



FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FARMACIA Y
BIOQUÍMICA**

**“DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO, CADMIO Y
PLOMO EN NUECES, ALMENDRAS Y MANÍS
COMERCIALIZADOS EN EL MERCADO DE
CAQUETÁ DE FEBRERO – JULIO 2019”.**

Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

Presentado por:

Br.: Albornoz Reyes, Willy Jhonatan

Br.: Mazuelos Alfaro, Héctor Jesús

Asesor:

Mg. Lizano Gutiérrez, Jesús Víctor

Lima – Perú

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres, por su apoyo incondicional de seguir delante ante las adversidades, y luchar por alcanzar nuestras metas.

Br.: Willy Jhonatan Albornoz Reyes

Dedicado a Dios, por guiarme en el camino, a mis queridos padres y familiares por su apoyo incondicional y darme las fuerzas de nunca rendirme y superarme en la vida

Br.: Héctor Jesús. Mazuelos Alfaro

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme a mí y a mi familia, por ser nuestra guía y la luz que nos enseña el camino de la verdad, a nuestro asesor Mg. Jesús Víctor Gutiérrez Lizano por su apoyo incondicional para lograr alcanzar con satisfacción nuestra meta y docentes que intervinieron en la orientación para el desarrollo de la tesis.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
– Situación problemática	15
– Marco teórico referencial	17
Nuez (<i>Juglans regia</i>).....	17
Almendras (<i>Prunus dulcis</i>)	18
Maní (<i>Arachis hypogaea</i>)	18
Metales pesados.....	19
Cadmio (Cd)	20
Propiedades físicas y químicas generales	20
Toxicidad y Efectos sobre la Salud.....	21
Arsénico (As)	22
Propiedades físicas y químicas generales.....	22
Toxicidad y Efecto sobre la Salud.....	22
Plomo (Pb).....	23
Propiedades físicas y químicas generales.....	23
Toxicidad y Efecto sobre la Salud.....	24
– Estudios antecedentes	24
Antecedentes internacionales	24
– Metales pesados en la salud humana por ingesta alimentaria	27
– Importancia y justificación de la investigación.....	28

–	Objetivos del estudio	30
	Objetivo General	30
	Objetivos Específicos	30
–	Hipótesis	31
	Hipótesis General	31
	Hipótesis Específicas	31
II.	MATERIALES Y METODOS	33
2.1.	Enfoque y diseño	33
2.1.1.	Enfoque	33
2.1.2.	Diseño	33
2.2.	Población, muestra y muestreo	34
2.2.1.	Población.....	34
2.2.2.	Muestra y muestreo	34
2.3.	Variables de estudio.....	34
2.3.1.	Variable Independiente.....	34
2.3.2.	Variable Dependiente	35
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
2.4.1.	Técnica analítica para la cuantificación de arsénico, cadmio y plomo	35
2.4.1.1.	Preparación de la muestra	35
2.4.1.2.	Digestión Asistida por Microondas	36
2.4.1.3.	Espectrofotometría de Absorción Atómica	37
2.4.1.4.	Espectroscopia de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito (Pb y Cd).....	38
2.4.1.5.	Espectroscopia de Absorción atómica con Generador de Hidruros (As)	38
2.4.2.	Instrumentos.....	39

2.4.2.1. Equipos.....	39
2.4.2.2. Reactivos	39
2.5. Proceso de recolección de datos	40
2.6. Métodos de análisis estadístico.....	40
III. RESULTADOS	41
3.1. PARÁMETROS DE LECTURA PARA PLOMO POR HORNO DE GRAFITO	41
3.2. PARÁMETROS DE LECTURA PARA CADMIO.....	43
3.3. PARÁMETROS DE LECTURA PARA ARSÉNICO.....	45
IV. DISCUSIÓN	60
4.1. DISCUSIÓN	60
4.2. CONCLUSIONES	63
4.3. RECOMENDACIONES	64
CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS.....	70
ANEXO A MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	70
ANEXO B OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros del instrumento – Horno Grafito para plomo.....	41
Tabla 2. Parámetros de calibración para plomo	41
Tabla 3. Parámetros de medición de muestras para plomo.....	42
Tabla 4. Datos curva de calibración linear a través de cero para plomo....	42
Tabla 5.Parámetros del instrumento – Horno Grafito para cadmio	43
Tabla 6.Parámetros de calibración para cadmio	43
Tabla 7.Parámetros de medición de muestra para cadmio.....	44
Tabla 8. Datos curva de calibración linear a través de cero para cadmio..	44
Tabla 9. Parámetros del instrumento – Generador de hidruros para arsénico	45
Tabla 10. Parámetros de calibración para arsénico	45
Tabla 11. Datos curva de calibración linear a través de cero para arsénico	46
Tabla 12. Resultados de Arsénico, Cadmio, y Plomo en las muestras de Almendras, Manís y nueces comercializados en el mercado de Caquetá .	47
Tabla 13.Concentración promedio de Arsénico, Cadmio y Plomo en muestras de Frutos secos (Almendra, nuez y maní) con el Límites máximos permisibles.....	47
Tabla 14. Datos estadísticos de los valores de Arsénico hallados en las muestras de Frutos secos comercializados en el mercado de Caquetá. ...	48
Tabla 15. Datos estadísticos de los valores de Cadmio hallados en las muestras de Frutos secos comercializados en el mercado de Caquetá. ...	49
Tabla 16. Datos estadísticos de los valores de Plomo hallados en las muestras de Frutos secos comercializados en el mercado de Caquetá. ...	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exposición a metales pesados Perú 2016.....	16
Figura 2. Casos de intoxicación por metales pesados. (24)	28
Figura 3. Curva de calibración de plomo	42
Figura 4. Curva de calibración de cadmio	44
Figura 5. Curva de calibración de Arsénico	46
Figura 6. Resultados de valor promedio de Arsénico hallados en muestras de Almendra, Nueces y Manís comercializadas en el mercado de Caquetá comparados con el Límite máximo permisible.....	51
Figura 7. Resultados de valor promedio de Cadmio hallados en muestras de Almendra, Nueces y Manís comercializadas en el mercado de Caquetá comparados con el Límite máximo permisible.....	51
Figura 8. Resultados de valor promedio de Plomo hallados en muestras de Almendra, Nueces y Manís comercializadas en el mercado de Caquetá comparados con el Límite máximo permisible.....	52
Figura 9. Resultados de Arsénico hallados en muestras de Almendra, Maní y Nuez comercializados en el mercado de Caquetá y comparación con Límite máximo permisible.	52
Figura 10. Resultados de Cadmio hallados en muestras de Almendra, Maní y Nuez comercializados en el mercado de Caquetá y comparación con Límite máximo permisible.	53
Figura 11. Resultados de Plomo hallados en muestras de Almendra, Maní y Nuez comercializados en el mercado de Caquetá y comparación con Límite máximo permisible.	53
Figura 12. Porcentaje de muestras de Almendras que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Arsénico.....	54
Figura 13. Porcentaje de muestras de Maní que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Arsénico.....	54

Figura 14. Porcentaje de muestras de Nuez que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Arsénico.....	55
Figura 15. Porcentaje de muestras de Almendra que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Cadmio.	55
Figura 16. Porcentaje de muestras de Maní que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Cadmio.	56
Figura 17. Porcentaje de muestras de Nuez que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Cadmio.	56
Figura 18. Porcentaje de muestras de Almendra que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Plomo.....	57
Figura 19. Porcentaje de muestras de Maní que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Pb	57
Figura 20. Porcentaje de muestras de Nuez que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Pb	58
Figura 21. Correlación entre los valores de Cadmio y Arsénico en muestras de Almendra, Maní y Nuez.....	58
Figura 22. Correlación entre los valores de Cadmio y Plomo en muestras de Almendra, Maní y Nuez.....	59
Figura 23. Correlación entre los valores de Arsénico y Plomo en muestras de Almendra, Maní y Nuez.....	59

RESUMEN

El objetivo general de este estudio fue cuantificar Arsénico, Cadmio y Plomo mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en muestras de nueces (*Juglans regia*), almendras (*Prunus dulcis*) y maní (*Arachis hypogaea L.*) comercializados en el mercado de Caquetá durante el periodo de febrero a julio del 2019.

La técnica usada fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito para (Pb y Cd) y con generador de Hidruros para (As). El valor promedio de Arsénico fue de 0.52mg/Kg, 0.72 mg/Kg y 0.56 mg/Kg; para las muestras de nuez, maní y almendra respectivamente. El valor promedio de Cadmio fue de 0.09 mg/Kg, 0.19 mg/Kg y 0.15 mg/Kg; para las muestras de nuez, maní y almendra respectivamente y el valor promedio de Plomo fue de 0.80 mg/Kg, 0.66 mg/Kg y 0.72 mg/Kg unidades; para las muestras de nuez, maní y almendra respectivamente.

Los valores obtenidos no superaron los límites permisibles establecidos por el MERCOSUR y la legislación de metales pesados de Suiza.

Palabras claves: Espectrofotometría de Absorción Atómica, nuez, almendra, maní, arsénico, cadmio, plomo.

ABSTRACT

The general objective of this study was to quantify Arsenic, Cadmium and Lead by the Atomic Absorption Spectrophotometry method in samples of walnuts (*Juglans regia*), almonds (*Prunus dulcis*) and manis (*Arachis hypogaea* L.) commercialized in the Caquetá market during the period from February to July 2019.

The technique used was the Atomic Absorption Spectrophotometry with Graphite Furnace for (Pb and Cd) and with Hydride generator for (As). The average value of arsenic was 0.52 mg / kg, 0.72 mg / kg and 0.56 mg / kg; for the samples of walnut, peanut and almond respectively. The average value of Cadmium was 0.09 mg / kg, 0.19 mg / kg and 0.15 mg / kg; for the samples of walnut, peanut and almond respectively and the average value of Lead was 0.80 mg / Kg, 0.66 mg / Kg and 0.72 mg / Kg units; for the samples of walnut, peanut and almond respectively.

The values obtained do not exceed the permissible limits established by MERCOSUR and the heavy metals legislation of Switzerland.

Keywords: Atomic Absorption Spectrophotometry, walnut, almond, peanut, arsenic, cadmium, lead.

I. INTRODUCCIÓN

Desde siglos, el ser humano se ha nutrido de frutos secos, encontrando en estos alimentos las calorías y fuentes energéticas necesarias para sus necesidades biológicas y superar los cambios climáticos de las estaciones, garantizando al mismo tiempo la ingesta necesaria de proteínas de alto valor biológico. Por ello, la sociedad humana consume estos alimentos, para complementar la dieta diaria, mejorando nuestra calidad de vida, en todos los sentidos. (1)

Entre la variedad de frutos secos tenemos a la Nuez, Almendra y el Maní que se consumen en mayor cantidad. Los procesos industriales liberan sustancias tóxicas al suelo, aire y agua, muchas de ellas entran a la cadena alimenticia de los ecosistemas mediante diversas rutas y formas químicas. Los componentes venenosos presentes en los alimentos son abundantes, incluyen sustancias orgánicas e inorgánicas predominando los metales pesados, porque son los grandes contaminantes ambientales ya sea del aire, agua o tierra, son los que causan más daño a las personas. (2)

“Los recursos hídricos presentan contaminación por metales pesados y metaloides, y también los suelos y aire, esto plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local, se aborda el problema específico de contaminación por mercurio (Hg), Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en ambiente y alimentos. Se presenta una descripción sobre las fuentes de contaminación y exposición en seres vivos, así como la incorporación y retención en alimentos y productos de consumo humano". (3 p66)

“Hubo un problema de intoxicación masiva por el elemento plomo, relacionada con la minería, en marzo de 2010 en el Estado de Zamfara (Nigeria) afectó a los habitantes de tres Zonas de Gobierno Local: Anka, Bukkuyum y Maru, un estudio llevado a cabo por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los

Estados Unidos de América a solicitud del Ministerio de Salud Federal de Nigeria reveló que en el Estado de Zamfara hay, como mínimo, 43 pueblos con casos confirmados de intoxicación por plomo (con un valor de plomo en sangre $> 10 \mu\text{g/dl}$) y en siete de esos pueblos hay menores de edad que necesitan tratamiento quelante (concentración sanguínea $> 45 \mu\text{g/dl}$), sin contar con estos pueblos en los que ya se ha procedido a la remediación medioambiental, gracias a la eliminación de la exposición al plomo, al tratamiento quelante y a otras medidas medicas de apoyo, en estos pueblos rehabilitados la tasa de mortalidad de los menores expuestos ha disminuido del 43% en 2010 al 1% en 2011". (4 p1)

“En las poblaciones de Quiulacocha y Champamarca del departamento de Pasco se hallaron valores de plomo en la población evaluada de $15,79 \pm 4,85 \mu\text{g/dL}$, con un valor mínimo de $6,17 \mu\text{g/dL}$ y un máximo de $34,53 \mu\text{g/dL}$. Los datos obtenidos de intoxicación por plomo ($\text{Pb} > 10 \mu\text{g/dL}$) tuvieron un valor promedio de 85,8%, de 89,2% en Quiulacocha y 82,8% en Champamarca ($p=0,17$). Los datos de hemoglobina corregidos a nivel del mar demuestran que en Quiulacocha el 0,9% de niños tienen anemia grave, 4,5% anemia moderada, 11,7% anemia leve y 82,9% no presentan anemia; a diferencia Champamarca se observó que el 5,7% de niños tienen anemia moderada, 23,0% tiene anemia leve y 71,3% no presentan anemia (Tabla 3). No se halló relación entre la presencia de plomo en sangre y anemia en esta población (OR: 1,78; IC95%: 0,65-4,86; $p=0,25$). En las pruebas del desarrollo psicomotor en niños de 1 a 5 años, en Quiulacocha 79,2% de los niños fueron normales y 85,4% de Champamarca. La evaluación de coeficiente intelectual realizada a los niños de 3 a 10 años de Quiulacocha mostró un 84,1% con coeficiente normal y sólo el 9,8% con retardo mental fronterizo. En la población de Champamarca el 86,7% tiene coeficiente intelectual normal y 2% coeficiente intelectual con retardo mental leve y retardo mental profundo (Tabla 4). Los niños con intoxicación plúmbica tuvieron 2,77 (IC95%: 0,75-12,80; $p=0,47$) más riesgo de presentar algún grado de

retardo mental, demostrando la toxicidad de este elemento metálico, plomo". (5 p15)

En cuanto al cadmio, la población está expuesta por diversas vías, la oral, a través del agua y la ingesta de comida contaminada con este elemento (hojas de vegetales, granos, cereales, frutas, vísceras animales y pescado). En algunos países de Europa y Norte América la ingesta diaria de cadmio varía entre 10 y 40 $\mu\text{g}/\text{día}$. El cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón, este tiene la capacidad de traspasar las barreras y acumularse en estos órganos vitales, originando de esta manera daños irreversibles, con cantidades mínimas. (6)

“En Japón, durante años, la mina de Kamioka arrojó sus desechos en el río Jinzu. Los habitantes de la región bebieron las aguas contaminadas y también las usaron para regar los campos de arroz. Después cosecharon el grano contaminado y se lo comieron. Entonces contrajeron una dolorosa enfermedad. El dolor comenzaba en las piernas y la columna, luego se extendía a otras partes del cuerpo. Los huesos se deformaban y se rompían; disminuía la cantidad de glóbulos rojos y los riñones funcionaban mal. Hubo 5 mil afectados. Todos síntomas que aparecieron en la década de 1910, pero pasaron varias décadas hasta que se reconoció que se trataba de una nueva enfermedad. Un diario local la llamó Itai-Itai, reproduciendo la interjección que emitían los doloridos pacientes (en castellano sería algo así como “Ay-Ay”). Y finalmente se determinó que los habitantes de Toyama estaban intoxicados con cadmio”. (7 p6)

El metaloide arsénico, la ciudad de Bangladesh está lidiando con el mayor envenenamiento masivo de una población en la historia, debido a que el agua subterránea empleada para beber presenta niveles de arsénico inorgánico, lo que la contamina. Es estimado que de los 125 millones de habitantes de Bangladesh entre 35 millones y 77 millones están en riesgo de beber agua contaminada. La escala de esto desastre ambiental es mayor que cualquier visto antes de; está más allá de los accidentes en Bhopal,

India, en 1984, y Chernobyl, Ucrania, en 1986, se basa en información de varias visitas a Bangladesh realizadas por Allan H. Smith como consultor para el mundo Organización de la Salud entre 1997 y 1998. (8)

El arsénico en el agua potable puede causar importantes efectos nocivos para la salud, incluida la muerte. Aunque recientemente se ha demostrado que el arsénico en el arroz es una ruta de exposición potencial para los humanos, hasta la fecha no se ha encontrado evidencia directa del impacto de dicha exposición en la salud humana. Se ha demostrado por primera vez, a través de un estudio de cohorte en Bengala Occidental, India, que involucró a más de 400 sujetos humanos no expuestos de manera significativa al arsénico a través del agua potable, efectos genotóxicos elevados, asociados con el consumo básico de arroz cocido con $> 200 \mu\text{g} / \text{kg}$ de arsénico. Se requiere más trabajo para determinar la aplicabilidad a poblaciones con diferentes características dietéticas y genéticas, pero con más de 3 mil millones de personas en el mundo consumiendo arroz como alimento básico y varios por ciento de este arroz que contiene concentraciones tan elevadas de arsénico. (9)

De esta manera el presente trabajo de tiene como objetivo comparar las concentraciones de Arsénico, Cadmio, y Plomo en las muestras de almendra, nuez y maní comercializados en el mercado de Caquetá de enero a julio del 2019, como factores de riesgo con respecto a los límites máximos permitidos por el MERCOSUR y la norma legislativa de metales pesados de Suiza, con el fin de corroborar si estos productos cumplen con los límites máximos permisibles establecidos, para tener la seguridad que no están causando intoxicaciones.

– **Situación problemática**

Los elementos potencialmente tóxicos (TEP), están contaminando el suelo y el agua, esto se ha convertido en una preocupación ambiental global que podría plantear riesgos potenciales para la salud humana y agricultura. Las principales fuentes de contaminación antropogénicas de TEP incluye procesos de combustión de carbón, operaciones de curtido de cuero, actividades de minería, fundición y uso de aguas residuales para riego.

Además, los efectos fitotóxicos de las PTE y las estrategias para superar estos efectos tóxicos mediante la identificación de cereales altamente tolerantes y legumbres. Los elementos potencialmente tóxicos (PTE) son altamente tóxicos para las plantas, humanos y animales por su naturaleza persistente y larga vidas medias biológicas. Las PTE incluyen elementos biológicos esenciales elementos como el cobalto (Co), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) y elementos no esenciales (reconocidos como peligrosos) incluyendo cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg), cromo (Cr), y arsénico (As; metaloide). Ambos naturales y fuentes antropogénicas. Han dado lugar a la generalizada Liberación de PTEs al suelo, al agua y al ambiente. (10)

“De igual manera, se han encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche resultado de la bioacumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas. Algunas especies tales como ostras, mariscos y moluscos acumulan el cadmio proveniente del agua en forma de péptidos ligadores hasta alcanzar valores de concentración entre 100 y 1000 µg/kg. En la carne, el pescado y frutas se han reportado valores de concentración entre 1 y 50 µg/kg y en algunos granos entre 10 y 150 µg/kg”. (11 p375)

Exposición según tipo de metales pesados y metaloides	Tipo de diagnóstico				
	Sospechosos	Probables	Confirmado	Total	%
Plomo y sus compuestos	1236	0	-	1236	90.6
Mercurio y sus compuestos	171	0	-	171	12.5
Otros metales	92	0	-	92	6.7
Cadmio y sus compuestos	3	0	-	3	0.2
Arsénico y sus compuestos	4	0	-	4	0.3
Cromo y sus compuestos	1	0	-	1	0.1
Total	1507	-	-	1507	100,0

Figura 1. Exposición a metales pesados Perú 2016

Fuente: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades-CDC/MINSA

Estos contaminantes metálicos estarían presentes en variedad de suelos y podrían ser causa de que estos productos alimentarios como el maní, nuez y almendras puedan contenerlos, siendo un medio de exposición e intoxicación mediante su ingesta para el ser humano.

– **Marco teórico referencial**

Los frutos secos como las nueces, almendras y maní presentan buen sabor y son buenas para tu salud, luego de una extensa revisión de estudios sobre nutrición y salud, la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos ha afirmado que, incluyendo a las nueces en una dieta baja en grasas saturadas y el colesterol puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedad del corazón.

Almendras, pecanas, pistachos y nueces contribuyen a la salud a través de sus proteínas, fibra dietética y grasas insaturadas. (12)

Nuez (*Juglans regia*)

Fruto del nogal. El nogal es un árbol caducifolio que puede medir hasta 25 metros de altura con un tronco que puede ser mayor a 2 metros de diámetro. Los folios u hojas son del tipo caducas, alternas e imparipinnadas, las que están compuestas habitualmente por 5-9 folíolos, enteros en los individuos adultos y discretamente serrulados en los jóvenes, con base frecuentemente asimétrica. La inflorescencia femenina, erecta, está compuesta por 1-5 flores pelosas y con bractéolas de ápice dentado. (12)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica del nogal (*Juglans regia*) es:

Reino: Plantae

División: Pteridophyta

Clase: Equisetopsida

Sub-clase: Magnoliidae

Orden: Fagales

Familia: Juglandaceae

Género: Juglans

Especies: *J. regia* L. (12)

Almendras (*Prunus dulcis*)

Fruto del árbol, almendro. Este árbol caducifolio puede alcanzar 10 m de altura. Presenta folios u hojas simples, lanceoladas, largas, estrechas y puntiagudas, de 7,5 a 12,5 cm de longitud y color verde intenso, con bordes dentados o festoneados. La flor solitaria o en grupos de 2 ó 4, es pentámera con cinco sépalos. (13)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica del almendro (*Prunus dulcis*) es:

Reino: Plantae

División: Pteridophyta

Clase: Equisetopsida

Sub-clase: Magnoliidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Prunus*

Especies: *P. dulcis* L. (13)

Maní (*Arachis hypogaea*)

“El maní (*Arachis hypogaea*) pertenece a la familia de las leguminosas y a la subfamilia papilionoideae. Es una planta herbácea anual que alcanza un crecimiento de 20 a 60 cm de altura. Los brotes laterales pueden ser según su desarrollo, recto, extendido o más rastrero, alcanzando una longitud de 30 - 80 cm. El brote principal presenta en lo general un crecimiento recto. La raíz es del tipo pivotante llega hasta

una profundidad de 90 - 120 cm y desarrolla en las capas superficiales del suelo ramificaciones colonizadas por rhizobios y mycorhizas. No existen formas silvestres de *Arachis hypogaea*, las formas silvestres del mismo género son perennes. Las flores abren durante la mañana luego de haber ocurrido la autopolinización. El período de florescencia inicia ya a las 3-4 semanas después de la siembra y puede prolongarse hasta más de 2 meses”. (14 p11)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica del maní (*Arachis hypogaea*) es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Manoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Género: *Arachis*.

Especie: *Hypogaea* Taxonomía (14)

Metales pesados

“Los metales son componentes naturales de la corteza terrestre. Presentan una función importante en los organismos al ser parte esencial en sus funciones bioquímicas y fisiológicas. Los metales pesados de mayor riesgo para la salud son el cadmio, mercurio, plomo, arsénico. El aire, el agua y el suelo constituyen las principales vías de entrada de metales a los vegetales. La importancia de estas vías de distribución de metales depende del elemento en cuestión, de la localización y tipo de suelo, de la especie vegetal y de las prácticas agrícolas aplicadas. Asimismo, la capacidad de absorber y acumular metales difiere notablemente, teniendo en cuenta la variedad del

vegetal. La absorción de metales por los vegetales es el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria”. (15 p1422)

“La absorción y posterior acumulación de los metales en los vegetales es debida principalmente al movimiento desde el suelo a las raíces de las mismas. En general, la composición mineral de los suelos puede influir en la composición metálica de los tubérculos pudiéndose acumular altas concentraciones de elementos metálicos en los mismos. Una variedad de líneas de investigación ha demostrado que variando las propiedades del suelo (pH, materia orgánica, potencial redox y capacidad de cambio catiónico), como consecuencia de los procesos agrícolas, se pueden producir cambios en la movilidad y disponibilidad de metales. Los alimentos son el principal medio de traslocación de los metales para llegar a los seres vivos”. (16 p449)

Cadmio (Cd)

Elemento metálico que se encuentra generalmente unido al zinc y plomo. Ubicado en el periodo cinco y grupo IIB.

Propiedades físicas y químicas generales

Cadmio (Cd): Chemical Abstracts Service (CAS) No. 7440-43-9; peso atómico, 112.4; número atómico, 48; densidad, 8.6 g/cm³; punto de ebullición, 765°C. Sus isotopos naturales son 106 (1.22%), 108 (0.88%), 110 (12.9%), 111 (12.75%), 112 (24.07%), 113 (12.6%), 114 (28.86%), and 116 (7.5%). Entre sus isotopos radioactivos se encuentra, Cd 109, 111, and 115m. Algunos de los compuestos más comunes de Cd son acetato de cadmio (CAS No. 543-90-8), sulfuro de cadmio (pigmento amarillo; CAS No. 1306-23-6), sulfoseleniuro de cadmio, (CAS No. 1345-10-4), sulfuro de selenio cadmio (pigmento rojo; CAS No. 12626-36-7), estearato de cadmio (CAS No. 2223-93-0), óxido de cadmio (CAS No. 1306-19-0), carbonato de cadmio (CAS No. 513-78-0), sulfato de cadmio (CAS No. 10124-36-4), cloruro de cadmio (CAS No. 10108-64-2), hidróxido de cadmio (CAS No. 21041-95-2), y nitrato de cadmio (CAS No. 10325-94-7). El óxido y carbonato de cadmio podría ser soluble en el pH ácido del estómago. (15)

Toxicidad y Efectos sobre la Salud

Padilla (17) señala que “Este elemento cadmio, tiene como órganos y tejido diana a los riñones, los huesos y los pulmones, sobre los que se manifiestan los efectos clínicos”. (p13)

“Se tiene conocimiento que además se manifiestan los efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino a menor escala. Uno de los indicadores más típicos y tempranos de la larga exposición al cadmio es el daño que sufre la función renal. Con él, la reabsorción en los túbulos renales proximales está afectada y se manifiesta con una intensa proteinuria tubular, que puede resultar en una excreción de proteínas 10 veces por encima de lo normal de proteínas totales, y hasta 1,000 veces de las proteínas de bajo peso molecular, como la beta-2 microglobulina. Los pulmones también se consideran órganos críticos en la exposición al polvo de cadmio. Se han publicado casos de neumonitis química con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar. La exposición más alta podría causar edema pulmonar, lo que constituye una urgencia médica”. (17 p13)

“En cuanto a las manifestaciones gastrointestinales, la administración oral de 10 mg de cadmio puede originar trastornos gastroduodenales con náusea y vómito como respuesta inmediata, aunque la dosis oral aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg. Además, se han descrito alteraciones en las actividades enzimáticas del hígado. Aparentemente, el cadmio no ejerce ninguna acción directa sobre la hematopoyesis; más bien parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos. Estos efectos se manifiestan principalmente por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, estos efectos son reversibles. En un número limitado de estudios epidemiológicos, se han examinado las asociaciones entre el cadmio y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio”. (18 p133)

Arsénico (As)

Metaloide no metálico, comúnmente encontrado tanto en su forma orgánica como en su forma inorgánica. Ubicado en el periodo cuatro y grupo VA.

Propiedades físicas y químicas generales

Arsénico (As): CAS No. 7440-38-2; peso atómico, 74.9; número atómico, 33; metaloide. Alótropos: cristales (hexagonal-rómbico) arsénico gris (estable), densidad 5.727 g/cm³ (25°C/4°C), punto de fusión, 818°C (36 atm), punto de ebullición 615°C (sublimado), presión de vapor 1 mmHg (372°C); arsénico amarillo (metaestable), densidad 1.97 g/cm³, punto de fusión 815°C (bajo presión adicional); y arsénico blanco, estados de valencia -3, 0, +3, y +5. La toxicidad del arsénico está fuertemente ligado a su estado de oxidación y a la especie química, siendo el arsénico inorgánico de mayor toxicidad en comparación a la especie orgánica. (19)

Toxicidad y Efecto sobre la Salud.

“El arsénico afecta a prácticamente todos los aparatos y sistemas del cuerpo, puesto que interfiere con reacciones enzimáticas de amplia distribución. Las manifestaciones a la exposición al arsénico se observan en la piel (ATSDR 2007). Algunos estudios identifican otros lugares como resultado de exposiciones similares al arsénico a las que producen lesiones cutáneas. Los datos sobre estas lesiones son más sólidos que para otras partes del cuerpo (ATSDR 2007). Algunos de los efectos fisiológicos de la exposición al arsénico que se abordarán más adelante de manera detallada. Hiperpigmentación cutánea en parches, queratosis focal pequeña, y otras lesiones dérmicas que aparecen posteriormente a una exposición alta y crónica al arsénico. Es difícil establecer asociaciones fuertes entre la exposición al arsénico y la aparición de enfermedades, puesto que la prevalencia y el espectro de las enfermedades que están ligadas a la exposición crónica del arsénico varían entre países, e incluso dentro de un mismo país. El arsénico puede provocar cáncer en pulmón y piel, e inclusive puede causar otros tipos de cánceres. Se observa una mayor fuerza

de asociación entre la exposición crónica al arsénico y los cánceres de piel, pulmón y vejiga. Por otra parte, se observa una menor fuerza de asociación entre la exposición al arsénico y los cánceres de hígado (angiosarcoma), riñón, y otros tipos de cáncer (IARC 2004; NRC 2000). Cabe resaltar que cuando se utiliza el término fuerza de asociación (definida como la magnitud del riesgo relativo en el grupo expuesto, comparada con el riesgo relativo en el grupo control) en esta sección, se hace referencia a uno de los cinco criterios utilizados para decidir si una asociación positiva en los estudios epidemiológicos indica causalidad. No se requiere necesariamente que se establezca una causalidad. Inclusive, es posible que se cumplan varios de los criterios aún y cuando la asociación sea resultado del azar. En un estudio epidemiológico, el no demostrar la existencia de una asociación positiva no siempre indica que no haya una asociación entre el agente que se está estudiando y sus efectos” (19 p1).

Plomo (Pb)

Elemento químico metálico de la tabla periódica, ubicado en el periodo tres y grupo VA.

Propiedades físicas y químicas generales

Plomo (Pb; No. CAS 7439- 92-1): peso atómico, 207.19 (1 μg = 0.004826 μmol ; 1 $\mu\text{mol/L}$ = 207.19 $\mu\text{g/L}$). Solo uno de los isótopos y de origen natural, ^{204}Pb , es no radiogénico, mientras que los otros isótopos son producto de una de las tres series de decaimiento radioactivo: La serie del uranio (^{206}Pb), torio (^{208}Pb), y la serie de los actínidos (^{207}Pb). Como consecuencia, la abundancia de sus cuatro isótopos estables (^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , y ^{208}Pb) varía entre las muestras de plomo. Plomo metálico es insoluble en agua, pero si en ácido sulfúrico y nítrico. La mayoría de sales de plomo (II) difícilmente solubles (como el sulfuro y óxido de plomo), pero se encuentran excepciones, por ejemplo, nitrato de plomo, clorato de plomo y en cierta medida el sulfato y cloruro de plomo. (20)

Toxicidad y Efecto sobre la Salud.

“A la intoxicación por plomo se le llamó saturnismo porque la alquimia consideraba al plomo como el origen de los demás metales, y por ello fue dedicado al dios Saturno, considerado en la mitología como el primero de los dioses. Los efectos tóxicos que el plomo produce en el organismo humano son muy diversos. La toxicidad el elemento plomo principalmente se da en el tracto gastrointestinal (“Cólico Saturnino”), daño sobre los nefrones y efectos negativos sobre el SNC y periférico, así como interferencias con sistemas enzimáticos implicados en la síntesis del grupo HEM”. (20 p12)

– Estudios antecedentes

Antecedentes internacionales

El año 2016 Çolak y col publicaron la evaluación cuantitativa de cadmio en las hojas de las especies Nuez (*Juglans regia*) y Membrillo (*Cydonia oblonga*) colectadas en veinte lugares diferentes de las carreteras D-100 de Turquía, plantearon como **objetivo**: Determinar la concentración de cadmio en las hojas de las especies Nuez (*Juglans regia*) y Membrillo (*Cydonia oblonga*) producidos por el tráfico vehicular, mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente. Según su **metodología**, las hojas de la planta fueron recolectadas de la autopista D-100. Las muestras fueron recolectadas de puntos entre 50 y 500 m de distancia la autopista y luego fue transferido al laboratorio y lavado con agua desionizada. Las muestras de hojas fueron recolectadas al azar de 20 árboles (10 nogales y 10 membrillos). Como **resultado** obtuvieron las concentraciones de cadmio en las hojas previamente lavadas de las plantas estudiadas fueron 0.04 - 0.11 mg/kg y detectaron 0.18 mg/kg de cadmio en la atmósfera producido por el tránsito vehicular todos los días. Entre los resultados más sobresaliente se encuentra 0.10165 mg/kg de cadmio en una de las muestras de las hojas de nuez. **Concluyen** que, los niveles de Cd encontrados en las hojas fueron más altos que los niveles aceptables, los resultados del inventario de emisiones indicaron que la contaminación de Cd en carretera estaba altamente correlacionada positivamente con densidad

de tráfico. El nivel máximo de acumulación de Cd fue observado en los puntos cercanos a la carretera y disminuido relativamente a la distancia de la autopista. (21)

En el año 2015 Yin Lian y col. realizaron estudios sobre elementos esenciales y sus niveles en nueces comestibles, plantearon como **objetivo**: Determinar el contenido mineral en nueces comestibles, y evaluar la seguridad alimentaria de las nueces del mercado de Beijing, los niveles de Li, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Cs, Ba, Pb, Th y U en 11 tipos de nueces y semillas comestibles (nueces de macadamia, nueces de loto, pistachos, semillas de girasol, piñones, almendras, nueces, castañas, avellanas, anacardos y ginkgo frutos secos), así como pasas fueron determinadas por inducción de plasma espectrometría de masas (ICP-MS). Según su **metodología**, se analizaron diecisiete diferentes elementos en 11 nueces y semillas, así como en pasas, las que fueron comprados en los mercados de Beijing para investigar los oligoelementos en nueces comestibles, de cada variedad de nuez o semilla que representa a los productos más consumidos en China fueron seleccionado para este estudio. Procesado, pre envasado nueces / semillas fueron examinadas primero, el contenido de oligoelemento en muestras de nueces comestibles, fueron determinados por inducción de plasma espectrometría de masas (ICP-MS) y procesados por digestión por microondas. Como **resultados** hallaron valores de arsénico de 0.15 mg/kg - 0.33 mg/kg, cadmio 0.04 mg/kg - 0.13 mg/kg y plomo como valor promedio de 0.18 mg/kg en los frutos secos analizados. **Concluyen** que, el contenido de Pb metal tóxico no excedió el límite estándar para Pb en nueces en China, y los contenidos de Cd y As en nueces comestibles estaban de acuerdo con los valores informados. Estos datos también proporcionan información útil para evaluar los niveles de otros elementos traza como Li, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Rb, Sr, Mo, Cs, Ba, Th y U en frutos secos comestibles. (16)

El año 2015 Mohammadpourfard y col. publicaron la evaluación cuantitativa de cromo, níquel, arsénico, cadmio, mercurio, plomo, antimonio, estaño, estroncio y aluminio en aceite esencial de la semilla de albaricoque (*Prunus armeniaca*) provenientes de Marand, Maraghe, Osku y Bonab de Irán y de

almendras (*Prunus amygdalus*, sinónimo de *P. dulcis*) proveniente de Osku y Bonab también de Irán mediante espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente, plantearon como **objetivo**: Determinar de metales pesados en aceites es necesaria para establecer la calidad y los estándares a nivel de país. Este estudio tuvo como objetivo determinar el contenido de metales pesados (Cr, Ni, As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn, Sr, Al) en 12 muestras de aceite de semilla en Irán por plasma inductivo acoplado espectrometría de emisión (ICP-OES). Según su **metodología** las concentraciones de metales pesados se determinaron mediante métodos de digestión ácida y húmeda con ácido nítrico (65%) y 4 mL de peróxido hidrogenado en las mismas muestras utilizando ICP-OES. Como **resultados** hallaron que el promedio de los metales tóxicos más importantes detectados en el aceite de albaricoque fue como sigue; 721.72 µg/kg para Al, 15 µg/kg para Cd, 18 µg/kg para Pb, 14 µg/kg para As y <1 µg/kg para Hg. Además, el promedio de metales pesados detectados en muestras de aceite de almendras fue como sigue; 1019.73 µg/kg para Al, 10 µg/kg para Cd, 21 µg/kg para Pb y 11 µg/kg para As y < µg/kg para Hg. También en las muestras estudiadas, el Aluminio fue la concentración más alta entre todos los metales. **Concluyen** que, en la mayoría de las muestras de aceites estaban contaminadas con cantidades notables de metales tóxicos que podrían ser una amenaza para la calidad del petróleo y la salud humana. (22)

El año 2014 Dogan y col publicaron la evaluación cuantitativa de cobre, hierro, manganeso, zinc, plomo, níquel, cadmio y cromo en las hojas y corteza del nogal (*Juglans regia*) colectadas en Artvin en Turquía. Plantearon como **objetivo**: Determinar el nivel de metales pesados como cobre, hierro, manganeso, zinc, plomo, níquel, cadmio y cromo concentrados en muestras de corteza y hojas de Nuez (*Juglans regia*) de diferentes localidades en Artvin, Turquía. El análisis de los metales pesados Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Cd y Cr se realizó mediante plasma acoplado inductivamente espectroscopia de emisión óptica (ICP OES; Perkin Elmer, Optima 8000 DV). Según su **metodología** se recolectaron muestras de diferentes localidades del área de investigación durante el otoño de 2012. Una corteza y una muestra de hoja

de cada estación de muestreo. Durante el proceso de recolección de muestras de Nuez (*Juglans regia*) se les asignó un número en el cuaderno de campo y se anotaron los nombres de las localidades. Las muestras fueron recolectadas y colocados en bolsas de polietileno con los números correspondientes. Todas las bolsas de polietileno fueron lavadas con ácido nítrico al 5% y agua destilada y secado a temperatura ambiente antes de los experimentos. Como **resultados** hallaron contenido de cobre, hierro, manganeso, zinc, plomo, níquel, cadmio y cromo en la corteza de Nuez (*Juglans regia*) fue de 72.46 mg/Kg - 88.14 mg/Kg, 14.40 mg/Kg - 628.0 mg/Kg, 0.896 mg/Kg - 67.71 mg/Kg, 7.00 mg/Kg - 28.52 mg/Kg, 0.040 mg/Kg - 0.905 mg/Kg, 1.031 mg/Kg - 2.744 mg/Kg, 0.011 mg/Kg - 0.158 mg/Kg y 1.192 mg/Kg - 3.134 mg/Kg de peso seco, respectivamente. El contenido de cobre, hierro, manganeso, zinc, plomo, níquel, cadmio y cromo en las hojas fue de 0.339 mg/Kg - 13.80 mg/Kg, 12.72 mg/Kg - 698.2 mg/Kg, 1.01 mg/Kg - 204.6 mg/Kg, 7.36 mg/Kg - 56.03 mg/Kg, 0.158 mg/Kg - 0.665 mg/Kg, 0.130 mg/Kg - 2.74 mg/Kg, 0.041 mg/Kg - 0.114 mg/Kg y 0.508 mg/Kg - 2.76 mg/Kg de peso seco. **Concluyen** que, este estudio muestra que el área no es problemática en términos de metales pesados de acumulación. Sin embargo, es posible decir que hay contaminación con Cu. Los nuevos estudios realizados desde este punto de vista serán beneficiosos para determinar valores de acumulación de metales en el área. (23)

– **Metales pesados en la salud humana por ingesta alimentaria**

“En diferentes regiones de Colombia son frecuentes los reportes de metales pesados asociados a la industria, producción agrícola y minería así: mercurio en fuentes de agua, quebradas, lagunas de Meta, Boyacá, Antioquia. Arsénico en cultivos de hortalizas y legumbres en Nariño, diversos vegetales y aguas contaminadas con plomo y mercurio en el Chocó, uso indiscriminado de cientos de toneladas de mercurio y cianuro en explotación minera, especialmente de oro en el Nordeste y Bajo Cauca (Antioqueño), Marmato (Caldas) y en más de 500 minas en todo el país (noticias; prensa, televisión y radio regional y nacional, 2.010 al 2.014). Se reportan metales

pesados en alimentos como peces y camarones en Indonesia, Japón, México y Chile, cerdo contaminado con plomo proveniente de Australia, salmón fresco con niveles peligrosos de plomo y cadmio en Noruega y Rusia reporta materias primas para fabricación de alimentos contaminadas con zinc provenientes de China”. (24 p15)

Año	Sitio	Caso	Muer-tos	Heridos
1900	Man-chester, Inglaterra	Arsénico en la cerveza	70	6.000
1960	Tailandia, India, Bangladesh, Taiwán	Uso de aguas subterráneas para agricultura contaminadas con altos niveles de As		> 70 millones
1968	Irak	Contaminación organomercurial en el pan (cereales)	500	> 5.000
1960	Bahía Minamata Japón	Peces contaminados con metilmercurio	3.000	> 10.000
1975	USA	Niños-diversos grados de intoxicación pinturas con plomo	200	800 daño cerebral > 400.000
1945	Japón	Intoxicación masiva con cadmio, por consumo de arroz y agua contaminada	300	> 1.000
1970	Japón	Enfermedad Itai-Itai por cadmio	180	7.000
1984	Bhopal, India	Fuga de metil isocianato	>2.500	>10.000

Figura 2. Casos de intoxicación por metales pesados. (24)

– Importancia y justificación de la investigación

La nuez es un producto de alta demanda en el mundo por sus diversos compuestos con efectos biológicos como los ácidos grasos poliinsaturados, entre los que destacan omega 3 y 6, y algunos polifenoles. (25)

Los efectos biológicos que las nueces tienen varían desde el ser antioxidante, hipoglucemiante, hipolipemiante, antihipertensivo, antimicrobiano y hepatoprotector. (26)

“La almendra es un fruto con gran importancia en la industria alimentaria por sus efectos benéficos sobre la salud de personas con enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad. Existen algunos alimentos a los cuales se les ha atribuido propiedades antioxidantes, como es el caso de algunos frutos secos como lo son: las almendras, el maní y las nueces; antioxidantes que se les ha vinculado con la reducción en los niveles de colesterol total y LDL colesterol, cuando forman parte de la alimentación habitual, contribuyendo con ello a la reducción de problemas cardiovasculares”. (27 p12)

Los suelos podrían contener estos metales los que al llegar al cultivo de estos frutos secos y traer aparejadas, a largo plazo, consecuencias no sólo de índole económica que afectarían el rendimiento de la producción de los cultivos sino también problemas de salud, ya que podría provocar enfermedades en las personas o animales que consuman estos frutos secos o sus derivados contaminados. El arsénico inorgánico es un tóxico que tiene como principales fuentes al agua, sobre todo subterránea, cultivos regados con agua contaminada y alimentos preparados con agua contaminada también podrían provocar intoxicaciones. Pero los síntomas y signos asociados a exposición crónica son variables entre poblaciones, por esta razón es difícil agrupar las enfermedades que la intoxicación produce. (28)

Leonard (29) señala que “Se estima que la carcinogénesis por arsénico afecta cerca de 160 millones de personas en el mundo” (p46).

El cadmio tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos. (30)

La salud humana puede afectarse con la presencia del cadmio pudiendo aumentar la mortalidad en pacientes con cáncer y enfermedades cardiovasculares, incluso en niveles bajos de exposición al cadmio. (31)

Larson (32) señala que “Los altos niveles de cadmio en sangre, es un factor de riesgo en pacientes con cáncer de mama”. (p375)

OMS (33) señala que “El plomo no tiene valores a los que pueda considerarse seguro. El Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria estimó

que, según datos de 2015, la exposición al plomo causó 494 550 muertes”.
(p1)

Este estudio tiene como fin determinar las concentraciones de arsénico, cadmio y plomo en nueces, almendras y manís que se expenden en el mercado de Caquetá de enero a julio 2018; y luego compararlas con los valores máximos establecidos por el MERCOSUR para frutos secos y la normativa de metales pesados de Suiza para cacahuates; debido a que en el Perú no contamos con una norma que establezca los límites máximos permitidos de estos elementos metálicos en este tipo de producto.

– **Objetivos del estudio**

Objetivo General

➤ Determinar la concentración de arsénico, cadmio y plomo en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado de Caquetá de febrero a julio 2019, y compararlos con los límites permisibles dados por el MERCOSUR y la Legislación de metales pesados en Suiza.

Objetivos Específicos

➤ Comparar la concentración cuantitativa de arsénico en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado de Caquetá de febrero a julio 2019, con los límites permisibles dados por el MERCOSUR.

➤ Comparar la concentración cuantitativa de cadmio en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado de Caquetá de febrero a julio 2019, con los límites permisibles dados por la Legislación de metales pesados en Suiza.

➤ Comparar la concentración cuantitativa de plomo en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.)

comercializados en el mercado de Caquetá de febrero a julio 2019, y compararlos con los límites permisibles dados por el MERCOSUR.

➤ Establecer la correlación entre las concentraciones de arsénico, cadmio y plomo de NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado de Caquetá de febrero a julio 2019.

– Hipótesis

Hipótesis General

➤ Las NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado de Caquetá de febrero a julio 2019 presentan concentraciones de arsénico, plomo y cadmio, que superen los límites máximos permisibles dados por el MERCOSUR y la Legislación de metales pesados en Suiza.

Hipótesis Específicas

➤ La concentración de arsénico en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado Caquetá en los meses de febrero a julio de 2019 supera los valores establecidos por el MERCOSUR.

➤ La concentración de cadmio en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado Caquetá en los meses de febrero a julio de 2019 supera los valores establecidos por la Legislación de metales pesados en Suiza.

➤ La concentración de plomo en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado Caquetá en los meses de febrero a julio de 2019 supera los valores establecidos por el MERCOSUR.

- Existe correlación entre los niveles de arsénico, cadmio y plomo en NUECES (*Juglans regia*), ALMENDRAS (*Prunus dulcis*) y MANÍS (*Arachis hypogaea* L.) comercializados en el mercado Caquetá en los meses de febrero a julio de 2019.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Enfoque y diseño

2.1.1. Enfoque

El estudio realizado presenta un enfoque **cuantitativo**.

“El tipo de estudio cuantitativo es un proceso deductivo, cada etapa conduce de forma lógica a la que viene, sirve para comprobar, explicar o predecir un determinado hecho. Es una de los mejores procesos para producir conocimiento objetivo, definido, muy particularizado y comprobable. La recolección de información y datos es empleada para probar las hipótesis (suposiciones o probabilidades acerca de la naturaleza y explicación de un problema), luego realiza una medición numérica para comprobar la hipótesis, se evalúan los datos hallados de forma estadística y se formulan las conclusiones”. (34 p2)

2.1.2. Diseño

Descriptiva: Su función principal de esta es conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. No está limitada a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. La función de los investigadores no solo es la de tabular datos, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información meticulosamente y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento. (35)

Transversal: Las variables del estudio en la determinación de los metales mencionados se medirán en un momento y tiempo definido.

Prospectivo: Las muestras se recolectarán después de la planeación. (35)

El estudio permite conocer la presencia y las concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo en las muestras de maní, almendra y nueces.

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

La población estuvo conformada por los puestos que comercializan estos frutos secos, Manís, almendras y nueces en el mercado de Caquetá, durante los meses de enero a julio del 2018.

2.2.2. Muestra y muestreo

Fueron recolectados de 05 puestos (100%) del mercado Caquetá tomando 250g de cada muestra, haciendo un total de 15 muestras para el análisis correspondiente, luego se almacenaron en bolsas de plástico ziploc, las que fueron rotulados y luego llevadas al laboratorio donde se determinaron los metales Plomo, Cadmio y Arsénico.

2.3. Variables de estudio

2.3.1. Variable Independiente.

VARIABLE (X)	DIMENSIONES	INDICADORES
Almendras	5 muestras de Almendras provenientes del mercado de Caquetá en enero a julio 2019	Almendras de 5 tiendas diferentes del mercado de Caquetá en enero a julio 2019
Nueces	5 muestras de Nueces provenientes del mercado de Caquetá en enero a julio 2019	Nueces de 5 tiendas diferentes del mercado de Caquetá en enero a julio 2019
Manís	5 muestras de Manís provenientes del mercado de Caquetá en enero a julio 2019	Manís de 5 tiendas diferentes del mercado de Caquetá en enero a julio 2019

2.3.2. Variable Dependiente

VARIABLE (Y)	DIMENSIONES	INDICADORES
Concentración de Plomo, Arsénico y Cadmio	Concentración en mg/Kg	Plomo: 0.80 mg/Kg para frutos secos (MERCOSUR)
		Arsénico: 0.80 mg/Kg para frutos secos (MERCOSUR)
		Cadmio: 0.2 mg/Kg para cacahuates (Legislación de metales pesados en Suiza.)

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnica analítica para la cuantificación de arsénico, cadmio y plomo

2.4.1.1. Preparación de la muestra

Se molieron y homogenizaron 100g de cada muestra por separado y se tomó 0,5g de cada fruto seco maní, nuez y almendra por separado y luego se trasvasó a un tubo de teflón para luego ser sometido a la acción del microondas para la destrucción de la materia orgánica y su posterior cuantificación de los elementos metálicos.

Todo el material de vidrio se limpió y acondicionó, después de su lavado con detergente Extran ácido fue enjuagado con ácido Nítrico al 5% y posteriormente con agua ultra pura y finalmente secado en estufa.

➤ Se pesó en la balanza analítica 0,5 g de cada muestra, bien homogenizada en tubo de teflón.

- Luego se le adicionó 6mL de Ácido Nítrico 65% Ultra puro más 1mL Ácido Clorhídrico Ultra puro 37% y 0,5mL de Agua oxigenada Ultrapura al 30%, se selló y se llevó al Digestor de Microondas a una potencia de 1600w, a un tiempo de 30 minutos y de 15 minutos de enfriamiento.
- Luego fueron transvasados a fioles de 25mL y enrasados con agua ultrapura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

2.4.1.2. Digestión Asistida por Microondas

Para el presente proceso se empleó un sistema de digestión asistida por microondas.

“Este tiene un fundamento que reside en que el agua contenida en cualquier sustancia orgánica o inorgánica absorbe con rapidez energía de las ondas. Las frecuencias de las microondas abarcan desde 10^9 hasta 10^{12} Hz. El campo eléctrico de una microonda puede hacer girar una molécula de agua en virtud de la carga eléctrica en su interior. Los electrones, de carga negativa, asociados a los átomos de hidrógeno, se desplazan hacia el átomo de oxígeno instados por la fuerte atracción que sienten hacia los ocho protones, cargados positivamente, que tiene el oxígeno. Este desplazamiento hace negativo el lado de la molécula correspondiente al oxígeno y positivo el del hidrógeno. Una carga así distribuida constituye un dipolo eléctrico. De este modo, aunque la molécula, en su conjunto, sea eléctricamente neutra, forma un campo eléctrico a su alrededor y puede girar por efecto de un campo eléctrico exterior. El momento dipolar es el producto de la carga neta en cada extremo por la separación entre ambas. Usualmente, los momentos dipolares del agua están orientados al azar. No obstante, si aparece un campo eléctrico se crea un momento de giro en cada molécula, obligándola a rotar para que coloque su momento dipolar paralelamente al campo. Constantemente, cada molécula de agua se ve agitada por el

movimiento térmico aleatorio de las circundantes. Dicho movimiento estocástico, llamado a veces movimiento browniano, está relacionado con la temperatura del agua. El calor comunica a las moléculas más energía cinética, de tal suerte que, en su movimiento aleatorio, colisionan con mayor violencia unas con otras produciéndose así un aumento de la temperatura. Sin duda posee dos grandes ventajas: de una parte, su rapidez (se digieren 8 muestras en 30 minutos) y por otra parte, al ser un sistema cerrado, evita la pérdida de elementos volátiles”. (36)

2.4.1.3. Espectrofotometría de Absorción Atómica

La determinación de los niveles de concentración de Cadmio y Plomo fue mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de grafito, mientras que, para el Arsénico se usó el Generador de Hidruros, lo cual nos permite una determinación cuantitativa de los metales mencionados. (37)

“En la espectroscopia de absorción atómica (AAS en sus siglas en inglés), los elementos como el analito se transforman en el estado libre atómico en un dispositivo de atomización con la adición de energía térmica. Estos átomos son capaces de absorber radiación específica según el elemento. Para ello, una lámpara específica del elemento con un cátodo hueco hecho con el elemento que se va a investigar se introduce en la trayectoria del haz de luz de un espectrómetro de absorción atómica con el atomizador y un detector. Dependiendo de la concentración del elemento investigado en la muestra, parte de la intensidad de radiación de la lámpara de cátodo hueco es absorbida por los átomos formados. Dos fotomultiplicadores miden la intensidad de la radiación no atenuada y de la radiación después de salir del dispositivo de atomización durante el suministro de una solución de muestra. La concentración del elemento en la muestra puede calcularse a partir de la diferencia entre las dos intensidades”. (37 p219)

2.4.1.4. Espectroscopia de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito (Pb y Cd)

“Es una de las formas de EAA de mayor sensibilidad (permite detectar concentraciones hasta 1000 inferiores que las detectables con llama), siendo por tanto muy útil en el análisis de ultra trazas. Otra gran ventaja es que se requiere muy poca cantidad de muestra (pocos microlitros, normalmente). La energía requerida para la atomización es obtenida mediante la diferencia de potencial eléctrico a través de un tubo de grafito dentro del cual ha sido depositada la muestra. El tubo está alineado con la luz procedente de la lámpara espectral. Así, el vapor atómico generado por la muestra cuando el horno está encendido, absorberá luz proveniente de la lámpara del elemento a determinar. En este caso, la señal de absorción es transitoria, en forma de pico, de tal modo que se eleva la concentración y posteriormente cae a medida que los átomos difunden fuera del horno. Existen 4 pasos fundamentales en la atomización:

- **Secado:** El disolvente es eliminado
- **Mineralización o Calcinación:** destruye la matriz orgánica
- **Atomización:** Aquí los átomos se llevan al estado fundamental
- **Barrido o limpieza:** elimina los restos que puedan quedar en el tubo”. (38 p123)

2.4.1.5. Espectroscopia de Absorción atómica con Generador de Hidruros (As)

“Los hidruros gaseosos de los metaloides son producidos en un frasco de reacción por la adición de un agente reductor como el borohidruro sódico, el cual genera hidrógeno nascente en contacto con ácidos. Los hidruros gaseosos e hidrógeno producidos, son llevados por un gas inerte como el argón hacia una celda de cuarzo, alineada en el paso óptico del espectrofotómetro de absorción atómica. La celda debe ser calentada para algunos elementos (por ejemplo, el arsénico) aproximadamente a 800°C, sin embargo, no precisa dicho calentamiento para otros (por ejemplo, el mercurio). En este último

caso se habla de Técnica de Vapor Frío. El vapor de la muestra es atomizado y llevada por un gas inerte de arrastre hacia la celda de cuarzo, se genera una señal en forma gaussiana, cuya altura es proporcional a la cantidad del analito en la muestra problema. Actualmente existen sistemas automatizados de inyección en flujo continuos (FIAS)". (38 p36)

2.4.1.6. Determinación de Arsénico, Cadmio y Plomo

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

2.4.2. Instrumentos

2.4.2.1. Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica con sistema de doble Haz - modelo ANALYST 600 Perkin Elmer.
- FIAS Sistema de Generación de Hidruros Perkin Elmer.
- Campana extractora Labconco.
- Balanza eléctrica Sartorius de sensibilidad 0,0001g.
- Equipo nano puré para agua ultra pura.
- Digestor Asistido Microondas Mars 6.
- Lámpara de Cátodo para Arsénico.
- Lámpara de Cátodo para Plomo.
- Lámpara de Cátodo para Cadmio.

2.4.2.2. Reactivos

- Agua ultra pura Tipo I
- Ácido nítrico ultra puro 65%

- Ácido clorhídrico ultra puro 37%.
- Peróxido de hidrogeno 30%. Ultra puro.
- Solución estándar de Arsénico 1000ug/mL en HNO₃ 1%
- Solución estándar de Plomo 1000ug/mL en HNO₃ 1%
- Solución estándar de Cadmio 1000ug/mL en HNO₃ 1%.
- Boro hidruro de sodio Ultrapuro.
- Ioduro de potasio Q.P.
- Octanol Q.P.
- Bolsas ziploc.

2.4.2.3. Materiales

- Pipetas de 5mL y 10 mL.
- Beaker vidrio Borosilicato clase A de 1000mL y 500 mL.
- Fiola vidrio Borosilicato clase A de 25mL y 100 mL.
- Papel Whatman 0,45u.
- Matraz vidrio Borosilicato clase A aforado de 100 mL.
- Matraz vidrio Borosilicato clase A de 100mL.
- Pipetas automáticas de 100uL – 1000uL.
- Pipetas automáticas de 500uL – 5000uL.
- Tips de 100uL – 1000uL.
- Tips de 500uL – 5000uL.

2.5. Proceso de recolección de datos

Los programas usados en la investigación: Excel o SPSS. Finalmente se procederá a la interpretación de los datos para plasmarlos en el Informe de la Tesis como resultado de la investigación.

2.6. Métodos de análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron comparados con los límites máximos permitidos por las normas del MERCOSUR y la Legislación Suiza, obteniéndose porcentajes de los que superaron o no superaron estas normas.

III. RESULTADOS

3.1. PARÁMETROS DE LECTURA PARA PLOMO POR HORNO DE GRAFITO

Tabla 1. Parámetros del instrumento – Horno Grafito para plomo

Parámetros de Instrumento	
Tipo de Sistema	Horno
Elemento	Pb
Matriz	Ácido Fosfórico 0,1%.
Corriente de Lámpara	5.00mA
Longitud de Onda	283.30nm
Ancho de corte	0.50nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Parámetros de calibración para plomo

Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Concentración	ppb
Punto decimal de Concentración	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Continuar
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Autoguardar método después de cal.	No

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Parámetros de medición de muestras para plomo.

Modo de Medición	Área máxima.
Introducción de Muestras	Automático
Constante de Tiempo	0.00
Replicas	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Datos curva de calibración lineal a través de cero para plomo.

Muestra Etiquetada	Concentración Pb (ppb)	Media Absorbancia
Cal Blanco	-----	0.0000
Estándar 1	25.00	0.0551
Estándar 2	50.00	0.1110
Estándar 3	75.00	0.1689
Estándar 4	100.00	0.2230

Fuente: Elaboración propia

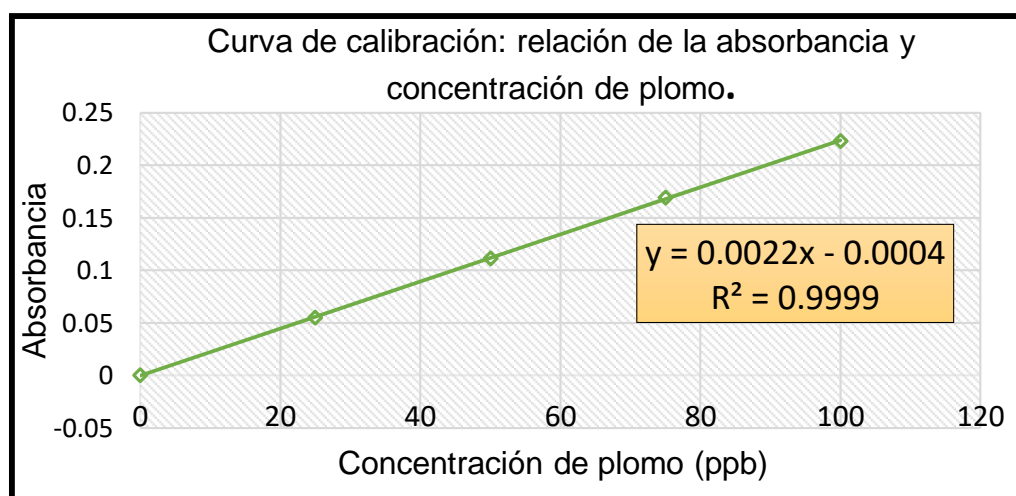


Figura 3. Curva de calibración de plomo

3.2. PARÁMETROS DE LECTURA PARA CADMIO

Tabla 5. Parámetros del instrumento – Horno Grafito para cadmio

Parámetros de instrumento	
Tipo de Sistema	Horno
Elemento	Cd
Matriz	Ácido Fosfórico 0,1%.
Corriente de Lámpara	3.00mA
Longitud de Onda	228.80nm
Ancho de corte	2.00 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Parámetros de calibración para cadmio

Parámetros de calibración	
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Concentración	ppb
Punto decimal de Concentración	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Continuar.
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Autoguardar método después de cal.	Si

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Parámetros de medición de muestra para cadmio.

Parámetros de medición de muestra	
Modo de Medición	Área máxima.
Introducción de Muestras	Automático
Constante de Tiempo	0.00
Replicas	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Datos curva de calibración lineal a través de cero para cadmio.

Muestra Etiquetada	Concentración Cd (ppb)	Media Absorbancia
Cal. Blanco	-----	0.0000
Estándar 1	0.25	0.0438
Estándar 2	0.50	0.0897
Estándar 3	0.75	0.1333
Estándar 4	1.00	0.1802

Fuente: Elaboración propia

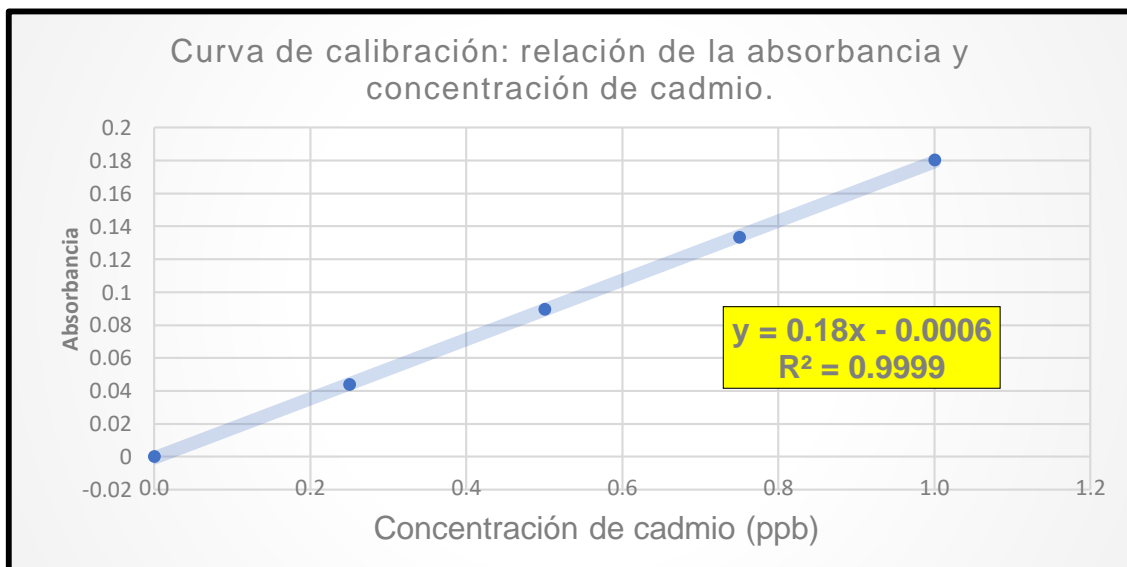


Figura 4. Curva de calibración de cadmio

3.3. PARÁMETROS DE LECTURA PARA ARSÉNICO

Tabla 9. Parámetros del instrumento – Generador de hidruros para arsénico

Parámetros de instrumento	
Tipo de Sistema	Generación de Hidruros (FIAS).
Elemento	As
Matriz	HCl 30%
Corriente de Lámpara	8.00mA
Longitud de Onda	193.70nm
Ancho de corte	2.00 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Encender Abs. BC

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Parámetros de calibración para arsénico

Parámetros de calibración	
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Concentración	ppb
Punto decimal de Concentración	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Parar
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Autoguardar método después de cal.	Si
Modo de Medición	Integración
Introducción de Muestras	Manual.
Constante de Tiempo	0.00 s
Replicas	3
Tipo de Flama	Aire- Acetileno
Combustible	1.100 l/min
Flujo de Aire	11.10
Angulo de Quemador	0.00 °

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Datos curva de calibración lineal a través de cero para arsénico

Muestra Etiquetada	Concentración As (ppb)	Media Absorbancia
Cal. Blanco	-----	0.0000
Estándar 1	2.50	0.142
Estándar 2	5.00	0.284
Estándar 3	7.50	0.424
Estándar 4	10.00	0.567

Fuente: Elaboración propia

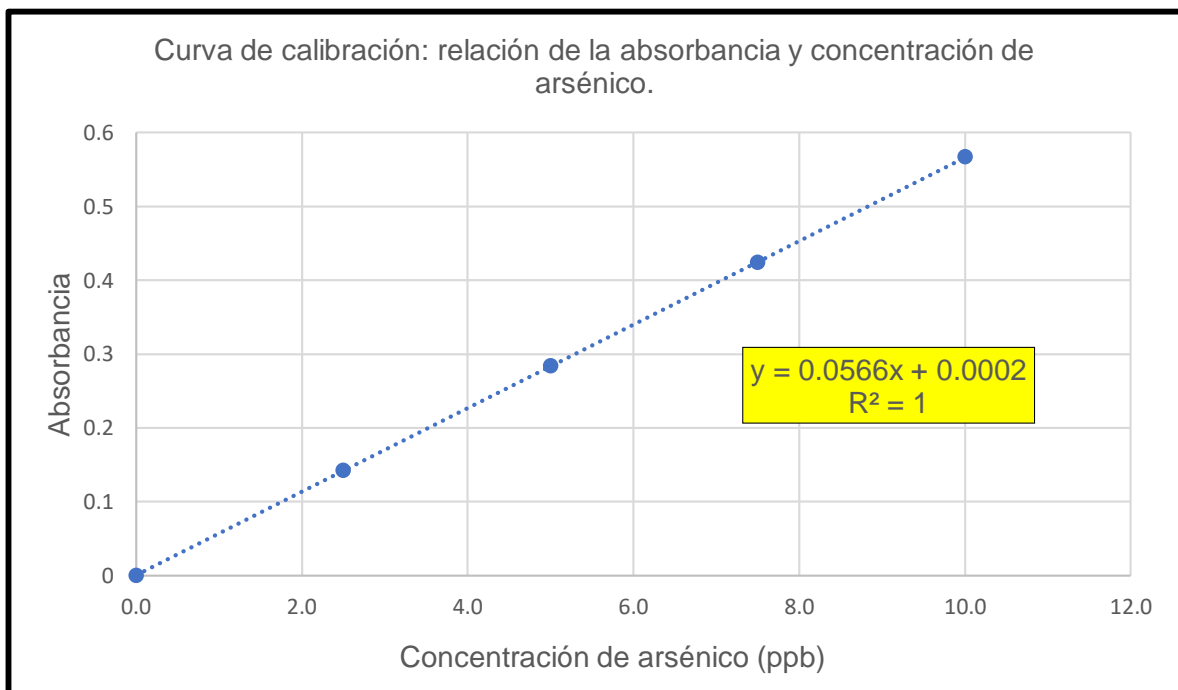


Figura 5. Curva de calibración de Arsénico

Tabla 12. Resultados de Arsénico, Cadmio, y Plomo en las muestras de Almendras, Manís y nueces comercializados en el mercado de Caquetá

Metales Pesados	Concentración Promedio (mg/Kg)			Límite Máximo Permisible (mg/Kg)		
	Almendra	Maní	Nuez	Almendra	Maní	Nuez
Arsénico	0,56	0,72	0,52	0,80	0,80	0,80
Cadmio	0,15	0,19	0,09	0,20	0,20	0,20
Plomo	0,72	0,66	0,80	0,80	0,80	0,80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Concentración promedio de Arsénico, Cadmio y Plomo en muestras de Frutos secos (Almendra, nuez y maní) con el Límites máximos permisibles.

Código	Arsénico (Mg/Kg)			Cadmio (Mg/Kg)			Plomo (Mg/Kg)		
	Almendra	Maní	Nuez	Almendra	Maní	Nuez	Almendra	Maní	Nuez
Muestra 01	0,66	0,82	0,33	0,26	0,21	0,09	0,66	0,45	0,88
Muestra 02	0,45	0,74	0,32	0,08	0,26	0,08	0,57	0,58	0,92
Muestra 03	0,66	0,59	0,74	0,11	0,18	0,19	0,84	0,59	0,44
Muestra 04	0,39	0,77	0,78	0,05	0,16	0,05	0,77	1,11	0,96
Muestra 05	0,66	0,68	0,43	0,26	0,14	0,05	0,74	0,59	0,82
Promedio	0,56	0,72	0,52	0,15	0,19	0,09	0,72	0,66	0,80
D.S.	0,13	0,09	0,22	0,10	0,05	0,06	0,10	0,26	0,21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Datos estadísticos de los valores de Arsénico hallados en las muestras de Frutos secos comercializados en el mercado de Caquetá.

Datos estadísticos para valores de Arsénico (mg/kg)			
Datos Estadísticos	Almendra	Maní	Nuez
Media	0,56	0,72	0,52
Error típico	0,048620983	0,03235223	0,08169047
Mediana	0,61	0,73	0,47
Moda	0,66	-	-
Desviación estándar	0,119096599	0,07924645	0,20009998
Varianza de la muestra	0,014184	0,00628	0,04004
Coefficiente de asimetría	-0,727302792	-0,67997178	0,47314011
Rango	0,27	0,23	0,46
Mínimo	0,39	0,59	0,32
Máximo	0,66	0,82	0,78
Suma	3,38	4,32	3,12
Cuenta	6	6	6
Nivel de confianza (95,0%)	0,12	0,08	0,21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Datos estadísticos de los valores de Cadmio hallados en las muestras de Frutos secos comercializados en el mercado de Caquetá.

Datos Estadísticos para valores de Cadmio (mg/kg)			
Datos Estadísticos	Almendra	Maní	Nuez
Media	0,15	0,19	0,09
Error típico	0,045099889	0,020976177	0,025768197
Mediana	0,11	0,18	0,08
Moda	0,26	-	0,05
Desviación estándar	0,100846418	0,046904158	0,057619441
Varianza de la muestra	0,01017	0,0022	0,00332
Coefficiente de asimetría	0,410683196	0,799502686	1,723502119
Rango	0,21	0,12	0,14
Mínimo	0,05	0,14	0,05
Máximo	0,26	0,26	0,19
Suma	0,76	0,95	0,46
Cuenta	5	5	5
Nivel de confianza (95,0%)	0,12	0,06	0,07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Datos estadísticos de los valores de Plomo hallados en las muestras de Frutos secos comercializados en el mercado de Caquetá.

Datos estadísticos para valores de Plomo (mg/kg)			
Datos Estadísticos	Almendra	Maní	Nuez
Media	0,71	0,66	0,80
Error típico	0,04654031	0,11461239	0,093893557
Mediana	0,74	0,59	0,88
Moda	-	0,59	-
Desviación estándar	0,10406729	0,256281096	0,209952376
Varianza de la muestra	0,01083	0,06568	0,04408
Coefficiente de asimetría	-0,4472744	1,918729762	-1,91020764
Rango	0,27	0,66	0,52
Mínimo	0,57	0,45	0,44
Máximo	0,84	1,11	0,96
Suma	3,58	3,32	4,02
Cuenta	5	5	5
Nivel de confianza (95,0%)	0,13	0,32	0,26

Fuente: Elaboración propia

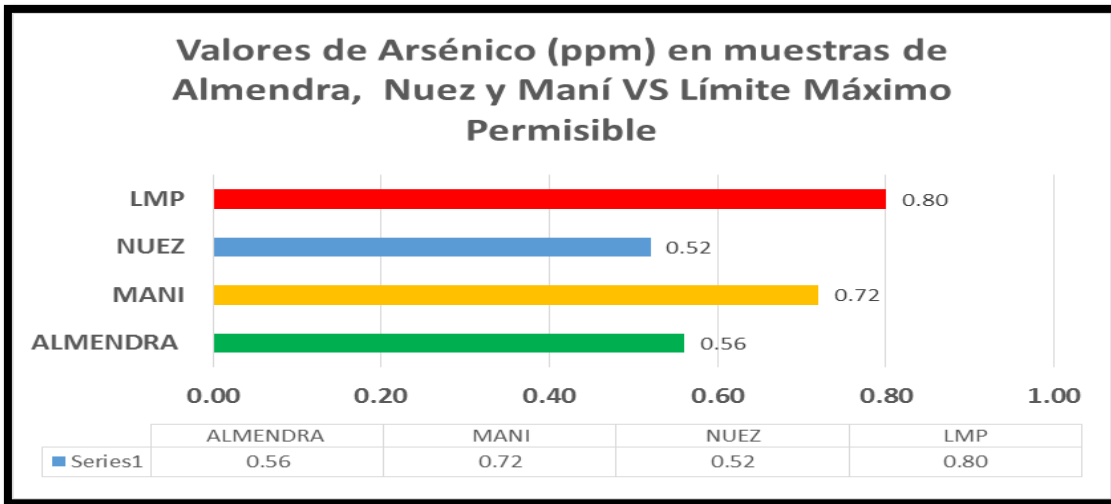


Figura 6. Resultados de valor promedio de Arsénico hallados en muestras de Almendra, Nueces y Manís comercializadas en el mercado de Caquetá comparados con el Límite máximo permisible.

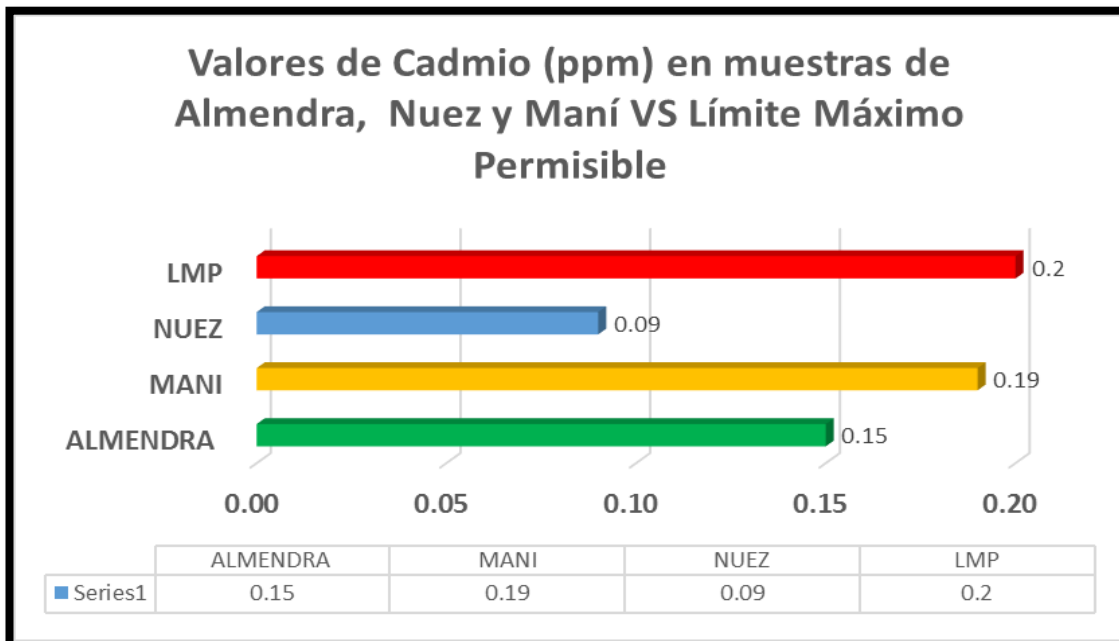


Figura 7. Resultados de valor promedio de Cadmio hallados en muestras de Almendra, Nueces y Manís comercializadas en el mercado de Caquetá comparados con el Límite máximo permisible.

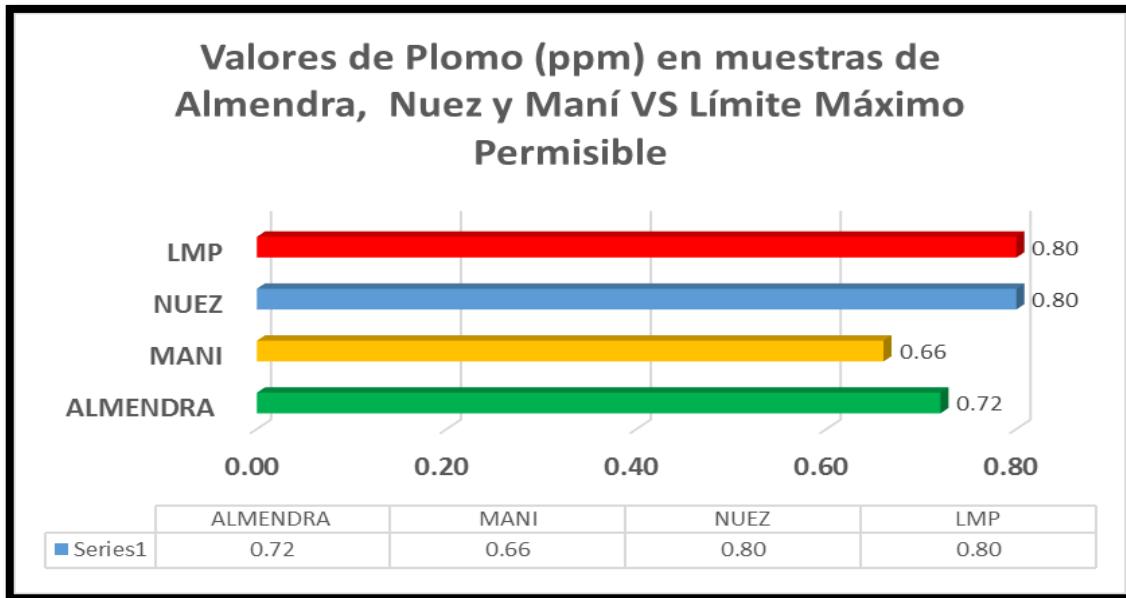


Figura 8. Resultados de valor promedio de Plomo hallados en muestras de Almendra, Nueces y Manís comercializadas en el mercado de Caquetá comparados con el Límite máximo permisible.

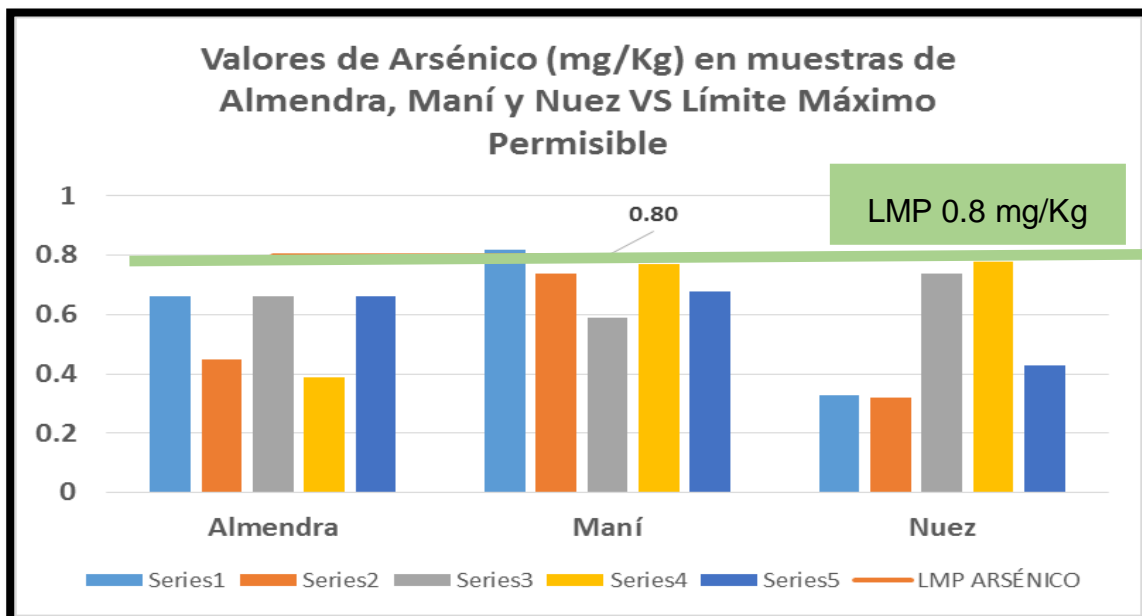


Figura 9. Resultados de Arsénico hallados en muestras de Almendra, Maní y Nuez comercializados en el mercado de Caquetá y comparación con Límite máximo permisible.

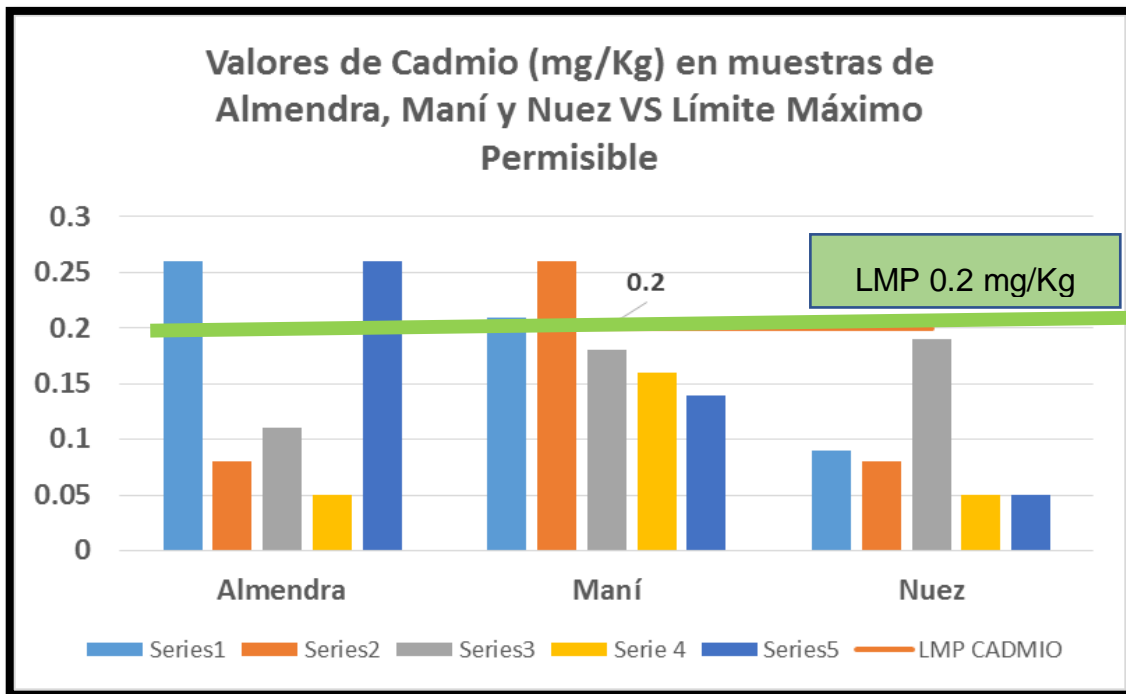


Figura 10. Resultados de Cadmio hallados en muestras de Almendra, Maní y Nuez comercializados en el mercado de Caquetá y comparación con Límite máximo permisible.

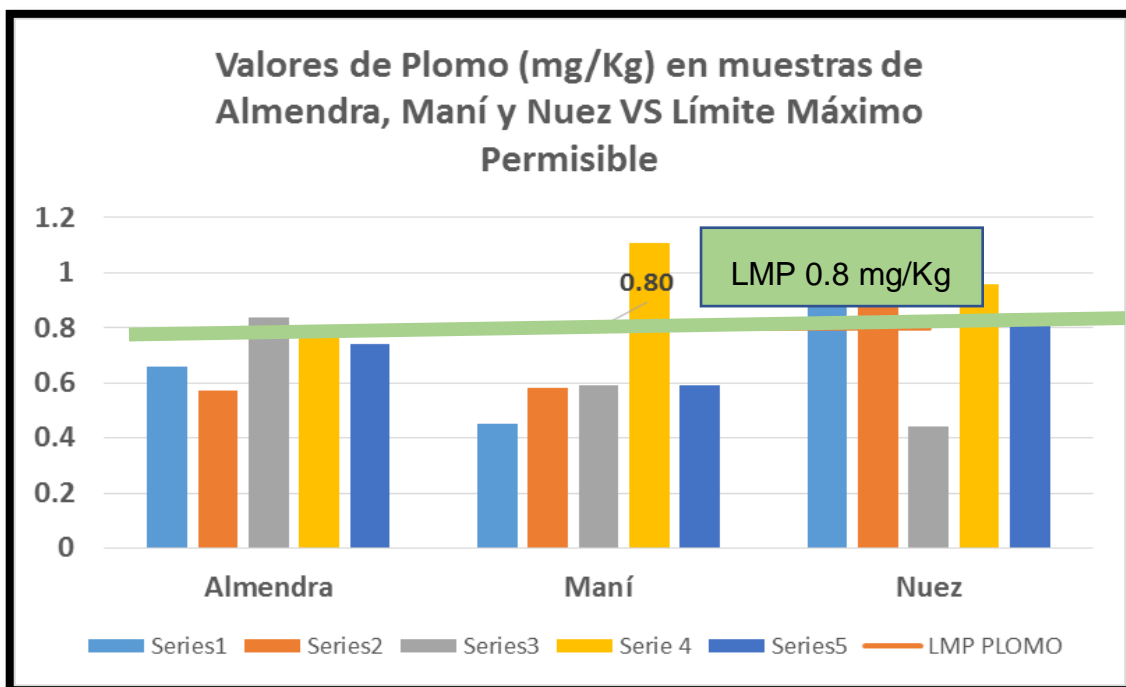


Figura 11. Resultados de Plomo hallados en muestras de Almendra, Maní y Nuez comercializados en el mercado de Caquetá y comparación con Límite máximo permisible.

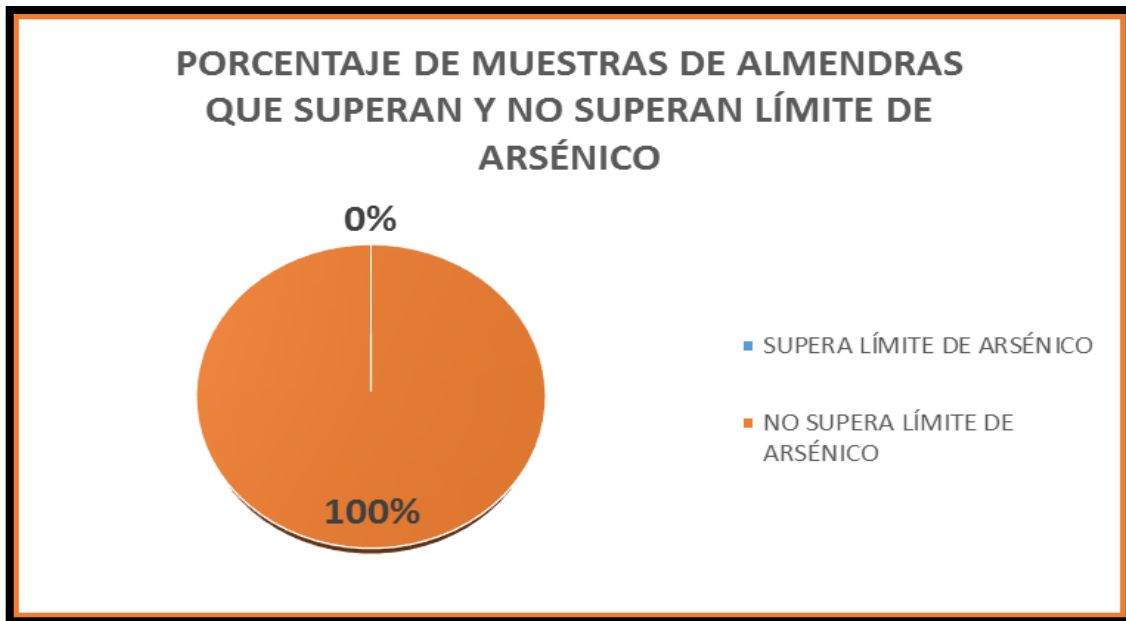


Figura 12. Porcentaje de muestras de Almendras que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Arsénico.

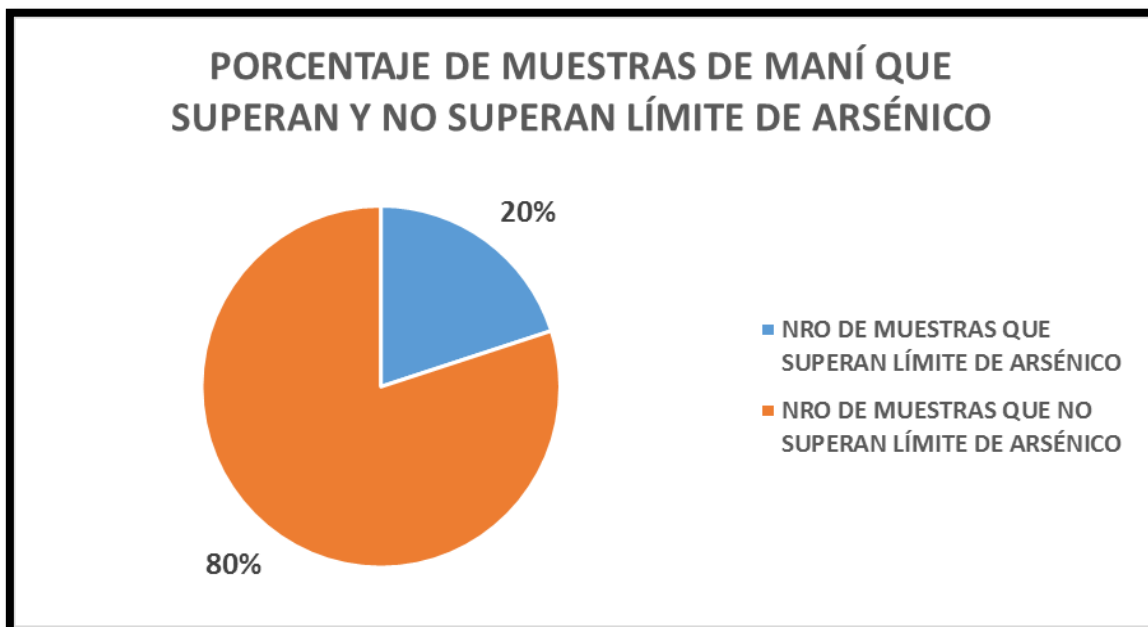


Figura 13. Porcentaje de muestras de Maní que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Arsénico.

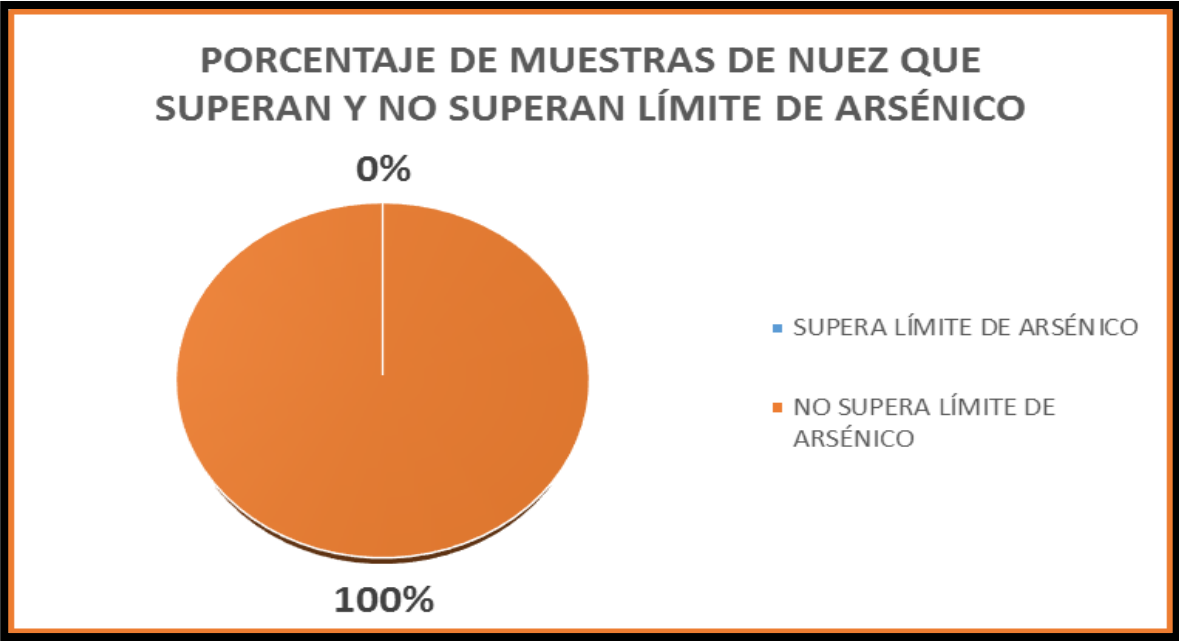


Figura 14. Porcentaje de muestras de Nuez que superan y no superan el Límite Máximo Permissible de Arsénico.

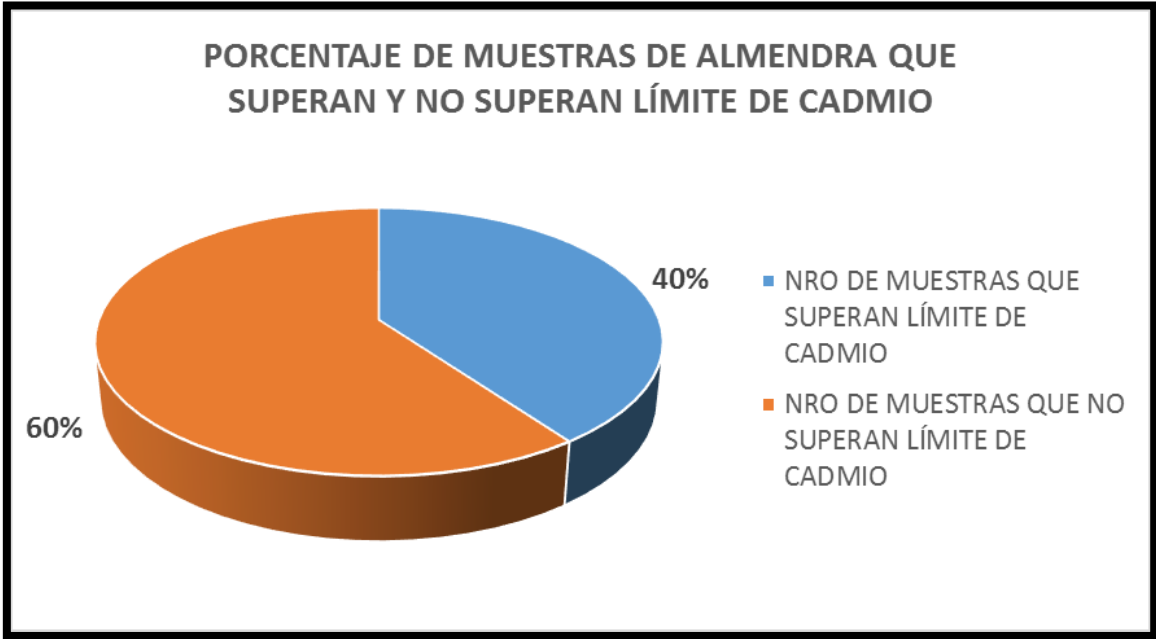


Figura 15. Porcentaje de muestras de Almendra que superan y no superan el Límite Máximo Permissible de Cadmio.

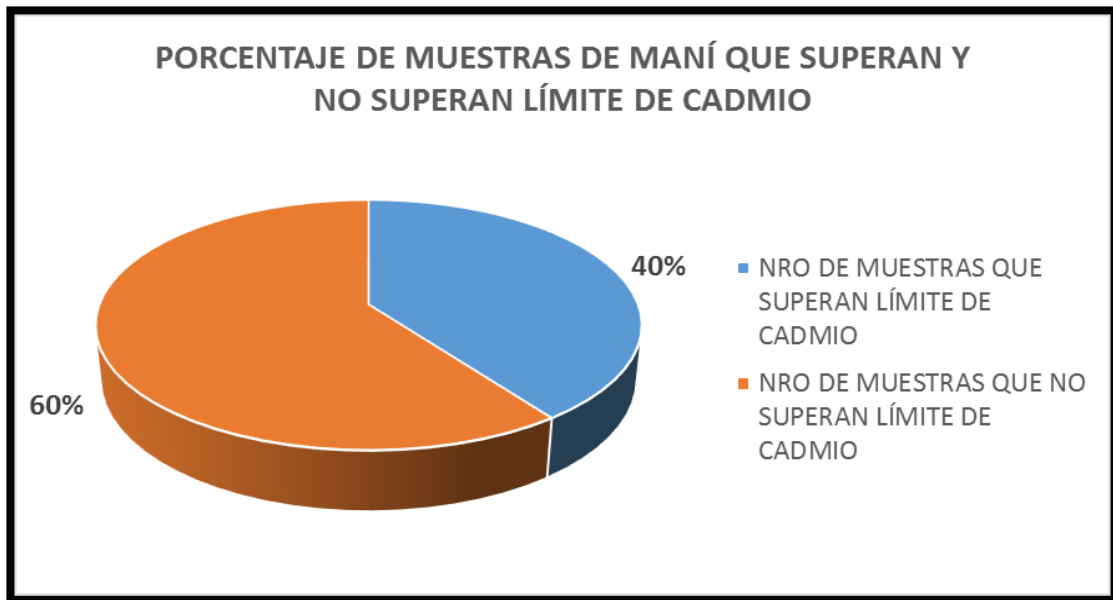


Figura 16. Porcentaje de muestras de Maní que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Cadmio.

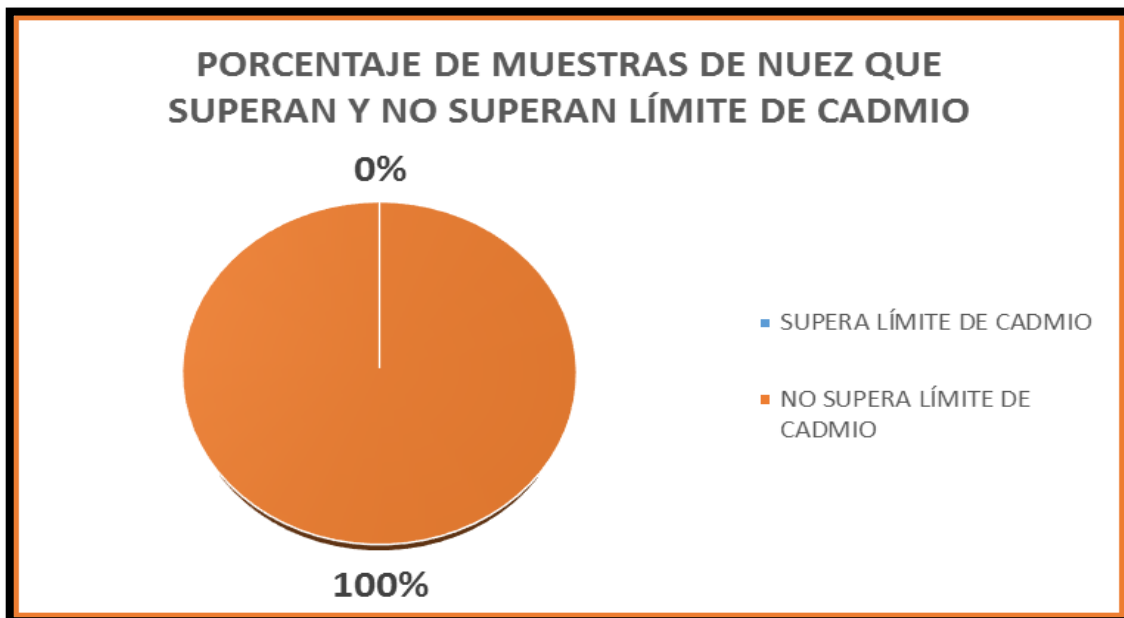


Figura 17. Porcentaje de muestras de Nuez que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Cadmio.

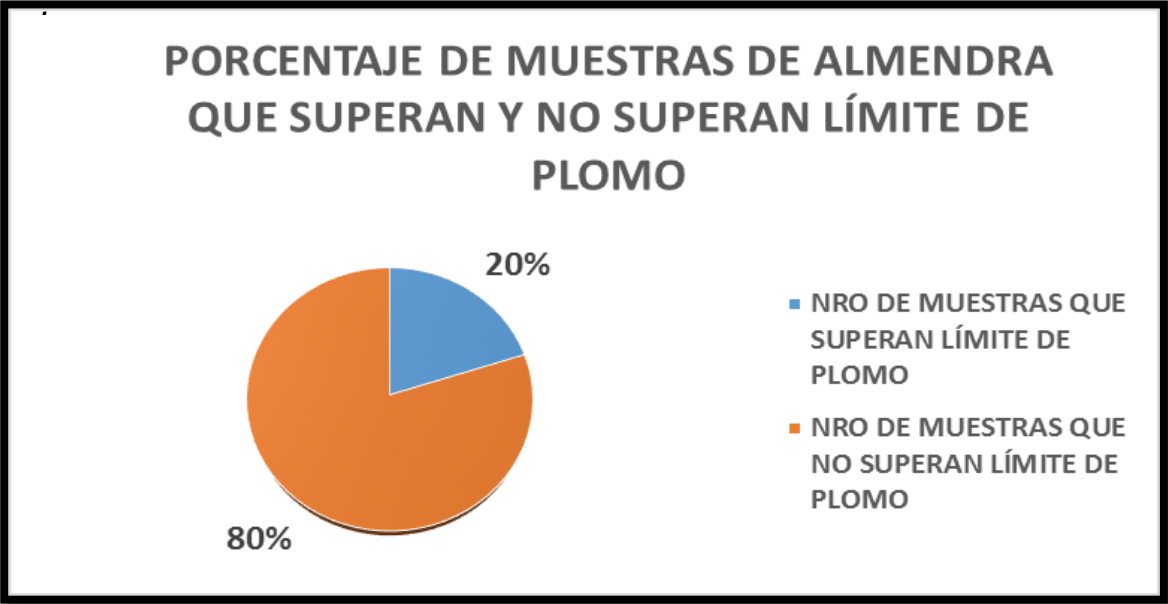


Figura 18. Porcentaje de muestras de Almendra que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Plomo.

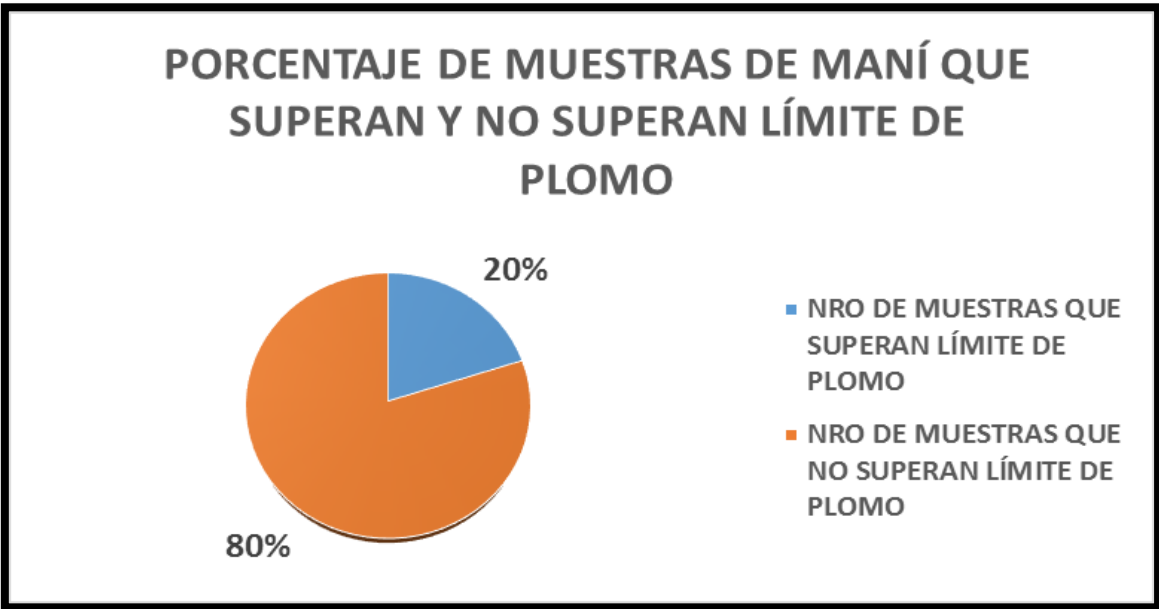


Figura 19. Porcentaje de muestras de Maní que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Pb

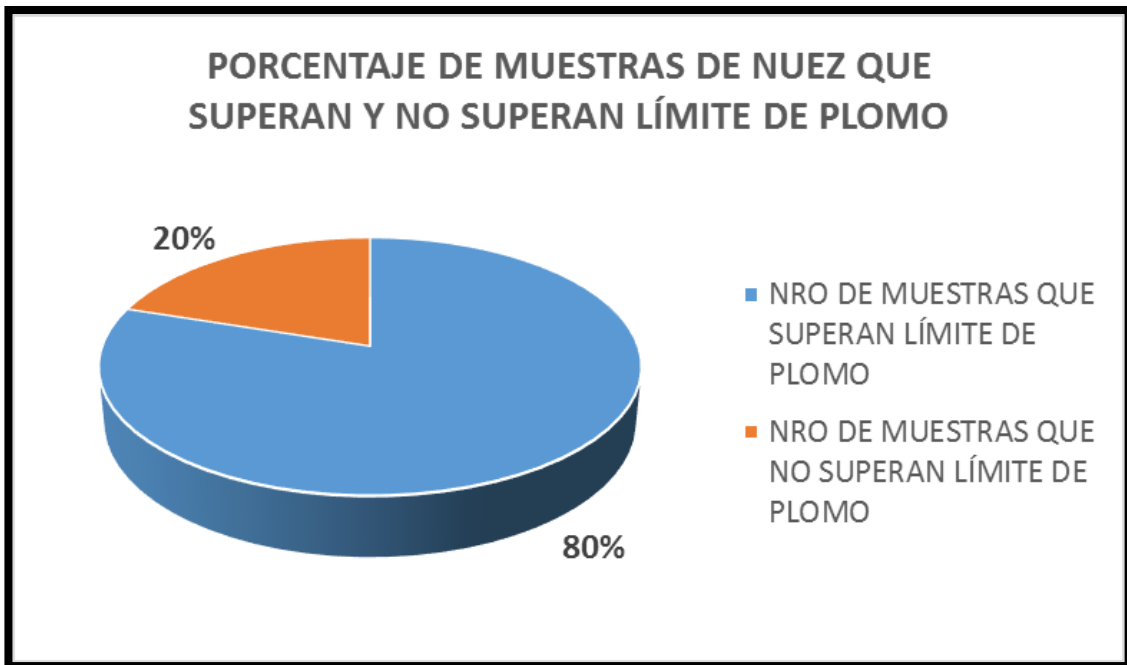


Figura 20. Porcentaje de muestras de Nuez que superan y no superan el Límite Máximo Permisible de Pb

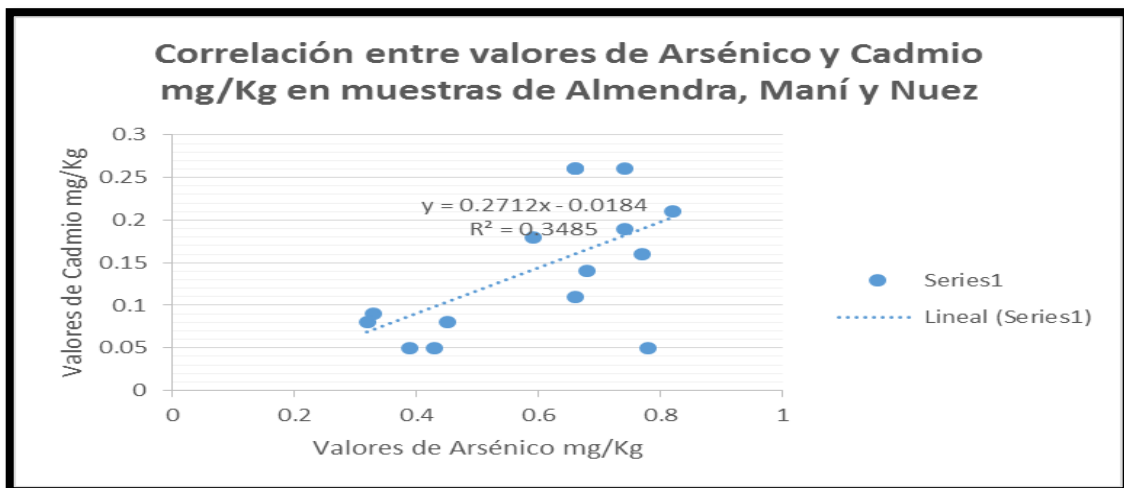


Figura 21. Correlación entre los valores de Cadmio y Arsénico en muestras de Almendra, Maní y Nuez.

Coefficiente de correlación: 0.59

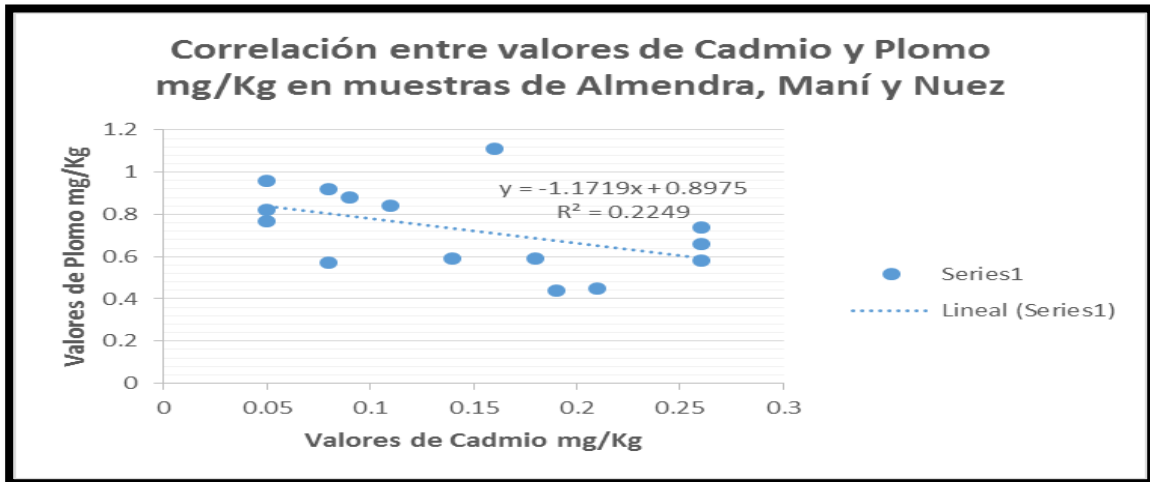


Figura 22. Correlación entre los valores de Cadmio y Plomo en muestras de Almendra, Maní y Nuez

Coefficiente de correlación: -0.47

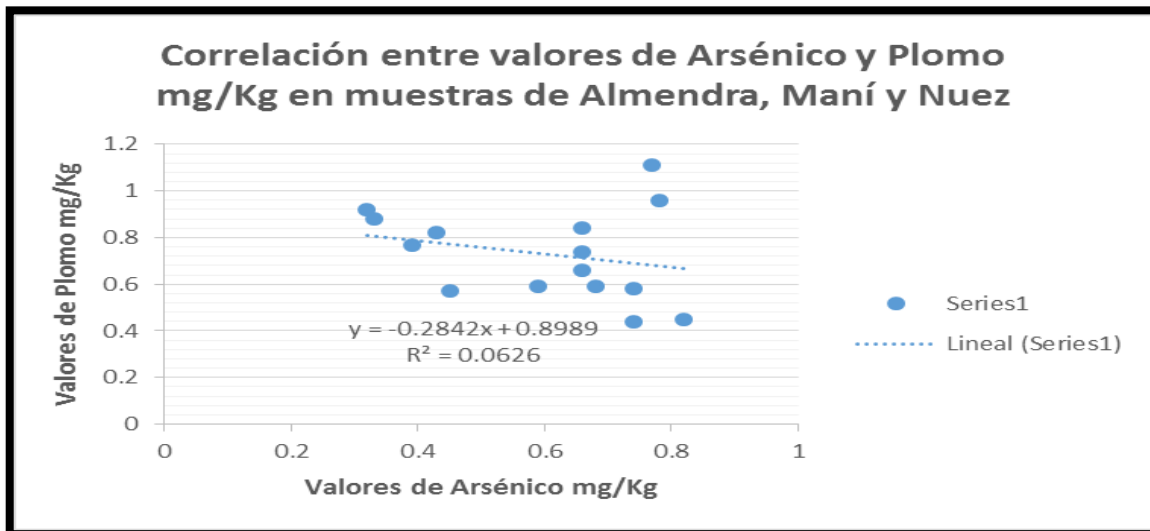


Figura 23. Correlación entre los valores de Arsénico y Plomo en muestras de Almendra, Maní y Nuez.

Coefficiente de correlación: -0.25

IV. DISCUSIÓN

4.1. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la concentración de Arsénico, Cadmio y Plomo en las muestras de frutos secos: almendra, nuez y maní comercializados en el mercado de Caquetá de enero a julio 2019 Lima Metropolitana, fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por MERCOSUR y la Legislación de metales pesados en Suiza.

Para el Arsénico según la tabla N°1.se determinó que en las 15 muestras hay presencia de este metal, pero sólo en una muestra de maní se encuentra un valor superior al límite máximo establecido (0.80 mg/kg). El valor promedio de Arsénico es de 0.52 mg/kg para nuez, 0.72mg/kg para maní y 0.56 mg/kg para almendra, ningún valor promedio supera el valor límite máximo por el MERCOSUR.

Para el Cadmio la tabla N°1.se determinó que en las 15 muestras hay presencia de este metal, y en 2 muestras de almendra y maní se supera el límite establecido (0.2 mg/Kg). El valor promedio de Cadmio es de 0.09 mg/kg para nuez, 0.19 mg/kg para maní y 0.15 mg/kg para almendra, ningún valor promedio supera el valor límite máximo por la Legislación de metales pesados en Suiza.

Para el Plomo la tabla N° 1 se determina que en las 15 muestras hay presencia de este metal, y en 05 muestras se encuentra un valor superior al límite establecido (0.80 mg/kg). El valor promedio de Plomo es de 0.80mg/kg para nuez, 0.66mg/kg para maní y 0.72mg/kg para almendra, uno de los valores se encuentra al valor límite máximo permisible y dos no superan el valor límite máximo por el MERCOSUR.

En el año 2015, **Yin Lian y Col**, determinan el contenido del mineral en nueces comestibles, y evalúan la seguridad alimentaria de las nueces del mercado de Beijing, los niveles de Li, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Se, Rb,Sr, Mo, Cd, Cs, Ba, Pb, Th y U en 11 tipos de nueces y semillas comestibles (nueces de macadamia, nueces de loto, pistachos, semillas de girasol, piñones, almendras, nueces, castañas, avellanas, anacardos y ginkgo frutos secos),

así como pasas fueron determinadas por inducción de plasma espectrometría de masas (ICP-MS), los resultados de los valores obtenidos para arsénico 0.15mg/kg -0.33mg/kg, para cadmio 0.04mg/kg – 0.13mg/kg y plomo con valor promedio de 0.18mg/kg en comparación con los resultados de nuestra investigación fueron de 0.32mg/kg - 0.78 mg/kg para arsénico, 0.05mg/kg – 0.19mg/kg para cadmio y el valor promedio de las 5 muestras para plomo fue de 0.80mg/kg.

Entre los resultados de arsénico y cadmio existe una relación de los valores encontrados, pero para el caso de plomo en nuestro resultado promedio fue mucho mayor 0.80mg/kg encontrándose en el límite máximo permisible establecidos por el MERCOSUR.

En el año 2016 Çolak y col publicaron la evaluación cuantitativa de cadmio en las hojas de las especies Nuez (*Juglans regia*) y Membrillo (*Cydonia oblonga*) colectadas en veinte lugares diferentes de las carreteras D-100 de Turquía , el objetivo fue determinar la concentración de cadmio, producidos por el tráfico vehicular, mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente las muestras fueron recolectadas entre 50 y 500 m de distancia de 20 árboles (10 nogales y 10 membrillos) los resultados de las hojas previamente lavadas fueron de 0.04mg/kg – 0.11mg/kg y detectaron 0.18mg/kg de cadmio en la atmosfera siendo el resultado más sobresaliente de 0.10165 mg/kg en una de las muestras de las hojas.

En nuestra investigación los valores encontrados en las 5 muestras de las nueces fueron de 0.05mg/kg – 0.19mg/kg con un valor promedio de 0.09mg/kg para cadmio, la existencia del metal guarda relación con los valores hallados siendo una de las posibles causas de contaminación del fruto, como el humo de los carros donde se cosechen los frutos, el traslado o el tiempo de exposición del fruto en el mercado de Caquetá.

En el año 2015 Mohammadpourfard y col. publicaron la evaluación cuantitativa de cromo, níquel, arsénico, cadmio, mercurio, plomo, antimonio, estaño, estroncio y aluminio en aceite esencial de la semilla de albaricoque (*Prunus armeniaca*) provenientes de Marand, Maraghe, Osku y Bonab de Irán y de almendras (*Prunus amygdalus*, sinónimo de *P. dulcis*) proveniente de Osku y Bonab también de Irán mediante espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), determinaron que en el aceite de albaricoque notables datos de presencia de metales tóxicos como 721.72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Al, 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Cd, 18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Pb, 14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para As y <1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Hg. Además, el promedio de metales pesados detectados en muestras de aceite de almendras fue como sigue; 1019.73 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Al, 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Cd, 21 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Pb y 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para As y < 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para Hg.

En comparación con nuestro estudio en dos de las muestras analizadas de la semilla de albaricoque y almendras hubo presencia del plomo al igual que nuestras muestras 0.84mg/kg para almendras y en nueces (0.88mg/kg, 0.92mg/kg, 0.96mg/kg y 0.82mg/kg), los valores encontrados difieren por los equipos utilizados, la importancia es la presencia del metal y así poder tomar decisiones para evitar la acumulación de los metales en el cuerpo humano.

El análisis de varianza demuestra que no hay varianza significativa, al 95% de confianza; en los resultados de concentraciones de Arsénico, Cadmio, y Plomo en las muestras de nuez, maní y almendra.

En la figura 21: se observa que los resultados del coeficiente de correlación entre Arsénico y Cadmio en muestras de almendra, maní y nuez es 0.59, lo que indica que existe una relación positiva entre las variables.

En la figura 22: se observa que los resultados del coeficiente de correlación entre Cadmio y Plomo en muestras de almendra, maní y nuez es -0.47, lo que indica que existe una relación negativa en una de las variables.

En la figura 23: se observa que los resultados del coeficiente de correlación entre Arsénico y Plomo en muestras de almendra, maní y nuez es -0.25, lo que indica que existe una relación negativa en una de las variables.

4.2. CONCLUSIONES

- El valor promedio del arsénico para nuez 0.52mg/kg, 0.72mg/kg para maní, 0.56mg/kg para almendra, ninguno supera el límite máximo permisible dado por el Mercosur de 0.80mg/kg, solo el 20% del maní supera el límite máximo permisible.
- El valor promedio del cadmio para nuez 0.09mg/kg, 0.19mg/kg para maní, 0.15mg/kg para almendra, ninguno supera el límite máximo permisible dado por la legislación de metales pesados en Suiza de 0.20mg/kg, y solo el 40% de almendra y maní superan el límite máximo permisible.
- El valor promedio del plomo para nuez 0.80mg/kg, 0.66mg/kg para maní, 0.72mg/kg para almendra, ninguno supera el límite máximo permisible dado por el Mercosur de 0.80mg/kg, y solo el 80% de nuez, 20% de almendra y maní superan el límite máximo permisible.
- En cuanto a la correlación de la presencia de Arsénico, Cadmio y Plomo en las muestras de estos frutos secos, hay una mediana correlación entre la presencia de Arsénico y Cadmio (coeficiente de correlación es 0.59), Cadmio y Plomo (coeficiente de correlación es -0.47) y Arsénico y Plomo (coeficiente de correlación es -0.25)
- En los gráficos 21, 22 y 23 muestra la correlación entre los metales donde aplicando el coeficiente de correlación se obtuvo los valores de: As. – Cd (positivo), Cd – Pb (Negativo) y As – Pb (Negativo)

4.3. RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos demuestran que los valores de metales pesados cumplen con los límites establecidos, pero es necesario que continúen investigaciones adicionales en otro tipo de frutos secos, ya sea de venta a granel o productos envasados con marca.
- Dar a conocer estos resultados, para futuros estudios que puedan realizarse en otros alimentos del consumo humano y pueda ser controlado el consumo de los alimentos
- Se debería implementar una Norma Técnica en el Perú, que fiscalice los productos de consumo humano, con la finalidad de reducir el riesgo de acumulación de metales pesados en los seres humanos.
- Se deberían controlar aquellas personas que consumen con frecuencia estos productos, analizando matrices como sangre, cabello, orina, uñas en niveles de arsénico, cadmio y plomo, permitiendo conocer si existe niveles de exposición de estos metales que perjudiquen la salud humana.

CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hayes D, Angove M, Tucci J, Dennis C. Walnuts (*Juglans regia*) Chemical Composition and Research in Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016; 56(8): p. 1231-1241.
2. Delaviz H, Mohammadi J, Ghalamfarsa G, Farhadi N. A Review Study on Phytochemistry and Pharmacology Applications of *Juglans Regia* Plant. *Pharmacogn Rev*. 2017 July; 11(22): p. 145-152.
3. Reyes Y, et al. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 2016 Julio - Diciembre; 16(2): p. 66-77.
4. OMS. Nigeria: intoxicación masiva por plomo debido a actividades mineras en el Estado de Zamfara. 2011.
5. Astete J, et al. INTOXICACIÓN POR PLOMO Y OTROS PROBLEMAS DE SALUD EN NIÑOS DE POBLACIONES ALEDAÑAS A RELAVES MINEROS. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2009; 26(1): p. 15-19.
6. Nava C, Méndez M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*. 2011 Julio-Septiembre; 16(3): p. 140-147.
7. Alzogaray R. *Intramed-Medicina general*. [Online].; 2009 [cited 2020 Marzo 16. Available from: <https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoid=61751>.
8. Smith A, Lingas E, Rahman M. Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization*. 200; 78(9).

9. Banerjee M, et al. High arsenic in rice is associated with elevated genotoxic effects in humans. *Scientific Reports*. 2013 July 22; 3: p. 2195.
10. Purushotham D, Mehnaz R, Mahjoor A, Narsing A, Shakeel A, Agaiah E, et al. Environmental impact assessment of air and heavy metal concentration in groundwater of Maheshwaram watershed, ranga reddy district, Andhra Pradesh. *Journal of the Geological Society of India*. 2013 Marzo; 81(13): p. 385-396.
11. Singh A, Kumar R, Agrawal M, Maeshal F. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*. 2010; 51(28): p. 375-387.
12. Muñoz F, Navarro C. Flora Iberica plantas vasculares de la península ibéricas e islas baleares. *Flora Iberica*. 2012;; p. 1-10.
13. Blanca G, Diaz de la Guardia C. Flora Iberica plantas vasculares de la península ibéricas e islas baleares. *Flora iberica*. 2012;; p. 44-466.
14. Asociacion NATURLAND. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Mani (Cacahuete). *Naturland*. 2000.
15. Nordberg M, Fowler B, Nordberg M, Friberg L. Handbook on the toxicology of metals. In. Oxford: Academic Press; 2015. p. 1422.
16. Liang Y, Qing T, Xian S, Xiang K, Yan J. Determination of Trace Elements in Edible Nuts in the Beijing Market by ICP-MS. *Biomed Environ Sci*. 2015; 28(6): p. 449-454.
17. Padilla D. Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca del Río Santa Eulalia: tramos quebrada Paccha y Llancash. Tesis. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2007.

18. Tchounwou P, Yedjou C, Patlolla A, Sutton D. Heavy Metal Toxicity and the Environment. *Clinical and Environmental Toxicology*. 2012;; p. 133-164.
19. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). La toxicidad del arsenico. (ATSDR). 2009 Octubre.
20. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). La toxicidad del plomo. ATSDR. 2009 Octubre.
21. Çolak M, Gümrükçüoğlu M, Boysan F, Baysal E. Determination and mapping of cadmium accumulation in plant leaves on the highway roadside, Turkey. *Archives of Environmental Protection*. 2016; 42(3): p. 11-16.
22. Mohammadpourfard I, Shariatifar N, Jahed-Khaniki G, Ebadi-Fathabad E. Determination of Heavy Metals in Apricot and Almond Oils. *Iranian Journal of Health Sciences*. 2015 Febrero 9; 3(1): p. 18-24.
23. Dogan Y, Unver M, Ugulu I, Calis M, Durkan N. Heavy metal accumulation in the bark and leaves of *Juglans regia* planted in Artvin City, Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2014 Octubre 21; 28(4): p. 643-649.
24. Londoño L, Londoño P, Muñoz F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 2016;; p. 146-153.
25. Berryman C, et al.. Effects of Daily Almond Consumption on Cardiometabolic Risk and Abdominal Adiposity in Healthy Adults With Elevated LDL-Cholesterol: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Heart Association*. 2015 Julio 8; 4(1).

26. Grundy M, Lapsley K, Ellis P. A review of the impact of processing on nutrient bioaccessibility and digestion of almonds. *International Journal of Food Science and Technology*. 2016 Marzo 24; 51(9): p. 1937-1946.
27. Vilaplana M. Beneficios cardiovasculares, antioxidantes y gastrointestinales de los frutos secos. *American Society for Nutritional Sciences*. 2003; 22(8): p. 74-80.
28. OMS. Arsenico. Organizacion mundial de la salud OMS. 2018 Febrero 15.
29. Léonard A, Lauwerys R. Carcinogenicity, teratogenicity and mutagenicity of arsenic. *Mutation Research*. 1980 Enero; 75(1): p. 49-62.
30. OMS. Cadmio. Organización Mundial de la Salud. 2010.
31. Larsson S, Wolk A. Urinary cadmium and mortality from all causes, cancer and cardiovascular disease in the general population: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *International Journal of Epidemiology*. 2016 Junio; 45(3): p. 782-791.
32. Larsson S, Orsini N, Wolk A. Urinary Cadmium Concentration and Risk of Breast Cancer: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. *American Journal of Epidemiology*. 2015 Enero 30; 182(5): p. 375-380.
33. OMS. Intoxicacion por plomo y salud. Organizacion Mundial de la Salud. 2017;; p. 1.
34. APA. Normas APA. [Online].; 2012 [cited 2019 Abril 27. Available from: <http://normasapa.net/tesis-enfoque-cuantitativo-cualitativo/>.
35. Van Dalen B, Meyer W. La investigacion descriptiva. Manual de técnica de la investigación educacional. 2006 Setiembre.

36. Universidad de Granada. Departamento de medicina legal, Toxicología y psiquiatría. [Online].; 2016 [cited 2019 Abril 27. Available from: <https://www.ugr.es/~fgil/proyecto/microondas/fundamento.html>.
37. Skoog D, Holler J. Principios de análisis instrumental. In. Madrid: Mc Graw Hill; 2000. p. 219-239.
38. Rocha E. Principios básicos de espectroscopia. In. México: UACh; 2000. p. 123-203.

ANEXOS

ANEXO A MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento del problema	Objetivos	Hipótesis	Justificación	Variable	Tipo de variable	Metodología
<p>¿Cuál es la concentración de arsénico, cadmio y plomo en nueces (<i>Juglans regia</i>), almendras (<i>Prunus dulcis</i>) y manís (<i>Arachis hypogaea L.</i>) que se expenden en el mercado de Caquetá de enero a julio 2019?</p>	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar la concentración de arsénico, cadmio y plomo en nueces (<i>Juglans regia</i>), almendras (<i>Prunus dulcis</i>) y manís (<i>Arachis hypogaea L.</i>) provenientes del mercado de Caquetá de enero a julio 2019, y compararlos con los límites permisibles dados por el MERCOSUR y la legislación de metales pesados de Suiza <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Comparar la concentración cuantitativa de arsénico en nueces (<i>Juglans regia</i>), almendras (<i>Prunus</i> 	<p>Hipótesis General:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las nueces (<i>Juglans regia</i>), almendras (<i>Prunus dulcis</i>) y manís (<i>Arachis hypogaea L.</i>) provenientes del mercado Caquetá en los meses de enero a julio de 2019 presentan concentraciones de arsénico, plomo y cadmio, que superen los límites máximos 	<p>Dar a conocer los resultados encontrados con la finalidad de saber si los valores encontrados superan los límites máximos permisibles datos por el MERCOSUR y la Legislación de metales pesados en Suiza, con la</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almendras - Nueces - Manís <hr/> <p>Variable dependiente:</p> <p>Concentración de arsénico, cadmio y plomo</p>	<p>Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno Grafito para "Pb y Cd" y con Generador de Hidruros para "As".</p> <p>Tipo de Investigación:</p> <p>Descriptiva: El estudio permitirá conocer la presencia y las concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo en las</p>

	<p><i>dulcis</i>) y manís (<i>Arachis hypogaea</i> L.) provenientes del mercado de Caquetá de enero a julio 2019 con los valores establecidos por el MERCOSUR.</p> <p>➤ Comparar la concentración cuantitativa de cadmio en nueces (<i>Juglans regia</i>), almendras (<i>Prunus dulcis</i>) y manís (<i>Arachis hypogaea</i> L.) provenientes del mercado de Caquetá de enero a julio 2019 con los valores establecidos en la Legislación de metales pesados en Suiza.</p> <p>➤ Comparar la concentración cuantitativa de plomo en nueces (<i>Juglans regia</i>), almendras (<i>Prunus dulcis</i>) y manís (<i>Arachis hypogaea</i> L.) provenientes del mercado de Caquetá de enero a julio 2019 con los valores establecidos por el MERCOSUR.</p> <p>➤ Establecer correlación entre los niveles de arsénico, cadmio y plomo en nueces (<i>Juglans regia</i>),</p>	<p>permisibles dados por el MERCOSUR y la Legislación de metales pesados en Suiza.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La concentración de arsénico en nueces, almendras y manís provenientes del mercado Caquetá en los meses de enero a julio de 2019 supera los valores establecidos por el MERCOSUR. • La concentración de plomo en nueces, almendras y manís provenientes del mercado Caquetá en los meses de enero a julio de 2019 supera los 	<p>finalidad de evitar daños a la salud humana</p>		<p>muestras de maní, almendra y nueces.</p> <p>Transversal: Las variables del estudio en la determinación de los metales mencionados se medirán en un momento y tiempo definido.</p> <p>Prospectivo: Las muestras se recolectarán después de la planeación.</p> <p>Población:</p> <p>La población estuvo conformada por los puestos que comercializan estos frutos secos, Manís, almendras y nueces en el mercado de Caquetá, durante los meses de enero a julio del 2019.</p>
--	---	---	--	--	---

	<p>almendras (<i>Prunus dulcis</i>) y manís (<i>Arachis hypogaea</i> L.) provenientes del mercado de Caquetá de enero a julio 2019.</p>	<p>valores establecidos por el MERCOSUR.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La concentración de cadmio en nueces, almendras y manís provenientes del mercado Caquetá en los meses de enero a julio de 2019 supera los valores establecidos por la Legislación de metales pesados en Suiza. • Existe correlación entre los niveles de arsénico, plomo y cadmio en nueces, almendras y manís provenientes del mercado Caquetá en los meses de enero a julio de 2019. 				<p>Muestra:</p> <p>Fueron recolectados de 05 puestos (100%) del mercado Caquetá tomando 250g de cada muestra en los 05 puestos, haciendo un total de 15 muestras para el análisis correspondiente, luego se almacenaron en bolsas de plástico ziploc, las que fueron rotulados y luego llevadas al laboratorio donde se determinaron los metales Plomo, Cadmio y Arsénico</p>
--	---	--	--	--	--	--

ANEXO B OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Valores	Criterio de medición	Escala de medición variable	Instrumento de recolección de datos
Dependiente Concentración de Pb, Cd. Y As.	Cantidad de metal que permitirá saber si supera el límite máximo permisible dado por entidades internacionales	5 muestras de Almendras, Nueces y manís provenientes del mercado de Caquetá de enero a julio 2019	Reglamento del Codex Alimentarius MERCOSUR y la Legislación de Metales pesados en Suiza	Plomo: 0.80 mg/Kg para frutos secos (MERCOSUR) Arsénico: 0.80 mg/Kg para frutos secos (MERCOSUR) Cadmio: 0.2 mg/Kg para cacahuates (Legislación de metales pesados en Suiza.)	Concentración en mg/kg	Cuantitativa	Espectrofotómetro de Absorción Atómica con horno grafito y generador de hidruros



CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX

SENASA - Ministerio de Agricultura - SENAVE - Dirección General de Agroquímicos /
Dirección de Control de Insumos Agrícolas. LR N° 00148
MINSA - Ministerio de Salud. Resolución N° 211-18-DESP-DISA-I-LS/MINSA

Jr. Pisac 192 - Oficina 102 - Urb. Residencial Higuera - Santiago de Surco
Teléfono: (511) 273-2315 www.cetox.com.pe servicios@cetox.com.pe

INFORME DE ENSAYO

TIT - 19 - 0165

1. Solicitante : Sr. Willy Jhonatan Albornoz Reyes
Sr. Hector Jesus Mazuelos Alfaro
2. Análisis solicitado : Cuantificación de arsénico, cadmio y plomo
3. Muestra : Almendra, maní y nueces (muestras proporcionadas por el solicitante)
4. Código interno : 14990
5. Fecha de Recepción : 20. 03. 2019
6. Fecha de Emisión : 29. 03. 2019

RESULTADOS

N°	Identificación	Arsénico (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Plomo (mg/kg)
01	Almendra	0.68	0.26	0.86
	Maní	0.62	0.21	0.45
	Nuez	0.33	0.09	0.86
02	Almendra	0.45	0.08	0.57
	Maní	0.74	0.26	0.56
	Nuez	0.32	0.05	0.92
03	Almendra	0.66	0.11	0.84
	Maní	0.59	0.18	0.59
	Nuez	0.74	0.19	0.44
04	Almendra	0.39	0.05	0.77
	Maní	0.77	0.16	1.11
	Nuez	0.78	0.05	0.96
05	Almendra	0.68	0.26	0.74
	Maní	0.68	0.14	0.59
	Nuez	0.43	0.05	0.82

MÉTODO:

- Plomo y Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito
- Arsénico: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros


Dra. Rosalía Anaya Pajuelo
Gerente Técnica



Dra. Rosalía Anaya Pajuelo
Directora del Laboratorio Cetox SAC


Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted con la finalidad de saludarla y, a la vez presentarle a los alumnos, Albornoz Reyes Willy Jhonatan con DNI N° 44842783 y Mazuelos Alfaro Héctor Jesús con DNI N° 46143009, Bachiller de la facultad de farmacia y bioquímica quien está realizando su tesis para optar su título profesional con el tema: **“Determinación de Arsénico, Cadmio y Plomo en Nueces, Almendras y Manís Comercializados en el Mercado de Caquetá de Febrero-Julio 2018”**, y es por medio de la presente que los alumnos investigadores solicitan un descuento especial para los análisis de las muestras de tintas de tatuaje en las instalaciones del Laboratorio CETOX, esperamos contar con vuestra valiosa colaboración en la solicitud de nuestros egresados, sabiendo que este servicio redundara en beneficio de la investigación.

Agradeciendo anticipadamente su apreciada colaboración, hago propicia la oportunidad para expresar los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Cordialmente



Mg. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez

LUGAR DE RECOLECCION DE MUESTRAS MANIS, ALMENDRAS, NUECES - MERCADO CAQUETA 2019



**PESAJE DE LA MUESTRAS PARA EL ANALISIS Y SEA
ENVIADO AL LABORATORIO CETOX**

