

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
ESCUELA DE POSGRADO
MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS
GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DE LAS ZONAS
PRODUCTORAS DEL PERÚ**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MEDIO AMBIENTE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TESISTA: ROLDAN CARBAJAL WILLIAMS VICENTE

ASESOR: DR. GONZALES PARIONA FERNANDO JEREMIAS

HUÁNUCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A DIOS por su infinito amor, compasión y fortaleza para levantarme cada día y darme la dicha de poder cumplir mis sueños, objetivos y metas trazadas durante mis aspiraciones en mi vida profesional y cotidiana.

A mi Sra. esposa HERMELINDA VEGA ADAN Y A MIS HIJOS, por darme la oportunidad de poder culminar con mis anhelos y haberle restado el tiempo de estar juntos, sin embargo, se multiplico nuestras alegrías.

A mis padres EMMA Y VICENTE, por hacer en mí una herramienta justo para tu consuelo, desde el cielo iluminas mi camino. A mis hermanos quienes depositaron su confianza en mi persona y por sus apoyos incondicionales en los momentos más difíciles de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, por intermedio de la Escuela de posgrado por darme la oportunidad de formación como profesional y por brindarme conocimientos, tecnológico y científico, a los profesores que conformaron de manera directa o indirecta en mi formación profesional

- A mi asesor el Dr. Fernando Jeremias Gonzales Pariona, por el apoyo incondicional, paciencia, enseñanza, dedicación, comprensión por incentivar me a la investigación científica y desarrollo de este trabajo.

- A toda mi familia por apoyarme, escucharme, aconsejarme, alentarme, brindarme su amor y estar siempre a mi lado.

- A los miembros de jurado:

- Dr. Jorge Ruben Hilario Cárdenas
- Dra. Maria Betzabe Gutiérrez Solorzano
- Dr Antonio Cornejo y Maldonado
- Dr. Ruben Max Rojas Portal

A mis colegas: A toda mi promoción 2019 EPG UNHEVAL, en general por su apoyo moral e incondicional y compañerismo en la presente investigación y vida universitaria.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la bioacumulación de cadmio y plomo expresados en mg/kg en granos de café pergamino seco en los departamentos de Amazonas (Rodrigo de Mendoza, Bagua, Utcubamba, Luya y Bungará); Cusco (Quillabamba, La Concepción, Calca, Urubamba y Quispicanchis); Junín (Pichanaki, Perene, Satipo, Chanchamayo, Concepción); Cajamarca (Chota, Jaen, Cutervo, Celendín y San Ignacio); Huánuco (Dos de mayo, Leoncio Prado, Puerto Inca, Pachitea, Marañón, y Huamalíes); San Martín (San Martín, Moyobamba, Lamas, Rioja, Tocache, y Picota); identificándolos de acuerdo a sus coordenadas expresadas en latitud, longitud y altura. Se calcularon los valores mínimo, máximo, promedio, desviación estándar coeficiente de variación y rango de la bioacumulación de plomo y cadmio expresados en mg de Pb/kg y mg Ca/kg en los granos de café pergamino seco, se calculó el análisis estadístico ANOVA y Test LSD (Least significant difference) de Fisher para comparaciones múltiples del 5%, por departamentos y rangos de altitud con tres niveles (230 a 1000 msnm; mayor a 1000 y menor a 1700 msnm y a mayor de 1700 y 2900 msnm). La bioacumulación de los metales fue por Espectroscopia de Absorción Atómica de Llama (FAAS). Los resultados: mostraron que en el departamento del Amazonas (provincia de Luya) se obtuvo la menor bioacumulación de plomo con 0,14696 mg Pb/kg de grano de café y en el departamento de Huánuco (provincia de Puerto Inca) la mayor bioacumulación con 0,49864 mg Pb/kg de grano de café. La menor bioacumulación de cadmio se encontró en el departamento del Amazonas (provincia de Rodrigo de Mendoza) con 0,0245 mg Cd/kg de granos de café y la mayor concentración en el departamento de Huánuco (provincia de Huamalíes) con 0,09313 mg Cd/kg de granos de café. Mostraron diferencia estadística entre bioconcentración de cadmio y plomo entre las diferentes alturas y las zonas de producción (provincias).

Las 32 muestras de granos de café a nivel nacional analizadas por espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar bioacumulación de plomo y cadmio expresadas en mg/kg de granos de café se encuentran por debajo de los límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (MERCOSUR).

Palabras Claves: Cadmio, Plomo, Café

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the bioaccumulation of cadmium and lead expressed in mg/kg in coffee beans in the departments of Amazonas (Rodrigo de Mendoza, Bagua, Utcubamba, Luya and Bungará); Cusco (Quillabamba, La Concepción, Calca, Urubamba and Quispicanchis); Junín (Pichanaki, Perene, Satipo, Chanchamayo, Concepción); Cajamarca (Chota, Jaen, Cutervo, Celendín and San Ignacio); Huanuco (Dos de Mayo, Leoncio Prado, Puerto Inca, Pachitea, Marañón, and Huamalíes); San Martín (San Martín, Moyobamba, Lamas, Rioja, Tocache, and Picota); identifying them according to their coordinates expressed in latitude, longitude and height. The samples were obtained randomly, using a complete random design with factorial arrangement, Factor A= Height with three levels (230 to 1000 masl; greater than 1000 and less than 1700 masl and greater than 1700 and 2900 masl) ; Factor B: Production areas by departments (Amazonas, Huanuco, San Martín, Junín, Cajamarca and Cusco departments) and Factor C= bioaccumulation of lead and cadmium in coffee beans expressed in mg/kg. The bioaccumulation of metals was by Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS). The results: showed that in the department of Amazonas (province of Luya) the lowest bioaccumulation of lead was obtained with 0.14696 mg Pb/kg of coffee beans and in the department of Huánuco (province of Puerto Inca) the highest bioaccumulation with 0.49864 mg Pb/kg of coffee beans. The lowest cadmium bioaccumulation was found in the Amazonas department (Rodrigo de Mendoza province) with 0.0245 mg Cd/kg of coffee beans and the highest concentration in the Huánuco department (Huamalíes province) with 0.09313 mg Cd/kg of coffee beans. They showed a statistical difference between the bioconcentration of cadmium and lead between the different altitudes and the production areas (provinces).

The 32 samples of coffee beans at the national level analyzed by atomic absorption spectrophotometry to quantify bioaccumulation of lead and cadmium expressed in mg/kg of coffee beans are below the maximum limits for inorganic contaminants in food (MERCOSUR).

Keywords: Cadmium, Lead, Coffee.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi determinar a bioacumulação de cádmio e chumbo expressa em mg/kg em grãos de café nos departamentos do Amazonas (Rodrigo de Mendoza, Bagua, Utcubamba, Luya e Bungará); Cusco (Quillabamba, La Concepción, Calca, Urubamba e Quispicanchis); Junín (Pichanaki, Perene, Satipo, Chanchamayo, Concepción); Cajamarca (Chota, Jaén, Cutervo, Celendín e San Ignacio); Huanuco (Dos de Mayo, Leoncio Prado, Puerto Inca, Pachitea, Marañón e Huamalíes); San Martín (San Martín, Moyobamba, Lamas, Rioja, Tocache e Picota); identificando-os de acordo com suas coordenadas expressas em latitude, longitude e altura. As amostras foram obtidas aleatoriamente, usando um delineamento aleatório completo com arranjo fatorial, Fator A= Altura com três níveis (230 a 1000 msnm; maior que 1000 e menor que 1700 msnm e maior que 1700 e 2900 msnm). Fator B: Áreas de produção por departamentos (departamentos de Amazonas, Huánuco, San Martín, Junín, Cajamarca e Cusco) e Fator C= bioacumulação de chumbo e cádmio em grãos de café expressa em mg/kg. A bioacumulação dos metais foi realizada por Espectroscopia de Absorção Atômica com Chama (FAAS). Os resultados: mostraram que no departamento de Amazonas (província de Luya) a menor bioacumulação de chumbo foi obtida com 0,14696 mg Pb/kg de grãos de café e no departamento de Huánuco (província de Puerto Inca) a maior bioacumulação com 0,49864 mg Pb /kg de grãos de café. A menor bioacumulação de cádmio foi encontrada no departamento de Amazonas (província de Rodrigo de Mendoza) com 0,0245 mg Cd/kg de café em grão e a maior concentração no departamento de Huánuco (província de Huamalíes) com 0,09313 mg de Cd/kg de café em grão. Eles mostraram uma diferença estatística entre a bioconcentração de cádmio e chumbo entre as diferentes altitudes e as áreas de produção (províncias).

As 32 amostras de grãos de café em nível nacional analisadas por espectrofotometria de absorção atômica para quantificar a bioacumulação de chumbo e cádmio expressas em mg/kg de grãos de café estão abaixo dos limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos (MERCOSUL).

Palavras-chave: Cádmio, Chumbo, Café

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Fundamentación del problema.....	15
1.2. Justificación	15
1.3. Viabilidad de la investigación.	16
1.4. Formulación del problema de Investigación general y específicos.	16
1.4.1 Problema general.....	16
1.4.2 Problemas específicos	16
1.5. Formulación de los objetivos.....	16
1.5.1 Objetivo general	16
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases teóricas.....	21
2.3. Bases conceptuales	23
2.4. Bases filosóficas	29
2.5. Bases epistemológicas	30
2.6. Bases antropológicas	31
CAPÍTULO III.....	32
SISTEMA DE HIPÓTESIS	32
3.1. Formulación de la hipótesis	32

3.2. Operacionalización de variables	32
Variables Independientes.....	32
Variable Dependiente	32
3.3. Definición operacional de las variables	33
CAPITULO IV.....	35
ASPECTOS METODOLÓGICOS	35
4.1. Ámbito	35
Espacial.....	35
Social	35
Tiempo.....	35
Conceptual	35
4.2. Tipo y nivel de investigación.....	35
4.3. Población y muestra.....	36
4.4. Diseño de investigación.....	37
4.5. Técnicas e instrumentos.....	37
4.5.1 Técnicas: Cuantificación de bioacumulación de cadmio y plomo por Espectroscopia de Absorción Atómica de Llama (FAAS),	37
4.5.2 Instrumentos	39
4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos	39
4.7. Aspectos éticos.	41
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
5.1. Análisis descriptivo.	42
Ubicación de los nodos de producción de café a nivel nacional	42
Ubicación de las coordenadas geográficas de los nodos de producción e identificación de las muestras.	43
5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis.....	45
5.2.1 Bioacumulación de plomo en los granos de café pergamino seco.	45

5.3. Discusión de resultados	49
5.3.1 Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a 1000 msnm.....	49
Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a 1700 msnm.....	52
5.3.2 Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm.....	56
5.3.3 Cuantificación de cadmio en los granos de café	60
5.3.4 Bioacumulación de Cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a 1000 msnm.....	64
5.3.5 Bioacumulación de Cadmio (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a 1700 msnm.....	67
5.3.6 Bioacumulación de Cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm.....	71
5.3.7 Bioacumulación de plomo por departamentos	74
5.3.8 Bioacumulación de cadmio por departamentos	76
5.3.9 Bioacumulación de cadmio por departamentos.....	80
5.4 Aporte de la investigación	86
CONCLUSIONES	88
SUGERENCIAS	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	97

TABLAS

Nro.	Página
1: Dimensiones e indicadores de la variable independiente.....	32
2: Dimensiones e indicadores de la Variable Dependiente	33
3: Operacionalización de las variables.....	34
4: Nodos de producción de café a nivel nacional.....	42
5: Coordenadas geográficas de los nodos de producción de café en tres niveles de altura de seis departamentos y 32 provincias.	44
6: Cuantificación de plomo en los granos de café pergamino seco de las 32 provincias productoras de café del Perú.	46
7: ANVA para determinar diferencias del contenido de plomo en las 32 provincias representativas de producción de café.....	47
8: Comparación múltiple (LSD) de Fischer de medias para bioacumulación de plomo	48
9: Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a 1000 msnm	50
10: ANOVA para determinar diferencias del contenido de plomo entre 230 a 1000 msnm en las 32 provincias representativas de producción de café.....	51
11: Pruebas de Múltiple Rangos para mg Pb/KG por Zonas del primer nivel entre 230 a 1000 msnm.	52
12: Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a 1700 msnm	54
13: ANOVA para determinar diferencias del contenido de plomo entre los 1000 a 1700 msnm de producción de café.....	55
14: Pruebas de Múltiple Rangos para mg Pb/Kg por Zona comprendida entre 1000 a 1700 msnm de producción.	56
15: Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm	58
16: ANOVA para determinar diferencias del contenido de plomo entre los 1700 a 2900 msnm	59

17: Pruebas de Múltiple Rangos para la bioacumulación de plomo (mg Pb/Kg) por distritos comprendidos entre 1700 a 2900 msnm de producción.	60
18: Cuantificación de cadmio en los granos de café pergamino seco de las 32 provincias productoras de café del Perú.	61
19: ANVA para diferenciar los los mg Cd/kg de las 32 provincias de producción de café pergamino seco.	62
20: Pruebas de Múltiple Rangos demedias para mg Cd/kg por Provincias	63
21: Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a1000 msnm	65
22: ANVA para diferenciar los mg Cd/kg en granos de café entre los 230 a 1000 msnm de producción de café pergamino seco.	66
23: Pruebas de Múltiple Rangos para mg Cd/kg por provincias.....	67
24: Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a1700 msnm	69
25: ANVA para diferenciar el contenido de Cd entre 1000 a 1700 msnm de producción de café.	70
26: Pruebas de Múltiple Rangos para mg Cd/kg por zona comprendida entre 1000 a 1700 msnm	70
27: Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm	72
28: ANVA para diferenciar el contenido de Cd entre 1700 a 2900 msnm de producción de café.	73
29: Pruebas de Múltiple Rangos para mg Cd/kg por zona comprendida entre 1700 a 2900 msnm	74
30: ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) por departamentos.....	75
31: ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de plomo (mg Cd/kg) por departamentos	76
32: Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café por departamentos y sus provincias.....	78
33: ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) por departamentos.....	80

34: Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café por departamentos y sus provincias	83
---	----

FIGURAS

Nro.	Página
1:Población Total de Cafe. Cosecha 2017-18.....	24
2:Superficie cosechada (Hectáreas) y Producción de Café (toneladas) 2016.....	26
3:Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 230 a 1000 msnm	49
4:Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm.	53
5:Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1700 a 2900 msnm.	57
6:Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 230 a 1000 msnm.	64
7:Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm.	68
8:Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm.	71

INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo por metales pesados ha aumentado drásticamente en los últimos tiempos, poniendo en peligro la vida de todos los organismos vivos. Los suelos agrícolas corren el riesgo de contaminación con metales/metaloideos tóxicos debido a las actividades humanas, lo que lleva a una acumulación excesiva de arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg) en los cultivos alimentarios, ocasionando una grave amenaza para las personas y la biodiversidad. Los metales tóxicos se absorben y transportan a través de varios compartimentos celulares y tejidos vegetales a través de varios transportadores de nutrientes esenciales o beneficiosos, por ejemplo, As a través de transportadores de fosfato y silicio y Cd a través de transportadores de manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Hierro (Fe) (Fang-Jie *et al.*, 2022). Actualmente el Pb y el Cd en los cultivos de café ocasionan alteraciones en su crecimiento, y en el desarrollo del fruto. El café en la exportación y sus productos procesados para los mercados europeos están amenazadas porque los granos de café exportables pueden contener metales pesados. Algunos niveles superan los estándares de seguridad alimentaria establecidos por la Comunidad Europea. Las posibles fuentes de contaminación Cd y Pb en los cafetos son el resultado de actividades naturales como la actividad volcánica, los procesos de erosión y los depósitos de rocas que contienen muchos de estos minerales de metales pesados. No existe información respecto a la bioacumulación de metales pesados como Cd y Pb en las principales regiones cafetaleras del Perú. Este trabajo presenta los resultados de contaminación en diferentes regiones y alturas de cultivo y producción de café en comparación con los estándares internacionales. El trabajo de investigación consistió en tres etapas, la primera etapa, en conocer el protocolo de la espectroscopia de absorción atómica en la que incluirá el manejo y calibración del equipo; la segunda etapa, en determinar los lugares de las tres zonas del Perú, luego se prepararan las muestras para su posterior análisis. La tercera etapa se realizó los análisis de los resultados del contenido de metales pesados comparándolos con los límites estándares internacionales.

CAPÍTULO I. DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Fundamentación del problema

La bioacumulación de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el café y su posterior migración a lo largo de la cadena alimentaria es un importante problema ambiental mundial. (Cd) y (Pb) son tóxicos ubicados también en productos agrícolas, agua, alimentos y diversas sustancias ambientales amenazando la salud humana. El Cd se extrae del medio ambiente producto de evidencias humanas, como el uso de combustibles fósiles y la quema de minerales metálicos (Rahimzadeh *et al.*, 2017).

La mayoría de los contaminantes provienen de actividades humanas como la industria, la agricultura y las actividades domésticas; y entre los diversos contaminantes y elementos se encuentran el plomo y el cadmio. En altas concentraciones, estos metales pueden plantear problemas de toxicidad para los humanos (Gil, 2020).

El piso altitudinal es inseparable de los factores que limitan el desarrollo y la propagación de las plantas. Aquí es donde comienza y termina la cadena alimenticia. Los nutrientes del suelo son absorbidos por las plantas. Sin las plantas no existieran los herbívoros, mientras que los carnívoros, consumen los herbívoros para nutrirse. Cuando los vegetales, los herbívoros y los carnívoros fenecen, el blaster los descompone y los nutrientes se regresan al suelo. Si se transloca la cadena, el sistema ecológico daría un gran cambio profundo e irrevocablemente (Del Aguila, 2017).

1.2. Justificación

La cuantificación de la bioacumulación de cadmio y plomo en los granos de café pergamino seco de las principales zonas productoras del Perú se justifica porque alerta, previene, direcciona la política en la toma de decisiones en el cultivo del café, analizando los suelos, así como los plantones y sobre todo en la manipulación del uso de herbicidas y fungicidas, de esta manera no se corre el riesgo de exportación de café al mundo debido que son cada vez más competitivas en términos de calidad del grano como aroma, color, sabor y contenido de metales tóxicos.

1.3. Viabilidad de la investigación.

Cuantificar la bioacumulación de metales pesados es viable e importante para la salud pública, dada la toxicidad aguda y crónica de los metales pesados. La Organización Mundial de la Salud enumera el cadmio y el cromo como carcinógenos para la investigación del cáncer. El cadmio causa daño renal y pulmonar, osteoporosis y osteomalacia. El mercurio y el son motivo de especial preocupación debido a su neurotoxicidad, que provoca perjuicio al riñón y anemia. El arsénico en las aguas subterráneas puede causar cáncer, daños en la piel, neurotoxicidad y enfermedades cardiovasculares. Debido a la alta toxicidad la bioacumulación de metales pesados son motivo de preocupación El protocolo para identificar metales pesados necesita de reactivos fiscalizados por la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) lo cual es una limitante para el proceso de investigación. Se tomará las medidas de prevención en la adquisición de los reactivos para la presente investigación.

1.4. Formulación del problema de Investigación general y específicos.

1.4.1 Problema general

¿Cuál será el nivel de cuantificación de la bioacumulación de metales pesados en los granos de café de las zonas productoras del Perú?

1.4.2 Problemas específicos

¿La cuantificación de la bioacumulación de cadmio y plomo en los granos de café en las zonas productoras del Perú se encontrará dentro de los límites permisibles por la Organización Mundial de la Salud?

¿Habrá diferencias entre la bioacumulación de cadmio y plomo en los granos de café producidas en diferentes departamentos y altitudes?

1.5. Formulación de los objetivos

1.5.1 Objetivo general

Cuantificar la bioacumulación de metales pesados en los granos de café de las zonas productoras del Perú.

1.5.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la bioacumulación por cadmio y plomo en 32 zonas productoras de café.
- Determinar cuantitativamente la bioacumulación de metales pesados de los granos de café pergamino seco en 3 altitudes de producción (Altitud 1: Plantaciones entre los 350 y 1000 msnm, Altitud 2: Plantaciones entre los 1001 a 1700 msnm, Altitud 3: Plantaciones entre los 1701 a 2999 msnm).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Una revisión bibliográfica sobre la bioacumulación de metales pesados como plomo (Pb) y cadmio (Cd) en granos de café demuestra que no existe evidencia de trabajos de investigación relacionados con la cuantificación de estos metales a nivel de área sembrada en suelos peruanos. Sin embargo, aunque se ha utilizado para los impactos ecológicos y sociales del cultivo del café, no encontramos ninguna investigación que se centrara en los problemas de bioacumulación de metales tóxicos para el ser humano y su revelación en las características del aire atmosférico. La siguiente información de antecedentes se ha considerado con el fin de consolidar el marco teórico del estudio.

Las semillas de chía están muy extendidas en todo el mundo como alimento complementario debido a sus efectos beneficiosos para la salud. Su objetivo fue determinar la cantidad de arsénico, cadmio y plomo en semillas de chía comercializadas en Tucumán, Argentina, estimar la ingesta diaria de estos elementos y evaluar los riesgos para la salud. Se llevaron a cabo dos procesos de digestión. Las muestras digeridas se analizaron por espectrometría de absorción atómica con atomización electrotrémica. Las muestras tratadas mediante digestión ácida a presión atmosférica produjeron $5,6 \cdot 10^{-2} - 9,0 \cdot 10^{-2}$ mg Cd/kg y $7,4 \cdot 10^{-2} - 1,05$ mg Pb/kg (Gomez et al., 2021).

La acumulación de plomo en el medio ambiente aumenta constantemente debido al aumento de las actividades antropogénicas. Las funciones metabólicas de las plantas han afectado severamente la presencia de plomo en el ecosistema. Los tejidos absorbentes son los responsables de la entrada de plomo desde el medio externo al sistema de la planta. La división celular anormal de la mitosis, el menor crecimiento de las plántulas, el porcentaje de germinación, la longitud de la raíz/brote y la masa seca son algunos de los problemas comunes que se observan en las plantas (Collin et al., 2022).

De acuerdo con la toxicología y la toxicocinética del cuerpo humano, los metales pesados como el arsénico, el mercurio, el cadmio y el plomo son cada vez más

frecuentes tanto en entornos naturales como artificiales, y sus concentraciones en el cuerpo humano actualmente superan los límites máximos permisibles establecidos por el mundo y muchos países por contacto, consumo e inhalación y otras actividades; según los estudios en animales de los investigadores y los informes de hallazgos en órganos vitales humanos, pueden afectar el cuerpo humano y alterar la estructura genética del ADN, lo que lleva a varios tipos de cáncer. A nivel mundial es de suma importancia porque es uno de los problemas más graves que amenazan la seguridad alimentaria y la salud pública a nivel mundial y local, lo cual es una realidad muy problemática que enfrenta actualmente la humanidad en su conjunto, dado que las personas necesitan comida, energía. y materias primas para satisfacer sus necesidades de supervivencia y calidad de vida (Bravo y Quispe, 2019).

Los vegetales de hoja cultivados en suelos contaminados con Cd acumulan potencialmente concentraciones más altas de Cd, lo que representa una amenaza para los productos alimenticios. La toxicidad del Cd disminuye la germinación de semillas, el crecimiento, la biomasa y la calidad de las hortalizas. Esto reduce la fotosíntesis, la conductancia estomática y la alteración en la nutrición mineral. Toxicidad de la toxicidad de Cd también interfiere con vegetales bioquímica que causa estrés oxidativo y da como resultado una disminución de las actividades de las enzimas antioxidantes. (Muhammad et al., 2018).

Usando espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y el método de fermentación de nitrógeno Kjeldahl, se determinaron concentraciones de 44 elementos químicos en café verde y café tostado de 162 fincas a 1050-2050 m de altitud y 15 unidades de tierra en 7 provincias. La finca tiene una trayectoria y ha logrado beneficios. Existen diferencias significativas según el rango altitudinal: a mayor altitud, mayor concentración de As, Bi, Cr, In, Mg, Ni, P, Pd, Pt, Sb, Se, Te y Zn en el café; El contenido de Ca, Cu, K, Li, Mo, Rb, Sc, Sr es bajo; los minerales del café también varían entre las unidades de suelo: los granos de café de la unidad Malabar no contienen Pd pero son ricos en hierro; Las unidades de Dior y Montenegrin tienen concentraciones más altas de Ba, Ca y Sr. La unidad Siberiana tiene mayor contenido de P en el Huila, mientras que el material volcánico César tiene menor P y mayor Rb, Mo y Au. El café tostado contiene una concentración de elementos minerales similar al café verde (Puerta et al., 2017).

Un estudio para determinar el contenido de plomo y cadmio en granos de cacao frescos y secos y pasta de cacao (*Theobroma cacao*) se obtuvo el nivel de cadmio y plomo en granos de cacao frescos y secos y pasta de cacao, que es muy importante en la economía de la Amazonía peruana, una planta importante. Caracterización química de granos de cacao y licor de cacao y estimación del contenido de cadmio y plomo por espectrofotometría de absorción atómica de llama. El análisis estadístico estima que usando un diseño DCA con las pruebas de Tukey ($p < 0,05$) mediante el software STATGRAPHICS Centurion XVII. El nivel más alto de cadmio se encontró en grano fresco (0,08 mg/kg) y grano seco (0,11 mg/kg) en Pucallpa. La marca ACOPAGRO Gold presentó el mayor contenido de cadmio (0,11 mg/kg). En grano fresco de Pucallpa (9,02 mg/kg) y el grano seco de San Martín de Pangoa (7,62%) tuvieron los niveles más altos de plomo. El mayor contenido de plomo se encontró en el cacao peruano de Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa (7,45 mg/kg) (Del Aguila, 2017).

Al cuantificar plomo, Arsenio y cadmio en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arabica* L.) de la región de Jaén Cajamarca entre febrero y julio de 2018, encontraron que los granos de cacao promediaron 0,10 $\mu\text{g/g}$ de plomo; los extremos fueron 0,06 $\mu\text{g/g}$ y 0,15 $\mu\text{g/g}$, y el 50 % de las muestras excedieron el límite máximo del Codex Alimentarius. El nivel promedio de arsénico de los granos de cacao fue de 0,08 $\mu\text{g/g}$; los extremos fueron 0,04 $\mu\text{g/g}$ y 0,15 $\mu\text{g/g}$, y el 25 % de las muestras excedieron el límite máximo del Codex Alimentarius. El contenido medio de cadmio de los granos de cacao es de 0,07 $\mu\text{g/g}$; las cifras extremas son 0,04 $\mu\text{g/g}$ y 0,11 $\mu\text{g/g}$. El 75% de las muestras superó el límite máximo del Codex Alimentarius. El contenido promedio de plomo de los granos de café fue de 1,18 $\mu\text{g/g}$; las cifras extremas fueron 0,59 $\mu\text{g/g}$ y 2,16 $\mu\text{g/g}$. El 25% de las muestras superó los límites máximos permisibles establecidos por el Mercado Común del Sur (MERCOSUR). El nivel promedio de arsénico en los granos de café fue de 0,11 $\mu\text{g/g}$, los valores extremos fueron de 0,06 $\mu\text{g/g}$ y 0,16 $\mu\text{g/g}$. El 100% de las muestras no superó los límites máximos permisibles establecidos por MERCOSUR. El contenido promedio de cadmio de los granos de café fue de 0,11 $\mu\text{g/g}$; los extremos fueron 0,03 $\mu\text{g/g}$ y 0,21 $\mu\text{g/g}$, y el 12% de las muestras superó el límite máximo (MERCOSUR) (CONDEZO, 2018).

(Barón, 2016) estudió el perfil de riesgo de seguridad asociado con los residuos de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao* L.) y propuso desarrollar un perfil de riesgo

teniendo en cuenta la información documentada nacional e internacional existente sobre doble peligro en los alimentos (cacao en grano y cadmio) establecida por. Para desarrollar un perfil de riesgo se utilizó el método de análisis propuesto por la FAO (2007), el cual se basa en el desarrollo de 3 etapas básicas, a saber descripción del peligro y del alimento involucrado, identificación de posibles peligros para la salud y revisión de los existentes. literatura científica) e identificación de opciones de gestión de riesgos. Este perfil de riesgo e elaboró para determinar que las fuentes de cadmio que pueden contaminar los granos de cacao en Colombia son: suelo, aire, plaguicidas y fertilizantes, siendo el suelo y el aire los principales contaminantes debido a que la producción se realiza en la provincia que más cacao produce. El contenido es la industria minera más grande del país, por lo que la contaminación de metales pesados como el cadmio absorbido por las plantas de cacao en el suelo es relativamente alta.

No hay información disponible en este momento sobre la presencia de metales pesados como plomo y cadmio en el área de estudio en Satipo Junín. Se exploraron áreas utilizando un método para obtener las concentraciones de metales Cd y Pb presentes en los suelos de cacao foráneo. Como resultado de estos estudios, hemos determinado y encontrado que las concentraciones de Cd y Pb obtenidas en el suelo son inferiores a los estándares establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y también hemos mapeado la geoquímica del área de investigación. Con datos metal (Rosales et al., 2021).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Captación y movimiento de cadmio en vegetales

Las plantas captan el cadmio como Cd^{2+} , ya que su ión quelato no suele ser absorbido por las raíces. La capa de células epidérmicas es el primer tejido en absorber iones, y el pelo de la raíz es el sitio más activo para la absorción de iones del suelo, que es la estructura que promueve la absorción de Cd^{2+} (Seregin y Ivanov 1997).

Las vías de entrada del Cd

La primera forma: en las raíces mediante las células epidérmicas a través de la membrana plasmática, el dióxido de carbono CO_2 (aq) se desdobra en H^+ y HCO_3^- a través de la respiración vegetal. El H^+ se intercambia por Cd^{2+} en el suelo y los

metales se adsorben en la superficie de las células epidérmicas de la raíz. El proceso de captación es inmediato y sin gasto energético y precede a la captación adicional de Cd^{2+} en la epidermis a través de la vía apoplástica.

La segunda forma: es que no hay un punto de entrada conocido para las plantas porque el cadmio es un elemento no esencial. Entra en las células vegetales a través de las proteínas IRT1 y LCT1, así como de los transportadores de metales cruciales Fe^{2+} , Zn^{2+} y Ca^{2+} . El cadmio viaja a través de la vía del simplasto para llegar a la epidermis de la raíz después de unirse a las proteínas transportadoras.

La tercera forma: las raíces de las plantas secretan sustancias de bajo peso molecular como el ácido mugico (MA), que forma un complejo con Cd^{2+} , para aumentar la disponibilidad de iones en la rizosfera (Luo et al., 2017).

2.2.2. Captación y movimiento de plomo en vegetales

Las plantas toman los iones Pb libres absorbidos ya sea por acción capilar o del aire atmosférico a través de la respiración celular. Después de la absorción de plomo en el suelo directamente desde la atmósfera externa, ingresa al sistema de la planta. El sistema de raíces bien desarrollado de las plantas absorbe los nutrientes del suelo y, junto con ellos, los cationes Pb libres divalentes (Collin et al., 2022). Estos iones de plomo adsorbidos luego se transportan a través de los vasos del xilema. La translocación de metales pesados a través del sistema de la planta a lo largo de los vasos del xilema fluye hacia arriba junto con otros nutrientes disueltos y los descarga en el endodermo. Además, la gran superficie de las hojas de las plantas permite la absorción de iones metálicos del aire contaminado a través de la cutícula y los estomas, lo que provoca clorosis en las hojas, llegando paralelamente a la región de la endodermis y uniéndose a la pared celular y la membrana plasmática (Godwill et al., 2019). Luego llegan a la región de la endodermis de las plantas y se unen fuertemente a la pared celular y la membrana plasmática. Las células endodérmicas funcionan como una barrera física para la transferencia de Pb ya que las vías del simplasto y del apoplasto, reducen la translocación del plomo. Sin embargo, la tira de Casparian bloquea la vía del apoplasto y los iones Pb restantes continúan el proceso de translocación a través de la vía del simplasto solo. Por lo tanto, el papel de esta barrera en la vacuola de la célula foliar es minimizar la concentración de plomo en el proceso de transporte. Además, los iones Pb restantes participan en el proceso de fotosíntesis

en forma iónica y se mueven pasivamente y se acumulan para formar complejos con aminoácidos o ácidos orgánicos disponibles en la corriente de transpiración y formar un complejo de plomo (Collin et al., 2020)

2.2.3. El café en el Perú y en el mundo

Diez son países caficultores representantes a nivel mundial siendo los más importantes, Perú, Colombia, India, Vietnam, Brasil, Uganda, Etiopía, Honduras México e Indonesia. La industrialización del grano del café tiene como soporte 125 millones de habitantes laborando siempre de lunes a domingo. En el Perú lidera como exportación el café, sigue el espárrago. Las fincas de café son identificadas en los valles interandinos, así como en las zonas de ceja de selva y selva baja (Dauster, 2019).

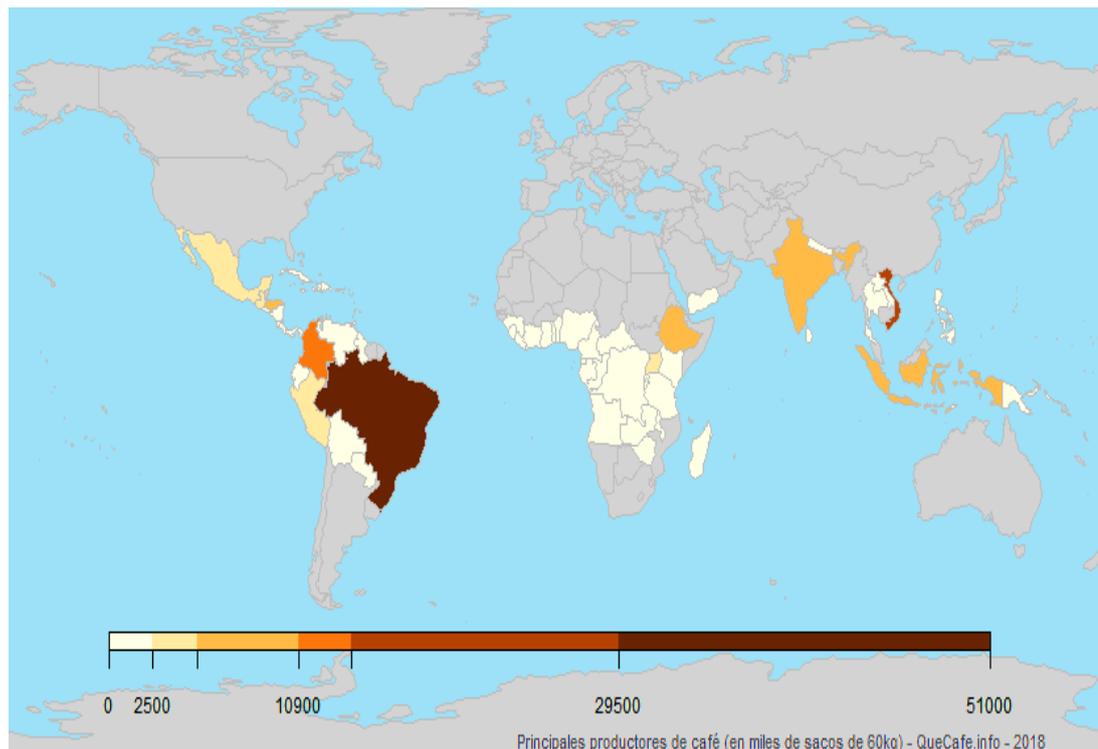
2.3. Bases conceptuales

Las variedades de cafetos sembrados tenemos variedades, Typica, Pache, Cattimor, Bourbon y Caturra. El café que se siembra arriba de los 1600 msnm de excelente calidad. El 90% de los sembríos de café peruano crecen en sombra. El sembrío en altura caracteriza al Perú como uno de los países de café de calidad. Hoy en día, es cultivado por 150.000 productores peruanos en aproximadamente 330.000 hectáreas. Perú es el segundo mayor productor y exportador mundial de café orgánico, con una producción anual de 3 millones de sacos (258 toneladas) (Gomez, 2018), En la Figura 1, se observa la producción mundial de café.

Figura 1:

Población Total de Cafe. Cosecha 2017-18

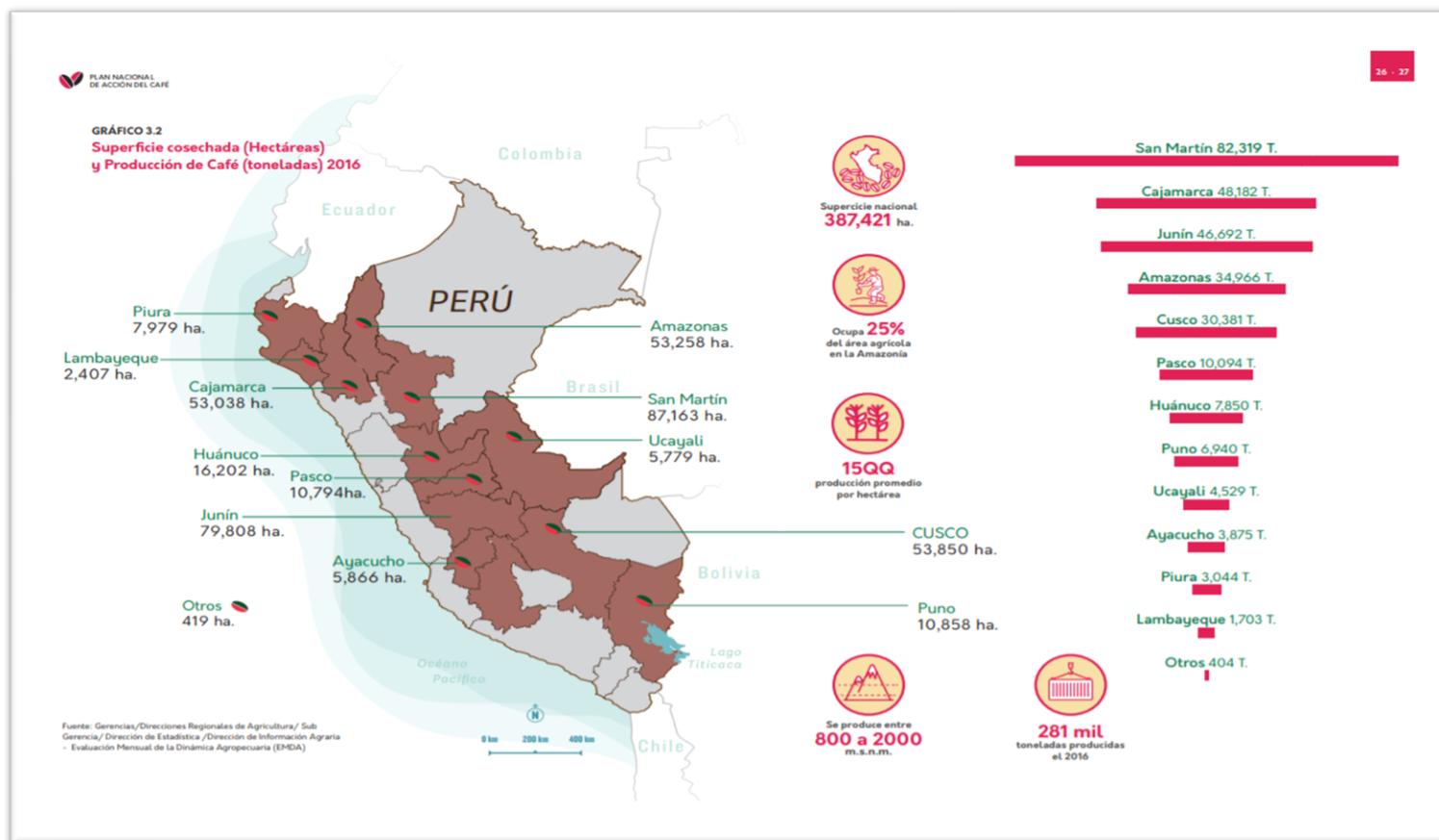
Fuente: <http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1a-total-production.pdf>



Rondinelli y Valeriani (2016), refiriéndose a que los peruanos del norte (Piura, Cajamarca, Amazonas), del centro (San Martín, Huánuco, Pasco y Junín) y del sur (Puno, Cusco, Apurímac, y Ayacucho) también producen algunos de los mejores cafés en el mundo de las 236 810 toneladas de café que se produjeron en el Perú, el 90 % se vendió al exterior. El Perú es uno de los proveedores significativos de café orgánico y nos estamos convirtiendo en un reconocido productor de cafés especiales muy apreciados por sabor, aroma y cuerpo. También, se tiene el porcentaje de taza superior a 85 puntos según SCAA a nivel internacional, que evalúan atributos sensoriales como sabor, aroma, cuerpo y carácter. Las características agroclimáticas en las que se cultivan, como la altura y a bajo sombra, contribuyen a un café de alta calidad con un aroma y sabor insuperables, florales, cítricos y frutales.

La reveladora exportación de la agricultura del Perú es el café, con 350 000 hectáreas de cafetales en 210 zonas rurales de 10 departamentos se produce café peruano desde la vertiente oriental de los Andes, de las cuales las regiones Amazonas, San Martín y Chanchamayo son las tres principales zonas productoras. Esta última región, Chanchamayo (Inicio del café peruano), siempre fue y ha sido una zona de excelente café, pero en los últimos años la producción cafetalera se ha trasladado a la sierra norte de las regiones Amazonas y San Martín. Entonces, mientras Chanchamayo todavía representa el 16% de la producción total, Amazonas y San Martín ahora con un total de 47% de la producción del país. Por el COVID-19 ha devastado la industria cafetera del país. Las restricciones de movimiento, movimiento insuficiente de mercancías, interrupción de cultivos y escasez de mano de obra, predicen al Consejo Nacional del Café esperar una pérdida de más del 20% de la producción de café peruano (se esperan más de 4 millones de sacos esta temporada (Junta del café, 2020).

Figura 2:
Superficie cosechada (Hectáreas) y Producción de Café (toneladas) 2016



Fuente: Ministerio de agricultura y riego del Perú, (2018)

2.3.1. Metales pesados (MP)

El agua es una necesidad básica para todas las formas de vida en el planeta. El agua limpia es esencial para vivir una vida saludable, ya que el agua contaminada puede poner en riesgo la salud de los ciudadanos a través del contacto directo o indirecto con productos químicos peligrosos (Muhammad et al., 2018). La contaminación ambiental se ha visto exacerbada por la revolución industrial y las actividades antropológicas. Las importantes descargas de contaminantes en el océano han resultado en grandes peligros para los entornos costeros. Debido a su toxicidad crónica, no biodegradabilidad y bioacumulación ambiental, los metales pesados (MP) son contaminantes ambientales increíblemente dañinos. (Valdés et al., 2014). Los metales pesados pueden transferirse y biomagnificarse a través de las cadenas alimentarias y amenazan gravemente el estado saludable del ser humano (Liu et al., 2018); También es muy buscado el monitoreo y la vigilancia efectivos de las bioconcentraciones de metales pesados en el ambiente marino (Ahmed et al., 2015). A nivel local, regional y nacional, ahora se plantean problemas debido a la concentración de metales pesados y sus efectos, distribución y origen ambiental (Kuma et al., 2020). Los patrones de bioacumulación de metales pesados, como mercurio (Hg), arsénico (As), níquel (Ni), cobalto (Co), cobre (Cu), cadmio (Cd) y cromo (Cr), tienen una influencia significativa en la vidas de la mayoría de los organismos (Rahman y Singh, 2019).

La contaminación es considerada uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta la sociedad en el siglo XXI. La pérdida de la calidad del aire, los recursos hídricos y el suelo disponible para las actividades agrícolas está aumentando exponencialmente. Estudios recientes han demostrado que las verduras contienen metales pesados y semimetales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr), también en calabaza, repollo, lechuga, patata y brócoli (Sing y Tewari, 2010); (Chen et al., 2013). Esta contaminación se debe, entre otras cosas, al uso del agua en riego (Sing y Tewari, 2010); (Small et al., 2015); (Li et al., 2015). También, se identificaron MP a varios niveles de concentración en leche, peces y carnes producto de la acumulación y transporte desde el ambiente a las plantas (Sing y Tewari, 2010); (Li et al., 2015). Otras

especies como mariscos, ostras y moluscos bioacumulan cadmio contenido en agua como péptidos ligadores alcanzando concentraciones entre 100 y 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

El suelo se contamina por dos formas, una de las cuales es causada naturalmente por la degradación de la roca generadora donde se forma el suelo, la lixiviación de metales y la actividad volcánica. y la otra es artificial, originada en el sector minero mediante la fundición y extracción de metales, lodos, insumos agrícolas, sedimentos residuales, la quema de petróleo y el manejo inadecuado de desechos industriales. En microorganismos, plantas y suelo, los metales pesados tienden a bioacumularse, aumentando sus niveles tóxicos. El suelo, puede perder propiedades físico-químicas, incluso puede perder fertilidad; en cuanto a los microorganismos, entran en la cadena alimentaria en altas concentraciones, como las plantas, provocando efectos en la salud humana y animal, enfermedades como el cáncer o trastornos del sistema nervioso. Por ello, se han desarrollado alternativas con el uso de microorganismos, hongos (biorremediación) y plantas (tratamiento de plantas), que son las más económicas y efectivas, respectivamente (Elguera, 2020).

Los habitantes del mundo del siglo XXI, declara a la contaminación del ambiente como el principal problema de la sociedad. Cada vez más el aire, agua y suelo disponible en la actividad agrícola está disminuyendo exponencialmente su calidad. Investigaciones muestran que vegetales como lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa contienen metales tóxicos y metaloides como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) (Sing et al., 2010); (Chen et al., 2013). Entre otras cosas, esta contaminación resulta perjudicial al agua con fines de riego (Sing y Tewari, 2010), (Small et al., 2015); (Liu et al., 2018). Otras investigaciones encontraron bioacumulación de metales pesados en pescado, carne y leche debido a la bioacumulación y transporte desde el medio ambiente hasta las fuentes de agua (Sing y Tewari, 2010). Incuestionables especies marinas, como ostras, crustáceos y moluscos, bioacumulan plomo y cadmio en forma de péptidos conjugados en agua en concentraciones de hasta 100 a 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Se han informado concentraciones de 1 a 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en carne, pescado y frutas, y de 10 a 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en algunos cereales (Li et al., 2015).

Aunque el Cd, el Pb y el Hg son altamente tóxicos para los organismos, rara vez se observa toxicidad para los cultivos agrícolas en condiciones de campo debido a los

niveles relativamente bajos de Cd y Hg o a la baja disponibilidad de Pb en la mayoría de los suelos agrícolas. Estos metales tóxicos son más preocupantes para la seguridad alimentaria. En comparación, la toxicidad del As para los cultivos agrícolas, especialmente el arroz, es más prevalente porque el As se moviliza cuando se sumerge el suelo de arroz (Zhao et al., 2020).

Por ejemplo, los experimentos de campo en Bangladesh han informado reducciones sustanciales en el rendimiento del arroz debido a la acumulación de As en los suelos de arroz debido al riego de agua subterránea cargada de As (Huhmann et al., 2017). Incluso en suelos no contaminados, la fuerte metilación microbiana de As en el suelo y la posterior acumulación de Arseniato de dimetilo (DMA) en las panículas de arroz pueden inducir la enfermedad de cabeza recta, un trastorno fisiológico con síntomas de espiguillas estériles y cáscaras distorsionadas que se presenta ampliamente en algunas áreas de cultivo de arroz. (Tan et al., 2019). A pesar de que el DMA es mucho menos tóxico para los humanos, es más tóxico para las plantas que el As inorgánico (Tan et al., 2020) y fue ampliamente utilizado como herbicida en el pasado. Por lo tanto, es deseable mejorar el cultivo de arroz para mejorar la resistencia al As inorgánico y al DMA, especialmente considerando que la movilización de As en el suelo y la toxicidad para el arroz podrían verse exacerbadas por el aumento de la temperatura en el futuro escenario de cambio climático (Muehe et al., 2019)

2.4.Bases filosóficas

La sociedad, los valores económicos y la naturaleza no conjugan las posibilidades de proyectarse a una vida saludable, sino que cada día se cuantifican malversaciones en el medio ambiente, como ejemplo la bioacumulación de metales pesados en alimentos. La humanidad atraviesa un momento difícil y duro debido a una grave ruptura en la relación con la naturaleza y el medio ambiente, lo que sin duda requiere de la intervención directa de la filosofía para fortalecer los inicios y fines de esta relación hombre-sociedad-naturaleza. Varios proyectos de organizaciones internacionales que tienen como objetivo limpiar y reducir tanto como sea posible estos errores humanos tienen fallas en la fuente; protegen intereses políticos y económicos en el uso inapropiado de nuestros recursos naturales. Por lo tanto, la

intención de las soluciones de estos organismos no sería legítima debido a los intereses de otras personas. En un mundo globalizado, el papel de la filosofía ambiental va de la mano con la educación ambiental, con los grandes desarrollos tecnológicos, las crisis ambientales y los vientos en contra como ahora. La guerra es muy importante y muy importante porque se presenta como una estrategia para lograr nuevas formas de interacción social y cultura cívica, Intentar crear una sociedad donde la relación entre las personas y el medio ambiente se base en el nivel de responsabilidad, justicia y sostenibilidad (Pascagaza, 2015).

2.5.Bases epistemológicas

La absorción de tóxicos metálicos en los alimentos requiere principalmente soluciones ambientales, y estos temas son estudiados por universidades, proteccionistas entre otros discutiendo la crisis mundial intelectual causada por la destrucción planetaria extrema provocada por la evolución sociocultural y la mala adaptación humana a la naturaleza. Ante este problema se albergan consideraciones teóricas para transformar integralmente la sociedad y de los seguidores a la transformación de la civilización que debe superar las bases realistas del entorno social actual. Aquí hay algunos métodos para crear una epistemología ambiental que se recomiendan por todas las razones anteriores. Para ello es necesario reorganizar el proceso educativo desde una perspectiva basada en la diversidad, superar una realidad-percepción distinta y crear nuevos saberes sociales que permitan compartir.

Las especies de plantas, incluidos ciertos cultivos, tienen la capacidad de acumular metales en sus tejidos. Las plantas capaces de absorber y acumular metales por encima del nivel normal de otras especies en el mismo suelo se denominan hiperacumuladores y se encuentran principalmente en suelos enriquecidos con metales debido a condiciones geoquímicas naturales o contaminación antropogénica. Los hiperacumuladores tienden a tener una biomasa baja porque gastan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones de metales en sus tejidos. Las plantas han desarrollado mecanismos altamente específicos para la absorción, transporte y almacenamiento de nutrientes algunos metales y metaloides que no son esenciales para las plantas se absorben, transfieren y acumulan en las plantas porque están presentes (Cahuana y Aduvire, 2019).

2.6. Bases antropológicas

Desde la antropología, un enfoque ambientalmente reflexivo de la bioacumulación de metales pesados en los alimentos, nuestra práctica cultural es tomar un tema que ocupa un lugar importante en la producción: etnográfico. El medio ambiente se presenta como reflejo de dos extremos de tensión, tanto clásicos en la antropología como en nuestra sociedad: el natural-cultural. No podemos pensar en el medio ambiente sin una clara referencia a la naturaleza, y esto abre un reflejo de lo nuestro. Sin embargo, el fenómeno ambiental y la necesidad de mirarlo desde una perspectiva específica requiere en primer lugar ver cómo la antropología ha contribuido no solo a comprender nuestra relación con la naturaleza sino también a la configuración del mundo natural. Esta reflexión debe hacerse de dos maneras. En primer lugar, podemos observar cómo la naturaleza ha sido el eje de la vida en el desarrollo de la antropología, representando un polo fundamental en su estructura y distribución de sentido. Así, la contribución innegable de la antropología es definir la cultura en relación con la naturaleza; de hecho, "la relación entre cultura y naturaleza (o entre población y medio ambiente, si se quiere usar el vocabulario de la ingeniería ecológica) ha ocupado una parte esencial del análisis antropológico". En este sentido, hasta la segunda mitad del siglo XX, la delimitación cultural era "negativa porque hablar de cultura era sinónimo de algún tipo de referencia, explícita o implícita, a lo que se considera su contraparte con la naturaleza". Durante mucho tiempo hemos notado la complejidad y la dinámica de explicar ambos conceptos, pero los límites y las relaciones entre ellos se definirán de la misma manera al delimitar los campos. Esta dicotomía clásica no pudo superarse hasta mediados de la década de 1980 con el surgimiento y desarrollo de la ecología simbólica, política y antropológica de la ciencia (Campos, 2008).

CAPITULO III.

SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La bioacumulación de metales pesados en los granos de café pergamino seco (*Coffea arabica L.*) de las zonas productoras del Perú presentan diferentes concentraciones de plomo y cadmio, encontrándose dentro de los límites máximos permisibles.

3.1.2. Hipótesis específicas

La bioacumulación de metales pesados en los granos de café (*Coffea arabica L.*) de las zonas productoras del Perú presentan diferentes concentraciones de plomo y cadmio según las zonas de producción.

La bioacumulación de metales pesados en los granos de café (*Coffea arabica L.*) de las zonas productoras del Perú se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para la salud humana.

3.2. Operacionalización de variables

Variables Independientes

Granos de café pergamino seco.

Tabla 1:

Dimensiones e indicadores de la variable independiente

Variable (X)	Dimensiones	Indicadores
Granos de café (<i>Coffea arabica L.</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Granos de café. • Procedencia del grano. • Rangos altitudinales. 	Zonas productoras de de café: Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huánuco, Junín y Cuzco

Variable Dependiente

Cantidad de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los granos de café.

Tabla 2:

Dimensiones e indicadores de la Variable Dependiente

VARIABLE (Y)	DIMENSIÓN	INDICADORES
Bioacumulación de plomo y cadmio.	Bioconcentración de plomo (mg Pb/kg) y Cadmio (mg Cd/ kg),	Plomo: 0,5 (mg Pb/kg granos de café) MERCOSUR para café Cadmio: 0,1 (mg Cd/kg granos de café)

3.3. Definición operacional de las variables

En la Tabla 3, se presenta la operacionalización de las variables para cuantificación de la bioacumulación de cadmio y plomo en las zonas productoras de café pergamino seco a nivel nacional.

La cuantificación de los metales pesados por Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los granos de café se alertara la contaminación, la cual tiene una influencia directa en la cualificación para el consumo humano y la exportación.

Tabla 3:
Operacionalización de las variables

Definición de las variables	Definición operacional de variables	Dimensión	indicadores	Instrumentos
<p>V. I. X:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zonas de producción. 32 zonas de recolección a nivel nacional, divididas en 6 departamentos. Altitudes de producción de café. 	<p>La cuantificación de los metales pesados por Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los granos de café se alertara la contaminación, la cual tiene una influencia directa en la cualificación para el consumo humano y la exportación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Granos de café. Procedencia del grano. Rangos altitudinales <p>Altitud 1: Plantaciones entre los 350 y 1000 msnm.</p> <p>Altitud 2: Plantaciones entre los 1001 a 1700 msnm.</p> <p>Altitud 3: Plantaciones entre los 1701 a 2900 msnm.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Medida de la absorción de radiación electromagnética a la longitud de onda característica del metal pesado medido. Desde el punto de vista de la medida, es necesario que el elemento tenga la forma de un átomo. Para ello se calienta con una llama acetileno/aire o acetileno/N2O. 	<ul style="list-style-type: none"> Protocolo internacional para cuantificar metales pesados en alimentos. Espectrofotómetro de absorción atómica y sus accesorios: Compresor, ventilador, plancha de calentamiento y cabina extractora. Instrumentación y reactivos de laboratorio, para cuantificar las características químicas.
<p>V.D. Y: Bioacumulación de plomo y cadmio en granos de café expresados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> mg de Cd/kg de granos de café pergamino. mg de Pb/kg de granos de café pergamino. 		<p>Concentración de plomo (Pb) y Cadmio (Ca)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ubicación dentro de los parámetros internacionales permisibles en la alimentación de la cantidad de mg/kg Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los granos de café 	<ul style="list-style-type: none"> Estándares y protocolos de metales pesados en café

CAPITULO IV. ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1.Ámbito

El trabajo de investigación se desarrolló dentro del ámbito jurisdiccional y se consideraron las delimitaciones espaciales, social, tiempo y conceptual.

Espacial

La investigación se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de Análisis de suelos, Agua y ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, las muestras de los granos de café pergamino seco fueron recolectadas de las zonas productoras de café de Amazonas, Junín, Cajamarca, Huánuco, San Martín y Cuzco.

Social

La población participativa del proyecto estuvo constituida por productores de café de las zonas de Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huánuco, Junín y Cuzco; a quienes se concientizaron sobre la importancia de la contaminación ambiental por metales pesados en el manejo de la siembra, producción, cosecha y postcosecha del café.

Tiempo

La aplicación de la información con respecto a la contaminación al café por metales pesados es inmediata, se hizo conocer a los productores y evitar problemas de su comercialización a nivel local e internacional.

Conceptual

Se tuvieron en consideración los protocolos en la cuantificación de la bioacumulación de cadmio y plomo con digestión acida y soluble, la lectura fue directa por espectrofotometría de absorción atómica, teniendo en consideración los estándares internacionales en el contenido de metales pesados en el café.

4.2.Tipo y nivel de investigación

Debido a la naturaleza de la investigación, este estudio cumplió con los requisitos metodológicos de la investigación aplicada cuando utilizó ingeniería ambiental y de procesos. El nivel de trabajo de investigación fue descriptivo

correlacional, donde se identificó y se cuantificó la bioacumulación de plomo y cadmio de manera independiente sobre las variables o zonas de producción, así como las altitudes. Correlacional debido a que en la investigación se relacionó la bioacumulación de plomo y cadmio en los granos de café en función de las diferentes altitudes y zonas productoras de café a nivel nacional. (Hernandez *et al.*, 2014)

4.3. Población y muestra

4.3.1. Descripción de la muestra

La población en estudio son los granos de café de las zonas productoras representativas a nivel nacional con 234 200 toneladas en el año 2022, de los cuales el 43% le perteneció a la zona norte (Cajamarca, Amazonas, San Martín), el 34% de la producción se encontró en Junín, Pasco, Huánuco y en la zona sur el 23 % le perteneció al Cusco.

4.3.2. Muestra y método de muestreo

Las muestras fueron tomadas de las 32 zonas (provincias) entre 10 sacos del mismo lote y se obtuvo aproximadamente de $30 \text{ g} \pm 6 \text{ g}$ por saco de manera aleatoria de tres diferentes puntos de sacos individuales de distintas ubicaciones en la ruma de sacos de un lote, se utilizó pluma para extracción de café.

4.3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión: Se tomaron como criterios de inclusión, a todos los granos de café pergamino seco con aproximadamente $12 \pm 0,5$ % de humedad en sacos debidamente identificado del lugar de procedencia.

Criterios de exclusión: Fue de acuerdo con la valoración de la calidad física, mediante dos formas, de acuerdo con el porcentaje de almendra sana, sin defectos cuyo valor promedio estimado fue de 74% y el otro factor correspondió al rendimiento que se definió como la cantidad de café pergamino seco que se necesitó para obtener un saco de 70 kg de café excelso, no ingresaron aquellos granos cisco y defectuosa.

4.4. Diseño de investigación

Este estudio utilizó un diseño de investigación no experimental ya que no se manipularon variables; en cambio, la información se obtuvo tal como podría parecer cierta (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014). Esto implica que se obtuvo información de la bioacumulación de cadmio y plomo expresados (g de Cd o Pb/kg de granos de café) de las diferentes zonas del Perú en un solo momento, su propósito fue cuantificar la cantidad de cadmio y plomo por departamentos y altitudes. Por lo tanto, es la observación de variables que ocurren en el medio natural y luego su análisis (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014). Para los propósitos de la presente investigación se aplicó un diseño documental y de campo. Mediante el diseño completo al azar se calculó el análisis estadístico ANVA y Test LSD (Least significant difference) de Fisher para comparaciones múltiples del 5%, por departamentos y rangos de altitud con tres niveles (230 a 1000 msnm; mayor a 1000 y menor a 1700 msnm y a mayor de 1700 y 2900 msnm)

4.5. Técnicas e instrumentos

4.5.1 Técnicas: Cuantificación de bioacumulación de cadmio y plomo por Espectroscopia de Absorción Atómica de Llama (FAAS),

Esta cuantificación se realizó con la metodología adaptada por (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, 2014), siguiendo el siguiente protocolo:

Toma y preservación de la muestra:

Las muestras se recolectaron en recipientes de vidrio previamente lavados con ácido nítrico según el método de lavado con detergente. Para el análisis general de metales se añadió ácido nítrico hasta un valor de pH de hasta 2.

Aparatos. Se utilizó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Lámparas de cátodo hueco (LCH); para Cd y Pb. Válvulas reductoras de presión.

Reactivos: Se utilizó aire limpio y seco como reactivos. Acetileno, clase de absorción atómica. Agua desionizada, ácido nítrico, HNO₃; 65% de calidad ultrapura. Agua ácida. Se disolvieron 1,5 ml de ácido nítrico ultrapuro al 65% en 1 litro de agua desionizada UP. Peróxido de hidrógeno, H₂O₂, 30%.

Materiales: Se usaron matraces volumétricos Clase A de 100 y 50 mL y matraces Erlenmeyer de cuello ancho de 125 mL, vaso de precipitados de 100 ml clase A, pipetas de volumen 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 25 y 50 mL, Probetas de 50 mL. Un pequeño embudo de polipropileno, de 5 cm de diámetro, con un tallo corto. Soporte de filtrado. Papel filtro calidad S&S 595, ref. 311610, 11 cm de diámetro. Membrana de acetato de celulosa S&S OE67, referencia 10404012, 0,45 μm de diámetro, 47 mm de diámetro.

Protocolo de limpieza para materiales de vidrio:

Fue con jabón neutro, sumergido en HNO_3 diluido al 10 %, exclusivo solo para cuantificar cadmio y plomo.

Protocolo para la obtención de estándares usados en la línea de calibración.

Soluciones. Se prepararon estándar **intermedias** de 100 mg/L de Cd y Pb: por separado, con 10,0 mL del patrón de 1000 mg/L y se aforo con agua desionizada en balón de 100 mL.

Preparación de estándares para la línea de calibración de Cadmio y plomo de 0,5; 1,0 y 1,5 mg/L. Se uso la solución intermedia de 100,0 mg/L para preparar un estándar ajustado de 1,5 mg/L, luego se tomo 10 mL de esta solución y se diluyo en un matraz con agua acidificada hasta un volumen de 100 mL. Se preparó un estándar de 1,5 mg/L a partir de una solución intermedia de 10,0 mg/L y se llenaron 15 mL de esta solución en un matraz aforado de 100 mL con agua acidificada.

Procedimiento de análisis:

Para los metales solubles se procedió a las lecturas del filtrado obtenido a través de un filtro de acetato de celulosa de 0,45 μm , luego se almaceno con ácido nítrico a $\text{pH} < 2$. Las muestras se digirieron para la cuantificación de metales totales. La curva de calibración se introdujo al dispositivo según las instrucciones. Las lecturas se tomaron pipeteando cada muestra. Las lecturas de concentración y las desviaciones estándar para cada muestra se registran en el formato de captura de datos espectrofotométricos AA - Análisis de metales TF0023, se comparó frente al estándar de control y su lectura se registró junto con la lectura de la muestra.

A través de un filtro de acetato de celulosa de 0,45 μm , el filtrado se lleno con ácido nítrico a $\text{pH} < 2$, se digirieron para la cuantificación de metales totales.y se obtuvo la

curva de calibración. Las lecturas se tomaron pipeteando cada muestra, las desviaciones fueron anotadas. Después de leer cada muestra, se lavo con agua desionizada y acidificada. El espectrofotómetro y sus accesorios reportó la concentración (mg/L) de cada ion metálico con referencia a la curva de calibración correspondiente. Para cada muestra se multiplico por su factor de dilución.

$mg \text{ de } (Cd \text{ ó } Pb)/kg \text{ muestra} = A * (V_{Final} - V_{Alicota})$, donde:

A = mg de Cd o Pb/kg en alicuota de la curva de calibración

V. final = Volumen final al que se llevo la licuota a diluir

V. alicuota = mL tomado de la alicuota de la muestra

4.5.2 Instrumentos

En el presente trabajo de investigación se consideraron como instrumentos fichas para anotar las referencias bibliográficas que se encuentran en el editor de textos. También se utilizo librrreta de apuntes, donde se anotaban la fecha, lugar, coordenadas para la identificación de la recolección de las muestras, luego estos datos fueron procesados en una hoja electrónica.

4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos

Fueron aplicadas mediante las siguientes etapas:

4.6.1. Recopilación de datos.

Los datos adquiridos del espectrofotómetro de absorción atómica fueron transportado a una base de datos en una laptop.

4.6.2. Preparación de datos.

Los datos fueron destinados a una hoja electrónica, procesadas para la obtención de los resultados, se utilizaron macros en Excel, para facilitar el procesamiento matemático de los datos.

4.6.3. Procesamiento / limpieza de datos

El procesamiento de datos se realizó en Excel así como en el statgraphics para los análisis estadísticos. Los datos procesados fueron almacenados en una hoja electrónica con el nombre específico de cada acción teniendo en consideración de los protocolos de la investigación y luego fueron transcritos en el informe de tesis.

4.6.4. Interpretación de datos

La interpretación de los resultados se tuvo en cuenta considerando los protocolos de cada análisis, se consideraron, las medias, desviación estándar, máximos y mínimos mediante una hoja electrónica.

Los ANVA se utilizaron para establecer la variabilidad del contenido de plomo y cadmio expresados en mg Cd /kg y mg Pb/kg de granos de café pergamino seca por departamentos a nivel nacional y con tres niveles de altitudes de producción de café. ANVA de un factor con muestra independientes para diferenciar el contenido de cadmio y plomo en diferentes provincias y altitudes de producción de café. El objetivo del análisis de varianza en el DCA es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta. Para probar la hipótesis lo primero es descomponer la variabilidad total de los datos en sus dos componentes: la variabilidad debida a tratamientos y la que corresponde al error aleatorio, como se hace a continuación. Una medida de la variabilidad total presente en las observaciones es la *suma total de cuadrados* dada por:

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

Donde $Y_{..}$ es la suma de los $N = \sum_{i=1}^k n_i$ datos en la toma de observaciones. Al sumar y restar adentro del paréntesis la media del tratamiento i , ($\bar{Y}_{i.}$):

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} [(Y_{ij} - \bar{Y}_{i.}) + (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})]^2$$

Y desarrollando el cuadrado, la SC_T se puede partir en dos componentes como:

$$SC_T = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2$$

Donde el primer componente es la suma de cuadrados de tratamientos (SCTRAT) y el segundo es la suma de cuadrados del error (SCE). Al observar con detalle estas sumas de cuadrados se aprecia que la SCTRAT mide la variación o diferencias entre las provincias y las alturas.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$i=1,2,3,\dots,t$ $j=1,2,3,\dots,b$

Y_{ij} : Es el valor observado en el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo repetición

μ : Es el efecto de la media general

τ_i : Es el efecto del i -enésimo tratamiento

ε_{ij} : Es el efecto del error experimento en el i -enésimo tratamiento y el j -ésimo

En un diseño completamente al azar, la hipótesis nula es que los efectos de tratamientos (β) son todos iguales, lo que se expresa por:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \dots$$

La hipótesis alterna es que hay al menos un efecto de tratamiento que es diferente a los demás. Para probar la hipótesis, en la tabla ANVA se comparan los cuadrados medios de tratamientos respecto a los cuadrados medios del error, los primeros deben ser suficiente mayores que los segundos..

4.7. Aspectos éticos.

Se tiene en consideración de facilitar los datos obtenidos del espectrofotómetro de absorción atómica así como facilitar las muestras de reserva que se almacenan en el laboratorio para su posterior replica de tal manera que se cumpla con la transparencia del caso. Se referencia los datos de campo utilizados como son las muestra, ubicación, latitud y altitud codificados. Los datos estadísticos quedan a disposición del usuario para replicar los análisis. Se transparenta los procedimientos utilizados en la obtención de datos así como la emisión de los mismos mediante los archivos que se encuentran en el anexo de la tesis. Se garantiza la transparencia analítica vinculando los datos obtenidos y las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis descriptivo.

Ubicación de los nodos de producción de café a nivel nacional

En la Tabla 4, muestra los nodos de producción de café a nivel nacional, para la investigación fueron de seis departamentos, desde Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huánuco, San Martín y Junín; identificados en diferentes provincias y alturas:

Tabla 4:

Nodos de producción de café a nivel nacional

Amazonas	Rodrigo. de Mendoza	Cusco	Quillabamba	Junín	Perené
	Bagua		La Concepción		Pichanaki
	Utcubamba		Calca		Satipo
	Luya		Urubamba		Chanchamayo
	Bungará		Quispicanchis		Concepción
Cajamarca	Chota	Huánuco	2 de Mayo	San Martín	San Martín
	Jaén		Leoncio Prado		Moyobamba
	Cutervo		Puerto Inca		Lamas
	Celendín		Pachitea		Rioja
	San Ignacio		Marañón		Tocache
			Huamalíes		Picota

Los departamentos y provincias donde se acopiaron las muestras para este trabajo de investigación, son las más representativas en el Perú, estas coinciden según (Díaz et al., 2017), donde menciona que los departamentos de Junín (Satipo, Chanchamayo y Satipo), Cusco (La Convención), San Martín (Moyobamba, Lamas, Vellavista y Huallaga), Cajamarca (San Ignacio) y Amazonas (Rodríguez de Mendoza, Utcubamba), son distritos representativos con elevada cantidad de café en producción en el país son de los cuales todos estas provincias son variables de investigación con respecto a la bioacumulación de plomo y cadmio en los granos del café.

En Cajamarca en los años 2019-2021, se perfiló como la zona de producción de café en exportación más importante, más de 88 mil toneladas en 2019, 81 mil toneladas en 2020 y 26 mil hasta julio de 2021. Continúa la región Junín con 44 932 toneladas autenticadas en 2019, 42 760 toneladas en 2020 y 12 531 toneladas en el año en curso. Destaca la región San Martín con 35 662 toneladas. y Amazonas 28 765

toneladas. durante los últimos tres años. Según la Asociación de Exportadores (ADEX), las exportaciones de café generaron \$634 831 en 2019, \$638 581 en 2020 y \$122 200 hasta julio de 2021, para un total de \$1 395 612 en los últimos tres años. (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú, 2021)

Ubicación de las coordenadas geográficas de los nodos de producción e identificación de las muestras.

La Tabla 5, muestra las coordenadas geográficas de los nodos de producción para los niveles entre de 230 a 1000 msnm, entre mayor a 1000 y 1700 msnm y mayores a 1700 msnm, identificado cada uno con su latitud y longitud. Para el primer nivel se tiene 11 zonas: San Martín, Picota, Puerto Inca, Utcubamba, Tocache, Bagua, Lamas, Leoncio Prado, Rioja, Moyobamba y Satipo; para el segundo nivel con 8 zonas: Perene, San Ignacio, Chanchamayo, Pichanaki, Quillabamba, Jaén, Quispicanchis y La Concepción (Cusco) y para el tercer nivel con 13 zonas: Bungara, Chota, Marañón, Rodríguez de Mendoza, Cutervo, Huamalíes, Celendín, concepción (Junín), Calca, Urubamba, Pachitea, Luya y Dos de Mayo, como se muestra en la Tabla 5.

La variable altitud en el cultivo del café, generalmente provocan una disminución de la temperatura ambiente. Esto reduce el estrés inducido por el calor en las plantas, aumenta la relación hoja-fruto y la tasa fotosintética neta, y prolonga el período de maduración de la baya. En esta situación, hay más suministro de carbohidratos para los granos en desarrollo y tiempo para llenarlos (Cerdea *et al.*, 2018).

Tabla 5:

Coordenadas geográficas de los nodos de producción de café en tres niveles de altura de seis departamentos y 32 provincias.

Niveles	Trat	Departamento	Provincias	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Nivel 1: entre 230 a 1000 msnm	T01	San Martín	San Martín	-6,527947	-76,366611	235,00
	T02	San Martín	Picota	-6,907219	-76,343910	339,00
	T03	Huánuco	Puerto Inca	-9,687825	-75,432312	370,00
	T04	Amazonas	Utcubamba	-5,746660	-78,473640	484,00
	T05	San Martín	Tocache	-8,180513	-76,534453	504,00
	T06	Amazonas	Bagua	-5,557052	-78,534850	558,00
	T07	San Martín	Lamas	-6,413282	-76,508407	647,00
	T08	Huánuco	Leoncio Prado	-9,175759	-75,942857	709,00
	T09	San Martín	Rioja	-6,046642	-77,192444	841,00
	T10	San Martín	Moyobamba	-6,056976	-76,941647	854,00
	T11	Junín	Satipo	-11,242560	-74,658272	954,00
Nivel 2 :> 1000 a 1700 msnm	T12	Junín	Perené	-10,981270	-75,221641	1 142,00
	T13	Cajamarca	San Ignacio	-5,189715	-78,981524	1 193,00
	T14	Junín	Chanchamayo	-11,098370	-75,363315	1 264,00
	T15	Junín	Pichanaki	-11,002290	-74,862707	1 296,00
	T16	Cusco	Quillabamba	-12,868790	-72,714001	1 551,00
	T17	Cajamarca	Jaén	-5,699498	-78,830211	1 654,00
	T18	Cusco	Quispicanchis	-13,283420	-70,930575	1 673,00
	T19	Cusco	La Concepción	-12,691830	-72,937409	1 681,00
Nivel 3: > 1700 msnm	T20	Amazonas	Bungará	-5,837350	-77,909037	2 331,00
	T21	Cajamarca	Chota	-6,552055	-78,651795	2 337,00
	T22	Huánuco	Marañón	-8,722404	-76,716919	2 462,00
	T23	Amazonas	R. de Mendoza	-6,295496	-77,362837	2 490,00
	T24	Cajamarca	Cutervo	-6,385790	-78,835150	2 592,00
	T25	Huánuco	Huamalíes	-8,722404	-76,735748	2 635,00
	T26	Cajamarca	Celendín	-6,859287	-78,140324	2 651,00
	T27	Junín	Concepción	-11,640210	-75,184253	2 668,00
	T28	Cusco	Calca	-12,778520	-72,270068	2 706,00
	T29	Cusco	Urubamba	-13,305440	-72,123241	2 851,00
	T30	Huánuco	Pachitea	-9,844632	-75,908109	2 997,00
	T31	Amazonas	Luya	-6,558606	-77,884019	2 998,00
	T32	Huánuco	Dos de Mayo	-9,614920	-76,706914	2 999,00

Según Worku et al., (2018), la altitud tiene el mayor efecto sobre las características físicas del grano (tamaño, peso y grano incompleto), organolépticas (aroma, cuerpo, acidez, sabor y sensación en boca). preferencias) y bioquímicos complejos (cafeína, trigonelina, grasas y ácidos clorogénicos). El contenido de cafeína y ácido clorogénico (CGA) solo se vio afectado por la altitud ($P < 0,05$).

5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis

5.2.1 Bioacumulación de plomo en los granos de café pergamino seco.

La Tabla 6, muestra la bioacumulación de plomo en los granos de café de los departamentos de San Martín, Huánuco, Amazonas, Junín, Cajamarca, Cusco y Huánuco y sus respectivas zonas de producción de café a nivel nacional. En el departamento de Amazonas, provincia de Luya se obtuvo la menor cuantificación de plomo con 0,14696 mg de Pb/ kg de granos de café; en el extremo con 0,49561mg de Pb/ kg de granos de café procedente del departamento de Junín, distrito de Concepción.

Tabla 6:

Cuantificación de plomo en los granos de café pergamino seco de las 32 provincias productoras de café del Perú.

Trat	Departamento	Provincia	R1 mg Pb/Kg	R2 mg Pb/Kg	R3 mg Pb/Kg	Promedio mg Pb/Kg
T01	San Martín	San Martín	0,2224	0,2217	0,2182	0,22076
T02	San Martín	Picota	0,2686	0,2605	0,2632	0,26412
T03	Huánuco	Puerto Inca	0,5004	0,5342	0,5252	0,49864
T04	Amazonas	Utcubamba	0,2331	0,2259	0,2947	0,25121
T05	San Martín	Tocache	0,2377	0,2359	0,2360	0,23653
T06	Amazonas	Bagua	0,2360	0,2356	0,2352	0,23558
T07	San Martín	Lamas	0,3831	0,3855	0,3803	0,38296
T08	Huánuco	Leoncio Prado	0,2098	0,2064	0,2068	0,20766
T09	San Martín	Rioja	0,3545	0,3547	0,3542	0,35449
T10	San Martín	Moyobamba	0,3299	0,3249	0,3210	0,32525
T11	Junín	Satipo	0,2427	0,2427	0,2426	0,24270
T12	Junín	Perené	0,3354	0,3370	0,3345	0,33561
T13	Cajamarca	San Ignacio	0,3266	0,3261	0,3267	0,32646
T14	Junín	Chanchamayo	0,3155	0,3151	0,3153	0,31532
T15	Junín	Pichanaki	0,3126	0,3138	0,3146	0,31366
T16	Cusco	Quillabamba	0,4252	0,4216	0,4216	0,42281
T17	Cajamarca	Jaén	0,4585	0,4562	0,4575	0,45740
T18	Cusco	Quispicanchis	0,3458	0,3454	0,3546	0,34858
T19	Cusco	La Concepción	0,3613	0,3680	0,3683	0,36586
T20	Amazonas	Bungará	0,2124	0,2140	0,2192	0,21517
T21	Cajamarca	Chota	0,3825	0,3823	0,3824	0,38240
T22	Huánuco	Marañón	0,3480	0,3476	0,4732	0,38960
T23	Amazonas	R. de Mendoza	0,4425	0,4454	0,4452	0,44437
T24	Cajamarca	Cutervo	0,4626	0,4636	0,4696	0,46527
T25	Huánuco	Huamalíes	0,4636	0,4607	0,4634	0,46257
T26	Cajamarca	Celendín	0,4987	0,4927	0,4986	0,48950
T27	Junín	Concepción	0,4986	0,4896	0,4987	0,49561
T28	Cusco	Calca	0,4316	0,4310	0,4352	0,43261
T29	Cusco	Urubamba	0,3835	0,3484	0,3483	0,36002
T30	Huánuco	Pachitea	0,4390	0,4379	0,4357	0,43755
T31	Amazonas	Luya	0,1452	0,1468	0,1490	0,14700
T32	Huánuco	Dos de Mayo	0,2188	0,2102	0,2281	0,21902

En la Tabla 7, se observa el ANVA, para determinar, si existe diferencia significativa entre los contenidos de Pb en los granos de café pergamino producidas a nivel nacional en sus regiones representativas.

Tabla 7:

ANVA para determinar diferencias del contenido de plomo en las 32 provincias representativas de producción de café.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Provincias	1,04505	31	0,03371	132,94	0,0000
B: Repeticiones	0,00053	2	0,00026	1,06	0,3530
Residuos	0,01572	62	0,00025		
Total (corregido)	1,06131	95			

Mediante la prueba de múltiples rangos (Fischer LSD a 95,0 %) mostrado en la Tabla 8, se detalla la comparación múltiple en la determinación de las medias del contenido de plomo en las 32 provincias a nivel nacional, observándose que son significativamente diferentes de otras. Podemos señalar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre estos niveles (Leoncio Prado, Bungara, 2 de Mayo, San Martín, Bagua, Tocache, Satipo y Utcubamba) que comparten una misma columna. También se puede observar que no hay diferencia en los niveles de plomo entre Moyobamba, San Ignacio, Perene, Quespicanche, Rioja y Urubamba. El método utilizado para distinguir entre los promedios es el procedimiento de mediante la prueba de múltiples rangos (Fischer LSD a 95,0 %). Al utilizar este método, existe una probabilidad del 5,0 % de que uno o más pares sean significativamente diferentes cuando la diferencia real es cero.

Tabla 8:

Comparación múltiple (LSD) de Fischer de medias para bioacumulación de plomo

Provincias	Casos	Media LS
Luya	3	0,14696 ^a
Leoncio Prado	3	0,20766 ^b
Bungará	3	0,21520 ^{bc}
2 de Mayo	3	0,21903 ^{bc}
San Martín	3	0,22080 ^{bc}
Bagua	3	0,23560 ^{bc}
Tocache	3	0,23653 ^{bc}
Satipo	3	0,24266 ^{bc}
Utcubamba	3	0,25123 ^{bc}
Picota	3	0,26401 ^{cd}
Pichanaki	3	0,31366 ^{de}
Chanchamayo	3	0,31530 ^{def}
Moyobamba	3	0,32526 ^{ef}
San Ignacio	3	0,32646 ^{ef}
Perené	3	0,33563 ^{efg}
Quispicanchis	3	0,34860 ^{efgh}
Rioja	3	0,35446 ^{efgh}
Urubamba	3	0,36006 ^{efgh}
La Concepción (Cusco)	3	0,36586 ^{fgh}
Chota	3	0,38240 ^{ghi}
Lamas	3	0,38296 ^{ghi}
Marañón	3	0,38960 ^{hij}
Quillabamba	3	0,42280 ^{ijk}
Calca	3	0,43260 ^{jkl}
Pachitea	3	0,43753 ^{kl}
R. de Mendoza	3	0,44436 ^l
Jaén	3	0,45740 ^l
Huamalíes	3	0,46256 ^l
Cutervo	3	0,46526 ^{lm}
Celendín	3	0,48950 ^{mn}
Concepción (Junín)	3	0,49561 ⁿ
Puerto Inca	3	0,49864 ^o

Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

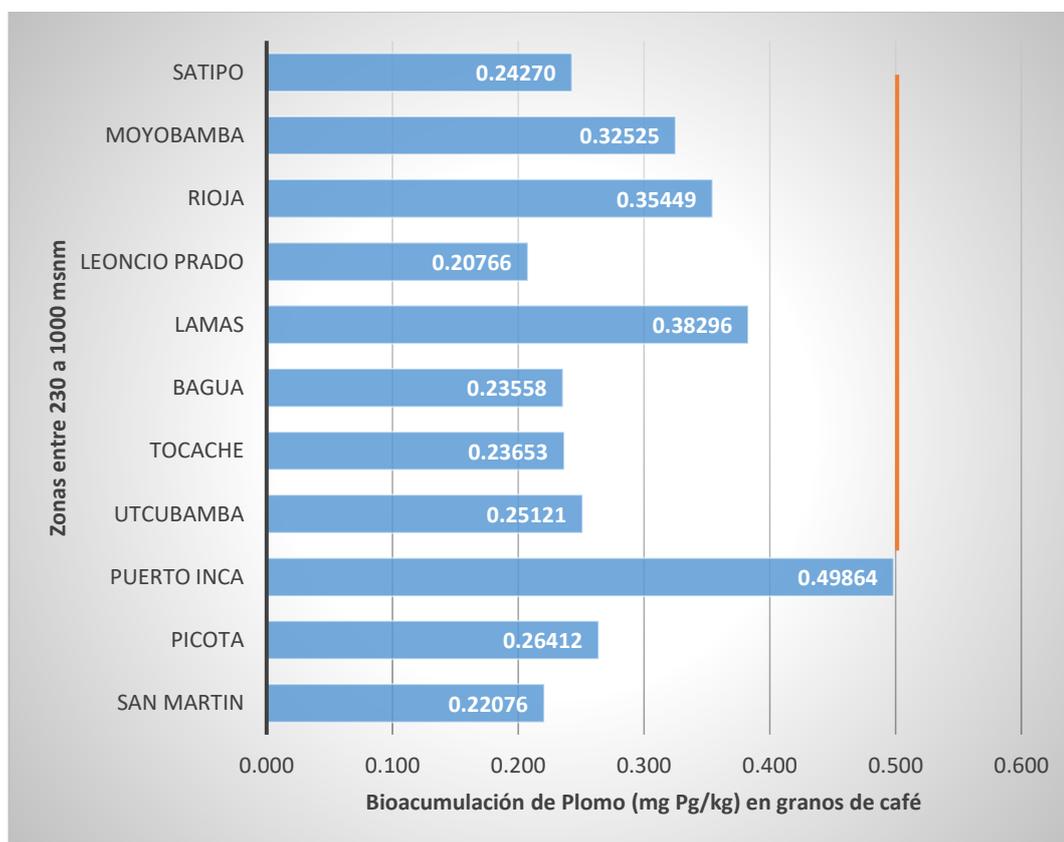
5.3. Discusión de resultados

5.3.1 Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a 1000 msnm

En la Tabla 9, se observa la bioacumulación de plomo en los granos de café en las zonas de producción entre 230 a 1000 msnm. En este primer nivel se encuentran las zonas de: San Martín, Picota, Puerto Inca, Utcubamba, Tocache, Bagua, Lamas, Leoncio Prado, Rioja, Moyobamba y Satipo.

Figura 3:

Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 230 a 1000 msnm



De la Figura 3. Se aprecia que en la zona de Leoncio Prado (Huánuco), se obtiene el menor contenido de plomo 0,20766 mg Pb/kg de grano de café y en Puerto Inca (Huanuco), se obtiene el mayor contenido de plomo con 0,49864 mg Pb/kg de café.

Tabla 9:

Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a 1000 msnm

Trat.	Departamento	Provincias	R1 mg Pb/Kg	R2 mg Pb/Kg	R3 mg Pb/Kg	Promedio mg Pb/Kg	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo mg Pb/Kg	Máximo mg Pb/Kg	Rango
T01	San Martín	San Martín	0,2224	0,2217	0,2182	0,22076	0,00224	1,01%	0,21821	0,22240	0,00419
T02	San Martín	Picota	0,2686	0,2605	0,2632	0,26412	0,00413	1,57%	0,26050	0,26863	0,00812
T03	Huánuco	Puerto Inca	0,4986	0,4987	0,4986	0,49864	0,00005	0,01%	0,49860	0,49870	0,00009
T04	Amazonas	Ucubamba	0,2331	0,2259	0,2947	0,25121	0,03780	15,05%	0,22590	0,29467	0,06877
T05	San Martín	Tocache	0,2377	0,2359	0,2360	0,23653	0,00098	0,41%	0,23589	0,23766	0,00177
T06	Amazonas	Bagua	0,2360	0,2356	0,2352	0,23558	0,00039	0,16%	0,23518	0,23596	0,00077
T07	San Martín	Lamas	0,3831	0,3855	0,3803	0,38296	0,00258	0,67%	0,38032	0,38549	0,00517
T08	Huánuco	Leoncio Prado	0,2098	0,2064	0,2068	0,20766	0,00183	0,88%	0,20640	0,20976	0,00336
T09	San Martín	Rioja	0,3545	0,3547	0,3542	0,35449	0,00025	0,07%	0,35423	0,35472	0,00049
T10	San Martín	Moyobamba	0,3299	0,3249	0,3210	0,32525	0,00447	1,37%	0,32098	0,32989	0,00891
T11	Junín	Satipo	0,2427	0,2427	0,2426	0,24270	0,00005	0,02%	0,24264	0,24274	0,00010

En la Tabla 10, se observa el ANOVA, para determinar, si existe diferencia entre el contenido de plomo (mg Pb/kg de granos de café) entre los 230 a 1000 msnm de producción.

Tabla 10:

ANOVA para determinar diferencias del contenido de plomo entre 230 a 1000 msnm en las 32 provincias representativas de producción de café.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Provincias	0,265433	10	0,02654	156,29	0,0000
B: Repeticiones	0,000183	2	0,00009	0,54	0,5916
Residuos	0,003396	20	0,00016		
Total (corregido)	0,269013	32			

La Tabla 11 muestra que en el grupo que incluyó a Leoncio Prado, San Martín, Bagua, Tocache y Satipo no hubo diferencia significativa entre mg Pb/kg de café en grano, pero entre Utcubamba, Picota, Moyobamba, Rioja, Lamas y Puerto-Inka sí es una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95,0%. El método utilizado para distinguir entre los promedios es el procedimiento de mediante la prueba de múltiples rangos (Fischer LSD a 95,0 %). Al utilizar este método, existe una probabilidad del 5,0 % de que uno o más pares sean significativamente diferentes cuando la diferencia real es cero.

Tabla 11:

Pruebas de Múltiple Rangos para mg Pb/KG por Zonas del primer nivel entre 230 a 1000 msnm.

Zonas	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Leoncio Prado	3	0,20766	X
San Martin	3	0,22076	XX
Bagua	3	0,23560	XXX
Tocache	3	0,23653	XXX
Satipo	3	0,24266	XXX
Utcubamba	3	0,25123	XX
Picota	3	0,26410	X
Moyobamba	3	0,32526	X
Rioja	3	0,35446	XX
Lamas	3	0,38296	X
Puerto Inca	3	0,49864	X

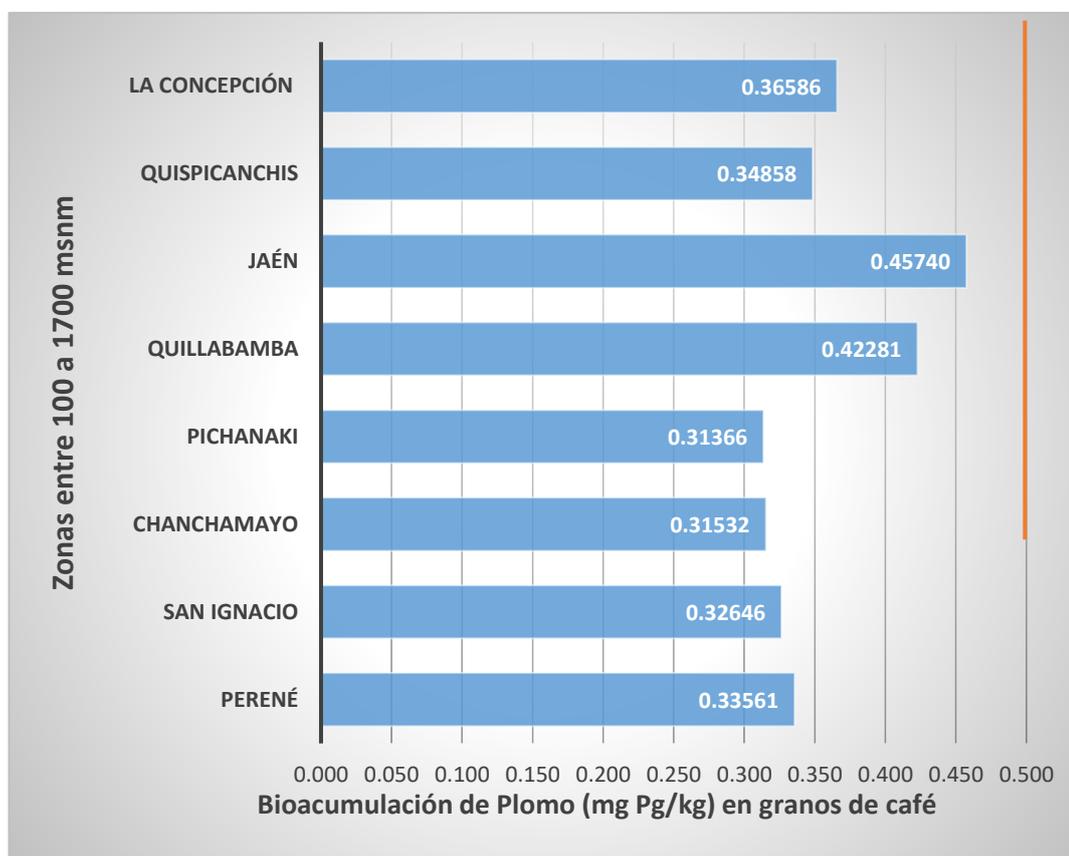
Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

5.4. Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a 1700 msnm

En la Tabla 12, se observa la bioacumulación de plomo en los granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm. En este nivel se encuentran las zonas de: La Concepción (Cusco) Quispicanchis, Jaen, Quillabamba, Pichanaki, Chanchamayo, San Ignacio y Perene.

Figura 4:

Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm.



De la Figura 4. Se aprecia que en Cajamarca (Jaen), se obtiene la mayor bioacumulación de plomo 0,45740 mg Pb/kg de grano de café y en Pichanaki (Junin), se obtiene el menor contenido de plomo con 0,31366 mg Pb/kg de café.

Tabla 12

Trat.	Departamento	Provincias	R1 mg Pb/Kg	R2 mg Pb/Kg	R3 mg Pb/Kg	Promedio mg Pb/Kg	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo mg Pb/Kg	Máximo mg Pb/Kg	Rango
T12	Junín	Perené	0,3354	0,3370	0,3345	0,33561	0,00125	0,37%	0,33450	0,33697	0,00247
T13	Cajamarca	San Ignacio	0,3266	0,3261	0,3267	0,32646	0,00033	0,10%	0,32609	0,32669	0,00061
T14	Junín	Chanchamayo	0,3155	0,3151	0,3153	0,31532	0,00020	0,06%	0,31512	0,31551	0,00039
T15	Junín	Pichanaki	0,3126	0,3138	0,3146	0,31366	0,00100	0,32%	0,31262	0,31460	0,00198
T16	Cusco	Quillabamba	0,4252	0,4216	0,4216	0,42281	0,00203	0,48%	0,42164	0,42516	0,00352
T17	Cajamarca	Jaén	0,4585	0,4562	0,4575	0,45740	0,00115	0,25%	0,45618	0,45847	0,00229
T18	Cusco	Quispicanchis	0,3458	0,3454	0,3546	0,34858	0,00521	1,50%	0,34536	0,35459	0,00923
T19	Cusco	La Concepción	0,3613	0,3680	0,3683	0,36586	0,00395	1,08%	0,36130	0,36829	0,00698

Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a 1700 msnm

En la Tabla 13, se detecta, según el ANOVA, entre el contenido de plomo (mg Pb/kg de granos de café) entre los 1000 a 1700 msnm de producción de café, existe diferencia significativa entre las zonas de La Concepción (Cusco) Quispicanchis, Jaén, Quillabamba, Pichanaki, Chanchamayo, San Ignacio y Perene.

Tabla 13:

ANOVA para determinar diferencias del contenido de plomo entre los 1000 a 1700 msnm de producción de café

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Provincias	5,76642	7	823774.	1170,58	0,0000
B: Repetición	1065,99	2	532,996	0,76	0,4885
Residuos	9148,51	13	703,731		
Total (corregido)	5.77953E6	22			

En la Tabla 14, observamos que el grupo entre Pichanaki y Chanchamayo no encontró diferencia estadísticamente significativa entre la bioacumulación de concentraciones en mg Pb/kg de café en grano, sin embargo entre San Ignacio, Perene, Quispicanchis, La Concepción, Quillabamba y Jaén, existe una diferencia estadísticamente significativa con el nivel de confianza de 95,0.

El método utilizado para diferenciar los vehículos fue el procedimiento mediante la prueba de múltiples rangos (Fischer LSD a 95,0 %). Al utilizar este método, existe una probabilidad del 5,0 % de que uno o más pares sean significativamente diferentes cuando la diferencia real es cero.

Tabla 14:

Pruebas de Múltiple Rangos para mg Pb/Kg por Zona comprendida entre 1000 a 1700 msnm de producción.

Distritos	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Pichanaki	3	0,31366	X
Chanchamayo	3	0,31530	X
San Ignacio	3	0,32646	X
Perené	3	0,33542	X
Quispicanchis	3	0,34860	X
La Concepción	3	0,36586	X
Quillabamba	3	0,42280	X
Jaén	3	0,45740	X

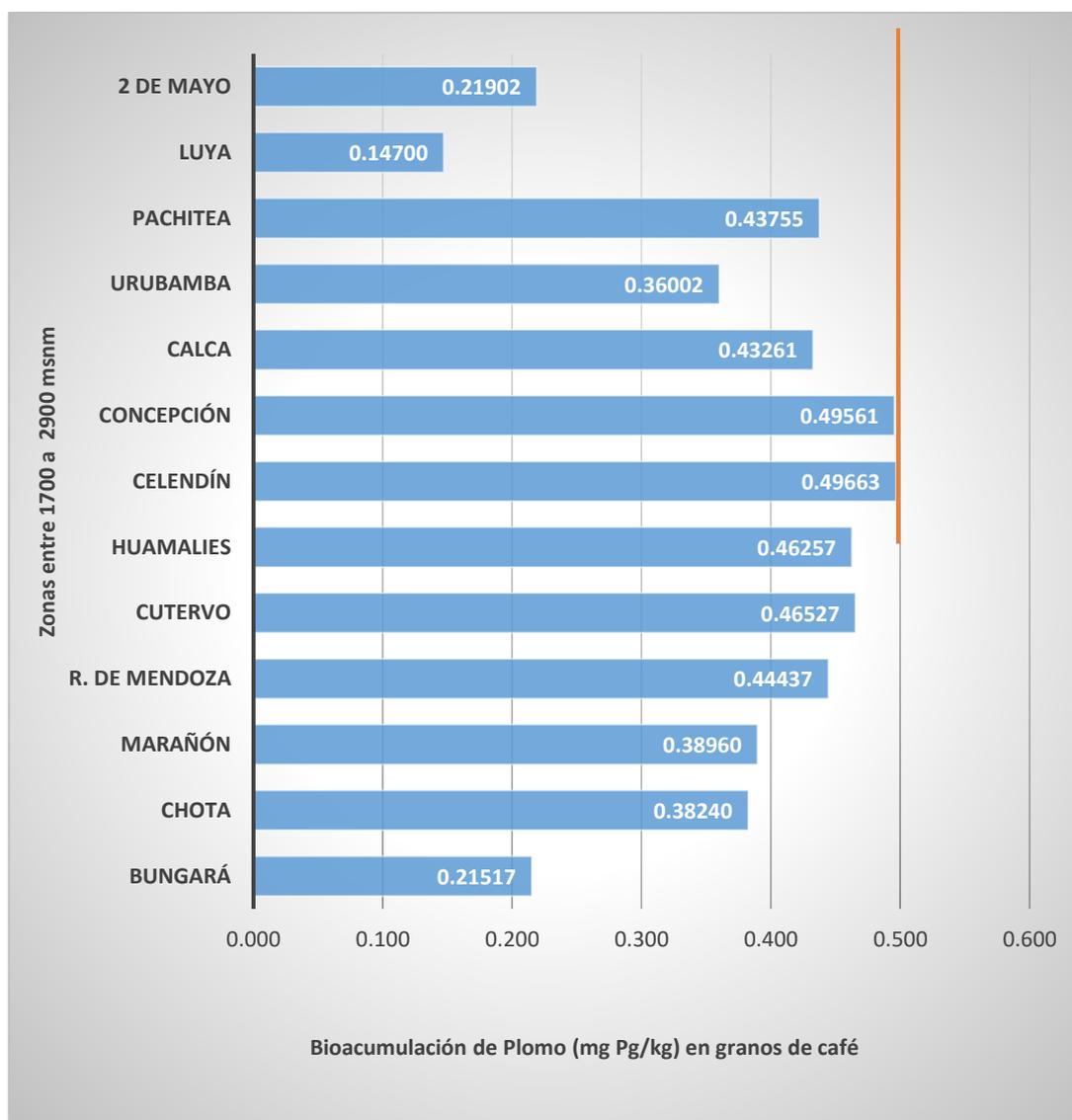
Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

5.3.2 Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm

En la Tabla 15, se observa la bioacumulación de plomo en los granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm. En este nivel se encuentran las zonas de: Bungará, Chota, Marañón, R de Mendoza, Cutervo, Huamalíes, Celendín, La Concepción (Junín), Calca, Urubamba, Pachitea, Luya y 2 de Mayo.

Figura 5:

Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1700 a 2900 msnm.



En la Figura 5, se aprecia que en Celendín se obtiene el mayor contenido de plomo 0,49663 mg Pb/kg de grano de café y en Luya (Amazonas), se obtiene el menor contenido de plomo con 0,14700 mg Pb/kg de café.

Trat.	Departamento	Provincias	R1 mg Pb/Kg	R2 mg Pb/Kg	R3 mg Pb/Kg	Promedio mg Pb/Kg	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo mg Pb/Kg	Máximo mg Pb/Kg	Rango
T20	Amazonas	Bungará	0,2124	0,2140	0,2192	0,21517	0,00357	1,66%	0,21236	0,21919	0,00683
T21	Cajamarca	Chota	0,3825	0,3823	0,3824	0,38240	0,00008	0,02%	0,38234	0,38250	0,00016
T22	Huánuco	Marañón	0,3480	0,3476	0,4732	0,38960	0,07243	18,59%	0,34759	0,47324	0,12565
T23	Amazonas	R. de Mendoza	0,4425	0,4454	0,4452	0,44437	0,00165	0,37%	0,44248	0,44543	0,00295
T24	Cajamarca	Cutervo	0,4626	0,4636	0,4696	0,46527	0,00374	0,80%	0,46265	0,46955	0,00691
T25	Huánuco	Huamalíes	0,4636	0,4607	0,4634	0,46257	0,00162	0,35%	0,46070	0,46358	0,00287
T26	Cajamarca	Celendín	0,4987	0,4927	0,4986	0,49663	0,00345	0,69%	0,49265	0,49865	0,00600
T27	Junín	Concepción	0,4986	0,4896	0,4987	0,49561	0,00519	1,05%	0,48962	0,49865	0,00903
T28	Cusco	Calca	0,4316	0,4310	0,4352	0,43261	0,00228	0,53%	0,43098	0,43522	0,00424
T29	Cusco	Urubamba	0,3835	0,3484	0,3483	0,36002	0,02029	5,64%	0,34825	0,38346	0,03520
T30	Huánuco	Pachitea	0,4390	0,4379	0,4357	0,43755	0,00169	0,39%	0,43569	0,43901	0,00331
T31	Amazonas	Luya	0,1452	0,1468	0,1490	0,14700	0,00191	0,30%	0,14524	0,14900	0,00380
T32	Huánuco	2 de Mayo	0,2188	0,2102	0,2281	0,21902	0,00893	4,08%	0,21020	0,22806	0,01786

Tabla 15:

Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm

En la Tabla 16, se observamos que, según el ANOVA, para la bioacumulación de plomo (mgPb/kg de granos de café) entre los 1700 a 2900 msnm de producción de café, existe diferencia significativa entre las zonas de Bungará, Chota, Marañón, R de Mendoza, Cutervo, Huamalíes, Celendín, La Concepción (Junín), Calca, Urubamba, Pachitea, Luya y 2 de Mayo.

Tabla 16:

ANOVA para determinar diferencias del contenido de plomo entre los 1700 a 2900 msnm

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Provincias	0,561174	12	0,0467645	93,13	0,0000
B: Repeticiones	0,000526	2	0,000263246	0,52	0,5986
Residuos	0,012051	24	0,000502126		
Total (Corregido)	0,573751	38			

En la Tabla 17, se observa que la zona de Luya (Amazonas) se diferencia con todos los demás, siendo esta la de menor bioacumulación de plomo en los granos de café, entre Bungara (amazonas) y 2 de Mayo (Huanuco), no se encuentra evidencias significativas. Entre Urubamba, Chota y Marañón forman un grupo el cual no tienen diferencia significativa, así como también entre Calca, Pchitea y Rodrigo de Mendoza. El mayor contenido de plomo en los granos de café destacó la zona de Celendin con 0,49663 mg de Pb/kg de granos de café.

Tabla 17:

Pruebas de Múltiple Rangos para la bioacumulación de plomo (mg Pb/Kg) por distritos comprendidos entre 1700 a 2900 msnm de producción.

Provincias	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Luya	3	0,146967	X
Bungará	3	0,2152	X
2 de Mayo	3	0,219033	X
Urubamba	3	0,360067	X
Chota	3	0,3824	XX
Marañón	3	0,3896	XX
Calca	3	0,4326	XX
Pachitea	3	0,437533	XX
R. de Mendoza	3	0,444367	XX
Huamalíes	3	0,462567	XX
Cutervo	3	0,465267	XX
Concepción (Junín)	3	0,49561	XX
Celendín	3	0,49663	X

Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

5.3.3 Cuantificación de cadmio en los granos de café

En la Tabla 18, se aprecia la cuantificación de cadmio en los granos de café de las 32 provincias productoras de café

Tabla 18:

Cuantificación de cadmio en los granos de café pergamino seco de las 32 provincias productoras de café del Perú.

Trat	Departamento	Provincias	R1 mg Cd/Kg	R2 mg Cd/Kg	R3 mg Cd/Kg	Promedio mg Cd/Kg
T01	San Martín	San Martín	0,0159	0,0182	0,018	0,01736
T02	San Martín	Picota	0,0840	0,084	0,0839	0,06897
T03	Huánuco	Puerto Inca	0,05225	0,05234	0,0527	0,05225
T04	Amazonas	Utcubamba	0,0711	0,0710	0,0740	0,07202
T05	San Martín	Tocache	0,0976	0,0926	0,0927	0,09429
T06	Amazonas	Bagua	0,03429	0,03437	0,03515	0,03453
T07	San Martín	Lamas	0,0593	0,0596	0,0515	0,0568
T08	Huánuco	Leoncio Prado	0,0388	0,0388	0,0388	0,03879
T09	San Martín	Rioja	0,0889	0,0809	0,0814	0,08372
T10	San Martín	Moyobamba	0,0175	0,0173	0,01736	0,01754
T11	Junín	Satipo	0,0996	0,0929	0,0959	0,09616
T12	Junín	Perené	0,0691	0,0611	0,0605	0,06358
T13	Cajamarca	San Ignacio	0,0593	0,0596	0,0598	0,05955
T14	Junín	Chanchamayo	0,0919	0,0919	0,0918	0,09185
T15	Junín	Pichanaki	0,0395	0,0397	0,0415	0,04023
T16	Cusco	Quillabamba	0,0911	0,0911	0,0911	0,09109
T17	Cajamarca	Jaén	0,0287	0,0299	0,029	0,02919
T18	Cusco	Quispicanchis	0,0494	0,0488	0,0496	0,04927
T19	Cusco	La Concepción	0,0691	0,0699	0,0689	0,06931
T20	Amazonas	Bungará	0,0889	0,0889	0,0812	0,08633
T21	Cajamarca	Chota	0,0790	0,0720	0,0691	0,07338
T22	Huánuco	Marañón	0,0916	0,0915	0,0916	0,09155
T23	Amazonas	R. de Mendoza	0,02452	0,02451	0,0242	0,02452
T24	Cajamarca	Cutervo	0,0917	0,0917	0,0917	0,09167
T25	Huánuco	Huamalies	0,0962	0,0916	0,0916	0,09313
T26	Cajamarca	Celendín	0,00802	0,0807	0,08015	0,08041
T27	Junín	Concepción	0,0314	0,0914	0,0713	0,06469
T28	Cusco	Calca	0,0525	0,05272	0,05292	0,05275
T29	Cusco	Urubamba	0,0817	0,0817	0,0817	0,08169
T30	Huánuco	Pachitea	0,0913	0,0949	0,0919	0,09271
T31	Amazonas	Luya	0,0516	0,0516	0,0516	0,05158
T32	Huánuco	2 de Mayo	0,0511	0,0511	0,0571	0,05308

En la Tabla 19, se observa el ANOVA, para determinar si existe diferencia significativa entre los contenidos de Cd en los granos entre las zonas de producción de café a nivel nacional, comprobándose que existe diferencia significativa entre las zonas.

Tabla 19:

ANVA para determinar diferencias de los mg Cd/kg de las 32 provincias de producción de café pergamino seco.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Provincias	0,05503	31	0,00177	17,55	0,0000
B:Repeticiones	0,00002	2	0,00001	0,14	0,8736
Residuos	0,00627	62	0,00010		
Total (Corregido)	0,06133	95			

En la Tabla 20, se observa la comparación múltiple en la determinación de las medias del contenido de cadmio en las 32 provincias a nivel nacional observándose que son significativamente diferentes de otras. Podemos mencionar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna es decir entre San Martín, Moyobamba, Rodrigo de Mendoza, Baguía, Leoncio Prado, Pichanaki y Quispicanchis; puede observarse que entre San Martín, Moyobamba, así como Chanchamayo, Pachitea, Huamalíes, Tocache y Satipo no existe correlación entre grupos.

Tabla 20:

Pruebas de Múltiple Rangos de medias para mg Cd/kg por Provincias

Provincias	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
San Martín	3	0,01736	X
Moyobamba	3	0,01753	X
R. de Mendoza	3	0,02453	XX
Jaén	3	0,02920	XXX
Bagua	3	0,03420	XXXX
Leoncio Prado	3	0,03880	XXXXX
Pichanaki	3	0,04023	XXXXXX
Quispicanchis	3	0,04926	XXXXXXX
Luya	3	0,05160	XXXXXXXX
Puerto Inca	3	0,05223	XXXXXXXX
Calca	3	0,05276	XXXXXXXX
2 de Mayo	3	0,05310	XXXXXXXX
Lamas	3	0,05680	XXXXXXXX
San Ignacio	3	0,05956	XXXXXXXX
Perené	3	0,06356	XXXXXXXX
Concepción	3	0,06470	XXXXXXXX
Picota	3	0,06900	XXXXXXXX
La Concepción	3	0,06930	XXXXXXXX
Utcubamba	3	0,07203	XXXXXX
Chota	3	0,07336	XXXXX
Celendín	3	0,08040	XXXXX
Urubamba	3	0,08170	XXXXX
Rioja	3	0,08373	XXXX
Bungará	3	0,08633	XXX
Quillabamba	3	0,09110	XX
Marañón	3	0,09156	XX
Cutervo	3	0,09170	XX
Chanchamayo	3	0,09186	XX
Pachitea	3	0,09270	X
Huamalíes	3	0,09313	X
Tocache	3	0,09430	X
Satipo	3	0,09613	X

Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

5.3.4 Bioacumulación de Cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a 1000 msnm

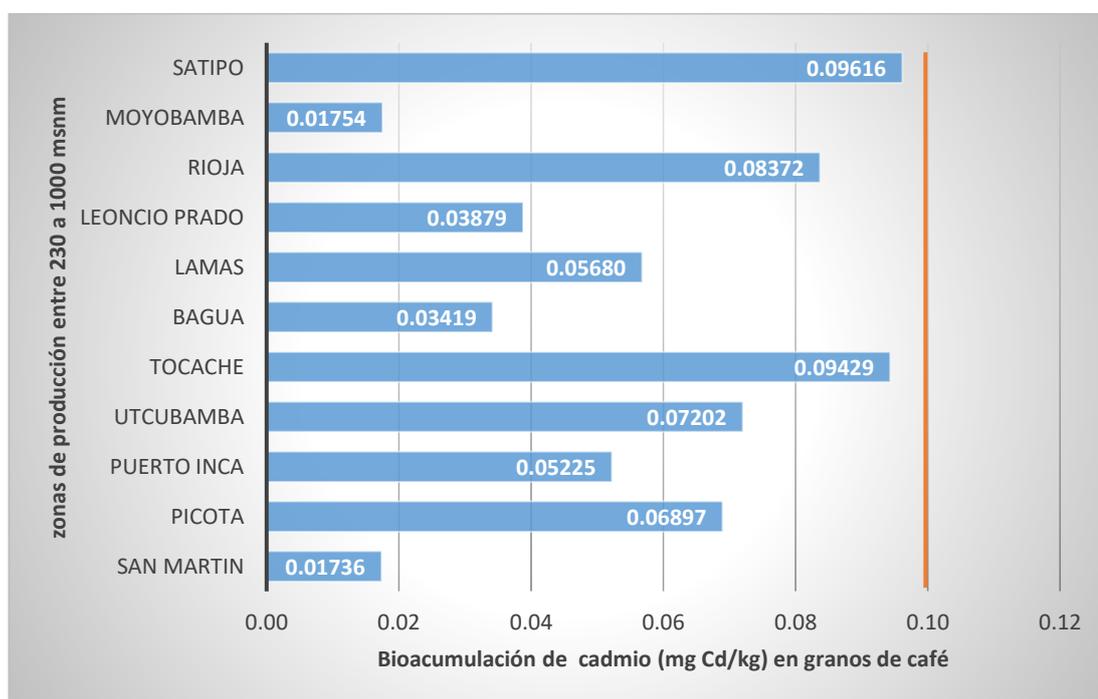
En la Tabla 20, se observa la bioacumulación de cadmio en los granos de café en las zonas de producción entre 230 a 1000 msnm. En este primer nivel se encuentran las zonas de: San Martín, Picota, Puerto Inca, Utcubamba, Tocache, Bagua, Lamas, Leoncio Prado, Rioja, Moyobamba y Satipo.

También se observa el coeficiente de variación entre las repeticiones, con un mínimo de 0,02 con variabilidad muy baja y 8,2% como variabilidad baja.

Figura 6: Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 230 a 1000 msnm.

Figura 6:

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 230 a 100 msnm.



En la Figura 6: se observa que en la provincia de Satipo se encontró el mayor contenido de cadmio 0,09616 mg Cd/kg de granos de café, también en Bagua presenta la menor bioacumulación de cadmio con 0,03419 mg Cd/kg de granos de café.

Trat.	Departamento	Provincia	R1 mg Cd/Kg	R2 mg Cd/Kg	R3 mg Cd/Kg	Promedio mg Cd/Kg	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo mg Cd/Kg	Máximo mg Cd/Kg	Rango
T01	San Martín	San Martin	0,0159	0,0182	0,0180	0,01736	0,00125	7,17%	0,01593	0,01817	0,00224
T02	San Martín	Picota	0,0840	0,0840	0,0839	0,06897	0,00074	1,082%	0,06750	0,06890	0,00140
T03	Huánuco	Puerto Inca	0,0522	0,05232	0,05231	0,05225	0,00007	0,14%	0,05214	0,05228	0,00014
T04	Amazonas	Utcubamba	0,0711	0,0710	0,0740	0,07202	0,00168	2,33%	0,07100	0,07395	0,00295
T05	San Martín	Tocache	0,0976	0,0926	0,0927	0,09429	0,00285	3,03%	0,09258	0,09758	0,00501
T06	Amazonas	Bagua	0,0342	0,0343	0,0351	0,03453	0,03453	1,48%	0,03418	0,03512	0,00942
T07	San Martín	Lamas	0,0593	0,0596	0,0515	0,05680	0,00461	8,11%	0,05148	0,05964	0,00815
T08	Huánuco	Leoncio Prado	0,0388	0,0388	0,0388	0,03879	0,00001	0,02%	0,03878	0,03880	0,00001
T09	San Martín	Rioja	0,0889	0,0809	0,0814	0,08372	0,00450	5,38%	0,08087	0,08891	0,00804
T10	San Martín	Moyobamba	0,0175	0,0173	0,0172	0,01736	0,0014	0,84%	0,01494	0,01889	0,00395
T11	Junín	Satipo	0,0996	0,0929	0,0959	0,09616	0,00337	3,51%	0,09290	0,09964	0,00673

Tabla 21:

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 230 a1000 msnm

En la Tabla 22, se observa el ANVA, para determinar, si existe diferencia significativa entre los contenidos de Cd en los granos entre las zonas de producción de café entre 230 a 1000 msnm a nivel nacional, comprobándose que existe diferencia significativa entre las zonas.

Tabla 22:

ANVA para diferenciar los mg Cd/kg en granos de café entre los 230 a 1000 msnm de producción de café pergamino seco.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Provincias	0,02402	10	0,00240	18,04	0,0000
B: Repeticiones	0,00006	2	0,00003	0,23	0,7953
Residuos	0,00266	20	0,00013		
Total (Corregido)	0,02674	32			

En la Tabla 23, se observa la comparación múltiple en la determinación de las medias del contenido de cadmio en las 11 provincias a alturas comprendidas entre 230 a 1000 msnm a nivel nacional observándose que son significativamente diferentes de otras. Podemos mencionar que no se encontró divergencias estadísticamente significativas entre las muestras de niveles que llevan una misma columna es decir entre San Martín, Moyobamba, Bagua y Leoncio. Puede apreciarse también Prado, otro grupo el cual no hay diferencia significativa se encuentra en las provincias de Bagua, Puerto Inca, Leoncio Prado y Lamas, otro grupo que no se encuentra significación estadística son Picota, Utcubamba, Rioja, Tocache y Satipo.

Tabla 23:

Pruebas de Múltiple Rangos para mg Cd/kg por provincias

Provincias	Casos	mg Cd/kg	Grupos Homogéneos
San Martín	3	0.0173667	X
Moyobamba	3	0.0175333	X
Bagua	3	0.0342	XX
Leoncio Prado	3	0.0388	XXX
Puerto Inca	3	0.0522333	XXX
Lamas	3	0.0568	XXX
Picota	3	0.069	XXX
Utcubamba	3	0.0720333	XXX
Rioja	3	0.0837333	XX
Tocache	3	0.0943	X
Satipo	3	0.0961333	X

Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

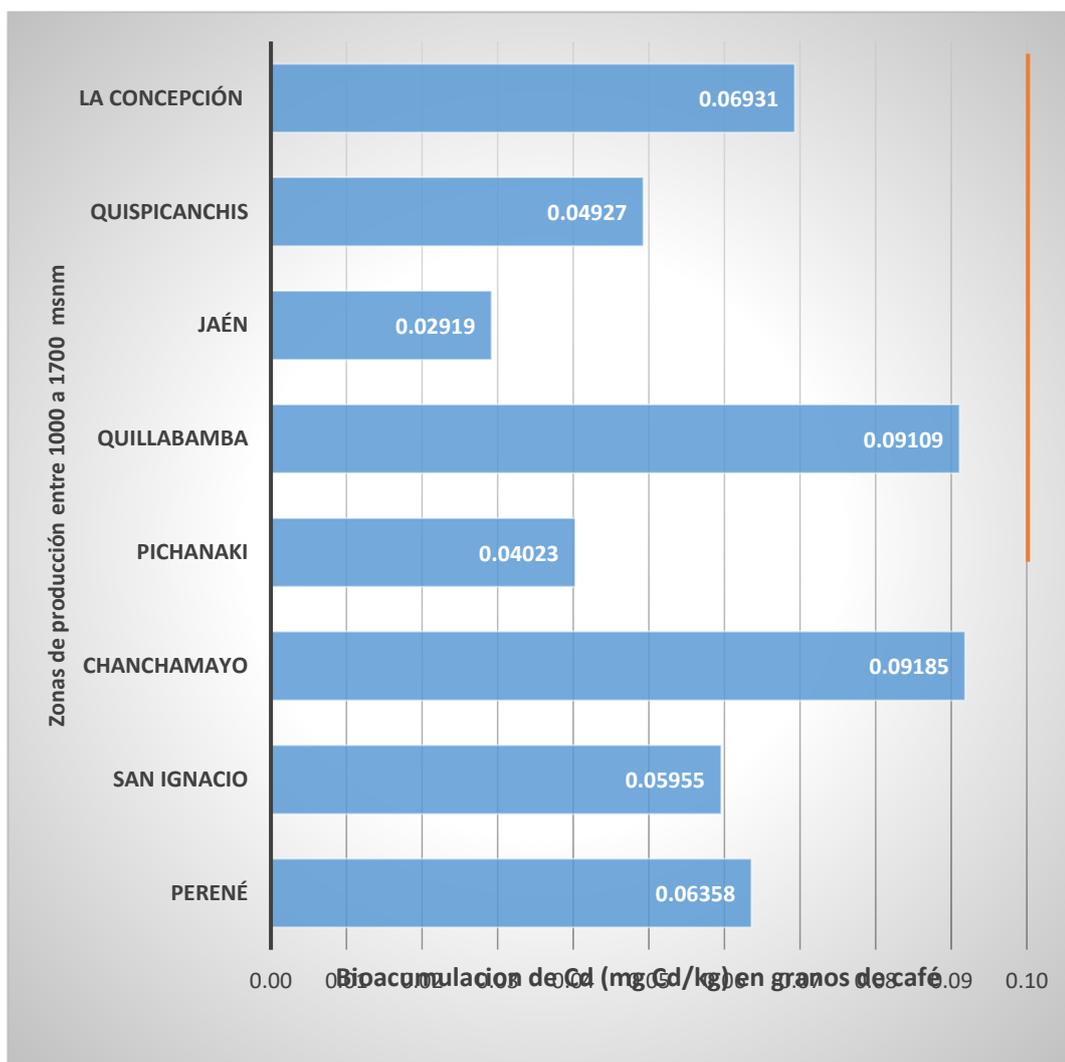
5.3.5 Bioacumulación de Cadmio (mg Pb/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a 1700 msnm

En la Tabla 24, observamos la bioacumulación de cadmio en los granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm. En este segundo nivel se encuentran las provincias de Perene, San Ignacio, Chanchamayo, Pichanaki, Quillabamba, Jaén, Quispicanchis y la Concepción (Cusco).

En la Figura 7 se observa que en Chanchamayo se encontró el mayor contenido de cadmio 0,918546 mg Cd/kg de granos de café, también en la provincia de Jaén presenta la menor bioacumulación de cadmio con 0,02919 mg Cd/kg de granos de café

Figura 7:

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm.



Trat.	Departamento	Provincias	R1	R2	R3	Promedio	Desviación	Coefficiente	Mínimo	Máximo	Rango
			mg Cd/kg	mg Cd/kg	mg Cd/kg	mg Cd/kg	Estándar	de Variación	mg Cd/kg	mg Cd/kg	
T12	Junín	Perené	0,0691	0,0611	0,0605	0,06358	0,00484	7,61%	0,06049	0,06915	0,00866
T13	Cajamarca	San Ignacio	0,0593	0,0596	0,0598	0,05955	0,00025	0,42%	0,05927	0,05976	0,00049
T14	Junín	Chanchamayo	0,0919	0,0919	0,0918	0,09185	0,00004	0,04%	0,09181	0,09188	0,00007
T15	Junín	Pichanaki	0,0395	0,0397	0,0415	0,04023	0,00109	2,71%	0,03951	0,04148	0,00197
T16	Cusco	Quillabamba	0,0911	0,0911	0,0911	0,09109	0,00001	0,01%	0,09109	0,09110	0,00002
T17	Cajamarca	Jaén	0,0287	0,0299	0,0290	0,02919	0,00062	2,13%	0,02866	0,02988	0,00121
T18	Cusco	Quispicanchis	0,0494	0,0488	0,0496	0,04927	0,00044	0,89%	0,04878	0,04964	0,00085
T19	Cusco	La Concepción	0,0691	0,0699	0,0689	0,06931	0,00051	0,73%	0,06891	0,06988	0,00097

Tabla 24:

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1000 a 1700 msnm

En la Tabla 25, se observa el ANVA, para determinar, si concurre diferencia significativa entre los contenidos de Cd en los granos entre las zonas de producción de café entre 1000 a 1700 msnm a nivel nacional, comprobándose que existe diferencia significativa entre las zonas.

Tabla 25:

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Provincias	0,010535	7	0,00150	444,99	0,0000
B:Repeticiones	0,000003	2	0,00000	0,44	0,6503
Residuos	0,000047	14	0,00000		
Total (Corregido)	0,010585	23			

ANVA para diferenciar el contenido de Cd entre 1000 a 1700 msnm de producción de café.

En la Tabla 26, se observa la comparación múltiple en la determinación de las medias del contenido de cadmio en las 8 zonas a alturas comprendidas entre 1000 a 1700 msnm a nivel nacional observándose que son significativamente diferentes de otras. Podemos mencionar que existe un grupo entre Jaen , Pichanaki, Quispicanchis y San Ignacio así como La Concepcion y Quillabamba. Mientras que en San Ignacio y Perene no se encontró diferencia significativa.

Tabla 26

:Pruebas de Múltiple Rangos para mg Cd/kg por zona comprendida entre 1000 a 1700 msnm

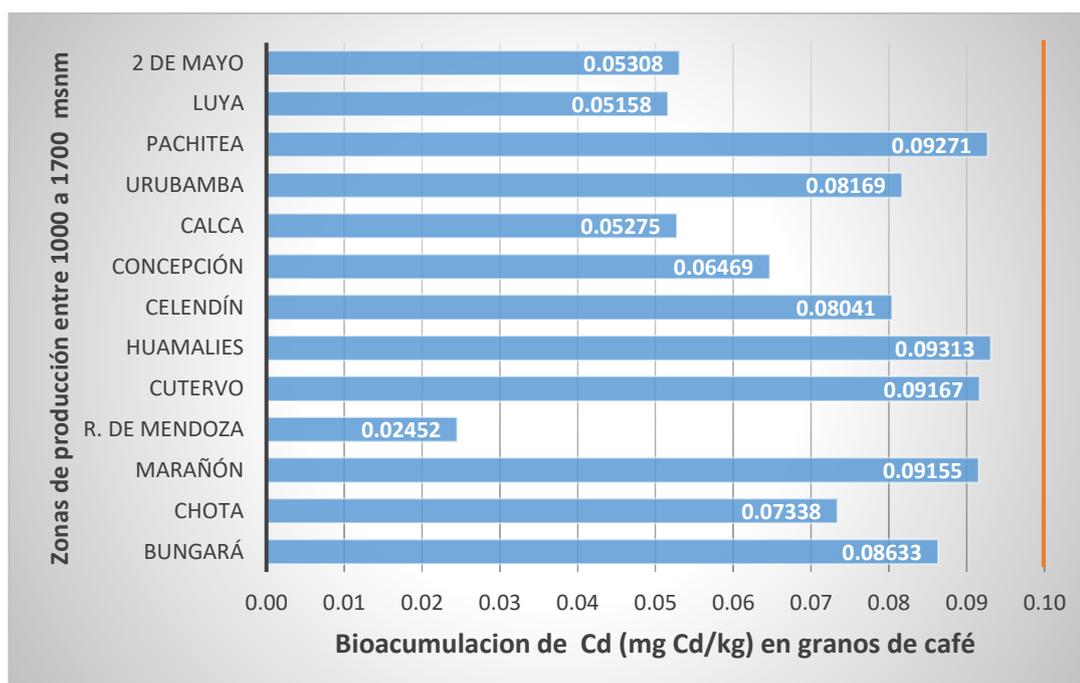
Provincias	Casos	Media LS	Grupos Homogéneos
Jaén	3	0,0292	X
Pichanaki	3	0,0402	X
Quispicanchis	3	0,0492	X
San Ignacio	3	0,0595	X
Perené	3	0,0635	X
La Concepción	3	0,0693	X
Quillabamba	3	0,0911	X
Chanchamayo	3	0,0918	X

5.3.6 Bioacumulación de Cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm.

En la Tabla 27, observamos la bioacumulación de cadmio en los granos de café en las zonas de producción entre 1700 a 2900 msnm. En este tercer nivel se encuentran las provincias de Bungará, Chota, Marañón, R. de Mendoza, Cutervo, Huamalíes, Celendín, Concepción (Junín), Calca, Urubamba, Pachitea, Luya y 2 de Mayo.

Figura 8:

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café en las zonas de producción entre 1000 a 1700 msnm.



En la Figura 8, se aprecia que en la provincia de Rodrigo de Mendoza se encontró 0,02452 mg de Cd/kg de granos de café siendo éste la que tiene la mayor bioacumulación y en Huamalíes se encontró 0,09313 mg de Cd/kg de granos de café observándose que representa el menor contenido de bioacumulación.

Trat.	Departamento	Provincia	R1 mg Cd/Kg	R2 mg Cd/Kg	R3 mg Cd/Kg	Promedio mg Cd/Kg	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo mg Cd/Kg	Máximo mg Cd/Kg	Rango
T20	Amazonas	Bungará	0,0889	0,0889	0,0812	0,08633	0,00446	5,16%	0,08119	0,08891	0,00772
T21	Cajamarca	Chota	0,0790	0,0720	0,0691	0,07338	0,00509	6,93%	0,06915	0,07903	0,00988
T22	Huánuco	Marañón	0,1581	0,1502	0,1577	0,15531	0,00444	2,86%	0,15020	0,15806	0,00786
T23	Amazonas	R. de Mendoza	0,1877	0,1889	0,1806	0,18573	0,00449	2,42%	0,18059	0,18891	0,00831
T24	Cajamarca	Cutervo	0,1658	0,1679	0,1659	0,16654	0,00121	0,73%	0,16578	0,16793	0,00215
T25	Huánuco	Huamalies	0,1679	0,1602	0,1628	0,16366	0,00393	2,40%	0,16020	0,16793	0,00774
T26	Cajamarca	Celendín	0,1581	0,1548	0,1509	0,15459	0,00359	2,32%	0,15089	0,15806	0,00717
T27	Junín	Concepción	0,1383	0,1383	0,1305	0,13570	0,00451	3,32%	0,13049	0,13830	0,00780
T28	Cusco	Calca	0,1877	0,1879	0,1866	0,18742	0,00069	0,37%	0,18663	0,18793	0,00130
T29	Cusco	Urubamba	0,1679	0,1690	0,1691	0,16868	0,00066	0,39%	0,16793	0,16915	0,00122
T30	Huánuco	Pachitea	0,1227	0,1218	0,1265	0,12367	0,00249	2,02%	0,1218	0,1265	0,00470
T31	Amazonas	Luya	0,1581	0,1578	0,1588	0,15820	0,00051	0,32%	0,15778	0,15877	0,00099
T32	Huánuco	2 de Mayo	0,1073	0,1076	0,1020	0,10562	0,00318	3,01%	0,10195	0,10757	0,00561

Tabla 27:

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en los granos de café en los niveles de producción entre 1700 a 2900 msnm

En la Tabla 28, se observa el ANVA, para determinar, si existe diferencia significativa entre los contenidos de Cd en los granos entre las zonas de producción de café entre 1700 a 2900 msnm a nivel nacional, comprobándose que existe diferencia significativa entre las provincias.

Tabla 28:

ANVA para diferenciar el contenido de Cd entre 1700 a 2900 msnm de producción de café.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Provincias	0,0164024	12	0,00136687	9,31	0,0000
B: Repeticiones	1,43E-07	2	7,15E-08	0	0,9995
Residuos	0,00352408	24	0,00014684		
Total (Corregido)	0,0199267	38			

En la Tabla 29, se observa la comparación múltiple en la determinación de las medias del contenido de cadmio en las 13 provincias a alturas comprendidas entre 1700 a 2900 msnm a nivel nacional observándose que son significativamente diferentes de otras.

Podemos mencionar que entre la bioacumulación de cadmio entre las provincias de Rodrigo de Mendoza, Luya, Calca y 2 de Mayo no se encontró diferencia significativa entre la bioacumulación de cadmio. Otro grupo sin significación se encuentra en las provincias de La Concepcion, Chota, Celendn Urubamba y Bungará.

Otro grupo participativo entre las provincias de Marañon, Cutervo, Pachitea y Huamalies encontrándose que entre la bioacumulación de cadmio entre estas provincias estadísticamente no existe diferencia significativa.

Tabla 29:

Pruebas de Múltiple Rangos para mg Cd/kg por zona comprendida entre 1700 a 2900 msnm

Provincias	Casos	Media mg Cd/kg	Grupos Homogéneos
R. de Mendoza	3	0,0245	X
Luya	3	0,0516	XX
Calca	3	0,0527	XX
2 de Mayo	3	0,0531	XX
Concepción	3	0,0647	XX
Chota	3	0,0733	XX
Celendín	3	0,0804	XX
Urubamba	3	0,0817	XX
Bungará	3	0,0863	XX
Marañón	3	0,0915	X
Cutervo	3	0,0917	X
Pachitea	3	0,0927	X
Huamalies	3	0,0931	X

Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

También podemos destacar que entre el contenido de mg de Cd/kg de granos de café entre la provincia de Rodrigo de Mendoza y Huamalies existe un rango entre 0,0685.

5.3.7 Bioacumulación de plomo por departamentos

En la Tabla 30 se adjunta el ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) por departamentos de Amazonas; Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín y San Martín. En todos los casos muestra estadísticamente diferencia entre las provincias de cada departamento.

Tabla 30:

ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) por departamentos

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Amazonas	0,148314	4	0,0370785	79,84	0,0000
B: Repeticiones	0,000152	2	0,000076324	0,16	0,8512
Residuos	0,003715	8	0,000046441		
Total (Corregido)	0,152182	14			
A: Cajamarca	0,066452	4	0,016613	3053,02	0,0000
B: Repeticiones	0,000003	2	0,00000158067	0.29	0,7555
Residuos	0,000043	8	0,0000054415		
Total (Corregido)	0,066498	14			
A: Cusco	0,018007	4	0,00450184	44,03	0,0000
B: Repeticiones	0,000110	2	0,0000550107	0,54	0,6037
Residuos	0,000818	8	0,000102254		
Total (Corregido)	0,018935	14			
A: Huanuco	0,255276	5	0,0510553	57,10	0,0000
B: Repeticiones	0,002332	2	0,00116622	1,30	0,3138
Residuos	0,008942	10	0,0008942		
Total (Corregido)	0,266551	17			
A: Junín	0,192477	4	0,0481192	10151,02	0,0000
B: Repeticiones	0,000004	2	0,000002322	0,49	0,6300
Residuos	0,000037	8	0,00000474033		
Total (Corregido)	0,192519	14			
A: San Martín	0,066108	5	0,0132216	2441,26	0,0000
B: Repeticiones	0,000045	2	0,0000229239	4,23	0,0466
Residuos	0,000054	10	0,00000541589		
Total (Corregido)	0,066208	17			

5.3.8 Bioacumulación de cadmio por departamentos

En la Tabla 31 se adjunta el ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) por departamentos de Amazonas; Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín y San Martín. En todos los casos muestra estadísticamente diferencia entre las provincias de cada departamento.

Tabla 31:

ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de plomo (mg Cd/kg) por departamentos

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Amazonas	0,0473175	4	0,0118294	994,16	0,0000
B: Repetición	0,0000396	2	0,0000198	1,67	0,2485
Residuos	0,0000951	8	0,0000118		
Total (Corregido)	0,0474523	14			
A: Cajamarca	0,0278055	4	0,0069513	878,28	0,0000
B: Repetición	0,0000645	2	0,0000322	4,08	0,0601
Residuos	0,0000633	8	0,0000079		
Total (Corregido)	0,0279333	14			
A: Cusco	0,0436549	4	0,0109137	21767,58	0,0000
B: Repetición	3.70424E-7	2	1,85212E-7	0,37	0,7023
Residuos	0,0000040	8	5,01376E-7		
Total (Corregido)	0,0436593	14			
A: Huánuco	0,0249857	5	0,0049971	6,21	0,0072
B: Repetición	0,0028948	2	0,0014474	1,80	0,2151
Residuos	0,0080452	10	0,0008045		
Total (Corregido)	0,0359258	17			
A: Junín	0,3059280	4	0,0764819	3,97	0,0462
B: Repetición	0,0399205	2	0,0199602	1,04	0,3983
Residuos	0,1542710	8	0,0192839		
Total (Corregido)	0,5001100	14			
A: San Martín	0,0047427	5	0,0009485	8,91	0,0019
B: Repetición	0,0003933	2	0,0001966	1,85	0,2076
Residuos	0,0010644	10	0,0001064		
Total (Corregido)	0,0062004	17			

En la Tabla 32 se detalla la bioacumulación de plomo en granos de café por departamentos con sus respectivas provincias.

Entre el Departamento del Amazonas, la bioacumulación de cadmio en la provincia de Luya es la que se obtiene la menor concentración de este metal con 0,1470 mg de Pb/ kg de granos de café. Se encontró la mayor bioacumulación en la provincia de Rodrigo de Mendoza con 0,4444 mg de Pb/kg de granos de café.

Entre el Departamento de Cajamarca, , en la provincia de San Ignacio se encontró 0,3265 mg de Pb/ kg de granos de café siendo en menor en su departamento, y el mayor contenido encontrado es en la provincia de Celendín con un 0,5147 mg de Pb/ kg de granos de café.

En la zona del Cusco, la provincia de Quispicanchis, se encontró la menor bioacumulación de plomo con 0,3486 mg de Pb/kg de granos de café, encontrándose la mayor bioacumulación en la provincia de Calca con 0,4352 mg de café/ kg granos de café.

En el departamento de Huánuco la menor bioacumulación de plomo encontrado en los granos de café es en la provincia de Leoncio prado con 0,2077 mg Pb/kg de granos de café, siendo la mayor concentración en la provincia de Puerto Inca con 0,5200 mg Pb/kg de granos de café.

En el departamento de Junín, Satipo presenta la menor bioacumulación de plomo con 0,2427 mg Pb/kg de granos de café, sin embargo, en la provincia de La concepción se determinó la mayor concentración de este metal con 0,5738 mg de Pb/kg de granos de café.

Entre el Departamento de San Martín, la bioacumulación de plomo en la provincia de San Martín es la que se obtiene el menor concentración de este metal con 0,2208 mg de Pb/ kg de granos de café. Se encontró la mayor bioacumulación en la provincia de Lamas con 0,3803 mg de Pb/kg de granos de café.

Tabla 32:

Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café por departamentos y sus provincias

Trat.	Departamento	Provincias	R1 mg Pb/kg	R2 mg Pb/kg	R3 mg Pb/kg	Promedio mg Pb/kg	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo mg Pb/kg	Máximo mg Pb/kg	Rango
TD01		R. de Mendoza	0,0245	0,0247	0,0241	0,0245	0,00315	1,25%	0,02410	0,02470	0,00060
TD02		Bagua	0,0341	0,0345	0,0339	0,0339	0,00031	0,89%	0,03339	0,03450	0,00604
TD03	Amazonas	Luya	0,0516	0,0516	0,0516	0,0516	0,00001	0,01%	0,05158	0,05159	0,00001
TD04		Utcubamba	0,0711	0,0710	0,0740	0,0720	0,00168	2,33%	0,07100	0,07395	0,00295
TD05		Bungará	0,0889	0,0889	0,0812	0,0863	0,00446	5,16%	0,08119	0,08891	0,00772
TD06		Jaén	0,02866	0,0298	0,0290	0,0292	0,00062	2,13%	0,02866	0,02988	0,00121
TD07		San Ignacio	0,05927	0,0596	0,0597	0,0596	0,00025	0,42%	0,05927	0,05976	0,00049
TD08	Cajamarca	Chota	0,07903	0,0719	0,0691	0,0734	0,00509	6,93%	0,06915	0,07903	0,00988
TD09		Celendín	0,00802	0,0807	0,0801	0,0804	0,00033	0,41%	0,08010	0,08070	0,00060
TD10		Cutervo	0,09166	0,0916	0,0916	0,0917	0,00001	0,01%	0,09166	0,09168	0,00002
TD11		Quispicanchis	0,04939	0,0487	0,0496	0,0493	0,00044	0,89%	0,04878	0,04964	0,00085
TD12		Calca	0,0525	0,0527	0,0529	0,0528	0,00020	0,38%	0,05250	0,05290	0,000041
TD13	Cusco	La Concepción	0,06915	0,0698	0,0689	0,0693	0,00051	0,73%	0,06891	0,06988	0,00097
TD14		Urubamba	0,08168	0,0816	0,0816	0,0817	0,00001	0,01%	0,08168	0,08169	0,00001
TD15		Quillabamba	0,09109	0,0910877	0,091103	0,0911	0,00001	0,01%	0,09109	0,09110	0,00002

Continua...

Tabla 32: Bioacumulación de plomo (mg Pb/kg) en granos de café por departamentos y sus provincias

Trat.	Departamento	Provincias	R1 mg Pb/kg	R2 mg Pb/kg	R3 mg Pb/kg	Promedio mg Pb/kg	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo mg Pb/kg	Máximo mg Pb/kg	Rango
TD16		Leoncio Prado	0,03884	0,03878	0,03879	0,03882	0,00001	0,02%	0,03878	0,03880	0,00001
TD17		Puerto Inca	0,05234	0,05269	0,00568	0,05223	0,00074	0,149%	0,052348	0,052698	0,001434
TD18		2 de Mayo	0,05107	0,05107	0,05710	0,05314	0,00348	6,56%	0,05107	0,05710	0,00603
TD19	Huánuco	Marañón	0,09158	0,09150	0,09157	0,09163	0,00004	0,05%	0,09150	0,09158	0,00008
TD20		Pachitea	0,09130	0,09493	0,09187	0,09272	0,00195	2,11%	0,09131	0,09494	0,00363
TD21		Huamalies	0,09616	0,09160	0,09162	0,09313	0,00263	2,82%	0,09160	0,09617	0,00457
TD22		Pichanaki	0,03951	0,03969	0,04148	0,04022	0,00109	2,71%	0,03951	0,04148	0,00197
TD23		Perené	0,06914	0,06108	0,06049	0,06363	0,00484	7,61%	0,06049	0,06915	0,00866
TD24	Junín	Concepción	0,06488	0,06435	0,06447	0,06472	0,00027	0,42%	0,06465	0,06488	0,00050
TD25		Chanchamayo	0,09187	0,09187	0,09180	0,09193	0,00004	0,04%	0,09181	0,09188	0,00007
TD26		Satipo	0,09963	0,09290	0,09592	0,09622	0,00337	3,51%	0,09290	0,09964	0,00673
TD27		San Martin	0,01592	0,01816	0,01798	0,01743	0,00125	7,17%	0,01593	0,01817	0,00224
TD28		Moyobamba	0,01753	0,01731	0,01736	0,01752	0,001465	0,84%	0,01731	0,01736	0,00395
TD29	San Martín	Lamas	0,05927	0,05963	0,05148	0,05684	0,00461	8,11%	0,05148	0,05964	0,00815
TD30		Picota	0,08395	0,08396	0,03958	0,06903	0,00074	1,08%	0,06750	0,06892	0,00196
TD31		Rioja	0,08407	0,08405	0,08395	0,08373	0,00450	5,38%	0,08087	0,08891	0,00804
TD32		Tocache	0,09758	0,09257	0,09270	0,09434	0,00285	3,03%	0,09258	0,09758	0,00501

5.3.9 Bioacumulación de cadmio por departamentos

En la Tabla 33 se presenta el ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) por departamentos de Amazonas; Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín y San Martín. En todos los casos muestra estadísticamente diferencia entre las provincias de cada departamento.

Tabla 33:

ANVA para determinar diferencias de las medias de bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) por departamentos

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Amazonas	0,04731	4	0,00197	123,6200	0,00000
B: Repetición	0,00003	2	3,858E-06	0,2400	0,79120
Residuos	0,00009	8		1,599E-05	
Total (Corregido)	0,04745	14			
A: Cajamarca	0,02780	4	0,00173	60,1200	0,00000
B: Repetición	0,00006	2	1,4515E-05	0,5000	0,62270
Residuos	0,00006	8		2,886E-05	
Total (Corregido)	0,02793	14			
A: Cusco	0,04365	4	0,00097	7,6600	0,00770
B: Repetición	3.70424E-7	2	0,00012673	0,9900	0,41180
Residuos	0,00000	8	0,00012		
Total (Corregido)	0,04365	14			
A: Huánuco	0,02498	5	0,00185	18,3900	0,00010
B: Repetición	0,00289	2	0,00011	1,1000	0,36860
Residuos	0,00804	10	0,00010		
Total (Corregido)	0,03592	17			
A: Junín	0,30592	4	0,00158	7,3400	0,00870
B: Repetición	0,03992	2	0,00010	0,4900	0,62730
Residuos	0,15427	8	0,00021		
Total (Corregido)	0,50011	14			
A: San Martín	0,00474	5	0,00322	29,3600	0,00000
B: Repetición	0,00039	2	0,00018	1,6500	0,23940
Residuos	0,00106	10	0,00010		
Total (Corregido)	0,00620	17			

En la Tabla 34 observamos la bioacumulación de cadmio en granos de café por departamentos con sus respectivas provincias.

Entre el departamento del Amazonas, la bioacumulación de cadmio en la provincia de Rodrigo de Mendoza es la que presenta la menor bioacumulación con 0,0245 mg de Cd/kg de granos de café. Se incrementa en las provincias de Bagua (0,0342 mg de Cd/kg), luego en Luya (0,05116 mg de Cd/kg), a continuación sigue incrementándose en la provincia de Utcubamba con 0,0720 mg Cd/kg de granos de café. En la Zona de Bungará se encontró la mayor bioacumulación con 0,0863 mg Cd/kg de granos de café.

Entre el departamento de Cajamarca, la bioacumulación de cadmio en la provincia de Jaen es la que presenta la menor bioacumulación con 0,0292 mg de Cd/kg de granos de café. Se incrementa en las provincias de San Ignacio (0,0596 mg de Cd/kg), luego en Chota (0,0703 mg Cd/kg), a continuación sigue incrementándose en la provincia de Celendín con 0,0804 mg Cd/kg de granos de café. En la provincia de Cutervo se encontró la mayor bioacumulación en el departamento de Cajamarca, con 0,09117 mg Cd/kg de granos de café.

Entre el departamento del Cusco, la bioacumulación de cadmio en la provincia de Quispicanchis es la que presenta la menor bioacumulación con 0,0493 mg de Cd/kg de granos de café. Se incrementa en las provincias de Calca (0,0528 mg de Cd/kg), luego en La Concepción (0,0693 mg Cd/kg), a continuación sigue incrementándose en la provincia de Urubamba con 0,0817 mg Cd/kg de granos de café. En la provincia de Quillabamba se encontró la mayor bioacumulación en el departamento del Cusco, con 0,0910874 mg Cd/kg de granos de café.

Entre el departamento de Huánuco, la bioacumulación de cadmio en la provincia de Leoncio Prado es la que muestra la menor bioacumulación con 0,0388 mg de Cd/kg de granos de café. Se incrementa en las provincias de Puerto Inca (0,0522 mg de Cd/kg), luego en la provincia de 2 de Mayo (0,0531 mg Cd/kg), a continuación sigue incrementándose en la provincia de Marañón (0,0916 mg Cd/kg) y Pachitea con 0,0927 mg de Cd/kg de granos de café. En la provincia de Huamalíes se encontró la mayor bioacumulación en el departamento de Huánuco, con 0,0931 mg Cd/kg de granos de café.

Entre el departamento de Junín, la bioacumulación de cadmio en la provincia de Pichanaki es la que presenta la menor bioacumulación con 0,0402 mg de Cd/kg de granos de café. Se incrementa en las provincias de Perené (0,0603 mg de Cd/kg), luego en la provincia de Concepción (0,0647 mg Cd/kg), a continuación sigue incrementándose en la provincia de Chanchamayo (0,0919 mg Cd/kg de granos de café. En el distrito de Satipo se encontró la mayor bioacumulación en el departamento de Junín, con 0,0962 mg Cd/ kg de granos de café.

Entre el departamento de San Martín, la bioacumulación de cadmio en la provincia de San Martín es la que presenta la menor bioacumulación con 0,0174 mg de Cd/kg de granos de café. Se incrementa en las provincias de Moyobamba (0,0175 mg de Cd/kg), luego en la provincia de Lamas (0,0568 mg Cd/kg), a continuación sigue incrementándose en la provincia de Picota (0,0690 mg Cd/kg) y Rioja con 0,0837 mg de Cd/kg de granos de café. En la provincia de Tocache se encontró la mayor bioacumulación del departamento de San Martín, con 0,0943 mg Cd/ kg de granos de café.

Tabla 34:

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café por departamentos y sus provincias

Trat.	Departamento	Provincias	R1 mg Cd/kg	R2 mg Cd/kg	R3 mg Cd/kg	Promedio mg Cd/kg	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo mg Cd/kg	Máximo mg Cd/kg	Rango
TP01		R. de Mendoza	0,0245	0,0247	0,0241	0,0245 a	0,00315	1,25%	0,03410	0,00247	0,00060
TP02		Bagua	0,0341	0,0345	0,0339	0,0342 a	0,000313	0,89%	0,03394	0,03455	0,00068
TP03	Amazonas	Luya	0,0516	0,0516	0,0516	0,0516 b	0,00001	0,01%	0,05158	0,05159	0,00001
TP04		Utcubamba	0,0711	0,0710	0,0740	0,0720 c	0,00168	2,33%	0,07100	0,07395	0,00295
TP05		Bungará	0,0889	0,0889	0,0812	0,0863 d	0,00446	5,16%	0,08119	0,08891	0,00772
TP06		Jaén	0,0286	0,02987	0,0290	0,0292 a	0,00062	2,13%	0,02866	0,02988	0,00121
TP07		San Ignacio	0,0592	0,05963	0,0597	0,0596 b	0,00025	0,42%	0,05927	0,05976	0,00049
TP08	Cajamarca	Chota	0,0790	0,07197	0,0691	0,0734 c	0,00509	6,93%	0,06915	0,07903	0,00988
TP09		Celendín	0,00080	0,08072	0,0801	0,0804 c	0,00033	0,41%	0,08010	0,08070	0,00065
TP10		Cutervo	0,0917	0,09167	0,0916	0,0918 d	0,00001	0,01%	0,09166	0,09168	0,00002
TP11		Quispicanchis	0,0493	0,04878	0,0496	0,0493 a	0,00044	0,89%	0,04878	0,04964	0,00085
TP12		Calca	0,0525	0,05272	0,0529	0,0528 ab	0,00021	0,38%	0,05250	0,05290	0,000041
TP13	Cusco	La Concepción	0,0691	0,06987	0,0689	0,0693 abc	0,00051	0,73%	0,06891	0,06988	0,00097
TP14		Urubamba	0,0816	0,08168	0,081691	0,0817 bc	0,00001	0,01%	0,08168	0,08169	0,00001
TP15		Quillabamba	0,0910	0,091087	0,091102	0,0911 d	0,00001	0,01%	0,09109	0,09110	0,00002

Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

Continúa...

Tabla 34

Bioacumulación de cadmio (mg Cd/kg) en granos de café por departamentos y sus provincias

Trat.	Departamento	Provincias	R1 mg Cd/Kg	R2 mg Cd/Kg	R3 mg Cd/Kg	Promedio mg Cd/Kg	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo mg Cd/Kg	Máximo mg Cd/Kg	Rango
TP16		Leoncio Prado	0,0388	0,0388	0,0388	0,0388 a	0,0000	0,0002	0,0388	0,0388	0,0000
TP17		Puerto Inca	0,0395	0,0369	0,0803	0,0522 a	0,0243	0,4659	0,0369	0,0803	0,0434
TP18	Huánuco	2 de Mayo	0,0511	0,0511	0,0571	0,0531 a	0,0035	0,0656	0,0511	0,0571	0,0060
TP19		Marañón	0,0916	0,0915	0,0916	0,0916 b	0,0000	0,0005	0,0915	0,0916	0,0001
TP20		Pachitea	0,0913	0,0949	0,0919	0,0927 b	0,0020	0,0211	0,0913	0,0949	0,0036
TP21		Huamalies	0,0962	0,0916	0,0916	0,0931 b	0,0026	0,0282	0,0916	0,0962	0,0046
TP22		Pichanaki	0,0395	0,0397	0,0415	0,0402 a	0,0011	0,0271	0,0395	0,0415	0,0020
TP23		Perené	0,0691	0,0611	0,0605	0,0636 ab	0,0048	0,0761	0,0605	0,0691	0,0087
TP24	Junín	Concepción	0,0314	0,0914	0,0713	0,0647 ab	0,0305	0,4721	0,0314	0,0914	0,0600
TP25		Chanchamayo	0,0919	0,0919	0,0918	0,0919 b	0,0000	0,0004	0,0918	0,0919	0,0001
TP26		Satipo	0,0996	0,0929	0,0959	0,0962 b	0,0034	0,0351	0,0929	0,0996	0,0067
TP27		San Martín	0,0159	0,0182	0,0180	0,0174 a	0,0012	0,0717	0,0159	0,0182	0,0022
TP28		Moyobamba	0,0188	0,0149	0,0189	0,0175 a	0,0023	0,1284	0,0149	0,0189	0,0040
TP29	San Martín	Lamas	0,0593	0,0596	0,0515	0,0568 b	0,0046	0,0811	0,0515	0,0596	0,0082
TP30		Picota	0,0840	0,0840	0,0390	0,0690 bc	0,0260	0,3763	0,0390	0,0840	0,0450
TP31		Rioja	0,0889	0,0809	0,0814	0,0837 bc	0,0045	0,0538	0,0809	0,0889	0,0080
TP32		Tocache	0,0976	0,0926	0,0927	0,0943 c	0,0029	0,0303	0,0926	0,0976	0,0050

Los valores representan (promedio \pm SEM, n=3) valores de una misma fila con superíndices distintos, indica diferencia estadística ($p < 0,05$).

Los suelos determinan la bioacumulación de metales tóxicos para la salud pesados en los alimentos de origen vegetal, en el presente estudio se determinó que a nivel nacional existe diferencias significativas de bioacumulación de Pb y Cd en los granos de café, en el sur del Perú; (Marín, 2019) comparó las concentraciones de dos metales pesados, cadmio y plomo, en orégano (*Oregum vulgare*) y aceitunas (*Olea europaea*) cosechadas en Pampa Sitana y La Yarada en la región de Tacna, mostró diferencias significativas en una misma zona y en diferentes localidades .

En Cajamarca, en la investigación de bioacumulación de Pb y Cd en papa (*Solanum tuberosum*) recolectada en las orillas de los ríos Mashcón y Chonta por el protocolo con de Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno de Grafito. No se detectó la presencia de Pb en toda las muestras de *Solanum tuberosum* (Límite máximo permisible de Pb: 0,5 mg de Pb/kg de muestra), sin embargo el promedio de bioacumulación de Cd en las prototipos de papa alrededor del río Mashcón fue de 0,3095 ppm \pm 0,0078 ppm y alrededor del río Chonta obtuvo 0,3078 ppm \pm 0,0223 ppm, comprobándose que el 100% de los ejemplares de papa para ambas cuencas superan el límite máximo permisible de Cd (0,1 ppm, según lo indicado en el CODEX STAN 193-1995 Revisión 2009 Mod.2015 dado por el Codex Alimentarius) (Luna y Rodriguez, 2016).

En la investigación en determinar el nivel de concentración de cadmio en granos y esencia de café (*Coffea arabica* L.), en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, encontrando 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 <0.1ppm.

En el estudio para cuantificar la bioacumulación de Cd en granos frescos, secos y esencia de café (*Coffe arábica* L.) desarrollados en el asentamiento Las Pirias, distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio; el mismo conformado por café cereza (fresco) y seco en parcelas (El Recuerdo, Las Piñas y El Pedregal) y bodegas de las variedades Catimor y Pache (El Recuerdo, Las Piñas y El Pedregal). Se concluyeron que la bioacumulacion de cadmio fue elevado en los granos secos de la variedad Catimor, muy por encima del límite máximo permisible del reglamento técnico MERCOSUR (0,1 mg/kg), mientras que en los granos frescos el nivel de concentración es menor que 0,1 ppm (Tirado, J.; Mego, R.; Pintado, M., 2019)

En la Región San Martín, en el trabajo “Determinación de cadmio en suelos, frutas, cereales fermentados y secos, licor de cacao y chocolate en zonas productivas de la Región San Martín; los valores máximos obtenidos para el contenido de cadmio (g/t) son: en suelo 0,960; en hojas 0,780; en testa y cotiledones 0,098; en almendras secas y fermentadas 0,075; en cacao molido 0,210; en pellets de chocolate al 70% cacao 0,625 (Santander Ruiz, Garay Montesa, Carlos, & Mendieta Taboadaa, 2021) sin sobrepasar el límite de cadmio en alimentos, cabe señalar que no hubo indicios de sobre límite en la zona de San Martín.

5.4 Aporte de la investigación

Una vez discutidos los objetivos e hipótesis pasamos a resaltar nuestras aportaciones, la principal de las cuáles es no haber encontrado bioacumulación de cadmio y plomo en muestras de granos de café a nivel nacional que superen los límites máximos permisibles según MERCOSUR, y que la cadena de producción, comercialización y exportación garantiza la calidad del café peruano.

Impacto científico

El carácter científico de este estudio es que demuestra que no existe una estrecha relación entre el contenido de plomo y cadmio en los granos de café pergamino seco entre las zonas productoras representativas en el Perú debido a que el sistema de producción del cafeto tiene condiciones distintas, el manejo de las plantaciones varían de región en región y que el origen de la contaminación tiene muchos factores, como son el suelo, el aire, el sistema de regadío.

Impacto social

Los pobladores productores del café de las zonas representativas a nivel nacional perciben la sensación de que sus cosechas serán benéficas desde el punto de vista comercial, competitiva y de prosperidad, demostrándose como indicador la exportación del café peruano con la calidad de que los contaminantes se encuentran dentro de los límites permisibles de contaminación. Esta percepción debería ser tomado por las autoridades para que sigan monitoreando los protocolos de producción del cafeto.

Impacto ambiental

Los resultados mostraron que el contenido de plomo y cadmio expresados en mg/kg en los granos de café pergamino seco se encuentran por debajo del límite permisible de contaminación, sin embargo debe tenerse en cuenta que en algunos zonas de producción estos resultados son muy estrechos al límite permisible, lo cual debe considerarse en alerta para seguir monitoreando sus calidades, por lo que es necesario el proceso de evaluación ambiental la cual debe realizarse de manera participativa y coordinada.

CONCLUSIONES

Del proceso de investigación, de los análisis espectrofotométricos realizados y teniendo en consideración los objetivos planteados, se establece las siguientes conclusiones:

- Es posible cuantificar la bioacumulación de plomo y cadmio en las 32 zonas productoras de café a nivel nacional.
- Se determinó la bioacumulación de plomo expresados en mg de Pb/kg de grano de café entre las alturas de 230 a 1000 msnm, en las provincias de: San Martín 0,22076, Picota 0,2641, Puerto Inca 0,49864, Utcubamba 0,25121, Tocache 0,23653, Bagua 0,23558, Lamas 0,38296, Leoncio Prado 0,20766, Rioja 0,35449, Moyobamba 0,32525 y Satipo 0,24270,
- Se determinó la bioacumulación de plomo expresados en mg de Pb/kg de grano de café entre las alturas de mayor de 1000 a 17000 msnm, en las provincias de: Perené 0,33561 San Ignacio 0,32646, Chanchamayo 0,31532, Pichanaki 0,31366, Quillabamba 0,42281, Jaén 0,45740, Quispicanchis 0,34858 y La Concepción 0,36586.
- Se determinó la bioacumulación de plomo expresados en mg de Pb/kg de grano de café entre las alturas a mayor de 17000 y menor de 2900 msnm en las provincias de: Bungará 0,2152, Chota 0,3824, Marañón 0,3896, R. de Mendoza 0,44437, Cutervo 0,465264, Huamalies 0,465567, Celendín 0,49663, Concepción 0,49561, Calca 0,4326, Urubamba 0,36007, Pachitea 0,12265, Luya 0,14696 y Dos de Mayo 0,2151.
- Las 32 muestras de granos de café a nivel nacional analizadas por espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar bioacumulación de plomo expresadas en mg/kg de granos de café se encuentran por debajo de los límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (MERCOSUR).
- Se determinó la bioacumulación de cadmio expresados en mg de Cd/kg de grano de café entre las alturas de 230 a 1000 msnm, en las provincias de: San Martín 0,05848, Picota 0,06897, Puerto Inca 0,05225, Utcubamba 0,07202,

Tocache 0,09429, Bagua 0,03419, Lamas 0,05680, Leoncio Prado 0,09879, Rioja 0,08372, Moyobamba 0,09754 y Satipo 0,03931.

- Se determino la bioacumulación de cadmio expresados en mg de Cd/kg de grano de café entre las alturas a mayor de 1000 y menor de 17000 msnm, en las provincias de: Perené 0,06358, San Ignacio 0,05955, Chanchamayo 0,18546, Pichanaki 0,04023, Quillabamba 0,10924, Jaén 0,09591, Quispicanchis 0,04927 y La Concepción 0,06931
- Se determino la bioacumulación de cadmio expresados en mg de Cd/kg de grano de café entre las alturas de mayor de 17000 a menor de 2900 msnm en las provincias de: Bungará 0,08633, Chota 0,07338, Marañón 0,15531, R. de Mendoza 0,18573, Cutervo 0,16654, Huamalíes 0,16366, Celendín 0,15459, Concepción 0,13570, Calca 0,18742, Urubamba 0,16868, Pachitea 0,12265, Luya 0,15820 y Dos de Mayo 0,10562.
- Las 32 muestras de granos de café a nivel nacional analizadas por espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar bioacumulación de cadmio expresadas en mg/kg de granos de café se encuentran por debajo de los límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (MERCOSUR).

SUGERENCIAS

- Cuantificar y correlacionar la presencia de plomo y cadmio del suelo a la raíz, tallo, hojas y frutos del cafeto de las principales zonas productoras a nivel nacional.
- Llevar a cabo sesiones informativas para productores de café que enfatizen el impacto del uso de pesticidas y el cultivo en suelos limpios y libres de metales pesados.
- Realizar estudios a nivel internacional para determinar límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, K., Nazma, S., Saiful, I., Habibullah-al-Mamun; Saiful, I., Mohiduzzaman, L. B. (2015). Dietary intake of trace elements from highly consumed cultured fish (*Labeo rohita*, *Pangasius pangasius* and *Oreochromis mossambicus*) and human health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere*, 284-295.
- Barón, L. (2016). Perfil del riesgo en inocuidad asociado a la presencia de residuos de cadmio en cacao (*Theobroma cacao L.*). Bogotá: Universidad de La Salle.
- Bravo, C. y Quispe, L. (2019). Metales Pesados: Fuentes y Su Toxicidad sobre la salud humana. *Ciencia*, 2.
- Cahuana, L. y Aduvire, O. (2019). Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(2), 19-36.
- Campos, S. (2008). Antropología y medio ambiente. revisión de una tradición y nuevas perspectivas de análisis en la problemática ecológica. *Revista de Antropología Iberoamericana*, 3 (2), 144-184., págs. 144-184.
- Cerda, R., Allinne C., Gary C., Tixie, P., Harvey, C., Krolczyk, L., Mathiot, C., Aubertoti, J. N. y Jacques, A. (2018). Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *European Journal of Agronomy*, 308-3019.
- Chen, H., Huang, B., Weindorf D.C., Rajan N., Liu X., y Neidermann S. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. DOI: <http://. Ecotoxicology and Environmental Safety>.
- Collin, C., Baskar, A., Geevarghese, A. M., Syed, N., Rajan, N., Sivasankar, F. y Sasikumar, K, 2022. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects in plants: A review. *Journal of Hazardous Materials Letters* Volume 3, <https://doi.org/10.1016/j.hazl.2022.100064>.
- Condezo, S. H. (2018). Cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao*) y café (*Coffea arábica*) de la zona de Jaen-Cajamarca

durante el periodo febrero – julio 2018”. *Tesis para optar el título profesional de químico farmacéutico*. Lima Perú: Universidad Norbert Wiener.

- Dauster, S. J. (2019). Informe del mercado de café octubre del 2018. International Coffee Organization ICO.
- Del Aguila, E. (2017). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*). Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Tingo María, Huánuco: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Díaz, V., Meike, W., (2017). Línea De Base Del Sector Café En El Perú. PNUD y PROMPERÚ, Lima.
- Elguera, J. M. (2020). Efectos de la contaminación por metales pesados. Trabajo de investigación. Universidad Científica del Sur. Lima Perú.
- Fang-Jie, Z., Zhong, T., Jia-Jun, S., Xin-Yuan, H. y Peng, W. 2022. Toxic metals and metalloids: Uptake, transport, detoxification, phytoremediation, and crop improvement for safer food. *Molecular Plant*. Volume 15, Issue Pages 27-44, Recuperado <https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.09.016>.
- Gil Martínez, M. (2020). Contaminación por metales pesados. *Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos*. Recuperado <http://hdl.handle.net/10261/216088>
- Godwill, A. E., Paschaline, U. F. Nweke, F. y. Unachukwu, M. (2019). Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects in plants: A review.
- Gómez, S.N., Marchisio, P.F., Balverdi, M.P y Sales, A.M. 2021. Lead, cadmium and arsenic levels and health risk evaluation of marketed chia seeds in Tucumán, Argentina. *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 103, Recuperado <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104093>.
- Gomez, S. (2018). Los 10 mayores productores de café del mundo año. Quecafe.info. Recuperado: <https://quecafe.info/mayores-productores-de-cafe-en-el-mundo/>
- Hernandez, R., Fernandez C. y Baptista P. (2014). Metodología de la Investigación. (Sexta edicion. ed.). Mexico: Editorial Mc Graw Hill.

- Huamani, C. R. (2021). Cuantificación de plomo y cadmio en granos de *Coffea arabica* L. (Café) expendido en el mercado caquetá, del distrito de San Martín de Porres. Huancayo, Perú: Tesis.
- Huhmann, B.L., Harvey, C.F., Uddin, A., Choudhury. I., Ahmed, K.M., Duxbury J.M., Bostick, B.C. y Geen, A. (2017). Field Study of Rice Yield Diminished by Soil Arsenic in Bangladesh. *Environ Sci Technol.* 51(20):11553-11560. recuperado: doi: 10.1021/acs.est.7b01487.
- Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. (2014). Determinación de metales pesados totales con digestión ácida y soluble lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica. Colombia.
- Junta del café, . (2020). El café del Perú. Forum Café.
- Kuma, M., Gupta, N. y Ratn, A. (2020). Biomonitorio de metales pesados en agua, sedimentos, plantas y peces del río Ganges de diferentes niveles tróficos. *Biol Trace Elem Res*, 536-547.
- Li, N., Kang, Y., Pan, W., Zeng, L., Zhang, Q. y Luo, J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site., *Science of the Total Environment.* 521-522, pp.144–151.
- Liu, Y., Liu, G., Yuan, Z., Liu, H. y LamPaul K.S. (2018). Heavy metals (As, Hg and V) and stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in fish from Yellow River Estuary. *Science of The Total Environment.* 613-614, 462-471.
- Luna, A. y Rodríguez, N. (2016). Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca. Lima: TESIS Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Luo, J. S. y Zhenhua, Z. (2017). Mechanisms of cadmium phytoremediation and detoxification in plants. *The Crop Journal*, Volume 9, Issue 3, Pages 521-529, Recuperado: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.02.001>.
- Marín, L. (2019). Comparación de la concentración de dos metales pesados cadmio y plomo en orégano (*Oreganum vulgare*) y aceituna (*Olea europaea*) cosechados en Pampa Sitana y La Yarada de la Región Tacna. Tacna: Tesis. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

- 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". Jaen, Cajamarca, Perú: Tesis-. Universidad Nacional de Jaén Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.
- Muehe, E. M., Wang, T., Kerl, C.F., Planer-Friedrich, B. y Fendorf, S. (2019). Rice production threatened by coupled stresses of climate and soil arsenic. *Nat Commun.*10(1):4985. recuperado: doi: 10.1038/s41467-019-12946-4. PMID: 31676771; PMCID: PMC6825132.
- Muhammad, R., Shafaqat, A., Muhammad, A. y Muhammad, I. (2018). A critical review on effects, tolerance mechanisms and management of. *Chemosphere*, 90-105.
- Muhammad, S., Mazen, K. N., Ihsanullah; Nadeem Baigb; Abdalghaffar Mohammad Osman. (2018). Removal of heavy metals and organic pollutants from water using dendritic. *Separation and Purification Technology*, 400-423.
- Pascagaza, G. (2015). Foro para la vida. Convivencia: La persona y su entorno. Misnisterio de Agricultura, (2018). *Plan Nacional de Acción del Café Peruano*. Lima Perú.
- Puerta, Q., Bolívar, G., Forero, C.P. y Gallego, C. P. (2017). Composición química de elementos minerales. *Cenicafé*, 68(2).
- Rahimzadeh, R., Kazemi, S. y Moghadamnia, A. A. (2017). Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian journal of internal medicine*, 8(3), 135-145. doi:<https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>
- Rahman, Z. y Singh, V. P. (2019). The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: *an overview*. *Environmental Monitoring and Assessment*.
- Rondinelli, V. y Valeriani, R. (2016). En el mundo que comienzan su día saboreando un café producido en el norte, en el centro o en la sierra del Perú. Lima Perú: Estirpe Cafetalera,.

- Rosales, J. A., Centeno, R., Cajacuri, P., Breña, O. J. y Chávez, C.(2021). Identification of Cadmium and Lead in Cocoa crops located in the Satipo - Junin zone. *Revistas Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Collin, S., Deepthi, M., Mohamed, N., Bahubali, P. Lvov, G., Fedor Senatov, Sivasankar, K. y Sasikumar, S. (2020). Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects in plants: A review. *Journal of Hazardous Materials Letters*, 3, 100006.
- Santander, W., Garay, C. y Mendieta, O. (2021). Determinación del contenido de cadmio en suelos, frutos, granos fermentados y secos, licor de cacao y chocolate en zonas productoras de la región San Martín. Tarapoto: Sociedad Química del Peru.
- Seregin, I.V. y Ivanov V. B. (1997). Is the endodermal barrier the only factor preventing the inhibition of root branching by heavy metal salts? *Russian Journal of Plant Physiology.* , 797-800.
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. (2021). Cajamarca, Junin y San Martin son las regiones con mayor producción de café para exportación
- Sing,A. y Tewari, R. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi,. *Tropical Ecology*, 375-387.
- Small, D., Morrison, P., Spencer, M., Ball, A. y Jones, O. (2015). Assessment of arsenic in Australian grown and imported rice varieties on sale in Australia and potential links with irrigation practises and soil geochemistry. , 138, pp.10. *Chemosphere*.
- Tan, L., Qu, M., Zhu, Y., Peng, C., Wang, J., Gao, D. y Chen, C. (2020). Zinc transporter and zinc transporter function synergistically in zinc/cadmium uptake. *Plant Physiol.* 2020;, 183, 1235-1249.
- Tan, L.,Yuxing, Z., Tony, F., Can, P., Jiurong, W., Liang, Sun y Caiyan, C. (2019). functions in xylem loading in roots and inter-vascular transfer in nodes to deliver Zn/Cd to grain in rice. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 512(1), 112-118. doi:doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.03.024.
- Tirado, J., 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. Universidad Nacional de Jaen. Perú.

- Valdés, J., Guínez, M., Castillo, A., y Vega, S. E. (2014). Cu, Pb, and Zn content in sediments and benthic organisms from San Jorge Bay (northern Chile): Accumulation and biotransference in subtidal coastal systems. *Ciencias Marinas*, *40*(1), 45-58.
- Worku, M., Meulenaer, B., Duchateau, L. y Boeckx, P. (2018). Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method Mohammed Workua, Bruno de Meulenaer , Luc Duchateau , Pascal Boeckx. *Food Research International*, *105*, 278-285.
- Zhao, F. J. y Wang, P. (2020). Arsenic and cadmium accumulation in rice and mitigation strategies. *plant Soil*, 1-21.

ANEXOS

ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Definición de las variables	Definición operacional de variables	Dimensión	indicadores	Instrumentos
<p>V. I. X:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de producción. 32 zonas de recolección a nivel nacional, divididas en 7 departamentos. • Altitudes de producción de café. 	<p>La cuantificación de los metales pesados por Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los granos de café se alertara la contaminación, la cual tiene una influencia directa en la cualificación para el consumo humano y la exportación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Granos de café. - Procedencia del grano. - Rangos altitudinales <p>Altitud 1: Plantaciones entre los 350 y 1000 msnm.</p> <p>Altitud 2: Plantaciones entre los 1001 a 1700 msnm.</p> <p>Altitud 3: Plantaciones entre los 1701 a 2900 msnm.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Medida de la absorción de radiación electromagnética a la longitud de onda característica del metal pesado medido. Desde el punto de vista de la medida, es necesario que el elemento tenga la forma de un átomo. Para ello se calienta con una llama acetileno/aire o acetileno/N2O. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protocolo internacional para cuantificar metales pesados en alimentos. - Espectrofotómetro de absorción atómica y sus accesorios: Compresor, ventilador, plancha de calentamiento y cabina extractora. - Instrumentación y reactivos de laboratorio, para cuantificar las características químicas.
<p>V.D. Y: Bioacumulación de plomo y cadmio en granos de café expresados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mg de Cd/Kg de granos de café pergamino. • mg de Pb/Kg de granos de café pergamino. 		<p>Concentración de plomo (Pb) y Cadmio (Ca)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación dentro de los parámetros internacionales permisibles en la alimentación de la cantidad de mg/kg Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en los granos de café 	<ul style="list-style-type: none"> - Estándares y protocolos de metales pesados en café



ANEXO 02

CONSENTIMIENTO INFORMADO



ID:

FECHA: 14 /11 /2023

TÍTULO: BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ
OBJETIVO:

Cuantificar la bioacumulación de metales pesados en los granos de café de las zonas productoras del Perú.

INVESTIGADOR: WILLIAMS VICENTE ROLDAN CARBAJAL

Consentimiento / Participación voluntaria

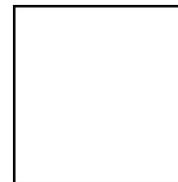
Acepto participar en el estudio: He leído la información proporcionada, o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar dudas sobre ello y se me ha respondido satisfactoriamente. Consiento voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de retirarme en cualquier momento de la intervención (tratamiento) sin que me afecte de ninguna manera.

Firmas del participante o responsable legal

Huella digital si el caso lo amerita

Firma del participante: _____

Firma del investigador responsable: _____



ANEXO 03

INSTRUMENTOS:

ANEXO 3: Comparación múltiple entre las 32 provincias productoras de café a nivel nacional, para determinar las diferencias entre la bioacumulación de plomo (mg Pb/kg de grano de café)

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
2 de Mayo - Bagua		-0.0165667	0.0515831
2 de Mayo - Bungará		0.00383333	0.0515831
2 de Mayo - Calca	*	-0.213567	0.0515831
2 de Mayo - Celendín	*	-0.295667	0.0515831
2 de Mayo - Chanchamayo	*	-0.0962667	0.0515831
2 de Mayo - Chota	*	-0.163367	0.0515831
2 de Mayo - Concepción	*	-0.3548	0.0515831
2 de Mayo - Cutervo	*	-0.246233	0.0515831
2 de Mayo - Huamalies	*	-0.243533	0.0515831
2 de Mayo - Jaén	*	-0.238367	0.0515831
2 de Mayo - La Concepción	*	-0.146833	0.0515831
2 de Mayo - Lamas	*	-0.163933	0.0515831
2 de Mayo - Leoncio_Prado		0.0113667	0.0515831
2 de Mayo - Luya	*	0.0720667	0.0515831
2 de Mayo - Marañón	*	-0.170567	0.0515831
2 de Mayo - Moyobamba	*	-0.106233	0.0515831
2 de Mayo - Pachitea	*	-0.2185	0.0515831
2 de Mayo - Perené	*	-0.1166	0.0515831
2 de Mayo - Pichanaki	*	-0.0946333	0.0515831
2 de Mayo - Picota		-0.0450667	0.0515831
2 de Mayo - Puerto Inca	*	-0.3009	0.0515831
2 de Mayo - Quillabamba	*	-0.203767	0.0515831
2 de Mayo - Quispicanchis	*	-0.129567	0.0515831
2 de Mayo - R. de Mendoza	*	-0.225333	0.0515831
2 de Mayo - Rioja	*	-0.135433	0.0515831
2 de Mayo - San Ignacio	*	-0.107433	0.0515831
2 de Mayo - San Martín		-0.00176667	0.0515831
2 de Mayo - Satipo		-0.0236333	0.0515831
2 de Mayo - Tocache		-0.0175	0.0515831
2 de Mayo - Urubamba	*	-0.141033	0.0515831
2 de Mayo - Utcubamba		-0.0322	0.0515831
Bagua - Bungará		0.0204	0.0515831
Bagua - Calca	*	-0.197	0.0515831
Bagua - Celendín	*	-0.2791	0.0515831

Bagua - Chanchamayo	*	-0.0797	0.0515831
Bagua - Chota	*	-0.1468	0.0515831
Bagua - Concepción	*	-0.338233	0.0515831
Bagua - Cutervo	*	-0.229667	0.0515831
Bagua - Huamalies	*	-0.226967	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Bagua - La Concepción	*	-0.130267	0.0515831
Bagua - Lamas	*	-0.147367	0.0515831
Bagua - Leoncio_Prado		0.0279333	0.0515831
Bagua - Luya	*	0.0886333	0.0515831
Bagua - Marañón	*	-0.154	0.0515831
Bagua - Moyobamba	*	-0.0896667	0.0515831
Bagua - Pachitea	*	-0.201933	0.0515831
Bagua - Perené	*	-0.100033	0.0515831
Bagua - Pichanaki	*	-0.0780667	0.0515831
Bagua - Picota		-0.0285	0.0515831
Bagua - Puerto Inca	*	-0.284333	0.0515831
Bagua - Quillabamba	*	-0.1872	0.0515831
Bagua - Quispicanchis	*	-0.113	0.0515831
Bagua - R. de Mendoza	*	-0.208767	0.0515831
Bagua - Rioja	*	-0.118867	0.0515831
Bagua - San Ignacio	*	-0.0908667	0.0515831
Bagua - San Martin		0.0148	0.0515831
Bagua - Satipo		-0.00706667	0.0515831
Bagua - Tocache		-0.000933333	0.0515831
Bagua - Urubamba	*	-0.124467	0.0515831
Bagua - Utcubamba		-0.0156333	0.0515831
Bungará - Calca	*	-0.2174	0.0515831
Bungará - Celendín	*	-0.2995	0.0515831
Bungará - Chanchamayo	*	-0.1001	0.0515831
Bungará - Chota	*	-0.1672	0.0515831
Bungará - Concepción	*	-0.358633	0.0515831
Bungará - Cutervo	*	-0.250067	0.0515831
Bungará - Huamalies	*	-0.247367	0.0515831
Bungará - Jaén	*	-0.2422	0.0515831
Bungará - La Concepción	*	-0.150667	0.0515831
Bungará - Lamas	*	-0.167767	0.0515831
Bungará - Leoncio_Prado		0.00753333	0.0515831
Bungará - Luya	*	0.0682333	0.0515831
Bungará - Marañón	*	-0.1744	0.0515831
Bungará - Moyobamba	*	-0.110067	0.0515831
Bungará - Pachitea	*	-0.222333	0.0515831
Bungará - Perené	*	-0.120433	0.0515831
Bungará - Pichanaki	*	-0.0984667	0.0515831
Bungará - Picota		-0.0489	0.0515831

Bungará - Puerto Inca	*	-0.304733	0.0515831
Bungará - Quillabamba	*	-0.2076	0.0515831
Bungará - Quispicanchis	*	-0.1334	0.0515831
Bungará - R. de Mendoza	*	-0.229167	0.0515831
Bungará - Rioja	*	-0.139267	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Bungará - San Martín		-0.0056	0.0515831
Bungará - Satipo		-0.0274667	0.0515831
Bungará - Tocache		-0.0213333	0.0515831
Bungará - Urubamba	*	-0.144867	0.0515831
Bungará - Utcubamba		-0.0360333	0.0515831
Calca - Celendín	*	-0.0821	0.0515831
Calca - Chanchamayo	*	0.1173	0.0515831
Calca - Chota		0.0502	0.0515831
Calca - Concepción	*	-0.141233	0.0515831
Calca - Cutervo		-0.0326667	0.0515831
Calca - Huamalíes		-0.0299667	0.0515831
Calca - Jaén		-0.0248	0.0515831
Calca - La Concepción	*	0.0667333	0.0515831
Calca - Lamas		0.0496333	0.0515831
Calca - Leoncio Prado	*	0.224933	0.0515831
Calca - Luya	*	0.285633	0.0515831
Calca - Marañón		0.043	0.0515831
Calca - Moyobamba	*	0.107333	0.0515831
Calca - Pachitea		-0.00493333	0.0515831
Calca - Perené	*	0.0969667	0.0515831
Calca - Pichanaki	*	0.118933	0.0515831
Calca - Picota	*	0.1685	0.0515831
Calca - Puerto Inca	*	-0.0873333	0.0515831
Calca - Quillabamba		0.0098	0.0515831
Calca - Quispicanchis	*	0.084	0.0515831
Calca - R. de Mendoza		-0.0117667	0.0515831
Calca - Rioja	*	0.0781333	0.0515831
Calca - San Ignacio	*	0.106133	0.0515831
Calca - San Martín	*	0.2118	0.0515831
Calca - Satipo	*	0.189933	0.0515831
Calca - Tocache	*	0.196067	0.0515831
Calca - Urubamba	*	0.0725333	0.0515831
Calca - Utcubamba	*	0.181367	0.0515831
Celendín - Chanchamayo	*	0.1994	0.0515831
Celendín - Chota	*	0.1323	0.0515831
Celendín - Concepción	*	-0.0591333	0.0515831
Celendín - Cutervo		0.0494333	0.0515831
Celendín - Huamalíes	*	0.0521333	0.0515831
Celendín - Jaén	*	0.0573	0.0515831

Celendín - La Concepción	*	0.148833	0.0515831
Celendín - Lamas	*	0.131733	0.0515831
Celendín - Leoncio_Prado	*	0.307033	0.0515831
Celendín - Luya	*	0.367733	0.0515831
Celendín - Marañón	*	0.1251	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Celendín - Pachitea	*	0.0771667	0.0515831
Celendín - Perené	*	0.179067	0.0515831
Celendín - Pichanaki	*	0.201033	0.0515831
Celendín - Picota	*	0.2506	0.0515831
Celendín - Puerto Inca		-0.00523333	0.0515831
Celendín - Quillabamba	*	0.0919	0.0515831
Celendín - Quispicanchis	*	0.1661	0.0515831
Celendín - R. de Mendoza	*	0.0703333	0.0515831
Celendín - Rioja	*	0.160233	0.0515831
Celendín - San Ignacio	*	0.188233	0.0515831
Celendín - San Martin	*	0.2939	0.0515831
Celendín - Satipo	*	0.272033	0.0515831
Celendín - Tocache	*	0.278167	0.0515831
Celendín - Urubamba	*	0.154633	0.0515831
Celendín - Utcubamba	*	0.263467	0.0515831
Chanchamayo - Chota	*	-0.0671	0.0515831
Chanchamayo - Concepción	*	-0.258533	0.0515831
Chanchamayo - Cutervo	*	-0.149967	0.0515831
Chanchamayo - Huamalies	*	-0.147267	0.0515831
Chanchamayo - Jaén	*	-0.1421	0.0515831
Chanchamayo - La Concepción		-0.0505667	0.0515831
Chanchamayo - Lamas	*	-0.0676667	0.0515831
Chanchamayo - Leoncio_Prado	*	0.107633	0.0515831
Chanchamayo - Luya	*	0.168333	0.0515831
Chanchamayo - Marañón	*	-0.0743	0.0515831
Chanchamayo - Moyobamba		-0.00996667	0.0515831
Chanchamayo - Pachitea	*	-0.122233	0.0515831
Chanchamayo - Perené		-0.0203333	0.0515831
Chanchamayo - Pichanaki		0.00163333	0.0515831
Chanchamayo - Picota		0.0512	0.0515831
Chanchamayo - Puerto Inca	*	-0.204633	0.0515831
Chanchamayo - Quillabamba	*	-0.1075	0.0515831
Chanchamayo - Quispicanchis		-0.0333	0.0515831
Chanchamayo - R. de Mendoza	*	-0.129067	0.0515831
Chanchamayo - Rioja		-0.0391667	0.0515831
Chanchamayo - San Ignacio		-0.0111667	0.0515831
Chanchamayo - San Martin	*	0.0945	0.0515831
Chanchamayo - Satipo	*	0.0726333	0.0515831
Chanchamayo - Tocache	*	0.0787667	0.0515831

Chanchamayo - Urubamba		-0.0447667	0.0515831
Chanchamayo - Utcubamba	*	0.0640667	0.0515831
Chota - Concepción	*	-0.191433	0.0515831
Chota - Cutervo	*	-0.0828667	0.0515831
Chota - Huamalies	*	-0.0801667	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Chota - La Concepción		0.0165333	0.0515831
Chota - Lamas		-0.000566667	0.0515831
Chota - Leoncio_Prado	*	0.174733	0.0515831
Chota - Luya	*	0.235433	0.0515831
Chota - Marañón		-0.0072	0.0515831
Chota - Moyobamba	*	0.0571333	0.0515831
Chota - Pachitea	*	-0.0551333	0.0515831
Chota - Perené		0.0467667	0.0515831
Chota - Pichanaki	*	0.0687333	0.0515831
Chota - Picota	*	0.1183	0.0515831
Chota - Puerto Inca	*	-0.137533	0.0515831
Chota - Quillabamba		-0.0404	0.0515831
Chota - Quispicanchis		0.0338	0.0515831
Chota - R. de Mendoza	*	-0.0619667	0.0515831
Chota - Rioja		0.0279333	0.0515831
Chota - San Ignacio	*	0.0559333	0.0515831
Chota - San Martin	*	0.1616	0.0515831
Chota - Satipo	*	0.139733	0.0515831
Chota - Tocache	*	0.145867	0.0515831
Chota - Urubamba		0.0223333	0.0515831
Chota - Utcubamba	*	0.131167	0.0515831
Concepción - Cutervo	*	0.108567	0.0515831
Concepción - Huamalies	*	0.111267	0.0515831
Concepción - Jaén	*	0.116433	0.0515831
Concepción - La Concepción	*	0.207967	0.0515831
Concepción - Lamas	*	0.190867	0.0515831
Concepción - Leoncio_Prado	*	0.366167	0.0515831
Concepción - Luya	*	0.426867	0.0515831
Concepción - Marañón	*	0.184233	0.0515831
Concepción - Moyobamba	*	0.248567	0.0515831
Concepción - Pachitea	*	0.1363	0.0515831
Concepción - Perené	*	0.2382	0.0515831
Concepción - Pichanaki	*	0.260167	0.0515831
Concepción - Picota	*	0.309733	0.0515831
Concepción - Puerto Inca	*	0.0539	0.0515831
Concepción - Quillabamba	*	0.151033	0.0515831
Concepción - Quispicanchis	*	0.225233	0.0515831
Concepción - R. de Mendoza	*	0.129467	0.0515831
Concepción - Rioja	*	0.219367	0.0515831

Concepción - San Ignacio	*	0.247367	0.0515831
Concepción - San Martín	*	0.353033	0.0515831
Concepción - Satipo	*	0.331167	0.0515831
Concepción - Tocache	*	0.3373	0.0515831
Concepción - Urubamba	*	0.213767	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cutervo - Huamalíes		0.0027	0.0515831
Cutervo - Jaén		0.00786667	0.0515831
Cutervo - La Concepción	*	0.0994	0.0515831
Cutervo - Lamas	*	0.0823	0.0515831
Cutervo - Leoncio Prado	*	0.2576	0.0515831
Cutervo - Luya	*	0.3183	0.0515831
Cutervo - Marañón	*	0.0756667	0.0515831
Cutervo - Moyobamba	*	0.14	0.0515831
Cutervo - Pachitea		0.0277333	0.0515831
Cutervo - Perené	*	0.129633	0.0515831
Cutervo - Pichanaki	*	0.1516	0.0515831
Cutervo - Picota	*	0.201167	0.0515831
Cutervo - Puerto Inca	*	-0.0546667	0.0515831
Cutervo - Quillabamba		0.0424667	0.0515831
Cutervo - Quispicanchis	*	0.116667	0.0515831
Cutervo - R. de Mendoza		0.0209	0.0515831
Cutervo - Rioja	*	0.1108	0.0515831
Cutervo - San Ignacio	*	0.1388	0.0515831
Cutervo - San Martín	*	0.244467	0.0515831
Cutervo - Satipo	*	0.2226	0.0515831
Cutervo - Tocache	*	0.228733	0.0515831
Cutervo - Urubamba	*	0.1052	0.0515831
Cutervo - Utcubamba	*	0.214033	0.0515831
Huamalíes - Jaén		0.00516667	0.0515831
Huamalíes - La Concepción	*	0.0967	0.0515831
Huamalíes - Lamas	*	0.0796	0.0515831
Huamalíes - Leoncio Prado	*	0.2549	0.0515831
Huamalíes - Luya	*	0.3156	0.0515831
Huamalíes - Marañón	*	0.0729667	0.0515831
Huamalíes - Moyobamba	*	0.1373	0.0515831
Huamalíes - Pachitea		0.0250333	0.0515831
Huamalíes - Perené	*	0.126933	0.0515831
Huamalíes - Pichanaki	*	0.1489	0.0515831
Huamalíes - Picota	*	0.198467	0.0515831
Huamalíes - Puerto Inca	*	-0.0573667	0.0515831
Huamalíes - Quillabamba		0.0397667	0.0515831
Huamalíes - Quispicanchis	*	0.113967	0.0515831
Huamalíes - R. de Mendoza		0.0182	0.0515831
Huamalíes - Rioja	*	0.1081	0.0515831

Huamalies - San Ignacio	*	0.1361	0.0515831
Huamalies - San Martin	*	0.241767	0.0515831
Huamalies - Satipo	*	0.2199	0.0515831
Huamalies - Tocache	*	0.226033	0.0515831
Huamalies - Urubamba	*	0.1025	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Jaén - La Concepción	*	0.0915333	0.0515831
Jaén - Lamas	*	0.0744333	0.0515831
Jaén - Leoncio_Prado	*	0.249733	0.0515831
Jaén - Luya	*	0.310433	0.0515831
Jaén - Marañón	*	0.0678	0.0515831
Jaén - Moyobamba	*	0.132133	0.0515831
Jaén - Pachitea		0.0198667	0.0515831
Jaén - Perené	*	0.121767	0.0515831
Jaén - Pichanaki	*	0.143733	0.0515831
Jaén - Picota	*	0.1933	0.0515831
Jaén - Puerto Inca	*	-0.0625333	0.0515831
Jaén - Quillabamba		0.0346	0.0515831
Jaén - Quispicanchis	*	0.1088	0.0515831
Jaén - R. de Mendoza		0.0130333	0.0515831
Jaén - Rioja	*	0.102933	0.0515831
Jaén - San Ignacio	*	0.130933	0.0515831
Jaén - San Martin	*	0.2366	0.0515831
Jaén - Satipo	*	0.214733	0.0515831
Jaén - Tocache	*	0.220867	0.0515831
Jaén - Urubamba	*	0.0973333	0.0515831
Jaén - Utcubamba	*	0.206167	0.0515831
La Concepción - Lamas		-0.0171	0.0515831
La Concepción - Leoncio_Prado	*	0.1582	0.0515831
La Concepción - Luya	*	0.2189	0.0515831
La Concepción - Marañón		-0.0237333	0.0515831
La Concepción - Moyobamba		0.0406	0.0515831
La Concepción - Pachitea	*	-0.0716667	0.0515831
La Concepción - Perené		0.0302333	0.0515831
La Concepción - Pichanaki	*	0.0522	0.0515831
La Concepción - Picota	*	0.101767	0.0515831
La Concepción - Puerto Inca	*	-0.154067	0.0515831
La Concepción - Quillabamba	*	-0.0569333	0.0515831
La Concepción - Quispicanchis		0.0172667	0.0515831
La Concepción - R. de Mendoza	*	-0.0785	0.0515831
La Concepción - Rioja		0.0114	0.0515831
La Concepción - San Ignacio		0.0394	0.0515831
La Concepción - San Martin	*	0.145067	0.0515831
La Concepción - Satipo	*	0.1232	0.0515831
La Concepción - Tocache	*	0.129333	0.0515831

La Concepción - Urubamba		0.0058	0.0515831
La Concepción - Utcubamba	*	0.114633	0.0515831
Lamas - Leoncio_Prado	*	0.1753	0.0515831
Lamas - Luya	*	0.236	0.0515831
Lamas - Marañón		-0.00663333	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Lamas - Pachitea	*	-0.0545667	0.0515831
Lamas - Perené		0.0473333	0.0515831
Lamas - Pichanaki	*	0.0693	0.0515831
Lamas - Picota	*	0.118867	0.0515831
Lamas - Puerto Inca	*	-0.136967	0.0515831
Lamas - Quillabamba		-0.0398333	0.0515831
Lamas - Quispicanchis		0.0343667	0.0515831
Lamas - R. de Mendoza	*	-0.0614	0.0515831
Lamas - Rioja		0.0285	0.0515831
Lamas - San Ignacio	*	0.0565	0.0515831
Lamas - San Martin	*	0.162167	0.0515831
Lamas - Satipo	*	0.1403	0.0515831
Lamas - Tocache	*	0.146433	0.0515831
Lamas - Urubamba		0.0229	0.0515831
Lamas - Utcubamba	*	0.131733	0.0515831
Leoncio_Prado - Luya	*	0.0607	0.0515831
Leoncio_Prado - Marañón	*	-0.181933	0.0515831
Leoncio_Prado - Moyobamba	*	-0.1176	0.0515831
Leoncio_Prado - Pachitea	*	-0.229867	0.0515831
Leoncio_Prado - Perené	*	-0.127967	0.0515831
Leoncio_Prado - Pichanaki	*	-0.106	0.0515831
Leoncio_Prado - Picota	*	-0.0564333	0.0515831
Leoncio_Prado - Puerto Inca	*	-0.312267	0.0515831
Leoncio_Prado - Quillabamba	*	-0.215133	0.0515831
Leoncio_Prado - Quispicanchis	*	-0.140933	0.0515831
Leoncio_Prado - R. de Mendoza	*	-0.2367	0.0515831
Leoncio_Prado - Rioja	*	-0.1468	0.0515831
Leoncio_Prado - San Ignacio	*	-0.1188	0.0515831
Leoncio_Prado - San Martin		-0.0131333	0.0515831
Leoncio_Prado - Satipo		-0.035	0.0515831
Leoncio_Prado - Tocache		-0.0288667	0.0515831
Leoncio_Prado - Urubamba	*	-0.1524	0.0515831
Leoncio_Prado - Utcubamba		-0.0435667	0.0515831
Luya - Marañón	*	-0.242633	0.0515831
Luya - Moyobamba	*	-0.1783	0.0515831
Luya - Pachitea	*	-0.290567	0.0515831
Luya - Perené	*	-0.188667	0.0515831
Luya - Pichanaki	*	-0.1667	0.0515831
Luya - Picota	*	-0.117133	0.0515831

Luya - Puerto Inca	*	-0.372967	0.0515831
Luya - Quillabamba	*	-0.275833	0.0515831
Luya - Quispicanchis	*	-0.201633	0.0515831
Luya - R. de Mendoza	*	-0.2974	0.0515831
Luya - Rioja	*	-0.2075	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Luya - San Martin	*	-0.0738333	0.0515831
Luya - Satipo	*	-0.0957	0.0515831
Luya - Tocache	*	-0.0895667	0.0515831
Luya - Urubamba	*	-0.2131	0.0515831
Luya - Utcubamba	*	-0.104267	0.0515831
Marañón - Moyobamba	*	0.0643333	0.0515831
Marañón - Pachitea		-0.0479333	0.0515831
Marañón - Perené	*	0.0539667	0.0515831
Marañón - Pichanaki	*	0.0759333	0.0515831
Marañón - Picota	*	0.1255	0.0515831
Marañón - Puerto Inca	*	-0.130333	0.0515831
Marañón - Quillabamba		-0.0332	0.0515831
Marañón - Quispicanchis		0.041	0.0515831
Marañón - R. de Mendoza	*	-0.0547667	0.0515831
Marañón - Rioja		0.0351333	0.0515831
Marañón - San Ignacio	*	0.0631333	0.0515831
Marañón - San Martin	*	0.1688	0.0515831
Marañón - Satipo	*	0.146933	0.0515831
Marañón - Tocache	*	0.153067	0.0515831
Marañón - Urubamba		0.0295333	0.0515831
Marañón - Utcubamba	*	0.138367	0.0515831
Moyobamba - Pachitea	*	-0.112267	0.0515831
Moyobamba - Perené		-0.0103667	0.0515831
Moyobamba - Pichanaki		0.0116	0.0515831
Moyobamba - Picota	*	0.0611667	0.0515831
Moyobamba - Puerto Inca	*	-0.194667	0.0515831
Moyobamba - Quillabamba	*	-0.0975333	0.0515831
Moyobamba - Quispicanchis		-0.0233333	0.0515831
Moyobamba - R. de Mendoza	*	-0.1191	0.0515831
Moyobamba - Rioja		-0.0292	0.0515831
Moyobamba - San Ignacio		-0.0012	0.0515831
Moyobamba - San Martin	*	0.104467	0.0515831
Moyobamba - Satipo	*	0.0826	0.0515831
Moyobamba - Tocache	*	0.0887333	0.0515831
Moyobamba - Urubamba		-0.0348	0.0515831
Moyobamba - Utcubamba	*	0.0740333	0.0515831
Pachitea - Perené	*	0.1019	0.0515831
Pachitea - Pichanaki	*	0.123867	0.0515831
Pachitea - Picota	*	0.173433	0.0515831

Pachitea - Puerto Inca	*	-0.0824	0.0515831
Pachitea - Quillabamba		0.0147333	0.0515831
Pachitea - Quispicanchis	*	0.0889333	0.0515831
Pachitea - R. de Mendoza		-0.00683333	0.0515831
Pachitea - Rioja	*	0.0830667	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pachitea - San Martin	*	0.216733	0.0515831
Pachitea - Satipo	*	0.194867	0.0515831
Pachitea - Tocache	*	0.201	0.0515831
Pachitea - Urubamba	*	0.0774667	0.0515831
Pachitea - Utcubamba	*	0.1863	0.0515831
Perené - Pichanaki		0.0219667	0.0515831
Perené - Picota	*	0.0715333	0.0515831
Perené - Puerto Inca	*	-0.1843	0.0515831
Perené - Quillabamba	*	-0.0871667	0.0515831
Perené - Quispicanchis		-0.0129667	0.0515831
Perené - R. de Mendoza	*	-0.108733	0.0515831
Perené - Rioja		-0.0188333	0.0515831
Perené - San Ignacio		0.00916667	0.0515831
Perené - San Martin	*	0.114833	0.0515831
Perené - Satipo	*	0.0929667	0.0515831
Perené - Tocache	*	0.0991	0.0515831
Perené - Urubamba		-0.0244333	0.0515831
Perené - Utcubamba	*	0.0844	0.0515831
Pichanaki - Picota		0.0495667	0.0515831
Pichanaki - Puerto Inca	*	-0.206267	0.0515831
Pichanaki - Quillabamba	*	-0.109133	0.0515831
Pichanaki - Quispicanchis		-0.0349333	0.0515831
Pichanaki - R. de Mendoza	*	-0.1307	0.0515831
Pichanaki - Rioja		-0.0408	0.0515831
Pichanaki - San Ignacio		-0.0128	0.0515831
Pichanaki - San Martin	*	0.0928667	0.0515831
Pichanaki - Satipo	*	0.071	0.0515831
Pichanaki - Tocache	*	0.0771333	0.0515831
Pichanaki - Urubamba		-0.0464	0.0515831
Pichanaki - Utcubamba	*	0.0624333	0.0515831
Picota - Puerto Inca	*	-0.255833	0.0515831
Picota - Quillabamba	*	-0.1587	0.0515831
Picota - Quispicanchis	*	-0.0845	0.0515831
Picota - R. de Mendoza	*	-0.180267	0.0515831
Picota - Rioja	*	-0.0903667	0.0515831
Picota - San Ignacio	*	-0.0623667	0.0515831
Picota - San Martin		0.0433	0.0515831
Picota - Satipo		0.0214333	0.0515831
Picota - Tocache		0.0275667	0.0515831

Picota - Urubamba	*	-0.0959667	0.0515831
Picota - Utcubamba		0.0128667	0.0515831
Puerto Inca - Quillabamba	*	0.0971333	0.0515831
Puerto Inca - Quispicanchis	*	0.171333	0.0515831
Puerto Inca - R. de Mendoza	*	0.0755667	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puerto Inca - San Ignacio	*	0.193467	0.0515831
Puerto Inca - San Martin	*	0.299133	0.0515831
Puerto Inca - Satipo	*	0.277267	0.0515831
Puerto Inca - Tocache	*	0.2834	0.0515831
Puerto Inca - Urubamba	*	0.159867	0.0515831
Puerto Inca - Utcubamba	*	0.2687	0.0515831
Quillabamba - Quispicanchis	*	0.0742	0.0515831
Quillabamba - R. de Mendoza		-0.0215667	0.0515831
Quillabamba - Rioja	*	0.0683333	0.0515831
Quillabamba - San Ignacio	*	0.0963333	0.0515831
Quillabamba - San Martin	*	0.202	0.0515831
Quillabamba - Satipo	*	0.180133	0.0515831
Quillabamba - Tocache	*	0.186267	0.0515831
Quillabamba - Urubamba	*	0.0627333	0.0515831
Quillabamba - Utcubamba	*	0.171567	0.0515831
Quispicanchis - R. de Mendoza	*	-0.0957667	0.0515831
Quispicanchis - Rioja		-0.00586667	0.0515831
Quispicanchis - San Ignacio		0.0221333	0.0515831
Quispicanchis - San Martin	*	0.1278	0.0515831
Quispicanchis - Satipo	*	0.105933	0.0515831
Quispicanchis - Tocache	*	0.112067	0.0515831
Quispicanchis - Urubamba		-0.0114667	0.0515831
Quispicanchis - Utcubamba	*	0.0973667	0.0515831
R. de Mendoza - Rioja	*	0.0899	0.0515831
R. de Mendoza - San Ignacio	*	0.1179	0.0515831
R. de Mendoza - San Martin	*	0.223567	0.0515831
R. de Mendoza - Satipo	*	0.2017	0.0515831
R. de Mendoza - Tocache	*	0.207833	0.0515831
R. de Mendoza - Urubamba	*	0.0843	0.0515831
R. de Mendoza - Utcubamba	*	0.193133	0.0515831
Rioja - San Ignacio		0.028	0.0515831
Rioja - San Martin	*	0.133667	0.0515831
Rioja - Satipo	*	0.1118	0.0515831
Rioja - Tocache	*	0.117933	0.0515831
Rioja - Urubamba		-0.0056	0.0515831
Rioja - Utcubamba	*	0.103233	0.0515831
San Ignacio - San Martin	*	0.105667	0.0515831
San Ignacio - Satipo	*	0.0838	0.0515831
San Ignacio - Tocache	*	0.0899333	0.0515831

San Ignacio - Urubamba		-0.0336	0.0515831
San Ignacio - Utcubamba	*	0.0752333	0.0515831
San Martín - Satipo		-0.0218667	0.0515831
San Martín - Tocache		-0.0157333	0.0515831
San Martín - Urubamba	*	-0.139267	0.0515831
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Satipo - Tocache		0.00613333	0.0515831
Satipo - Urubamba	*	-0.1174	0.0515831
Satipo - Utcubamba		-0.00856667	0.0515831
Tocache - Urubamba	*	-0.123533	0.0515831
Tocache - Utcubamba		-0.0147	0.0515831
Urubamba - Utcubamba	*	0.108833	0.0515831

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 377 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 14 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

ANEXO 04**ANÁLISIS DE VARIANZA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN ENTRE
PROVINCIAS UBICADOS A UNA ALTURA DE 350 a 1000 msnm.**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Provincias	0,2654	10	0,0265	156,29	0,0000
B:Repeticiones	0,0001	2	0,0000	0,54	0,5916
Residuos	0,0033	20	0,0001		
Total (Corregido)	0,2690	32			

ANEXO 05**ANÁLISIS DE VARIANZA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN DE PLOMO
ENTRE PROVINCIAS UBICADOS A UNA ALTURA DE 1000 A 1700
MSNM.**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Provincias	5,766E6	7	823774	1170,58	0,0000
B:Repeticiones	1065,99	2	532,996	0,76	0,4885
Residuos	9148,51	13	703,731		
Total (Corregido)	5,77953E6	22			

ANEXO 06

**ANÁLISIS DE VARIANZA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN DE PLOMO
ENTRE PROVINCIAS UBICADOS A UNA ALTURA DE 1700 A 2900
MSNM.**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Provincias	0,561174	12	0,0467645	93,13	0,0000
B:Repeticiones	0,000526	2	0,0002632	0,52	0,5986
Residuos	0,012051	24	0,0005021		
Total (Corregido)	0,573751	38			

ANEXO 07

COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE LAS 32 PROVINCIAS PRODUCTORAS DE CAFÉ A NIVEL NACIONAL, PARA DETERMINAR LAS DIFERENCIAS ENTRE LA BIOACUMULACIÓN DE CADMIO (MG CD/KG DE GRANO DE CAFÉ)

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
2 de Mayo - Bagua	*	0.0189	0.0164155
2 de Mayo - Bungará	*	-0.0332333	0.0164155
2 de Mayo - Calca		0.000333333	0.0164155
2 de Mayo - Celendín	*	-0.0273	0.0164155
2 de Mayo - Chanchamayo	*	-0.0387667	0.0164155
2 de Mayo - Chota	*	-0.0202667	0.0164155
2 de Mayo - Concepción		-0.0116	0.0164155
2 de Mayo - Cutervo	*	-0.0386	0.0164155
2 de Mayo - Huamalies	*	-0.0400333	0.0164155
2 de Mayo - Jaén	*	0.0239	0.0164155
2 de Mayo - La Concepción		-0.0162	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
2 de Mayo - Leoncio Prado		0.0143	0.0164155
2 de Mayo - Luya		0.0015	0.0164155
2 de Mayo - Marañón	*	-0.0384667	0.0164155
2 de Mayo - Moyobamba	*	0.0355667	0.0164155
2 de Mayo - Pachitea	*	-0.0396	0.0164155
2 de Mayo - Perené		-0.0104667	0.0164155
2 de Mayo - Pichanaki		0.0128667	0.0164155
2 de Mayo - Picota		-0.0159	0.0164155
2 de Mayo - Puerto Inca		0.000866667	0.0164155
2 de Mayo - Quillabamba	*	-0.038	0.0164155
2 de Mayo - Quispicanchis		0.00383333	0.0164155
2 de Mayo - R. de Mendoza	*	0.0285667	0.0164155
2 de Mayo - Rioja	*	-0.0306333	0.0164155
2 de Mayo - San Ignacio		-0.00646667	0.0164155
2 de Mayo - San Martín	*	0.0357333	0.0164155
2 de Mayo - Satipo	*	-0.0430333	0.0164155
2 de Mayo - Tocache	*	-0.0412	0.0164155
2 de Mayo - Urubamba	*	-0.0286	0.0164155
2 de Mayo - Utcubamba	*	-0.0189333	0.0164155
Bagua - Bungará	*	-0.0521333	0.0164155
Bagua - Calca	*	-0.0185667	0.0164155
Bagua - Celendín	*	-0.0462	0.0164155
Bagua - Chanchamayo	*	-0.0576667	0.0164155
Bagua - Chota	*	-0.0391667	0.0164155
Bagua - Concepción	*	-0.0305	0.0164155

Bagua - Cutervo	*	-0.0575	0.0164155
Bagua - Huamalies	*	-0.0589333	0.0164155
Bagua - Jaén		0.005	0.0164155
Bagua - La Concepción	*	-0.0351	0.0164155
Bagua - Lamas	*	-0.0226	0.0164155
Bagua - Leoncio Prado		-0.0046	0.0164155
Bagua - Luya	*	-0.0174	0.0164155
Bagua - Marañón	*	-0.0573667	0.0164155
Bagua - Moyobamba	*	0.0166667	0.0164155
Bagua - Pachitea	*	-0.0585	0.0164155
Bagua - Perené	*	-0.0293667	0.0164155
Bagua - Pichanaki		-0.00603333	0.0164155
Bagua - Picota	*	-0.0348	0.0164155
Bagua - Puerto Inca	*	-0.0180333	0.0164155
Bagua - Quillabamba	*	-0.0569	0.0164155
Bagua - Quispicanchis		-0.0150667	0.0164155
Bagua - R. de Mendoza		0.00966667	0.0164155
Bagua - Rioja	*	-0.0495333	0.0164155
Bagua - San Ignacio	*	-0.0253667	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Bagua - Satipo	*	-0.0619333	0.0164155
Bagua - Tocache	*	-0.0601	0.0164155
Bagua - Urubamba	*	-0.0475	0.0164155
Bagua - Utcubamba	*	-0.0378333	0.0164155
Bungará - Calca	*	0.0335667	0.0164155
Bungará - Celendín		0.00593333	0.0164155
Bungará - Chanchamayo		-0.00553333	0.0164155
Bungará - Chota		0.0129667	0.0164155
Bungará - Concepción	*	0.0216333	0.0164155
Bungará - Cutervo		-0.00536667	0.0164155
Bungará - Huamalies		-0.0068	0.0164155
Bungará - Jaén	*	0.0571333	0.0164155
Bungará - La Concepción	*	0.0170333	0.0164155
Bungará - Lamas	*	0.0295333	0.0164155
Bungará - Leoncio Prado	*	0.0475333	0.0164155
Bungará - Luya	*	0.0347333	0.0164155
Bungará - Marañón		-0.00523333	0.0164155
Bungará - Moyobamba	*	0.0688	0.0164155
Bungará - Pachitea		-0.00636667	0.0164155
Bungará - Perené	*	0.0227667	0.0164155
Bungará - Pichanaki	*	0.0461	0.0164155
Bungará - Picota	*	0.0173333	0.0164155
Bungará - Puerto Inca	*	0.0341	0.0164155
Bungará - Quillabamba		-0.00476667	0.0164155
Bungará - Quispicanchis	*	0.0370667	0.0164155

Bungará - R. de Mendoza	*	0.0618	0.0164155
Bungará - Rioja		0.0026	0.0164155
Bungará - San Ignacio	*	0.0267667	0.0164155
Bungará - San Martin	*	0.0689667	0.0164155
Bungará - Satipo		-0.0098	0.0164155
Bungará - Tocache		-0.00796667	0.0164155
Bungará - Urubamba		0.00463333	0.0164155
Bungará - Utcubamba		0.0143	0.0164155
Calca - Celendín	*	-0.0276333	0.0164155
Calca - Chanchamayo	*	-0.0391	0.0164155
Calca - Chota	*	-0.0206	0.0164155
Calca - Concepción		-0.0119333	0.0164155
Calca - Cutervo	*	-0.0389333	0.0164155
Calca - Huamalies	*	-0.0403667	0.0164155
Calca - Jaén	*	0.0235667	0.0164155
Calca - La Concepción	*	-0.0165333	0.0164155
Calca - Lamas		-0.00403333	0.0164155
Calca - Leoncio Prado		0.0139667	0.0164155
Calca - Luya		0.00116667	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Calca - Moyobamba	*	0.0352333	0.0164155
Calca - Pachitea	*	-0.0399333	0.0164155
Calca - Perené		-0.0108	0.0164155
Calca - Pichanaki		0.0125333	0.0164155
Calca - Picota		-0.0162333	0.0164155
Calca - Puerto Inca		0.000533333	0.0164155
Calca - Quillabamba	*	-0.0383333	0.0164155
Calca - Quispicanchis		0.0035	0.0164155
Calca - R. de Mendoza	*	0.0282333	0.0164155
Calca - Rioja	*	-0.0309667	0.0164155
Calca - San Ignacio		-0.0068	0.0164155
Calca - San Martin	*	0.0354	0.0164155
Calca - Satipo	*	-0.0433667	0.0164155
Calca - Tocache	*	-0.0415333	0.0164155
Calca - Urubamba	*	-0.0289333	0.0164155
Calca - Utcubamba	*	-0.0192667	0.0164155
Celendín - Chanchamayo		-0.0114667	0.0164155
Celendín - Chota		0.00703333	0.0164155
Celendín - Concepción		0.0157	0.0164155
Celendín - Cutervo		-0.0113	0.0164155
Celendín - Huamalies		-0.0127333	0.0164155
Celendín - Jaén	*	0.0512	0.0164155
Celendín - La Concepción		0.0111	0.0164155
Celendín - Lamas	*	0.0236	0.0164155
Celendín - Leoncio Prado	*	0.0416	0.0164155

Celendín - Luya	*	0.0288	0.0164155
Celendín - Marañón		-0.0111667	0.0164155
Celendín - Moyobamba	*	0.0628667	0.0164155
Celendín - Pachitea		-0.0123	0.0164155
Celendín - Perené	*	0.0168333	0.0164155
Celendín - Pichanaki	*	0.0401667	0.0164155
Celendín - Picota		0.0114	0.0164155
Celendín - Puerto Inca	*	0.0281667	0.0164155
Celendín - Quillabamba		-0.0107	0.0164155
Celendín - Quispicanchis	*	0.0311333	0.0164155
Celendín - R. de Mendoza	*	0.0558667	0.0164155
Celendín - Rioja		-0.00333333	0.0164155
Celendín - San Ignacio	*	0.0208333	0.0164155
Celendín - San Martín	*	0.0630333	0.0164155
Celendín - Satipo		-0.0157333	0.0164155
Celendín - Tocache		-0.0139	0.0164155
Celendín - Urubamba		-0.0013	0.0164155
Celendín - Utcubamba		0.00836667	0.0164155
Chanchamayo - Chota	*	0.0185	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Chanchamayo - Cutervo		0.000166667	0.0164155
Chanchamayo - Huamalies		-0.00126667	0.0164155
Chanchamayo - Jaén	*	0.0626667	0.0164155
Chanchamayo - La Concepción	*	0.0225667	0.0164155
Chanchamayo - Lamas	*	0.0350667	0.0164155
Chanchamayo - Leoncio Prado	*	0.0530667	0.0164155
Chanchamayo - Luya	*	0.0402667	0.0164155
Chanchamayo - Marañón		0.0003	0.0164155
Chanchamayo - Moyobamba	*	0.0743333	0.0164155
Chanchamayo - Pachitea		-0.000833333	0.0164155
Chanchamayo - Perené	*	0.0283	0.0164155
Chanchamayo - Pichanaki	*	0.0516333	0.0164155
Chanchamayo - Picota	*	0.0228667	0.0164155
Chanchamayo - Puerto Inca	*	0.0396333	0.0164155
Chanchamayo - Quillabamba		0.000766667	0.0164155
Chanchamayo - Quispicanchis	*	0.0426	0.0164155
Chanchamayo - R. de Mendoza	*	0.0673333	0.0164155
Chanchamayo - Rioja		0.00813333	0.0164155
Chanchamayo - San Ignacio	*	0.0323	0.0164155
Chanchamayo - San Martín	*	0.0745	0.0164155
Chanchamayo - Satipo		-0.00426667	0.0164155
Chanchamayo - Tocache		-0.00243333	0.0164155
Chanchamayo - Urubamba		0.0101667	0.0164155
Chanchamayo - Utcubamba	*	0.0198333	0.0164155
Chota - Concepción		0.00866667	0.0164155

Chota - Cutervo	*	-0.0183333	0.0164155
Chota - Huamalies	*	-0.0197667	0.0164155
Chota - Jaén	*	0.0441667	0.0164155
Chota - La Concepción		0.00406667	0.0164155
Chota - Lamas	*	0.0165667	0.0164155
Chota - Leoncio Prado	*	0.0345667	0.0164155
Chota - Luya	*	0.0217667	0.0164155
Chota - Marañón	*	-0.0182	0.0164155
Chota - Moyobamba	*	0.0558333	0.0164155
Chota - Pachitea	*	-0.0193333	0.0164155
Chota - Perené		0.0098	0.0164155
Chota - Pichanaki	*	0.0331333	0.0164155
Chota - Picota		0.00436667	0.0164155
Chota - Puerto Inca	*	0.0211333	0.0164155
Chota - Quillabamba	*	-0.0177333	0.0164155
Chota - Quispicanchis	*	0.0241	0.0164155
Chota - R. de Mendoza	*	0.0488333	0.0164155
Chota - Rioja		-0.0103667	0.0164155
Chota - San Ignacio		0.0138	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Chota - Satipo	*	-0.0227667	0.0164155
Chota - Tocache	*	-0.0209333	0.0164155
Chota - Urubamba		-0.00833333	0.0164155
Chota - Utcubamba		0.00133333	0.0164155
Concepción - Cutervo	*	-0.027	0.0164155
Concepción - Huamalies	*	-0.0284333	0.0164155
Concepción - Jaén	*	0.0355	0.0164155
Concepción - La Concepción		-0.0046	0.0164155
Concepción - Lamas		0.0079	0.0164155
Concepción - Leoncio Prado	*	0.0259	0.0164155
Concepción - Luya		0.0131	0.0164155
Concepción - Marañón	*	-0.0268667	0.0164155
Concepción - Moyobamba	*	0.0471667	0.0164155
Concepción - Pachitea	*	-0.028	0.0164155
Concepción - Perené		0.00113333	0.0164155
Concepción - Pichanaki	*	0.0244667	0.0164155
Concepción - Picota		-0.0043	0.0164155
Concepción - Puerto Inca		0.0124667	0.0164155
Concepción - Quillabamba	*	-0.0264	0.0164155
Concepción - Quispicanchis		0.0154333	0.0164155
Concepción - R. de Mendoza	*	0.0401667	0.0164155
Concepción - Rioja	*	-0.0190333	0.0164155
Concepción - San Ignacio		0.00513333	0.0164155
Concepción - San Martín	*	0.0473333	0.0164155
Concepción - Satipo	*	-0.0314333	0.0164155

Concepción - Tocache	*	-0.0296	0.0164155
Concepción - Urubamba	*	-0.017	0.0164155
Concepción - Utcubamba		-0.00733333	0.0164155
Cutervo - Huamalies		-0.00143333	0.0164155
Cutervo - Jaén	*	0.0625	0.0164155
Cutervo - La Concepción	*	0.0224	0.0164155
Cutervo - Lamas	*	0.0349	0.0164155
Cutervo - Leoncio Prado	*	0.0529	0.0164155
Cutervo - Luya	*	0.0401	0.0164155
Cutervo - Marañón		0.000133333	0.0164155
Cutervo - Moyobamba	*	0.0741667	0.0164155
Cutervo - Pachitea		-0.001	0.0164155
Cutervo - Perené	*	0.0281333	0.0164155
Cutervo - Pichanaki	*	0.0514667	0.0164155
Cutervo - Picota	*	0.0227	0.0164155
Cutervo - Puerto Inca	*	0.0394667	0.0164155
Cutervo - Quillabamba		0.0006	0.0164155
Cutervo - Quispicanchis	*	0.0424333	0.0164155
Cutervo - R. de Mendoza	*	0.0671667	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cutervo - San Ignacio	*	0.0321333	0.0164155
Cutervo - San Martín	*	0.0743333	0.0164155
Cutervo - Satipo		-0.00443333	0.0164155
Cutervo - Tocache		-0.0026	0.0164155
Cutervo - Urubamba		0.01	0.0164155
Cutervo - Utcubamba	*	0.0196667	0.0164155
Huamalies - Jaén	*	0.0639333	0.0164155
Huamalies - La Concepción	*	0.0238333	0.0164155
Huamalies - Lamas	*	0.0363333	0.0164155
Huamalies - Leoncio Prado	*	0.0543333	0.0164155
Huamalies - Luya	*	0.0415333	0.0164155
Huamalies - Marañón		0.00156667	0.0164155
Huamalies - Moyobamba	*	0.0756	0.0164155
Huamalies - Pachitea		0.000433333	0.0164155
Huamalies - Perené	*	0.0295667	0.0164155
Huamalies - Pichanaki	*	0.0529	0.0164155
Huamalies - Picota	*	0.0241333	0.0164155
Huamalies - Puerto Inca	*	0.0409	0.0164155
Huamalies - Quillabamba		0.00203333	0.0164155
Huamalies - Quispicanchis	*	0.0438667	0.0164155
Huamalies - R. de Mendoza	*	0.0686	0.0164155
Huamalies - Rioja		0.0094	0.0164155
Huamalies - San Ignacio	*	0.0335667	0.0164155
Huamalies - San Martín	*	0.0757667	0.0164155
Huamalies - Satipo		-0.003	0.0164155

Huamalies - Tocache		-0.00116667	0.0164155
Huamalies - Urubamba		0.0114333	0.0164155
Huamalies - Utcubamba	*	0.0211	0.0164155
Jaén - La Concepción	*	-0.0401	0.0164155
Jaén - Lamas	*	-0.0276	0.0164155
Jaén - Leoncio Prado		-0.0096	0.0164155
Jaén - Luya	*	-0.0224	0.0164155
Jaén - Marañón	*	-0.0623667	0.0164155
Jaén - Moyobamba		0.0116667	0.0164155
Jaén - Pachitea	*	-0.0635	0.0164155
Jaén - Perené	*	-0.0343667	0.0164155
Jaén - Pichanaki		-0.0110333	0.0164155
Jaén - Picota	*	-0.0398	0.0164155
Jaén - Puerto Inca	*	-0.0230333	0.0164155
Jaén - Quillabamba	*	-0.0619	0.0164155
Jaén - Quispicanchis	*	-0.0200667	0.0164155
Jaén - R. de Mendoza		0.00466667	0.0164155
Jaén - Rioja	*	-0.0545333	0.0164155
Jaén - San Ignacio	*	-0.0303667	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Jaén - Satipo	*	-0.0669333	0.0164155
Jaén - Tocache	*	-0.0651	0.0164155
Jaén - Urubamba	*	-0.0525	0.0164155
Jaén - Utcubamba	*	-0.0428333	0.0164155
La Concepción - Lamas		0.0125	0.0164155
La Concepción - Leoncio Prado	*	0.0305	0.0164155
La Concepción - Luya	*	0.0177	0.0164155
La Concepción - Marañón	*	-0.0222667	0.0164155
La Concepción - Moyobamba	*	0.0517667	0.0164155
La Concepción - Pachitea	*	-0.0234	0.0164155
La Concepción - Perené		0.00573333	0.0164155
La Concepción - Pichanaki	*	0.0290667	0.0164155
La Concepción - Picota		0.0003	0.0164155
La Concepción - Puerto Inca	*	0.0170667	0.0164155
La Concepción - Quillabamba	*	-0.0218	0.0164155
La Concepción - Quispicanchis	*	0.0200333	0.0164155
La Concepción - R. de Mendoza	*	0.0447667	0.0164155
La Concepción - Rioja		-0.0144333	0.0164155
La Concepción - San Ignacio		0.00973333	0.0164155
La Concepción - San Martín	*	0.0519333	0.0164155
La Concepción - Satipo	*	-0.0268333	0.0164155
La Concepción - Tocache	*	-0.025	0.0164155
La Concepción - Urubamba		-0.0124	0.0164155
La Concepción - Utcubamba		-0.00273333	0.0164155
Lamas - Leoncio Prado	*	0.018	0.0164155

Lamas - Luya		0.0052	0.0164155
Lamas - Marañón	*	-0.0347667	0.0164155
Lamas - Moyobamba	*	0.0392667	0.0164155
Lamas - Pachitea	*	-0.0359	0.0164155
Lamas - Perené		-0.00676667	0.0164155
Lamas - Pichanaki	*	0.0165667	0.0164155
Lamas - Picota		-0.0122	0.0164155
Lamas - Puerto Inca		0.00456667	0.0164155
Lamas - Quillabamba	*	-0.0343	0.0164155
Lamas - Quispicanchis		0.00753333	0.0164155
Lamas - R. de Mendoza	*	0.0322667	0.0164155
Lamas - Rioja	*	-0.0269333	0.0164155
Lamas - San Ignacio		-0.00276667	0.0164155
Lamas - San Martin	*	0.0394333	0.0164155
Lamas - Satipo	*	-0.0393333	0.0164155
Lamas - Tocache	*	-0.0375	0.0164155
Lamas - Urubamba	*	-0.0249	0.0164155
Lamas - Utcubamba		-0.0152333	0.0164155
Leoncio Prado - Luya		-0.0128	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Leoncio Prado - Moyobamba	*	0.0212667	0.0164155
Leoncio Prado - Pachitea	*	-0.0539	0.0164155
Leoncio Prado - Perené	*	-0.0247667	0.0164155
Leoncio Prado - Pichanaki		-0.00143333	0.0164155
Leoncio Prado - Picota	*	-0.0302	0.0164155
Leoncio Prado - Puerto Inca		-0.0134333	0.0164155
Leoncio Prado - Quillabamba	*	-0.0523	0.0164155
Leoncio Prado - Quispicanchis		-0.0104667	0.0164155
Leoncio Prado - R. de Mendoza		0.0142667	0.0164155
Leoncio Prado - Rioja	*	-0.0449333	0.0164155
Leoncio Prado - San Ignacio	*	-0.0207667	0.0164155
Leoncio Prado - San Martin	*	0.0214333	0.0164155
Leoncio Prado - Satipo	*	-0.0573333	0.0164155
Leoncio Prado - Tocache	*	-0.0555	0.0164155
Leoncio Prado - Urubamba	*	-0.0429	0.0164155
Leoncio Prado - Utcubamba	*	-0.0332333	0.0164155
Luya - Marañón	*	-0.0399667	0.0164155
Luya - Moyobamba	*	0.0340667	0.0164155
Luya - Pachitea	*	-0.0411	0.0164155
Luya - Perené		-0.0119667	0.0164155
Luya - Pichanaki		0.0113667	0.0164155
Luya - Picota	*	-0.0174	0.0164155
Luya - Puerto Inca		-0.000633333	0.0164155
Luya - Quillabamba	*	-0.0395	0.0164155
Luya - Quispicanchis		0.00233333	0.0164155

Luya - R. de Mendoza	*	0.0270667	0.0164155
Luya - Rioja	*	-0.0321333	0.0164155
Luya - San Ignacio		-0.00796667	0.0164155
Luya - San Martin	*	0.0342333	0.0164155
Luya - Satipo	*	-0.0445333	0.0164155
Luya - Tocache	*	-0.0427	0.0164155
Luya - Urubamba	*	-0.0301	0.0164155
Luya - Utcubamba	*	-0.0204333	0.0164155
Marañón - Moyobamba	*	0.0740333	0.0164155
Marañón - Pachitea		-0.00113333	0.0164155
Marañón - Perené	*	0.028	0.0164155
Marañón - Pichanaki	*	0.0513333	0.0164155
Marañón - Picota	*	0.0225667	0.0164155
Marañón - Puerto Inca	*	0.0393333	0.0164155
Marañón - Quillabamba		0.000466667	0.0164155
Marañón - Quispicanchis	*	0.0423	0.0164155
Marañón - R. de Mendoza	*	0.0670333	0.0164155
Marañón - Rioja		0.00783333	0.0164155
Marañón - San Ignacio	*	0.032	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Marañón - Satipo		-0.00456667	0.0164155
Marañón - Tocache		-0.00273333	0.0164155
Marañón - Urubamba		0.00986667	0.0164155
Marañón - Utcubamba	*	0.0195333	0.0164155
Moyobamba - Pachitea	*	-0.0751667	0.0164155
Moyobamba - Perené	*	-0.0460333	0.0164155
Moyobamba - Pichanaki	*	-0.0227	0.0164155
Moyobamba - Picota	*	-0.0514667	0.0164155
Moyobamba - Puerto Inca	*	-0.0347	0.0164155
Moyobamba - Quillabamba	*	-0.0735667	0.0164155
Moyobamba - Quispicanchis	*	-0.0317333	0.0164155
Moyobamba - R. de Mendoza		-0.007	0.0164155
Moyobamba - Rioja	*	-0.0662	0.0164155
Moyobamba - San Ignacio	*	-0.0420333	0.0164155
Moyobamba - San Martin		0.000166667	0.0164155
Moyobamba - Satipo	*	-0.0786	0.0164155
Moyobamba - Tocache	*	-0.0767667	0.0164155
Moyobamba - Urubamba	*	-0.0641667	0.0164155
Moyobamba - Utcubamba	*	-0.0545	0.0164155
Pachitea - Perené	*	0.0291333	0.0164155
Pachitea - Pichanaki	*	0.0524667	0.0164155
Pachitea - Picota	*	0.0237	0.0164155
Pachitea - Puerto Inca	*	0.0404667	0.0164155
Pachitea - Quillabamba		0.0016	0.0164155
Pachitea - Quispicanchis	*	0.0434333	0.0164155

Pachitea - R. de Mendoza	*	0.0681667	0.0164155
Pachitea - Rioja		0.00896667	0.0164155
Pachitea - San Ignacio	*	0.0331333	0.0164155
Pachitea - San Martin	*	0.0753333	0.0164155
Pachitea - Satipo		-0.00343333	0.0164155
Pachitea - Tocache		-0.0016	0.0164155
Pachitea - Urubamba		0.011	0.0164155
Pachitea - Utcubamba	*	0.0206667	0.0164155
Perené - Pichanaki	*	0.0233333	0.0164155
Perené - Picota		-0.00543333	0.0164155
Perené - Puerto Inca		0.0113333	0.0164155
Perené - Quillabamba	*	-0.0275333	0.0164155
Perené - Quispicanchis		0.0143	0.0164155
Perené - R. de Mendoza	*	0.0390333	0.0164155
Perené - Rioja	*	-0.0201667	0.0164155
Perené - San Ignacio		0.004	0.0164155
Perené - San Martin	*	0.0462	0.0164155
Perené - Satipo	*	-0.0325667	0.0164155
Perené - Tocache	*	-0.0307333	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Perené - Utcubamba		-0.00846667	0.0164155
Pichanaki - Picota	*	-0.0287667	0.0164155
Pichanaki - Puerto Inca		-0.012	0.0164155
Pichanaki - Quillabamba	*	-0.0508667	0.0164155
Pichanaki - Quispicanchis		-0.00903333	0.0164155
Pichanaki - R. de Mendoza		0.0157	0.0164155
Pichanaki - Rioja	*	-0.0435	0.0164155
Pichanaki - San Ignacio	*	-0.0193333	0.0164155
Pichanaki - San Martin	*	0.0228667	0.0164155
Pichanaki - Satipo	*	-0.0559	0.0164155
Pichanaki - Tocache	*	-0.0540667	0.0164155
Pichanaki - Urubamba	*	-0.0414667	0.0164155
Pichanaki - Utcubamba	*	-0.0318	0.0164155
Picota - Puerto Inca	*	0.0167667	0.0164155
Picota - Quillabamba	*	-0.0221	0.0164155
Picota - Quispicanchis	*	0.0197333	0.0164155
Picota - R. de Mendoza	*	0.0444667	0.0164155
Picota - Rioja		-0.0147333	0.0164155
Picota - San Ignacio		0.00943333	0.0164155
Picota - San Martin	*	0.0516333	0.0164155
Picota - Satipo	*	-0.0271333	0.0164155
Picota - Tocache	*	-0.0253	0.0164155
Picota - Urubamba		-0.0127	0.0164155
Picota - Utcubamba		-0.00303333	0.0164155
Puerto Inca - Quillabamba	*	-0.0388667	0.0164155

Puerto Inca - Quispicanchis		0.00296667	0.0164155
Puerto Inca - R. de Mendoza	*	0.0277	0.0164155
Puerto Inca - Rioja	*	-0.0315	0.0164155
Puerto Inca - San Ignacio		-0.00733333	0.0164155
Puerto Inca - San Martin	*	0.0348667	0.0164155
Puerto Inca - Satipo	*	-0.0439	0.0164155
Puerto Inca - Tocache	*	-0.0420667	0.0164155
Puerto Inca - Urubamba	*	-0.0294667	0.0164155
Puerto Inca - Utcubamba	*	-0.0198	0.0164155
Quillabamba - Quispicanchis	*	0.0418333	0.0164155
Quillabamba - R. de Mendoza	*	0.0665667	0.0164155
Quillabamba - Rioja		0.00736667	0.0164155
Quillabamba - San Ignacio	*	0.0315333	0.0164155
Quillabamba - San Martin	*	0.0737333	0.0164155
Quillabamba - Satipo		-0.00503333	0.0164155
Quillabamba - Tocache		-0.0032	0.0164155
Quillabamba - Urubamba		0.0094	0.0164155
Quillabamba - Utcubamba	*	0.0190667	0.0164155
Quispicanchis - R. de Mendoza	*	0.0247333	0.0164155
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Quispicanchis - San Ignacio		-0.0103	0.0164155
Quispicanchis - San Martin	*	0.0319	0.0164155
Quispicanchis - Satipo	*	-0.0468667	0.0164155
Quispicanchis - Tocache	*	-0.0450333	0.0164155
Quispicanchis - Urubamba	*	-0.0324333	0.0164155
Quispicanchis - Utcubamba	*	-0.0227667	0.0164155
R. de Mendoza - Rioja	*	-0.0592	0.0164155
R. de Mendoza - San Ignacio	*	-0.0350333	0.0164155
R. de Mendoza - San Martin		0.00716667	0.0164155
R. de Mendoza - Satipo	*	-0.0716	0.0164155
R. de Mendoza - Tocache	*	-0.0697667	0.0164155
R. de Mendoza - Urubamba	*	-0.0571667	0.0164155
R. de Mendoza - Utcubamba	*	-0.0475	0.0164155
Rioja - San Ignacio	*	0.0241667	0.0164155
Rioja - San Martin	*	0.0663667	0.0164155
Rioja - Satipo		-0.0124	0.0164155
Rioja - Tocache		-0.0105667	0.0164155
Rioja - Urubamba		0.00203333	0.0164155
Rioja - Utcubamba		0.0117	0.0164155
San Ignacio - San Martin	*	0.0422	0.0164155
San Ignacio - Satipo	*	-0.0365667	0.0164155
San Ignacio - Tocache	*	-0.0347333	0.0164155
San Ignacio - Urubamba	*	-0.0221333	0.0164155
San Ignacio - Utcubamba		-0.0124667	0.0164155
San Martin - Satipo	*	-0.0787667	0.0164155

San Martin - Tocache	*	-0.0769333	0.0164155
San Martin - Urubamba	*	-0.0643333	0.0164155
San Martin - Utcubamba	*	-0.0546667	0.0164155
Satipo - Tocache		0.00183333	0.0164155
Satipo - Urubamba		0.0144333	0.0164155
Satipo - Utcubamba	*	0.0241	0.0164155
Tocache - Urubamba		0.0126	0.0164155
Tocache - Utcubamba	*	0.0222667	0.0164155
Urubamba - Utcubamba		0.00966667	0.0164155

ANEXO 08

ANÁLISIS DE VARIANZA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN DE CADMIO ENTRE LAS 32 PROVINCIAS PRODUCTORAS A NIVEL NACIONAL

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Provincias	0,52088	31	0,016802	5.16	0.0000
B:Repeticiones	0,00483	2	0,002417	0.74	0.4804
Residuos	0,20206	62	0,003259		
Total (Corregido)	0,72778	95			

ANEXO 09

ANÁLISIS DE VARIANZA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN CADMIO ENTRE PROVINCIAS UBICADOS A UNA ALTURA DE 350 A 1000 MSNM.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Provincias	0,015603	10	0,001560	9,60	0,0000
B:Repeticiones	0,000050	2	0,000025	0,16	0,8570
Residuos	0,003249	20	0,000162		
Total (Corregido)	0,018903	32			

ANEXO 10

Análisis de varianza para diferenciar la bioacumulación Cadmio entre provincias ubicados a una altura de 1000 a 1700 msnm.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Provincias	0,35061	7	0,050082	4,13	0,0116
B:Repeticiones	0,02376	2	0,011884	0,98	0,4000
Residuos	0,16987	14	0,012131		
Total (Corregido)	0,54424	23			

ANEXO 11

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN CADMIO ENTRE PROVINCIAS UBICADOS A UNA ALTURA DE 1700 A 2900 MSNM.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Provincias	0,047627	12	0,0039689	10,16	0,0000
B:Repeticiones	0,000582	2	0,0002912	0,75	0,4851
Residuos	0,009376	24	0,0003906		
Total (Corregido)	0,057585	38			

ANEXO 12

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN PLOMO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Amazonas	0,148314	4	0,037078	79,84	0,0000
B: Repeticiones	0,000152	2	0,000076	0,16	0,8512
Residuos	0,003715	8	0,000464		
Total (Corregido)	0,152182	14			

ANEXO 13

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN PLOMO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Cajamarca	0,066452	4	0,016613	3053,02	0.0000
B: Repeticiones	0,000003	2	0,000001	0,29	0,7555
Residuos	0,000043	8	0,000005		
Total (Corregido)	0,066498	14			

ANEXO 14

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN PLOMO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Cusco	0,0180073	4	0,0045018	44,03	0,0000
B:Repeticiones	0,0001100	2	0,0000550	0,54	0,6037
Residuos	0,0008180	8	0,0001022		
Total (Corregido)	0,0189354	14			

ANEXO 15

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN PLOMO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: Huánuco	0,25527	5	0,051055	57,10	0,0000
B:Repeticiones	0,00233	2	0,001166	1,30	0,3138
Residuos	0,00894	10	0,000894		
Total (Corregido)	0,26655	17			

ANEXO 16**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN
PLOMO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE JUNÍN.**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Junin	0.192477	4	0.0481192	10151.0	0.0000
B:Repeticiones	0.000004644	2	0.000002322	0.49	0.6300
Residuos	0.0000379227	8	0.000004740		
Total (Corregido)	0.192519	14			

ANEXO 17**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN
PLOMO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN.**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:San Martin	0,06610	5	0,01322	2441,26	0,0000
B:Repeticiones	0,00004	2	0,00002	4,23	0,0466
Residuos	0,00005	10	0,00000		
Total (Corregido)	0,06620	17			

ANEXO 18

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN CADMIO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Amazonas	0,047317	4	0,011829	994,16	0,0000
B: Repetición	0,000039	2	0,000019	1,67	0,2485
Residuos	0,000095	8	0,000011		
Total (Corregido)	0,047452	14			

ANEXO 19

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN CADMIO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: Cajamarca	0,027805	4	0,006951	878,28	0,0000
B: Repetición	0,000064	2	0,000032	4,08	0,0601
Residuos	0,000063	8	0,000007		
Total (Corregido)	0,027933	14			

ANEXO 20

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN CADMIO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Cusco	0,0436549	4	0,0109137	21767,5	0,0000
B:Repetición	3,70424E-7	2	1,85212E-7	0,37	0,7023
Residuos	0,00000401101	8	5,01376E-7		
Total (Corregido)	0,0436593	14			

ANEXO 21

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN CADMIO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Huanuco	0,024985	5	0,004997	6,21	0,0072
B:Repetición	0,002894	2	0,001447	1,80	0,2151
Residuos	0,008045	10	0,000804		
Total (Corregido)	0,035925	17			

ANEXO 22

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA
BIOACUMULACIÓN CADMIO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL
DEPARTAMENTO DE JUNIN**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:Junin	0,30592	4	0,076481	3,97	0,0462
B:Repetición	0,03992	2	0,019960	1,04	0,3983
Residuos	0,15427	8	0,019283		
Total (Corregido)	0,50011	14			

ANEXO 23

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DIFERENCIAR LA BIOACUMULACIÓN
CADMIO ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN.**

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A:San Martin	0,004742	5	0,000948	8,91	0,0019
B:Repetición	0,000393	2	0,000196	1,85	0,2076
Residuos	0,001064	10	0,000106		
Total (Corregido)	0,006200	17			



ANEXO 24
VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR EXPERTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN HUÁNUCO – PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



VALIDACION DE EXPERTOS

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ

Nombres y Apellidos: HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Especialidad: Biodiversidad, Agricultura y Suelos

Grado: RENACYT, Docente investigador en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en la categoría de Profesor Principal a Dedicación Exclusiva. Doctorado en Ciencias de la Educación, Maestros en Ciencias de la Biodiversidad y Agricultura Campesina Andino Amazónica, y Maestría en Suelos. Docente en la Escuela de Posgrado y Coordinador del Diplomado en Educación Intercultural para el Desarrollo Sostenible.

Dimensión	Ítem	Relevancia	Coherencia	Suficiencia	Claridad
Espectrofotometría por absorción atómica	Cuantificación de metales pesados	4	4	4	4
Determinación de cadmio por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Plomo (mg Pb/Kg en granos de café)	4	4	4	4
Determinación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Cadmio (mg Cd/Kg en granos de café)	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? Si () NO (X), En caso de SI

¿Qué dimensión o ítem falta?

CALIFICACIÓN
1. No cumple con el criterio
2. Bajo nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Decisión del experto:

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI



VALIDACION DE EXPERTOS

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ

Nombres y Apellidos: Jaime Eduardo Basilio Atencio

Especialidad: ingeniería de alimentos

Grado: RENACYT, Ingeniero en Industrias Alimentarias de Universidad Nacional Agraria de la Selva, Magister Scientiaes en Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Doctor en Ciencia de Alimentos en la Universidad Nacional Agraria la Molina. Línea de Investigación: Vida útil, cinética de deterioro, antioxidantes, Optimización, HPLC, atomización de alimentos, extrusión de alimentos.

Dimensión	Ítem	Relevancia	Coherencia	Suficiencia	Claridad
Espectrofotometría por absorción atómica	Cuantificación de metales pesados	4	4	4	4
Determinación de cadmio por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Plomo (mg Pb/Kg en granos de café)	4	4	3	4
Determinación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Cadmio (mg Cd/Kg en granos de café)	4	4	4	4

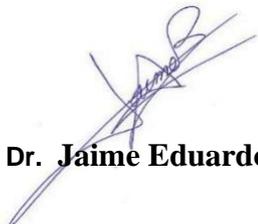
¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? Si () NO (X), En caso de SI

¿Qué dimensión o ítem falta?

CALIFICACIÓN
1. No cumple con el criterio
2. Bajo nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Decisión del experto:

El instrumento debe ser aplicado: SI(X) NO ()


Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio



VALIDACION DE EXPERTOS

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ

Nombres y Apellidos: Pedro Pablo Pelaez Sanchez

Especialidad: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y biotecnología en alimentos

Grado: RENACYT, Dr. en Ingeniería, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú. - M. Sc. Universidad Nacional La Molina, Lima, Perú. - Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco, Perú. - Con estancias de investigación Postdoctoral en la Universidad Complutense de Madrid y Universidad Autónoma de Madrid.

Dimensión	Ítem	Relevancia	Coherencia	Suficiencia	Claridad
Espectrofotometría por absorción atómica	Cuantificación de metales pesados	4	4	4	4
Determinación de cadmio por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Plomo (mg Pb/Kg en granos de café)	4	4	4	4
Determinación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Cadmio (mg Cd/Kg en granos de café)	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? Si () NO (X), En caso de SI

¿Qué dimensión o ítem falta?

CALIFICACIÓN
1. No cumple con el criterio
2. Bajo nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Decisión del experto:

El instrumento debe ser aplicado: SI(X) NO ()

Dr. Pedro Pablo Pelaez Sanchez



VALIDACION DE EXPERTOS

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ

Nombres y Apellidos: Nataly D. Bernuy Osorio

Especialidad: Nutrición

Grado: Doctoris Philosophiae. RENACYT. docente en los programas de maestría y doctorado en Nutrición UNALM; además, es miembro de la "Sociedad Latinoamericana de Nutrición".

Dimensión	Ítem	Relevancia	Coherencia	Suficiencia	Claridad
Espectrofotometría por absorción atómica	Cuantificación de metales pesados	4	3	4	4
Determinación de cadmio por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Plomo (mg Pb/Kg en granos de café)	4	3	4	4
Determinación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Cadmio (mg Cd/Kg en granos de café)	4	3	4	4

Decisión del experto:

El instrumento debe ser aplicado: SI(X) NO ()

CALIFICACIÓN
1. No cumple con el criterio
2. Bajo nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Firma: Dra. Nataly Bernuy Osorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN HUÁNUCO – PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO**



VALIDACION DE EXPERTOS

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ

Nombres y Apellidos: Vargas Solorzano, Jhony William

Especialidad: Extruidos expandidos a partir de cereales integrales, caracterización física de almidones y productos a base de cereales.

Grado: Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRRJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Colaborador de pesquisa en Embrapa Agroindustria de Alimentos

Dimensión	Ítem	Relevancia	Coherencia	Suficiencia	Claridad
Espectrofotometría por absorción atómica	Cuantificación de metales pesados	4	4	4	4
Determinación de cadmio por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Plomo (mg Pb/Kg en granos de café)	4	4	4	4
Determinación de plomo por espectrofotometría de absorción atómica	Cuantificación de Cadmio (mg Cd/Kg en granos de café)	4	4	4	4

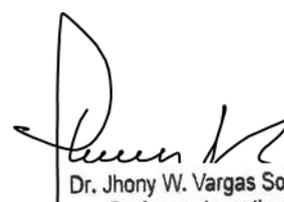
¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? Si () NO (X), En caso de SI

¿Qué dimensión o ítem falta?

CALIFICACIÓN
1. No cumple con el criterio
2. Bajo nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Decisión del experto:

El instrumento debe ser aplicado: SI(X) NO ()


 Dr. Jhony W. Vargas Solórzano
 Profesor - Investigador
 Registro CIP: 72961

NOTA BIOGRÁFICA



Williams Vicente ROLDAN CARBAJAL, nació el 02 de abril del 1960 en el Distrito de Arahua, Provincia de Canta, Departamento de Lima, allí vivía parte de su niñez con sus padres Vicente Roldan Andrés y Emma Carbajal Crisóstomo, pero su madurez en busca de familia se casó con Hermelinda Vega Adán de los que tuvieron 6 hijos: Danna Evelin, Williams Alexander, Greta, Xandi Dayana, Fanny Katuska y

Williams Raul. Estudió el nivel primario en la Gran Unidad Escolar Ricardo Bentin (Lima); la secundaria en el Instituto Nacional Experimental EEUU, ubicado en el distrito de Comas de la Ciudad de Lima.

En busca de nuevos horizontes ingresó a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, graduándose de Bachiller en Ciencia – Industrias Alimentarias el 06 de diciembre de 1986, titulándose de Ingeniero en Industrias Alimentarias el 09 de setiembre de 1988.

Laboró como docente en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, fue docente asociado nombrado a dedicación exclusiva, con 34 años de servicio en las funciones de: Ingeniería de Alimentos, Gestión de Calidad de Alimentos, Métodos Estadísticos, Lenguaje de Programación, Administración de la Calidad de Alimentos, Herramientas de Cálculo y Hoja Electrónica. Fue asesor y miembro de Jurado de muchas Prácticas Preprofesionales y de Tesis de pregrado y posgrado.

Después de todo eso complementó sus estudios obteniendo el Grado de Magíster Scientiae en Tecnología de Alimentos el 16 de julio del 2015, en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Cumplió con una de sus metas, donde estudió Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, culminando sus estudios el 21 de octubre de 2022, estando apto para obtener el grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.



ACTA DE DEFENSA DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado; siendo las **19:00h**, del día viernes **13 DE OCTUBRE DE 2023**; el aspirante al **Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Don Williams Vicente ROLDAN CARBAJAL**, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: **"BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica L.*) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ"** ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

- | | |
|---|------------|
| Dra. Digna Amabilia MANRIQUE DE LARA SUÁREZ | Presidenta |
| Dr. Jorge Ruben HILARIO CARDENAS | Secretario |
| Dra. Maria Betzabe GUTIERREZ SOLORZANO | Vocal |
| Dr. Antonio Salustio CORNEJO Y MALDONADO | Vocal |
| Dr. Ruben Victor LIMAYLLA JURADO | Vocal |

Asesor (a) de tesis: Dr. Fernando Jeremias GONZALES PARIONA (Resolución N° 1255-2019-UNHEVAL/EPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- a) Presentación personal.
- b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y recomendaciones.
- c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado.
- d) Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado planteó a la tesis **las observaciones** siguientes:

Obteniendo en consecuencia el Doctorando la Nota de..... Dieciséis (16)
 Equivalente a Bueno, por lo que se declara Aprobado
 (Aprobado o desaprobado)

Los miembros del Jurado firman la presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las...20:55... horas del 13 de octubre de 2023.



PRESIDENTE
 DNI N° 06927951



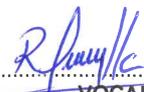
SECRETARIO
 DNI N° 017230761



VOCAL
 DNI N° 22462293



VOCAL
 DNI N° 07951959



VOCAL
 DNI N° 22424346

Leyenda:
 19 a 20: Excelente
 17 a 18: Muy Bueno
 14 a 16: Bueno

(Resolución N° 0591-2023-UNHEVAL/ EPG-D)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA DE POSGRADO

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-2023-SOFTWARE
ANTIPLAGIO TURNITIN-UNHEVAL-EPG**

La que suscribe, emite la presente constancia de Antiplagio, aplicando el software TURNITIN, la cual reporta un **7%** de originalidad, correspondiente a **Williams Vicente ROLDAN CARBAJAL**, del Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, de la tesis titulada: **BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (Coffea arabica L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ;** considerado como asesor al Dr. Fernando Jeremias GONZALES PARIONA.

DECLARANDO (APTO)

Se expide la presente, para los trámites pertinentes.

Pillco Marca, 26 de setiembre de 2023.



Dra. Digna Amabilia Manrique de Lara Suarez
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE POSGRADO
UNHEVAL

NOMBRE DEL TRABAJO

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (Coffea arabica L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ

AUTOR

WILLIAMS VICENTE ROLDAN CARBAJAL

RECuento de palabras

16112 Words

RECuento de caracteres

85495 Characters

RECuento de páginas

70 Pages

Tamaño del archivo

2.8MB

Fecha de entrega

Sep 26, 2023 5:29 PM GMT-5

Fecha del informe

Sep 26, 2023 5:30 PM GMT-5

● 7% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	X
----------	--	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------	---

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Grado que otorga	DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	ROLDAN CARBAJAL WILLIAMS VICENTE							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	954877940
Nro. de Documento:	23017506					Correo Electrónico:	grooveadmi@gmail.com	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO					
Apellidos y Nombres:	GONZALES PARIONA FERNANDO JEREMIAS			ORCID ID:	0000-0002-7006-4240			
Tipo de Documento:	DNI	x	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	22491216

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	MANRIQUE DE LARA SUAREZ DIGNA AMABILIA
Secretario:	HILARIO CARDENAS JORGE RUBEN
Vocal:	GUTIERREZ SOLORZANO MARIA BETZABE
Vocal:	CORNEJO Y MALDONADO ANTONIO SALUSTIO
Vocal:	LIMAYLLA JURADO RUBEN VICTOR
Accesitario	


5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)	
BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS GRANOS DE CAFÉ (Coffea arabica L.) DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PERÚ	
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)	
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.	
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.	
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.	
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.	
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.	
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.	

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2023			
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Patente de Invención	<input type="checkbox"/>
	Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos	<input type="checkbox"/>
	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>	Otros (especifique modalidad)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	CADMIO		PLOMO		CAFÉ	

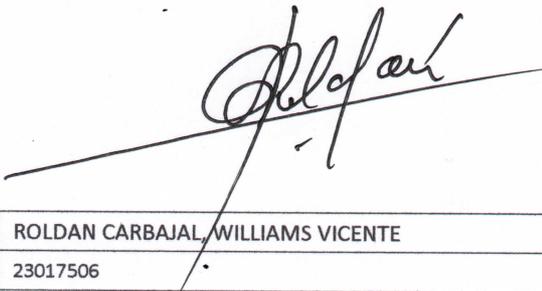
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)	<input type="checkbox"/>
	Con Periodo de Embargo (*)	<input type="checkbox"/>	Fecha de Fin de Embargo:	<input type="text"/>

¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:	<input type="text"/>			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓNDIRECCIÓN DE
INVESTIGACIÓN**1. Autorización de Publicación Digital:**

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	ROLDAN CARBAJAL, WILLIAMS VICENTE	Huella Digital
DNI:	23017506	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha:	23/11/2023	

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.