadmio en granos secos de la variedad Catimor de las tres Parcelas tiene una concentración $<0,1$ ppm hasta 0.59 ppm, lo cual indica presencia de cadmio, supera el Límite Máximo establecido según el Reglamento Técnico MERCOSUR de 0.10 ppm. Esto se relaciona con (Condezo & Huaraca, 2018) quien en su trabajo de investigación concluye que el contenido de cadmio en granos de café en la zona de Jaen asimila mas del 50 % del limite permisible. Por ende, si se consume con frecuencia podría generar daños irreversibles

para la salud del ser humano Prieto Méndez *et al.*, (2009) citado en Zambrano (2017)

- Respecto a la Tabla N° 20, se puede observar que el contenido de cadmio en granos secos de la variedad Pache es $<0,1\text{ppm}$ y 0.10 ppm , lo cual indica que esta variedad no asimila cadmio en concentraciones elevadas, por ende, el nivel de concentración de cadmio es mínimo, ya que el Límite Máximo establecidos según el Reglamento Técnico MERCOSUR es de 0.10 ppm
- De los resultados obtenidos en la Tabla N°21 y 22 de esencia de café en ambas variedades, se puede afirmar que el nivel de concentración de cadmio es menor 0.1 ppm , es decir las muestras no superan el Límite Máximo establecidos según el Reglamento Técnico MERCOSUR es de 0.10 ppm .
- Al comparar los resultados en granos secos de café de la variedad Catimor, teniendo en cuenta que el Límite Máximo establecidos según el Reglamento Técnico MERCOSUR es de 0.10 ppm , se afirma que la concentración de cadmio tiene un alto nivel. Esta presencia que muestra la variedad mencionada se debe a lo siguiente:

La asimilación de metales en esta variedad es diferente a la asimilación de metales de la variedad Pache; aunque también podría deberse a que a estas parcelas, se ha aplicado fertilizantes sintéticos y/o herbicidas, que podrían ser los indicadores de la presencia de cadmio en esta variedad, tal como lo menciona (Condezo & Huaraca, 2018), quien indica que el abono que utilizan es combinado, es decir natural y químico, logrando muchas veces que el producto no tenga la pureza deseada por el agricultor. Se podría relacionar este enunciado, con lo mencionado por Londoño *et al.*, (2016) citado en Castebianco (2018) en el contexto que el cadmio puede encontrarse de manera natural o antrópica (por abonamientos sintéticos por el hombre).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se establecieron las siguientes conclusiones:

- La concentración de cadmio en granos frescos de café, no superan el Límite Máximo según el Reglamento Técnico de MERCOSUR de 0.10 ppm.
- La concentración de cadmio en granos secos de la variedad Catimor en las tres Parcelas obtenidas superan el Límite Máximo según el Reglamento Técnico de MERCOSUR de 0.10 ppm.
- Los granos secos de la variedad Pache en las tres Parcelas tienen un nivel de concentración de cadmio que oscila de <0.1 ppm hasta 0.10 ppm por lo tanto, no supera el Límite Máximo establecidos según el reglamento técnico MERCOSUR de 0.10 ppm.
- La concentración de cadmio en esencia de café, no supera el Límite Máximo establecidos según el reglamento técnico MERCOSUR de 0.10 ppm.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda a todas las cooperativas especificar en la etiqueta de sus productos que comercializa el nivel de concentración de Cadmio, esto para permitir dar una opción responsable de consumo.
- Realizar charlas informativas de las nuevas tendencias en manejo técnico, prevenciones fitosanitarias a los productores de café para evitar el uso excesivo de plaguicidas, de esta manera obtener productos libres de radicales.
- Realizar un monitoreo fisiológico de principio a fin del cultivo de café con los agricultores, esto para entender con más claridad el porqué de las Parcelas se contaminan con cadmio.
- Realizar un estudio para disminuir la contaminación de cadmio en café y en distintas variedades; realizar un análisis de suelos y de granos de café en el Distrito de Chirinos, Provincia de San Ignacio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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/>
- Canet Brenes, G., Soto Viquez, C., Ocampo Thomason, P., River Ramirez, J., Navarro Hurtado, A., Guatemala Morales, G. M., & Villanueva Rodríguez, S. (2016). la situación y tendencias de la producción de café en América latina y el Caribe. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura .
- Castebianco, J. A. (2018). Tecnicas de remediación de metles pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. *Revistas de ciencias de la vida*, 23.
- ComexPeru. (22 de Junio de 2018). Café, Producto Estrella Para el Mundo . Obtenido de Café, Producto Estrella Para el Mundo : <https://www.comexperu.org.pe/articulo/cafe-producto-estrella-para-el-mundo>.
- Condezo Nuñez, S., & Huaraca Mezones, C. V. (2018). Cuantificación de Plomo, Cadmio y Arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao* L) y Café (*Coffe arabica* L). De Jaén - Cajamarca durante el periodo Febrero - Julio 2018. Obtenido de Universidad Norbert Wiener:
<http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2571/TESIS%20Condezo%20Silvia%20%20Huaraca%20Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2015). Mejoramiento de la provision de los servicios agrarios de la direccion recgional de agrigultura cajamarca. Manual del cultivo de cafe, 43.
- INIAP. (7 de Junio de 2015). Metales pesados en cacao,perspectivas y posible. Obtenido de [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/049b3f076c63e02705257e0e005767b1/\\$FILE/AA%20-%207%20Julio-2015.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/049b3f076c63e02705257e0e005767b1/$FILE/AA%20-%207%20Julio-2015.pdf)

- Junta Nacional del Café. (07 de Febrero de 2019). Junta Nacional del Café. Obtenido de Junta Nacional del Café: <https://juntadelcafe.org.pe/cafe-peruano-produccion-creceria-hasta-8-en-2019-pero-continuara-en-perd/>
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153.
- MERCOSUR. (2011). Límites Máximos de Contaminantes Inorgánicos en Alimentos. Obtenido de Grupo Mercado Común: <http://www.loa.org.ar/legNormaDetalle.aspx?id=17410>
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C., Román Gutiérrez, A., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
- Zambrano, E. V. (2 de Marzo de 2017). “Evaluación del contenido de cadmio en dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) considerando distintos métodos de secado en la localidad de Luz de América”. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas : <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12962/1/T-ESPE-002802.pdf>

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirnos cumplir con esta meta que es de suma importancia en nuestras vidas, agradecer a nuestras familias por la confianza y apoyo brindado en todo el transcurso de los años académicos. Un agradecimiento fraterno a nuestra alma mater Universidad Nacional de Jaén por habernos formado académicamente durante todos estos años, asimismo agradecer a todos los docentes que laboran en ella quienes formaron parte de nuestro crecimiento profesional y por último queremos agradecer a nuestro asesor de tesis el Mg.Sc. James Tirado Lara, por todo el apoyo brindado y todos los conocimientos impartidos.

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado a todos nuestros seres queridos que siempre nos han brindado su apoyo incondicional en todo lo propuesto. A nuestros padres por ser un ejemplo a seguir en cuanto a responsabilidad y entereza.

A nuestros compañeros quienes compartieron y formaron parte de nuestras vidas durante cinco años académicos, a todos nuestros amigos quienes de alguna manera nos brindaron su apoyo.

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados obtenidos en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, nivel de concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café.

Tabla 17

Concentración cadmio en granos frescos de café variedad Catimor.

N° Muestras	Repeticiones	Concentración De Cadmio (ppm)
1	Catimor Recuerdo-1	<0.1
2	Catimor Recuerdo-2	<0.1
3	Catimor Recuerdo-3	<0.1
4	Catimor Las Piñas-1	<0.1
5	Catimor Las Piñas-2	<0.1
6	Catimor Las Piñas-3	<0.1
7	Catimor El Pedregal-1	<0.1
8	Catimor El Pedregal-2	<0.1
9	Catimor El Pedregal-3	<0.1

ppm: partes por millón

Comparando los resultados obtenidos en granos secos de variedad Catimor en las tres parcelas poseen una concentración de cadmio menor al Límite Máximo dado por el Reglamento Técnico de MERCOSUR de 0.10 ppm.

Tabla 18

Concentración de cadmio en granos frescos de café variedad Pache

N° Muestras	Repeticiones	Concentración De Cadmio (ppm)
1	Pache Recuerdo-1	<0.1
2	Pache Recuerdo-2	<0.1
3	Pache Recuerdo-3	<0.1
4	Pache Las Piñas-1	<0.1
5	Pache Las Piñas-2	<0.1
6	Pache Las Piñas-3	<0.1
7	Pache El Pedregal-1	<0.1
8	Pache El Pedregal-2	<0.1
9	Pache El Pedregal-3	<0.1

ppm: partes por millón

Comparando los resultados obtenidos en granos frescos de café variedad Pache, se concluye que las tres Parcelas poseen un nivel de concentración de cadmio menor a 0.10 ppm Límite Máximo establecido en el Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Límites Máximos De Contaminantes Inorgánicos De Alimentos.

Tabla 19

Concentración de cadmio en granos secos de café en la variedad Catimor

N° Muestras	Repeticiones	Concentración De Cadmio (Ppm)
1	Catimor Recuerdo-1	0.59
2	Catimor Recuerdo-2	0.5
3	Catimor Recuerdo-3	0.3
4	Catimor Las Piñas-1	0.3
5	Catimor Las Piñas-2	0.25
6	Catimor Las Piñas-3	0.3
7	Catimor El Pedregal-1	0.2
8	Catimor El Pedregal-2	<0.1
9	Catimor El Pedregal-3	<0.1

ppm: partes por millón

En la Tabla N°19, se puede observar que la concentración de cadmio en granos secos en la variedad Catimor en las tres Parcelas tienen un nivel concentración que oscila de menor 0,1 ppm hasta 0.59 ppm, lo cual indica presencia de cadmio en elevadas concentraciones, es decir supera la concentración de 0.10 ppm dado por la Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Límite Máximo de contaminantes en alimentos.

Tabla 20

Concentración de Cadmio en granos secos de café de la variedad Pache

Muestras	Repeticiones	Concentración De Cadmio (ppm)
1	Pache Recuerdo-1	0.1
2	Pache Recuerdo-2	<0.1
3	Pache Recuerdo-3	<0.1
4	Pache Las Piñas-1	<0.1
5	Pache Las Piñas-2	<0.1
6	Pache Las Piñas-3	<0.1
7	Pache El Pedregal-1	<0.1
8	Pache El Pedregal-2	<0.1
9	Pache El Pedregal-3	<0.1

ppm: partes por millón

En la Tabla N° 20, se puede observar que el contenido de cadmio en granos secos de la variedad Pache es <0,1ppm y 0.10 ppm, lo cual indica que esta variedad no asimila cadmio en concentraciones elevadas, muy por lo contrario, se porcentaje de contenido de cadmio es mínimo ya que el Límite Máximo establecido en el Reglamento Técnico MERCOSUR es de 0.10 ppm.

Tabla 21

Concentración de cadmio en esencia de café de la variedad Catimor

N° Muestras	Repeticiones	Concentración De Cadmio (Ppm)
1	Catimor Recuerdo-1	<0.1
2	Catimor Recuerdo-2	<0.1
3	Catimor Recuerdo-3	<0.1
4	Catimor Las Piñas-1	<0.1
5	Catimor Las Piñas-2	<0.1
6	Catimor Las Piñas-3	<0.1
7	Catimor El Pedregal-1	<0.1
8	Catimor El Pedregal-2	<0.1
9	Catimor El Pedregal-3	<0.1

ppm: partes por millón

Tabla 22

Concentración de Cadmio en esencia de café de la variedad Pache

N° Muestras	Repeticiones	Concentración De Cadmio (Ppm)
1	Pache Recuerdo-1	<0.1
2	Pache Recuerdo-2	<0.1
3	Pache Recuerdo-3	<0.1
4	Pache Las Piñas-1	<0.1
5	Pache Las Piñas-2	<0.1
6	Pache Las Piñas-3	<0.1
7	Pache El Pedregal-1	<0.1
8	Pache El Pedregal-2	<0.1
9	Pache El Pedregal-3	<0.1

ppm: partes por millón

Comparando los resultados obtenidos en esencia de café (Tabla N°21 y 22) en ambas variedades, se puede afirmar que el contenido de cadmio es menor 0.1 ppm, es decir las muestras no superan el límite máximo permisible dado por la MERCOSUR de 0.10 ppm.

ANEXO 2. Concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café, con aducción concentración de 0.09, 0.05 y 0 (ppm) equivalente a <0.1 del espectrofotómetro.

A. Concentración de cadmio en granos frescos, secos y esencia de café, con aducción concentración de 0.09ppm equivalente a <0.1 del espectrofotómetro.

Tabla 23

Concentración de cadmio en variedad Catimor, con valor de 0.09 (<0.1).

Concentración de cadmio en variedad Catimor (ppm)			
Tratamientos	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	0.09	0.59	0.09
Recuerdo -2	0.09	0.50	0.09
Recuerdo - 3	0.09	0.30	0.09
Las Piñas - 1	0.09	0.30	0.09
Las Piñas - 2	0.09	0.20	0.09
Las Piñas - 3	0.09	0.30	0.09
El Pedregal - 1	0.09	0.20	0.09
El Pedregal - 2	0.09	0.09	0.09
El Pedregal - 3	0.09	0.09	0.09

ppm: partes por millón

Tabla24

Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la asunción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	0.090	0.463	0.090	0.643	0.214
Las Piñas	0.090	0.267	0.090	0.447	0.149
El Pedregal	0.090	0.127	0.090	0.307	0.102
Total	0.270	0.857	0.270	1.397	0.466
Tratamientos Promedio de Tratamientos	0.090	0.286	0.090		

Tabla25

Concentración de cadmio en variedad Catimor, con un valor de 0.09 (<0.1), transformados con $\sqrt{x+1}$

Tratamientos	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	1.044	1.261	1.044
Recuerdo -2	1.044	1.225	1.044
Recuerdo - 3	1.044	1.14	1.044
Las Piñas - 1	1.044	1.14	1.044
Las Piñas - 2	1.044	1.095	1.044
Las Piñas - 3	1.044	1.14	1.044
El Pedregal - 1	1.044	1.095	1.044
El Pedregal - 2	1.044	1.044	1.044
El Pedregal - 3	1.044	1.044	1.044

Tabla26

Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la asunción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	1.044	1.209	1.044	3.297	1.099
Las Piñas	1.044	1.125	1.044	3.213	1.071
El Pedregal	1.044	1.061	1.044	3.149	1.050
Total	3.132	3.395	3.132	9.659	3.220
Tratamientos Promedio de Tratamientos	1.044	1.132	1.044		

Tabla27

Concentración de cadmio en variedad Pache, con valor de 0.09 (<0.1).

Concentración de cadmio en variedad Pache (ppm)			
Tratamientos	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	0.09	0.10	0.09
Recuerdo -2	0.09	0.09	0.09
Recuerdo - 3	0.09	0.09	0.09
Las Piñas - 1	0.09	0.09	0.09
Las Piñas - 2	0.09	0.09	0.09
Las Piñas - 3	0.09	0.09	0.09
El Pedregal - 1	0.09	0.09	0.09
El Pedregal - 2	0.09	0.09	0.09
El Pedregal - 3	0.09	0.09	0.09

ppm: partes por millón

Tabla 28

Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	0.090	0.093	0.090	0.273	0.091
Las Piñas	0.090	0.090	0.090	0.270	0.090
El Pedregal	0.090	0.090	0.090	0.270	0.090
Total	0.270	0.273	0.270	0.813	0.271
Tratamientos					
Promedio de Tratamientos	0.090	0.091	0.090		

Tabla 29

Concentración de cadmio en variedad Pache, con un valor de 0.09 (<0.1), transformados con $\sqrt{x+1}$

Tratamientos	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	1.044	1.049	1.044
Recuerdo -2	1.044	1.044	1.044
Recuerdo -3	1.044	1.044	1.044
Las Piñas -1	1.044	1.044	1.044
Las Piñas -2	1.044	1.044	1.044
Las Piñas -3	1.044	1.044	1.044
El Pedregal -1	1.044	1.044	1.044
El Pedregal -2	1.044	1.044	1.044
El Pedregal -3	1.044	1.044	1.044

Tabla 30

Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.09 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$.

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	1.044	1.046	1.044	3.134	1.045
Las Piñas	1.044	1.044	1.044	3.132	1.044
El Pedregal	1.044	1.044	1.044	3.132	1.044
Total	3.132	3.134	3.132	9.398	3.133
Tratamientos					
Promedio de Tratamientos	1.044	1.045	1.044		

B. Concentración cadmio en granos frescos, secos y esencia de café, con aducción concentración de 0.05ppm equivalente a <0.1 del espectrofotómetro.

Tabla 31

Concentración de cadmio en variedad Catimor, con valor de 0.05 (<0.1).

Tratamientos	Concentración de cadmio en variedad Catimor (ppm)		
	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	0.05	0.59	0.05
Recuerdo -2	0.05	0.5	0.05
Recuerdo - 3	0.05	0.3	0.05
Las Piñas - 1	0.05	0.3	0.05
Las Piñas - 2	0.05	0.2	0.05
Las Piñas - 3	0.05	0.3	0.05
El Pedregal - 1	0.05	0.2	0.05
El Pedregal - 2	0.05	0.05	0.05
El Pedregal - 3	0.05	0.05	0.05

ppm: partes por millón

Tabla 32

Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la aducción de una concentración de 0.05ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	0.05	0.46	0.05	0.56	0.19
Las Piñas	0.05	0.27	0.05	0.37	0.12
El Pedregal	0.05	0.10	0.05	0.20	0.07
Total, Tratamientos	0.15	0.83	0.15	1.13	0.38
Promedio de Tratamientos	0.05	0.28	0.05		

Tabla 33

Concentración de cadmio en variedad Catimor, con un valor de 0.05 (<0.1), transformados con $\sqrt{x+1}$

Tratamientos	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	1.000	1.261	1.000
Recuerdo -2	1.000	1.225	1.000
Recuerdo - 3	1.000	1.140	1.000
Las Piñas - 1	1.000	1.140	1.000
Las Piñas - 2	1.000	1.095	1.000
Las Piñas - 3	1.000	1.140	1.000
El Pedregal - 1	1.000	1.095	1.000
El Pedregal - 2	1.000	1.000	1.000
El Pedregal - 3	1.000	1.000	1.000

Tabla 34

Concentración promedio de cadmio variedad Catimor, con la aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro), transformados mediante raíz cuadrada de x+1

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	1.025	1.209	1.025	3.258	1.086
Las Piñas	1.025	1.125	1.025	3.175	1.058
El Pedregal	1.025	1.048	1.025	3.098	1.033
Total	3.074	3.382	3.074	9.530	3.177
Tratamientos Promedio de Tratamientos	1.025	1.127	1.025		

Tabla 35

Concentración de cadmio en variedad Pache, con valor de 0.05 (<0.1).

Tratamientos	Concentración de cadmio en variedad Pache (ppm)		
	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	0.05	0.10	0.05
Recuerdo -2	0.05	0.05	0.05
Recuerdo - 3	0.05	0.05	0.05
Las Piñas - 1	0.05	0.05	0.05
Las Piñas - 2	0.05	0.05	0.05
Las Piñas - 3	0.05	0.05	0.05
El Pedregal - 1	0.05	0.05	0.05
El Pedregal - 2	0.05	0.05	0.05
El Pedregal - 3	0.05	0.05	0.05

ppm: partes por millón

Tabla 36

Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.05ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	0.05	0.07	0.05	0.17	0.06
Las Piñas	0.05	0.05	0.05	0.15	0.05
El Pedregal	0.05	0.05	0.05	0.15	0.05
Total	0.15	0.17	0.15	0.47	0.16
Tratamientos Promedio de Tratamientos	0.05	0.06	0.05		

Tabla 37

Concentración de cadmio en variedad Pache, con un valor de 0.05 (<0.1), transformados con $\sqrt{x+1}$

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	1.025	1.049	1.025
Recuerdo -2	1.025	1.025	1.025
Recuerdo - 3	1.025	1.025	1.025
Las Piñas - 1	1.025	1.025	1.025
Las Piñas - 2	1.025	1.025	1.025
Las Piñas - 3	1.025	1.025	1.025
El Pedregal - 1	1.025	1.025	1.025
El Pedregal - 2	1.025	1.025	1.025
El Pedregal - 3	1.025	1.025	1.025

Tabla 38

Concentración promedio de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0.05 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro) transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$.

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	1.025	1.033	1.025	3.082	1.027
Las Piñas	1.025	1.025	1.025	3.074	1.025
El Pedregal	1.025	1.025	1.025	3.074	1.025
Total,	3.074	3.082	3.074	9.230	3.077
Tratamientos					
Promedio de	1.025	1.027	1.025		
Tratamientos					

C. Concentración cadmio en granos frescos, secos y esencia de café, con aducción concentración de 0.05ppm equivalente a <0.1 del espectrofotómetro.

Tabla 39

Concentración de cadmio en variedad Catimor, con valor de 0(<0.1).

Concentración de cadmio en variedad Catimor			
Tratamientos	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	0	0.59	0
Recuerdo -2	0	0.50	0
Recuerdo - 3	0	0.30	0
Las Piñas - 1	0	0.30	0
Las Piñas - 2	0	0.20	0
Las Piñas - 3	0	0.30	0
El Pedregal - 1	0	0.20	0
El Pedregal - 2	0	0.00	0
El Pedregal - 3	0	0.00	0

Tabla 40

Concentración promedio de cadmio en variedad Catimor, con la aducción de una concentración de 0 (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	0	0.46	0	0.46	0.15
Las Piñas	0	0.27	0	0.27	0.09
El Pedregal	0	0.07	0	0.07	0.02
Total	0	0.80	0	0.80	0.27
Tratamientos					
Promedio de Tratamientos	0	0.27	0		

Tabla 41

Concentración de cadmio en variedad Catimor, con un valor de 0 (<0.1), transformados con $\sqrt{x+1}$

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	1.000	1.261	1.000
Recuerdo -2	1.000	1.225	1.000
Recuerdo -3	1.000	1.140	1.000
Las Piñas -1	1.000	1.140	1.000
Las Piñas -2	1.000	1.095	1.000
Las Piñas -3	1.000	1.140	1.000
El Pedregal -1	1.000	1.095	1.000
El Pedregal -2	1.000	1.000	1.000
El Pedregal -3	1.000	1.000	1.000

Tabla 42

Promedio de datos de la concentración de cadmio en variedad Catimor con la aducción de una concentración de 0 (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro), transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$.

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	1.000	1.209	1.000	3.209	1.070
Las Piñas	1.000	1.125	1.000	3.125	1.042
El Pedregal	1.000	1.032	1.000	3.032	1.011
Total Tratamientos	3.000	3.366	3.000	9.366	3.122
Promedio de Tratamientos	1.000	1.122	1.000		

Tabla 43

Concentración de cadmio en variedad Pache, con valor de 0 (<0.1).

Concentración de cadmio en variedad Pache			
Tratamientos	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	0	0.10	0
Recuerdo -2	0	0	0
Recuerdo - 3	0	0	0
Las Piñas - 1	0	0	0
Las Piñas - 2	0	0	0
Las Piñas - 3	0	0	0
El Pedregal - 1	0	0	0
El Pedregal - 2	0	0	0
El Pedregal - 3	0	0	0

ppm: partes por millón

Tabla 44

Promedio de datos de la concentración de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0 (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro)

	T1	T2	T3	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	0	0.03	0	0.03	0.01
Las Piñas	0	0	0	0	0
El Pedregal	0	0	0	0	0
Total	0	0.03	0	0.03	0.01
Tratamientos Promedio de Tratamientos	0	0.01	0		

Tabla 45

Concentración de cadmio en variedad Pache, con un valor de 0 (<0.1), transformados con $\sqrt{x+1}$

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)
Recuerdo -1	1.000	1.049	1.000
Recuerdo -2	1.000	1.000	1.000
Recuerdo - 3	1.000	1.000	1.000
Las Piñas - 1	1.000	1.000	1.000
Las Piñas - 2	1.000	1.000	1.000
Las Piñas - 3	1.000	1.000	1.000
El Pedregal - 1	1.000	1.000	1.000
El Pedregal - 2	1.000	1.000	1.000
El Pedregal - 3	1.000	1.000	1.000

Tabla 46

Promedio de datos de la concentración de cadmio en variedad Pache, con la aducción de una concentración de 0 ppm (equivalente a <0.1 del espectrofotómetro), transformados mediante raíz cuadrada de $x+1$.

	Granos Frescos (T1)	Granos Secos (T2)	Esencia (T3)	Total Repeticiones	Promedio Repeticiones
Recuerdo	1.000	1.016	1.000	3.016	1.005
Las Piñas	1.000	1.000	1.000	3.000	1.000
El Pedregal	1.000	1.000	1.000	3.000	1.000
Total	3.000	3.016	3.000	9.016	3.005
Tratamientos Promedio de Tratamientos	1.000	1.005	1.000		

ANEXO 3. Reglamento Técnico MERCOSUR Sobre Límites Máximos De Contaminantes Inorgánicos En Alimentos

Tabla 47.

Límites máximos de cadmio en alimentos

Categorías	Límite máximo (mg/kg)y/o (ppm)
Miel	0,10
Pasta de cacao	0,30
Chocolates y productos de cacao con menos de 40 % de cacao	0,20
Chocolates y productos a base de cacao con más de 40 % de cacao	0,30
Bebidas analcohólicas (excluidos los jugos)	0,02
Zumos (Jugos) y néctares de frutas	0,05
Bebidas alcohólicas fermentadas y fermento-destiladas, excepto vino	0,02
Vino	0,01 mg/L
Cereales y productos de y a base de cereales, excluidos trigo, arroz y sus productos derivados y aceites	0,10
Trigo y sus derivados excepto aceite	0,20
Arroz y sus derivados excepto aceite	0,40
Poroto (grano) de soja	0,20
Hortalizas del género Brassica (excluidas las de hojas sueltas)	0,05
Hortalizas de hoja (incluidas las Brassicas de hoja suelta) y hierbas aromáticas frescas	0,20
Hortalizas de bulbo y hojas envainadoras	0,05
Hortalizas de fruto de la familia <i>Curcubitaceae</i>	0,05
Hortalizas de fruto, distintas de las de la familia <i>Curcubitaceae</i>	0,05

Setas (hongos) excepto las del género <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> y <i>Lentinula</i> o <i>Lentinus</i>	0,05
Hortalizas leguminosa	0,10
Legumbres (semillas secas de las leguminosas) excepto soja	0,10
Setas (hongos) del género <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> y <i>Lentinula</i> o <i>Lentinus</i>	0,20
Raíces y tubérculos	0,10
Tallos jóvenes y pecíolos	0,10
Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas	0,05
Frutas frescas de bayas y frutas pequeñas	0,05
Té, yerba mate, y otros vegetales para infusión	0,40
Café torrado en granos y polvo	0,10
Café soluble en polvo o granulado	0,20
Hielos comestibles	0,05
Helados de agua saborizados	0,01
Helado de leche o crema	0,05
Helados a base de fruta	0,05
Leche fluida lista para el consumo y productos lácteos sin adición, sin diluir ni concentrar	0,05
Crema de leche	0,20
Leche condensada y dulce de leche	0,10
Quesos	0,50
Sal, calidad alimentaria	0,50
Carnes de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y aves de corral, derivados crudos, congelados o refrigerados, embutidos y empanados crudos	0,05

Hígado de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y aves de corral	0,50
Riñones de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos.	1,00
Pescados crudos, congelados o refrigerados	0,05
	con las siguientes excepciones: bonito, mojarra, anguila, lisa, jurel, emperador, caballa, sardina, atún y acedía o lenguadillo se establece 0,10
	Para melba se establece 0,20y para anchoa y pez espada se establece 0,30
Moluscos cefalópodos	2,00
Moluscos bivalvos	2,00
Crustáceos	0,50

Fuente: (MERCOSUR, 2011)

ANEXO 4. Reporte de análisis de cadmio



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 ALIMENTOS – CADMIO

N° SOLICITUD : AA034-01-19
 SOLICITANTE : RITA MEGO RAMIREZ
 PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - CHIRINOS - CP. LAS PIRIAS
 ALIMENTO : GRANOS SECOS DE CAFÉ

FECHA DE MUESTREO : 28/06/2019
 FECHA DE RECEP. LAB : 01/07/2019
 FECHA DE REPORTE : 10/07/2019

Item	Número de Muestra				Cadmio ppm
	Laboratorio		Usuario		
01	19	07	0298	CATIMOR RECUERDO -1	0.59
02	19	07	0299	CATIMOR RECUERDO -2	0.50
03	19	07	0300	CATIMOR RECUERDO -3	0.30
04	19	07	0301	CATIMOR LAS PIÑAS -1	0.30
05	19	07	0302	CATIMOR LAS PIÑAS -2	0.25
06	19	07	0303	CATIMOR LAS PIÑAS -3	0.30
07	19	07	0304	CATIMOR EL PEDREGAL-1	0.20
08	19	07	0305	CATIMOR EL PEDREGAL-2	<0.1
09	19	07	0306	CATIMOR EL PEDREGAL-3	<0.1

MÉTODOS:

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

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

La Banda de Shilcayo, 10 de Julio del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 TARAPOTO - PERU

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

Figura 8. Reporte de análisis de granos secos de café variedad Catimor



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

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

REPORTE DE ANÁLISIS ALIMENTOS – CADMIO

N° SOLICITUD : AA034-02-19
SOLICITANTE : RITA MEGO RAMIREZ
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - CHIRINOS - CP. LAS PIRIAS
ALIMENTO : GRANOS SECOS DE CAFÉ

FECHA DE MUESTREO : 28/06/2019
FECHA DE RECEP. LAB : 01/07/2019
FECHA DE REPORTE : 10/07/2019

Item	Número de Muestra			Cadmio ppm	
	Laboratorio		Usuario		
01	19	07	0307	PACHE RECUERDO-1	0.10
02	19	07	0308	PACHE RECUERDO-2	<0.1
03	19	07	0309	PACHE RECUERDO-3	<0.1
04	19	07	0310	PACHE PIÑAS -1	<0.1
05	19	07	0311	PACHE PIÑAS -2	<0.1
06	19	07	0312	PACHE PIÑAS -3	<0.1
07	19	07	0313	PACHE PEDREGAL-1	<0.1
08	19	07	0314	PACHE PEDREGAL-2	<0.1
09	19	07	0315	PACHE PEDREGAL-3	<0.1

MÉTODOS:

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

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

La Banda de Shilcayo, 10 de Julio del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERU

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

Figura 9. Reporte de análisis de granos secos de café variedad Pache



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

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

REPORTE DE ANÁLISIS ALIMENTOS – CADMIO

N° SOLICITUD : AA034-03-19
SOLICITANTE : RITA MEGO RAMIREZ
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - CHIRINOS - CP. LAS PIRIAS
ALIMENTO : GRANOS FRESCOS DE CAFÉ

FECHA DE MUESTREO : 28/06/2019
FECHA DE RECEP. LAB : 01/07/2019
FECHA DE REPORTE : 10/07/2019

Item	Número de Muestra			Cadmio ppm	
	Laboratorio		Usuario		
01	19	07	0316	CATIMOR RECUERDO -1	<0.1
02	19	07	0317	CATIMOR RECUERDO -2	<0.1
03	19	07	0318	CATIMOR RECUERDO -3	<0.1
04	19	07	0319	CATIMOR LAS PIÑAS -1	<0.1
05	19	07	0320	CATIMOR LAS PIÑAS -2	<0.1
06	19	07	0321	CATIMOR LAS PIÑAS -3	<0.1
07	19	07	0322	CATIMOR EL PEDREGAL-1	<0.1
08	19	07	0323	CATIMOR EL PEDREGAL-2	<0.1
09	19	07	0324	CATIMOR EL PEDREGAL-3	<0.1

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, 10 de Julio del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERÚ

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 INDECOPI N° 00072183

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

REPORTE DE ANÁLISIS ALIMENTOS – CADMIO

N° SOLICITUD : AA034-04-19
SOLICITANTE : RITA MEGO RAMIREZ
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - CHIRINOS - CP. LAS PIRIAS
ALIMENTO : GRANOS FRESCOS DE CAFÉ

FECHA DE MUESTREO : 28/06/2019
FECHA DE RECEP. LAB : 01/07/2019
FECHA DE REPORTE : 10/07/2019

Item	Número de Muestra			Cadmio ppm	
	Laboratorio		Usuario		
01	19	07	0325	PACHE RECUERDO-1	<0.1
02	19	07	0326	PACHE RECUERDO-2	<0.1
03	19	07	0327	PACHE RECUERDO-3	<0.1
04	19	07	0328	PACHE PIÑAS -1	<0.1
05	19	07	0329	PACHE PIÑAS -2	<0.1
06	19	07	0330	PACHE PIÑAS -3	<0.1
07	19	07	0331	PACHE PEDREGAL-1	<0.1
08	19	07	0332	PACHE PEDREGAL-2	<0.1
09	19	07	0333	PACHE PEDREGAL-3	<0.1

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, 10 de Julio del 2019

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 AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

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

REPORTE DE ANÁLISIS ALIMENTOS – CADMIO

N° SOLICITUD : AA034-05-19
SOLICITANTE : RITA MEGO RAMIREZ
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - CHIRINOS - CP. LAS PIRIAS
ALIMENTO : ESENCIA DE CAFÉ

FECHA DE MUESTREO : 28/06/2019
FECHA DE RECEP. LAB : 01/07/2019
FECHA DE REPORTE : 10/07/2019

Item	Número de Muestra			Cadmio ppm	
	Laboratorio		Usuario		
01	19	07	0334	CATIMOR RECUERDO -1	<0.1
02	19	07	0335	CATIMOR RECUERDO -2	<0.1
03	19	07	0336	CATIMOR RECUERDO -3	<0.1
04	19	07	0337	CATIMOR LAS PIÑAS -1	<0.1
05	19	07	0338	CATIMOR LAS PIÑAS -2	<0.1
06	19	07	0339	CATIMOR LAS PIÑAS -3	<0.1
07	19	07	0340	CATIMOR EL PEDREGAL-1	<0.1
08	19	07	0341	CATIMOR EL PEDREGAL-2	<0.1
09	19	07	0342	CATIMOR EL PEDREGAL-3	<0.1

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, 10 de Julio del 2019

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 ALIMENTOS – CADMIO

N° SOLICITUD : AA034-06-19
SOLICITANTE : RITA MEGO RAMIREZ
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - SAN IGNACIO - CHIRINOS - CP. LAS PIRIAS
ALIMENTO : ESENCIA DE CAFÉ

FECHA DE MUESTREO : 28/06/2019
FECHA DE RECEP. LAB : 01/07/2019
FECHA DE REPORTE : 10/07/2019

Item	Número de Muestra			Cadmio ppm	
	Laboratorio		Usuario		
01	19	07	0343	PACHE RECUERDO-1	<0.1
02	19	07	0344	PACHE RECUERDO-2	<0.1
03	19	07	0345	PACHE RECUERDO-3	<0.1
04	19	07	0346	PACHE PIÑAS -1	<0.1
05	19	07	0347	PACHE PIÑAS -2	<0.1
06	19	07	0348	PACHE PIÑAS -3	<0.1
07	19	07	0349	PACHE PEDREGAL-1	<0.1
08	19	07	0350	PACHE PEDREGAL-2	<0.1
09	19	07	0351	PACHE PEDREGAL-3	<0.1

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, 10 de Julio del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERÚ

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

ANEXO 5. Fotografías

- Recolección de granos frescos de la variedad Catimor y Pache



Figura 14. Variedad Catimor (Parcela Pedregal)



Figura 15. Variedad Catimor (Parcela Las Piñas)



Figura 16. Variedad Catimor (Parcela El Recuerdo)



Figura 17. Variedad Pache (Parcela El Recuerdo)



Figura 18. Variedad Pache (Parcela El Pedregal)



Figura 19. Variedad Pache (Parcela Las Piñas)

- Selección y acondicionamiento de muestras



Figura 20. Selección de café cerezo variedad Catimor y Pache



Figura 21. Acondicionamiento en cajas térmicas de muestras.

- Pesado y Rotulado muestras de granos secos, variedad Catimor y Pache



Figura 22. Recolección de granos secos



Figura 23. Muestras de granos secos



Figura 24. Pesado granos frescos



Figura 25. Rotulado de muestras de granos frescos



Figura 26. Pesado granos secos



Figura 27. Rotulado de muestras de granos secos

- Proceso para obtener esencia



Figura 28. Proceso de torrefacción (tostado) de granos secos.



Figura 29. Molienda



Figura 30. Molienda Proceso para obtener esencia de café.

- **Método para la determinar el contenido de cadmio en granos frescos, secos y esencia variedad Catimor y Pache**



Figura 31. Pesado de granos frescos



Figura 32. Estufa, para secado de granos frescos



Figura 33. Molino



Figura 34. Pesado de granos secos café



Figura 35. Pesado de esencia de café.



Figura 36. Molienda de muestras (granos frescos y secos)



Figura 37. Pesado de muestras frescas y secas molidas



Figura 38. Muestras (frescas, secas y esencia) en proceso de digestión



Figura 39. Muestras listas para análisis de cadmio



Figura 40. Planta de Café variedad Catimor.



Figura 41. Planta de Café variedad Pache



Figura 42. Parcela “Las Piñas”



Figura 43. Parcela “El Pedregal”



Figura 44. Parcela “EL Recuerdo”