



Universidad
Norbert Wiener

Powered by Arizona State University

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA

TESIS

“Determinación de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo expandido en el mercado de Caquetá - San Martín de Porres. Lima - Perú. Noviembre del 2020”

Para optar el Título Profesional de
Químico Farmacéutico

Presentado por

Autor: Luis Gerardo Sinche Ramirez

Asesor: Dr. Cesar Augusto Canales Martínez


Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9933-710X>

Línea de Investigación

Salud y Bienestar

Lima – Perú

2022

	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01

Yo, Luis Gerardo Sinche Ramirez egresada de la Facultad de Farmacia y Bioquímica y Escuela Académica Profesional de Farmacia y Bioquímica / Escuela de Posgrado de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo académico "DETERMINACIÓN DE PLOMO ,CADMIO Y ARSÉNICO EN CARNE DE POLLO EXPENDIDO EN EL MERCADO DE CAQUETÁ- SAN MARTÍN DE PORRES.LIMA-PERÚ.NOVIEMBRE DEL 2020". Asesorado por el docente: Cesar Augusto Canales Martínez DNI 06269670 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9933-710X> tiene un índice de similitud de 12 (doce) % con código oid:14912:289165040 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

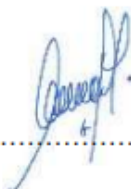
Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



.....
Firma de autor 1
Luis Gerardo Sinche Ramirez
DNI: **10621934**

.....
Firma de autor 2
Apellidos y nombres
DNI:



.....
Firma
Dr. Cesar Augusto Canales Martínez
DNI: **06269670**

DEDICATORIA

Al todo poderoso Dios, por concederme salud y
darme fortaleza en los momentos difíciles.

A mi madre que, con su dedicación
y amor, me enseñó a estudiar y ser
un profesional de bien.

A mi padre que, con su esfuerzo y
trabajo, me enseñó con su ejemplo a
nunca detenerse ante la adversidad.

A mi esposa, por acompañarme
en todo este proceso de estudio y
ser mi apoyo en mi objetivo trazado.

A mis hijos, por ser la inspiración a
seguir adelante.

A mi familia y amigos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado siempre.

A mi esposa Ana maría y mis hijos Gerardo, Angie y Luis, por su aliento y cariño.

Al Dr. Canales Martínez, Cesar Augusto. Por su asesoría brindando aporte, orientación y sugerencias tan necesarios para realizar la tesis.

A mi alma mater Universidad Norbert Wiener, una universidad forjadora de buenos profesionales tanto en lo académico, ético y moral.

A los profesores que con sus enseñanzas y consejos engrandecieron nuestra formación profesional y personal.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I: EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Teórica	4
1.4.2. Metodológica	5

1.4.3.	Práctica	5
1.5.	Limitaciones de la investigación.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		6
2.1.	Antecedentes de la investigación	6
2.1.1.	Antecedentes internacionales	6
2.1.2.	Antecedentes nacionales	9
2.2.	Bases teóricas.....	12
2.2.1.	Aves de corral	12
2.2.2.	Pollo (Gallus domesticus)	12
2.2.3.	Metales pesados.....	12
2.2.3.1.	Plomo.....	13
2.2.3.1.1.	Toxicocinética	13
2.2.3.1.2.	Toxicodinamia.....	13
2.2.3.2.	Cadmio.....	14
2.2.3.2.1.	Toxicocinética	14
2.2.3.2.2.	Toxicodinamia.....	15
2.2.3.3.	Arsénico	16
2.2.3.3.1.	Toxicocinética	16
2.2.3.3.2.	Toxicodinamia.....	17
2.3.	Formulación de hipótesis	17
2.3.1.	hipótesis general.....	17
2.3.2.	Hipótesis específicas.....	17

CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	19
3.1. Método de investigación	19
3.2. Enfoque investigativo	19
3.3. Tipo de investigación.....	19
3.3.1. Descriptiva	19
3.3.2. Transversal.....	19
3.4. Diseño de la investigación.....	19
3.5. Población, muestra y muestreo	19
3.5.1. Población	19
3.5.2. Muestra	20
3.5.3. Muestreo:	20
3.6. Variables y operacionalización	20
3.6.1. Variable independiente:	20
3.6.2. Variable dependiente	20
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.7.1. Técnica	21
3.7.2. Descripción	21
3.7.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica	21
3.7.2.2. Espectroscopia por horno de grafito.....	21
3.7.2.3. Espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros....	22
3.7.3. Validación.....	22
3.7.3.1. Validez de contenido.....	22

3.7.3.2.	Validez concurrente	22
3.7.3.3.	Validez de constructo.....	22
3.7.4.	Confiabilidad.....	23
3.8.	Procesamiento y análisis de datos	23
3.8.1.	Cuantificación del plomo en alimentos mediante espectrometría de absorción atómica en horno grafito	23
3.8.1.1.	Reactivos y estándares	23
3.8.1.2.	Equipos y materiales	23
3.8.1.3.	Procedimiento operatorio	24
3.8.1.3.1.	Preparación de curva de calibración	24
3.8.1.3.2.	Preparación de soluciones.....	24
3.8.1.3.3.	Preparación de la muestra.....	24
3.8.1.4.	Lectura en el equipo de absorción atómica	25
3.8.2.	Cuantificación del cadmio en alimentos mediante espectrometría de absorción atómica con horno grafito.....	26
3.8.2.1.	Reactivos y estándares	26
3.8.2.2.	Equipos	26
3.8.2.3.	Procedimiento operatorio	26
3.8.2.3.1.	Preparación de curva de calibración	26
3.8.2.3.2.	Preparación de la muestra.....	27
3.8.2.4.	Lectura en el equipo de absorción atómica	27

3.8.3.	Cuantificación del arsénico en alimentos mediante espectrometría de absorción atómica – generador de hidruros	28
3.8.3.1.	Reactivos y estándares	28
3.8.3.2.	Equipos	29
3.8.3.3.	Procedimiento operatorio	29
3.8.3.3.1.	Preparación de curva de calibración	29
3.8.3.3.2.	Preparación de las muestras	29
3.8.3.4.	Lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica.....	30
3.9.	Aspectos éticos.....	31
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		32
4.1.	Resultados.....	32
4.1.1	Análisis descriptivo de resultados.....	32
4.1.2	Prueba de hipótesis.	42
4.1.3	Discusión de resultados.....	47
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		49
5.1	Conclusiones.....	49
5.2	Recomendaciones	50
REFERENCIAS.....		51
ANEXOS.....		61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de datos. Curva de calibración del plomo	25
Tabla 2 Tabla de datos. Curva de calibración del cadmio	28
Tabla 3. Tabla de datos. Curva de calibración del arsénico	31
Tabla 4. Cantidad de cadmio presente en la carne de pollo, según el máximo límite permisible.	32
Tabla 5. Cantidad de plomo presente en la carne de pollo, según el máximo límite permisible	34
Tabla 6. Cantidad de arsénico presente en la carne de pollo, según el máximo límite permisible.	35
Tabla 7. Prueba de Kolmogórov-Smirnov para establecer la normalidad de las variables. Concentración de cadmio, plomo y arsénico.	40
Tabla 8. Media y desviación estándar de la contracción de plomo según los metales cadmio, plomo y arsénico.	41
Tabla 9. Prueba T student. Cantidad de cadmio presente en la carne de pollo, según máximo límite permisible.	42
Tabla 10. Prueba T student. Cantidad de plomo presente en la carne de pollo, según máximo límite permisible.	43
Tabla 11. Prueba T student. Cantidad de arsénico presente en la carne de pollo, según máximo límite permisible.	44
Tabla 12. ANOVA de la contracción metales en pollo según cadmio, plomo y arsénico ...	45
Tabla 13. Prueba de Tukey. La contracción metales en pollo según cadmio, plomo y arsénico.....	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de calibración del plomo.....	25
Gráfico 2: Curva de calibración de cadmio	28
Gráfico 3. Curva de calibración del arsénico.....	31
Gráfico 4. Concentración de cadmio en carne de pollo.....	32
Gráfico 5. Resultado de la medición porcentual del cadmio presente en carne de pollo, según el valor máximo permitido por MERCOSUR.....	33
Gráfico 6. Concentración de plomo en carne de pollo	34
Gráfico 7. Resultado de la medición porcentual del plomo presente en carne de pollo, según el valor máximo permitido por MERCOSUR.....	35
Gráfico 8. Concentración de arsénico en carne de pollo	36
Gráfico 9. Resultado de la medición porcentual del arsénico presente en carne de pollo, según el valor máximo permitido por MERCOSUR.....	36
Gráfico 10. Relación entre la concentración de plomo y arsénico en carne de pollo.	37
Gráfico 11. Relación entre la concentración de plomo y cadmio en carne de pollo.	38
Gráfico 12. Relación entre la concentración de cadmio y arsénico en carne de pollo.	39
Gráfico 13. Media y desviación estándar de la concentración de plomo según los, metales cadmio, plomo y arsénico.	41

RESUMEN

En la presente investigación se cuantifico plomo, cadmio y arsénico en muestra de carne de pollo (*Gallus domesticus*) expandida en el mercado de Caquetá, ubicado en el distrito de San Martín de Porres en Lima – Perú, por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros. La cuantificación de los elementos mencionados fue realizada en el Centro de información, control toxicológico y apoyo a la gestión ambiental (CICOTOX). Los resultados obtenidos fueron los siguientes: concentración media del arsénico 0.0006 mg/kg, valor mínimo 0.0001 mg/kg, valor máximo 0.0027 mg/kg. Media de cadmio 0.02027 mg/kg, valor mínimo 0.0078 mg/kg, valor máximo 0.0627 mg/kg. Media del plomo 0.6953 mg/kg, concentración mínima 0.3047 mg/kg, concentración máxima 1.1953 mg/kg. Se concluye que, en las muestras de carne de pechuga de pollo, los valores que presenta el arsénico están dentro de los límites aceptables, sin embargo, tanto cadmio (8%) y plomo (100%), exceden el límite máximo admitido por MERCOSUR.

Palabras clave: Pollo (*Gallus domesticus*), arsénico, cadmio, plomo, espectrofotometría de absorción atómica, mercado Caquetá.

ABSTRACT

In the present investigation, lead, cadmium and arsenic were quantified in a sample of chicken meat (Gallus domesticus) sold in the Caqueta market, located in the district of San Martin de Porres in Lima – Perú, by atomic absorption spectrophotometry with a graphite furnace and atomic absorption spectrophotometry with a hydride generator. The quantification of the aforementioned elements was carried out at the Center for information, toxicological control and support for environmental management (CICOTOX). The results were the following: the average concentration of arsenic 0.0006 mg/kg, minimum value 0.0001 mg/kg, maximum value 0.0027 mg/kg. The average of cadmium 0.02027 mg/Kg, minimum value of 0.0078 mg/Kg, maximum value 0.0627 mg/Kg. The average concentration of lead 0.6953 mg/Kg, minimum concentration of 0.3047 mg/kg, maximum concentration of 1.1953 mg/kg. It is concluded that, in chicken breast meat samples, the values presented by arsenic are within acceptable limits, however, both cadmium (8%) and lead (100%) exceed the maximum limit admitted by MERCOSUR.

Keywords: *Chicken (Gallus domesticus), arsenic, cadmium, lead, atomic absorption spectrophotometry, Caqueta market.*

INTRODUCCIÓN

En Lima-Perú, actualmente la población consume carne de pollo en grandes cantidades, en comparación con otros tipos de carne, se ha vuelto parte de la alimentación diaria de muchos hogares, se prepara de diferentes formas y presentaciones, en diversos tipos de platos, esto debido a su precio, sabor, olor y valor nutricional. “El consumo per cápita de carne de pollo en abril del 2019 a nivel de Lima Metropolitana ha sido de 7.1 kg/Hab/mes” (1). Sin embargo, no se sabe la cantidad de arsénico (As), cadmio (Cd) y plomo (Pb), presente en carne de pollo, lo cual hace que conlleve a dicho estudio, ya que la presencia de estos metales y/o metaloides en la alimentación, es de cuidado debido a su alto grado de toxicidad y con mucha más razón en uno de consumo masivo como es la carne de pollo. Estos metales son acumulativos y altamente peligrosos. Por eso la importancia del estudio de estos metales y metaloides en el consumo humano a través de los alimentos, como es la carne de pollo, unas de las carnes favoritas del público peruano, y la de mayor consumo (2).

En el Perú existen diversas investigaciones de tesis en cuantificación de metales y metaloides presentes en los alimentos, que deberían tomar en cuenta nuestras autoridades sanitarias, y así tener un programa de prevención y posterior tratamiento si el caso así lo requiera (2).

De hecho, la toxicidad de estos metales ha sido documentada a lo largo de la historia, y los médicos en Grecia y Roma estaban diagnosticando los síntomas del envenenamiento agudo por plomo mucho antes de que la toxicología se convirtiera en una ciencia (3).

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente desconocemos si el índice de concentración de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo comercializado en el mercado de Caquetá del distrito de San Martín de Porres en Lima-Perú superan los límites máximos permitidos por el Reglamento Técnico MERCOSUR (4).

La carne de pollo representa el 89 % de la producción mundial de carne de aves de corral (5). Según datos de la Asociación Peruana de Avicultura (APA), por segundo año consecutivo Perú tiene el consumo per cápita de pollo más alto de América Latina, donde en 2018 el consumo per cápita de pollo fue de casi 47 kg (1).

Las principales consecuencias en el cuerpo humano debido al plomo son: trastornos de la biosíntesis de hemoglobina, anemia, aumento de la presión arterial, daño renal, abortos espontáneos, trastornos del sistema nervioso, daño cerebral, cambios en el esperma humano, disminución de la fertilidad, disminución de la capacidad de aprendizaje en los niños (6). En nuestro organismo, se distribuye al cerebro, hígado, riñones y huesos, se almacena en huesos y dientes. Almacenado en los huesos puede recircular en el torrente sanguíneo en periodo de embarazo, lo que representa riesgos para el feto. Los niños desnutridos son más susceptibles al plomo porque sus cuerpos tienden a absorber más de este metal debido a la poca o nula presencia de nutrientes como el calcio. Los que están más en peligro son los que tienen poca

edad incluidos los que están en gestación y más aún si viven en circunstancias económicamente desfavorecidas (7).

El cadmio es tóxico para los riñones, el sistema óseo y el sistema respiratorio. También ha sido clasificado como carcinógeno humano (8). Está presente en los tintes utilizados para teñir de rojo las bolsas que contienen desechos hospitalarios infecciosos. Los incineradores de desechos médicos son una fuente importante de cadmio en el medio ambiente, ya que se libera cadmio al medio ambiente cuando se incineran estas bolsas (9). Se va a presentar presión arterial alta, lesiones renales, destrucción de eritrocitos y destrucción de tejido testicular, como causa de envenenamiento agudo producido por cadmio (10).

El arsénico es un elemento muy extendido en la corteza terrestre. En el medio ambiente, este metaloide a menudo se combina con elementos como el oxígeno, el cloro y el azufre. Una vez combinado con estos elementos se le denomina arsénico inorgánico. Se le denomina arsénico orgánico cuando está combinado con carbono e hidrogeno (11).

Su exposición se asoció significativamente con un aumento del 23 % en el riesgo relativo de enfermedad coronaria y del 30 % en el riesgo relativo de enfermedad cardiovascular, pero no hubo evidencia de una asociación con el riesgo de accidente cerebrovascular (6). Cuando nos exponemos ante el arsénico ocasionamos diversas alteraciones en la salud. Una exposición prolongada de concentraciones bajas puede causar decoloración en la piel (12). Puede ocasionar piel dura y verrugas. Al exponernos a elevadas concentraciones de arsénico puede ser fatal para nuestra salud (12). El arsénico se encuentra a nivel mundial dentro de las diez sustancias químicas de cuidado en salud pública (8) (13).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

Los niveles de arsénico, cadmio y plomo en carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres, durante el mes de noviembre del 2020 superan los límites máximos permisibles para el consumo humano.

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la cantidad de arsénico presente en la carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá, con el límite máximo establecido por MERCOSUR?
- b. ¿Cuál es la cantidad de cadmio presente en la carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá, con el límite máximo establecido por MERCOSUR?
- c. ¿Cuál es la cantidad de plomo presente en la carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá, con el límite máximo establecido por MERCOSUR?
- d. ¿Cuál es la relación entre los valores obtenidos del arsénico, cadmio y plomo en carne de pollo?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la presencia y concentración del arsénico, cadmio y plomo en carne de pollo (*Gallus domesticus*), expendido en el mercado de Caquetá. Noviembre del 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Cuantificar los niveles de arsénico en carne de pollo del mercado de Caquetá, con el límite máximo permitido por MERCOSUR.
- b. Cuantificar los niveles de cadmio en carne de pollo del mercado de Caquetá, con el límite máximo permitido por MERCOSUR.

- c. Cuantificar los niveles de plomo en carne de pollo del mercado de Caquetá, con el límite máximo permitido por MERCOSUR.
- d. Establecer una relación entre las concentraciones del arsénico, cadmio y plomo en carne de pollo del mercado de Caquetá.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Teórica

El pollo se ha vuelto uno de los de mayor consumo en nuestro país, debido a su carne que tiene buen valor nutricional, buen sabor y precio, lo cual hace que sea un alimento asequible tanto para poblaciones que tienen recursos económicos altos y de bajos recursos.

En abril del 2019 el consumo per cápita a nivel nacional fue 4.3 kg/hab/mes; y en Lima Metropolitana el consumo de carne de pollo fue 7.1 kg/hab/mes. Demostrándose así la preferencia hacia esta carne, una carne de vital importancia en la mesa de cada hogar.

Lo encontramos en muchas preparaciones culinarias de restaurantes y mesas en todo el mundo, en especial en nuestro país la podemos encontrar en diversos platos tales como, escabeche, estofado, ají de pollo, arroz chaufa con pollo, hamburguesa con pollo, pechuga de pollo a la plancha, patitas de pollo, alitas de pollo, polladas con papa sancochada, pachamanca con pollo, pollo al horno, ceviche de pollo, pollo a la brasa, caldos de pollo, sopas, etc.

El exceso de metales y no metales como el arsénico, promueve en el ser humano varios trastornos clínicos, tenemos: cuadros patológicos a nivel de la piel, cáncer, deterioro en el aparato reproductor, insuficiencia cardiaca, trastornos gastrointestinales y en la fertilidad, anemia, problemas cerebrales como infarto cerebral, fatiga, depresión en el sistema inmunitario etc. La ingesta y acumulación de estos metales en nuestro

organismo es letal para el ser humano. El arsénico y el cadmio son consideradas sustancias altamente cancerígenas. El arsénico y el plomo son consideradas de peligro para la salud pública y están entre los diez primeros lugares según la OMS.

La identificación y cuantificación de metales, por encima de los valores permitidos por los organismos de control sanitario en alimentos, es de suma importancia porque nos permite prevenir y controlar enfermedades mortales para el ser humano.

Esto permitirá desarrollar investigaciones, proponiendo alternativas en salud en bien de la toda la población.

1.4.2. Metodológica

Determinamos la presencia de los metales plomo y cadmio en la muestra de carne de pollo a analizar por espectrometría de absorción atómica en horno de grafito.

Determinamos presencia de arsénico en carne de pollo a través de espectrometría de absorción atómica de generación de hidruros.

1.4.3. Práctica

En la investigación los resultados nos dan a conocer las concentraciones de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo, expendida en el mercado de Caquetá – San Martín de Porres

1.5. Limitaciones de la investigación

- ✓ Pandemia Covid-19
- ✓ Investigación en un solo mercado de Lima
- ✓ Factor económico

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Soto, et al., (2015) (14). Mercado de Pamplona Norte de Santander-Colombia, 2015. A nivel mundial la contaminación de los alimentos por metales pesados es de suma importancia su estudio. Debido a que no se biodegradan y se bioacumulan fácilmente en las vísceras y músculos de animales. Este estudio evaluó la existencia de vestigios de cadmio, cobre, y molibdeno entre otros metales, en carne de vacuno, pescado, pollo, así como de cerdo. La cantidad de estos metales se determinó a través de espectrofotometría de absorción atómica, se utilizó correlación de Pearson como método de análisis. La concentración del cadmio, superó el límite permisible de $< 0,050$ mg/kg. La mayor concentración de este metal se encontró en carne de pescado: 0,117 mg/kg, de res fue 0,109 mg/kg, la del cerdo 0,095 mg/kg y por último en pollo 0,079 mg/kg. En el caso del Cu se obtuvieron: Carne de pescado el valor presente fue 0,343 mg/kg, en la carne de ganado vacuno 0,306 mg/kg, en la carne de ganado porcino 0,243 mg/kg, y en la carne de las aves como la del pollo 0,221 mg/kg. No se detectó Mo en ninguna muestra (14).

Ordoñez, (2016) (15). Los pollos vendidos en La Terminal de Retalhuleu, en Guatemala, tienen un consumo de 3-4 veces por semana por familia en este sector. Esta demanda viene de la mano de los precios más altos de la carne de res y cerdo. La cría de aves para

sacrificio va en aumento, y la alimentación juega un papel importante para acortar la temporada de cría y aumentar las ganancias. La industria avícola nacional depende en gran medida de países extranjeros para el uso de materias primas y aditivos para la producción de alimentos. De igual forma, la llegada de productos farmacéuticos para aves a Guatemala donde el uso de arsénico contribuye a mejorar la anatomía animal. Por ello, se realizó un estudio en pollo, del cual se escogieron los muslos y las alas para comprobar que el nivel de arsénico sea el aceptable según norma sanitaria vigente. Los cortes de carne vendidos dentro del mercado La Terminal, están en el rango aceptable dado por la OMS. También se comprobó que no había rastros de arsénico en ninguna de las piezas, por lo que no fue posible determinar trazas de arsénico en las muestras. Este estudio estableció el poder consumir carne, sin riesgo de intoxicación por arsénico, ya que el contenido de metales pesados no superó los valores límite permitidos por la O M S. Esta investigación se llevó a cabo en Guatemala, en la ciudad de Retalhuleu (15).

Moscoso, (2018). Estudio efectuado en Guayaquil – Ecuador (2018). El fin principal de la investigación fue la de examinar la bioacumulación del cadmio en hígado de pollos de engorde destinados al consumo humano, que consumen alimentos con preparados orgánicos (piensos) y también industrial. Recogieron tres muestras de músculo de pollo en engorde, también tres muestras de hígado y también se recolectó de cada pienso. La valoración de cadmio se efectuó por espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito. Los valores obtenidos en cadmio en los alimentos preparados, oscilaron en <0,014 y 0,059 mg/kg. La muestra de hígado varía desde <0,014 a 0,028 mg/kg, por último, en músculo la concentración está por debajo del límite normal establecido. El total de los valores de cadmio en las distintas matrices estuvieron abajo del límite máximo establecido por la legislación de la Unión Europea que es de 0,5 mg/kg, *codex*

alimentarius 0,1 mg/kg para piensos orgánicos. El nivel más alto de cadmio fue en los alimentos de origen industrial y el más bajo en el orgánico. Las concentraciones en hígado fueron más altas en las aves en donde fueron alimentados por piensos y más bajas en los pollos de corral nutridos con alimento industrial. Se aconseja no comer hígados de aves, ya que bioacumulan metales pesados, especialmente cadmio (16).

Antón, (2017). Valencia – España, 2017. Si hay cadmio presente en el hábitat esto nos indica principalmente a contaminación antropogénica. Tanto en hígado como en riñón son órganos donde principalmente se acumula cadmio en mamíferos.

El riñón tiene densidad media en cadmio mucho mayor que el hígado, y ambos tienen concentraciones medias mayores que el músculo. También podemos encontrar cadmio en el intestino (órgano de almacenamiento), los tejidos óseos, los pulmones y el corazón en valoraciones parecidas a las de los riñones. El cadmio se bioacumula en concentraciones más altas en los tejidos animales con la edad. La proximidad a las minas, la industria y las emisiones pueden conducir a un aumento de las concentraciones de cadmio en animales. En general, el contenido de cadmio en la carne y despojos de animales sacrificados y aves de corral está por debajo del límite máximo establecido. Dentro del grupo alimentario que contribuyen a la contaminación con cadmio son vísceras y carne, principalmente debido a su alto consumo y alta concentración. *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA) fijó 25 µg/kg mensual y CONTAM estableció un consumo en 2,5 µg/kg Semanal. Los vegetarianos, los niños, los grandes consumidores y los fumadores duplicaron el riesgo de consumo semanal en algunos casos. Por lo tanto, existe la necesidad de reducir el contenido de cadmio en los alimentos y supervisar las medidas adoptadas para lograr esta reducción (17).

Yaguana, (2021). Guayaquil – Ecuador (2021). Los productos cárnicos son fuentes abundantes de nutrientes y varios oligoelementos. La contaminación por metales pesados supone un grave peligro debido a su letalidad toxicológica ya que estos se bioacumulan y biomagnifican en nuestro organismo. Las concentraciones del plomo y cadmio varían según la condición ambiental y el proceso en la fabricación de los productos cárnicos. Los residuos pueden acumularse en la carne cuando los animales ingieren contaminantes o usan medicamentos veterinarios. Este estudio se realizó en dos mercados municipales. El propósito en esta investigación es obtener el valor cuantificable en carne porcina de los metales cadmio y plomo. Los niveles del plomo y cadmio fueron determinado a través de espectroscopia de absorción atómica. La cuantificación del cadmio era indetectable considerándose el valor: $>0,014$ mg/kg. Se obtuvo presencia del metal plomo en algunas muestras tales como, $0,01435 \pm 0,0080$ mg/kg, también $0,0054 \pm 0$ mg/kg, mientras que otras fueron indetectables: $<0,035$ mg/kg. Se concluye que al haber concentraciones bajas en cadmio y plomo no representarían peligro para la salud humana (18).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Espinoza y Suarez, (2015). San Martín de Porres – Lima (2015). Este estudio determinó las concentraciones de arsénico, plomo y de cadmio presentes en la víscera del pollo como el hígado que venden en el mercado de Caquetá. La recolección se hizo en los meses de marzo a julio. Utilizaron como valor referencial máximo a Codex Alimentarius, Unión Europea y MERCOSUR. Obtuvieron muestras representativas de hígados de 30 avícolas, se analizó para plomo y cadmio por espectrometría de absorción atómica en horno de grafito. La identificación del arsénico fue a través del espectrofotómetro generador de hidruros. La concentración media en plomo fue $0,4326$ mg/kg. Un total del 23% tenían concentraciones de plomo por encima del límite

especificado. El cadmio presento un valor medio 0,4403 mg/kg. Excedió en un 33% el límite máximo permitido. El valor medio de arsénico es 0,858 mg/kg por encima de los límites establecidos por MERCOSUR. el arsénico en un 23% excedió los límites establecidos. Por lo tanto, concluyeron que las muestras de hígado de pollo analizados superaban los valores permitidos en Pb, Cd, y As. (19).

Ñaccha y Aguilar, (2015). San Juan de Miraflores – Lima (2015). El objetivo de este trabajo fue cuantificar en hígado de res, el arsénico, cadmio y el plomo los meses de mayo hasta agosto en Ciudad de Dios, nombre del mercado de la localidad. Para la cuantificación de los metales se empleó espectrofotometría de absorción atómica. Se utilizaron 23 muestras de hígado de res, presentó los siguientes resultados: Media de plomo 0,4452 mg/kg; 0,26 mg/kg valor mínimo, así también 0,87 mg/kg como valor máximo. El valor promedio en cadmio fue 0.3965 mg/kg, el 0.14 mg/kg como mínimo por otro lado presento 0.77 mg/kg como máximo, y por último tenemos la presencia del arsénico en 1.2521 mg/kg promedio, presento un mínimo en 0,28 mg/kg así también 2,66 mg/kg como valor máximo. En esta investigación se concluyó que tanto para MERCOSUR, como Unión Europea los metales estudiados superan los límites permisibles (20).

Huamán y Palacios, (2014). San Martin de Porres – Lima (2014). Estudio realizado en el mercado Caquetá, se realizó en mollejas de pollo utilizando treinta muestras de diversos puestos, su cuantificación fue por espectrometría de absorción atómica con horno de grafito, que cuantifico el metal plomo así también cadmio. El valor promedio en plomo salió 0,630 mg Pb/kg, el valor extremo fue de 0,89 mg/kg, así tenemos que un 87% supera el límite máximo establecido por Unión Europea y Codex Alimentarius. El cadmio presenta una media que tiene como valor 0,20 mg Cd/kg el valor extremo fue

0,29 mg/kg. Se concluyó presencia de metales pesados en todas las muestras analizadas (21).

Bautista, (2018). Este estudio se realizó en Acobamba – Huancavelica (2018). Esta investigación tuvo como propósito el de obtener la concentración tanto en carne como tejido óseo en trucha arcoíris la presencia de metales pesados, muestras que proceden de “Pactan”, empresa ubicada en la localidad Paccho molinos en el distrito Paucará, este pez es valorado por su elevado valor nutricional y es consumida por toda esta zona. Estas sustancias se encuentran dentro del rango de concentración aceptable de acuerdo con los estándares de la oficina de protección ambiental y los criterios en salud ambiental, organizaciones pertenecientes a la OMS. Los ejemplares se recolectaron en diferentes sitios el cual fue determinado con anterioridad durante una visita de estudio en el criadero de truchas “Pactan”. Los análisis de metales pesados fueron realizados a través de la espectroscopia de absorción atómica. Estos ejemplares analizados no presentan bioacumulación de mercurio, arsénico y plomo del cual se concluye que está libre de metales pesados a nivel toxico (22).

Ticlia, (2019). Esta investigación se realizó en Huamachuco – Trujillo (2019). En la Universidad Nacional de Trujillo, analizaron el agua del río grande situado en Huamachuco. A través de la espectrofotometría de absorción atómica se cuantifico arsénico, cadmio y plomo. El plomo presento una concentración media de 0,01125ug/ml, el límite recomendado por la OMS es 0.01ug/ml. El cadmio presenta una media de 0.00825 ug/ml, límite permitido por la OMS hasta 0.005ug/ml y el arsénico fue de 0.009 ug/ml, el límite establecido por la OMS es 0.01 ug/ml. Este estudio concluyo que los metales cadmio y plomo exceden el valor máximo permitido en la Organización Mundial de la Salud (23).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aves de corral

Es una especie de ave domesticada que se puede criar para obtener huevos, carne y/o plumas. La palabra "aves de corral" comprende una extensa diversidad de especies, desde los oriundos a los comerciales tales como pavos, pollos, gansos, codornices, palomas, avestruces y faisanes. Se crían pollos en todo el mundo, con mucho, es el ave más comúnmente producida (5).

2.2.2. Pollo (*Gallus domesticus*)

La relación entre el hombre y *Gallus domesticus* se inicia alrededor del Neolítico en el proceso de transición de cazadores-recolectores a agricultores-ganaderos. Algunas investigaciones indican que los primeros pollos y gallinas domesticados hace 4000 años pueden provenir de la India (24). En el 2020, los pollos representaron alrededor del 94% de la población mundial de aves de corral, seguidos por los patos (3%) y los pavos (1%) (25). La carne de pollo es altamente nutritiva, pues contiene mucha proteína de alta calidad, vitaminas, potasio, calcio, fósforo, entre otros y la cantidad de grasa es mínima comparada con otras carnes, como la del vacuno y porcino (26). En 100g de pollo el cuerpo obtiene: Calorías Kcal 195, Proteínas 30g, Grasa 7.7 g. Grasa saturada 2.2 g. Hidratos de carbono 0 g (27).

2.2.3. Metales pesados

Tienen alto peso atómico y son altamente tóxicos, que tienen mucha utilidad en la industria, son extraídos de yacimientos mineros y utilizados en fabricación de diferentes productos de uso cotidiano (28). Actualmente, los metales Pb, Cd, Hg y As se bioacumulan en elevadas concentraciones en el hombre superando los máximos límites permitidos por los organismos internacionales de control alimentario.

2.2.3.1. Plomo

Es un metal, de coloración azulado mate se le identifica con la nomenclatura Pb, tiene número atómico 82 y peso atómico de 207.19 se funde con facilidad a una temperatura de 327.4°C y hierve a 1725°C. tienen valencia 2 y 4. El plomo es anfótero, es capaz de formar diversas sales, así como compuesto organometálico y óxido (29).

2.2.3.1.1. Toxicocinética

La principal forma en que el plomo ingresa a nuestro organismo es mediante la respiración y la digestión. Del 30% al 50% se absorbe a través de las vías respiratorias. El 10% (50% en niños) se absorbe a través del tracto digestivo. El plomo absorbido se transporta en las células sanguíneas y cerca del 90% se adhiere a los eritrocitos. Este metal dentro del cuerpo tiene las vías de tres compartimentos: vía sanguínea 2 %, tejidos blandos 8%, por último, el hueso 90% La principal vía de eliminación son los riñones. El plomo eliminado a través de las glándulas salivales puede manchar a nivel dental la encía específicamente en su borde marginal (30)

2.2.3.1.2. Toxicodinamia

Los metales esenciales por ejemplo tenemos al cobre, calcio, hierro y el zinc, interactúa con el plomo, compitiendo con ellos o modificando su concentración en las células. Inhibe al Na/K ATPasa, aumentando permeabilidad en la célula y formación de los ácidos desoxirribonucleico y ribonucleico, así también proteínas. También impide la formación del grupo hemo, inhibiendo específicamente la ALAD (ácido delta-aminolevulínico deshidratasa), la coprofibrinógeno-oxidasa y la ferroquelatasa, inhibiendo así todas las enzimas respiratorias y la hemoglobina que la contiene. Además de esto, también altera los microtúbulos. El plomo daña los sistemas reproductivos del hombre y de la mujer, la exposición en mujeres

embarazadas puede provocar partos prematuros, disminución en el peso corporal e inclusive ocasionar aborto. La transferencia de este metal en la etapa gestacional de madre a hijo se produce a través de un mecanismo de difusión simple. Los valores encontrados en el cordón umbilical fueron de 5 % a 10 % más bajas que los valores sanguíneos de la madre. Cuando hablamos del sistema nervioso central, los infantes parecen tener mayor susceptibilidad a encefalopatía saturnina. Padecen de coeficiente intelectual reducido, retraso en el desarrollo y problemas auditivos. También ocasionan afecciones cardiovasculares y elevación de la presión arterial en personas adultas (31)

2.2.3.2. Cadmio

Elemento natural ubicado en la tabla periódica química en el grupo 12, tiene número atómico 48, tiene símbolo químico Cd (32). Vamos a encontrarla en la corteza de nuestro planeta, en todas las rocas y suelos inclusive en carbón y fertilizantes minerales (33).

2.2.3.2.1. Toxicocinética

El cadmio se absorbe principalmente a través del tracto respiratorio, mientras que el tracto digestivo es menos importante. Después de la absorción, se transporta por el torrente sanguíneo, se une a los eritrocitos y se une a la hemoglobina y la metalotionína. El cadmio primero se propaga al hígado y luego a otros órganos, entre los cuales los riñones son los más vulnerados. Las metalotioneínas son del grupo SH, proteínas con peso molecular bajo que tienen inclinación hacia los metales como cadmio y zinc. Su síntesis se desencadena por la exposición a varios metales y, en altas concentraciones, puede ser protector al evitar que el cadmio interactúe con otras moléculas. El cadmio se excreta principalmente a través de los intestinos, pero también a través de la orina y la piel. La vida media en nuestro

cuerpo varia aproximadamente en 10 a 30 años, lo que determina su acumulación (34).

2.2.3.2.2. Toxicodinamia

Se considera xenobiótico al cadmio, siendo metal no esencial y tóxico a la vez, se acumula en órganos blandos, hígado y riñones. Las principales consecuencias a la exposición de este metal son: Insuficiencia renal con proteinuria, neumonitis química, microproteinuria, microalbúmina y enfisema. El órgano de mayor sensibilidad para el cadmio son los riñones, siendo la zona de elección el epitelio del túbulo renal proximal, da como resultado una "proteinuria de bajo peso molecular". Al mismo tiempo, la filtración glomerular también se ve alterada en la restricción electrostática de filtración en proteínas polianiónicas, dando como resultado "proteinuria de alto peso molecular". Los efectos tóxicos del cadmio pueden estar relacionados con su afinidad por los radicales sulfhidrilo (SH), hidroxilo (OH), carboxilo, histidil, fosfatil, y cisteinil, así como otros elementos funcionalmente activos, elementos esenciales como, zinc, cobre, hierro y calcio. Sus principales interacciones son las siguientes: el cadmio se une fuertemente al grupo sulfhidrilo (SH) en proteínas intracelulares, que inhiben las enzimas que tienen estos grupos. El desplazamiento del zinc en el enlace disulfuro (-S-) ocasiona alteración en la enzima y sus procesos bioquímicos. Se conocen dos tipos de metalotioneínas, que difieren en la acumulación de xenobióticos y su excreción en la orina. Parte del cadmio en el plasma se une irregularmente a la metalotioneína 1 y se transfiere rápidamente a los riñones. Por otro lado, la unión del cadmio acumulado en el tejido renal a la metalotioneína 2 es relativamente estable, se considera una vida útil de hasta 68 años. En el hígado, el cadmio acumulado más

alto también se une a la metalotioneína 2, y la vida media estimada es de hasta 19 años (35).

2.2.3.3. Arsénico

Pertenece al grupo de los semimetales, rara vez se encuentra en forma sólida debido a sus propiedades metálicas y no metálicas, presenta As como símbolo y 33 de número atómico (36). El arsénico elemento natural distribuido ampliamente por todo el medio ambiente y se encuentra en aire, agua y tierra. El arsénico inorgánico se encuentra en el suelo y en muchas rocas, especialmente en minerales que contienen cobre o plomo. El arsénico orgánico se encuentra comúnmente en peces y crustáceos y forma principalmente los compuestos arsenobetaína y arsenocolina, que son mucho menos tóxicos que el arsénico inorgánico (37)

2.2.3.3.1. Toxicocinética

Cada sustancia, o en su caso tóxico, pasa por diferentes procesos después de ser ingerida. Los compuestos de arsénico se absorben por vía digestiva, respiratoria y dérmica. Los compuestos de arsénico orgánico son más absorbentes que el arsénico inorgánico, y el pentavalente es más absorbente que el trivalente. La forma pentavalente pasa por el intestino delgado, la forma trivalente (liposoluble), pasa a través de la piel, la exposición prolongada puede dar lugar a la inhalación. Estos compuestos se absorben por vía parenteral en 24 horas.

Distribución: localizada en sangre, unida a globulina. En 24 horas, se distribuye en el hígado, la pared intestinal y el bazo, donde se une a los grupos sulfhidrilo de las proteínas tisulares. Se deposita en el cabello 30 horas después de la ingestión (38)

La biotransformación y el metabolismo generalmente se efectúa en hígado. Casi todo el arsénico se elimina a través de los riñones en cuatro días. Incluso apareció en la orina después de 10 días. Los túbulos renales pueden convertir el arsenato en el arsenito más tóxico.

2.2.3.3.2. Toxicodinamia

Dentro de su toxicidad, están la interacción con grupos sulfhidrilos y la sustitución del fosforo en reacciones bioquímicas, en la primera interacción actúa en las proteínas, de esta manera altera rutas de las enzimas (arsénico trivalente), inhibe a la deshidrogenasa piruvato, con decrecimiento de la productividad de acetilcoenzima A, en el ciclo del ácido cítrico hay síntesis de ATP. El fosforo es remplazado en diferentes reacciones bioquímicas. Tenemos al As(V), en los sistemas de transporte intracelular rivalizando con el fosfato, separa la fosforilación oxidativa en lugar de formar ATP42 llega a formar ADP-arsenato. Destruye los capilares ocasionando hipovolemia, debido a la liberación de plasma e inflamación (34).

2.3. Formulación de hipótesis

2.3.1. hipótesis general

La carne de pollo expandida en el Mercado de Caquetá – San Martín de Porres. Durante el periodo noviembre del 2020, presentan plomo, cadmio y arsénico en elevadas concentraciones.

2.3.2. Hipótesis específicas

1. La cantidad de plomo presente en la carne de pollo, comprado en Caquetá – San Martín de Porres. Durante el periodo noviembre del 2020, superan los límites máximos establecidos por MERCOSUR.

2. La cantidad del cadmio presente en la carne de pollo, comprado en Caquetá – San Martín de Porres. Durante el periodo noviembre del 2020, superan los límites máximos establecido por MERCOSUR.
3. La cantidad del arsénico presente en la carne de pollo, comprado en Caquetá – San Martín de Porres. Durante el periodo noviembre del 2020, superan los límites máximos establecidos por MERCOSUR.
4. Existe relación entre las cantidades de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo expendida en Caquetá – San Martín de Porres. Durante el periodo noviembre del 2020.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Es cuantitativo, he trabajado con datos cuantificables, datos numéricos que han sido medidos y categorizados a través del análisis estadístico.

3.2. Enfoque investigativo

Vamos a utilizar el enfoque cuantitativo ya que la investigación es objetiva

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Descriptiva

Este estudio permitirá conocer las concentraciones del arsénico, el cadmio y el plomo en la carne de pollo (pechuga), expandida en el mercado de Caquetá.

3.3.2. Transversal

Las variables de estudio en la cuantificación del arsénico, cadmio y plomo, en pechuga de pollo, se midieron en un momento y tiempo definido.

3.4. Diseño de la investigación

No experimental

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por pechuga de Pollo (*Gallus domesticus*), expandida en el mercado de Caquetá. San Martín de Porres. Noviembre del 2020.

3.5.2. Muestra

Se recolectaron aleatoriamente trece muestras de 100-200g de pechuga de pollo, expandida en el mercado de Caquetá. Cada una en diferentes puestos de venta, colocadas en bolsas plásticas inertes y con cierre hermético.

3.5.3. Muestreo:

Ha sido probabilístico y aleatorio simple.

3.6. Variables y operacionalización

3.6.1. Variable independiente:

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Pollo (<i>Gallus domesticus</i>)	Carne pechuga de pollo	Mercado de Caquetá – San Martin de Porres

3.6.2. Variable dependiente

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Concentraciones de plomo, cadmio y arsénico.	Concentración en mg/kg	Reglamento técnico: MERCOSUR Plomo: 0,1mg/kg (límite máximo) Arsénico:0.5mg/kg (límite máximo) Cadmio:0.05mg/kg (límite máximo)

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnica

- La cuantificación del plomo y cadmio en muestras de pollo (*Gallus domesticus*), fue a través de la espectrometría de absorción atómica con horno de grafito.
- La cuantificación de arsénico, se hizo con espectrometría de absorción atómica de generación de hidruros.
- Los resultados obtenidos, han sido confrontados con los máximos permisibles de MERCOSUR.
- Los datos han sido procesados a través del programa *Word*, *Excel* y *SPSS*.

3.7.2. Descripción

3.7.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica

Este método lo utilizamos para detectar y determinar elementos químicos, especialmente metálicos. Estos compuestos deben descomponerse en sus átomos constituyentes. Esto se hace por pulverización en una llama a alta temperatura. Un haz de luz de una longitud de onda específica producido por un tipo especial de lámpara incide en el espectrofotómetro a lo largo del eje longitudinal de una llama plana mientras la solución de muestra se introduce en la llama. Antes de entrar en la solución, la solución se dispersa en una neblina de gotitas muy finas, que se vaporizan en la llama para formar primero la sal seca y luego el vapor de sal, que se descompone parcialmente en átomos elementales de estudio (31) .

3.7.2.2. Espectroscopia por horno de grafito

Tubo de grafito calentado eléctricamente, tiene más alta sensibilidad que la espectrometría de absorción atómica con llama, necesita menor muestra. Colocamos en el horno la cantidad de 1 a 100uL de muestra a través del orificio que se encuentra en el centro. Se hace pasar la luz procedente de la lámpara de cátodo hueco a través de

las ventanas que hay en cada extremo del tubo de grafito. Pasamos gas argón alrededor del horno, para evitar la oxidación del grafito a una temperatura máxima de 2550°C que no exceda los 7 segundos (39). Comúnmente se procesan muestras biológicas de origen clínico tal es el caso de muestras de orina, de plasma, de sangre, suero, etc. Este método debido a su alta sensibilidad (ppb) se utiliza para la detección de metales como cobre, cadmio, plomo, etc. (40)

3.7.2.3. Espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros

Método en donde para producir los hidruros volátiles disolvemos el espécimen en una dilución acida, al mezclarse con un donador de electrones, la muestra va producir hidruros volátiles. Estos compuestos volátiles se producen a altas temperaturas para arsénico, bismuto, plomo, selenio, antimonio, estaño, telurio. Para la valoración de la muestra problema, los hidruros formados lo pasamos a través del equipo de absorción atómica.

Las sustancias volátiles obtenidas se transportan con un flujo de gas inerte (por lo general argón) al espectrofotómetro de absorción atómica, que determina la cantidad del elemento analizado (41)

3.7.3. Validación

3.7.3.1. Validez de contenido

Se utilizó todos los ítems de las variables indicadas para el análisis del pollo.

3.7.3.2. Validez concurrente

Los resultados de la comprobación en la carne de pollo son inmediatos.

3.7.3.3. Validez de constructo

Se utilizó tesis nacionales e internacionales para su comprobación y respaldo en el análisis y los resultados.

3.7.4. Confiabilidad

Centro de información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX).

3.8. Procesamiento y análisis de datos

3.8.1. Cuantificación del plomo en alimentos mediante espectrometría de absorción atómica en horno grafito

3.8.1.1. Reactivos y estándares

- Todo reactivo tiene que estar etiquetado “Para análisis”, y el agua que se utiliza tiene que ser ultrapura.

- Ácido clorhídrico 35-37%. Purificado

Es altamente irritante y tiene un olor incoloro o amarillo pálido.

- Plomo solución patrón 1000mg/l.
- Fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) 10%.

Sustancia que se agrega a una muestra para facilitar la volatilización de la matriz o para inducir a los analitos a formar compuestos más estables con estas sustancias, lo que permite aumentar la temperatura de atomización sin pérdida de elementos.

- Gas argón UHP.

3.8.1.2. Equipos y materiales

- Artefacto: EAA con horno de grafito. *THERMO SCIENTIFIC*, serie: *iCE 3000*.
- Báscula analítica.
- Mufla de uso eléctrico.
- Plancha calefactora.
- Pipetas automáticas de 1000 Microlitros.
- Frascos de polipropileno capacidad 1.5ml.

- Matraz aforado con capacidad para 10mL, 25mL y 100ml.

3.8.1.3. Procedimiento operatorio

3.8.1.3.1. Preparación de curva de calibración

Tome 1 mililitro de solución madre (plomo) de 1000 partes por millón y prepare la solución 10 000 ppb con agua ultrapura en un matraz de 100 ml. Luego, extraiga 0.05ml, 0.1ml, 0.2ml y 0.3 ml para elaboración de soluciones de 50ppb, 100ppb, 200ppb y 300 ppb en viales de 10 ml. Seguidamente, con agua ultrapura enrazar.

3.8.1.3.2. Preparación de soluciones

Solución modificadora de plomo

- Agregamos 2ml de fosfato de amonio 10% en una fiola de 100mL.
- Llevar a volumen con agua ultrapura y homogenizar.

3.8.1.3.3. Preparación de la muestra

- Coloque el crisol en la placa caliente y aumente gradualmente la temperatura hasta aprox. 350 °C hasta completar la precalcificación.
- La muestra previamente calcinada se coloca en una mufla, se eleva gradualmente la temperatura hasta 500°C y se calcina a esta temperatura durante 8h.
- Enfriamos y agregar 10 ml de ácido clorhídrico 6M, calentamos en una placa de termostato durante 5 min, luego transferir cuantitativamente a un vial de 25 ml, diluimos utilizando agua ultrapura, agitamos y dejamos reposar.
- Filtre el volumen requerido utilizando filtro de membrana de 0,45 µm y continúe leyendo.

3.8.1.4. Lectura en el equipo de absorción atómica

Tomar 900 µL solución modificadora de plomo, también 100 µL de blanco, estándar y muestra (si corresponde) en viales de polipropileno y homogeneizar.

Coloque el vial en el muestreador automático del horno de grafito y lea en condiciones espectrofotométricas.

Tabla 1. Tabla de datos. Curva de calibración del plomo

TABLA DE DATOS

Identificación	Concentración	Absorbancia (A)	Pendiente	Intersección	Concentración
Blanco	0.00 µg/L	0.025	0.0013	0.026621	-
Estándar 1	50.00 µg/L	0.099	0.0013	0.026621	53.96 µg/L
Estándar 2	100.00 µg/L	0.155	0.0013	0.026621	95.71 µg/L
Estándar 3	200.00 µg/L	0.298	0.0013	0.026621	202.31 µg/L
Estándar 4	300.00 µg/L	0.428	0.0013	0.026621	299.23 µg/L

GRÁFICO

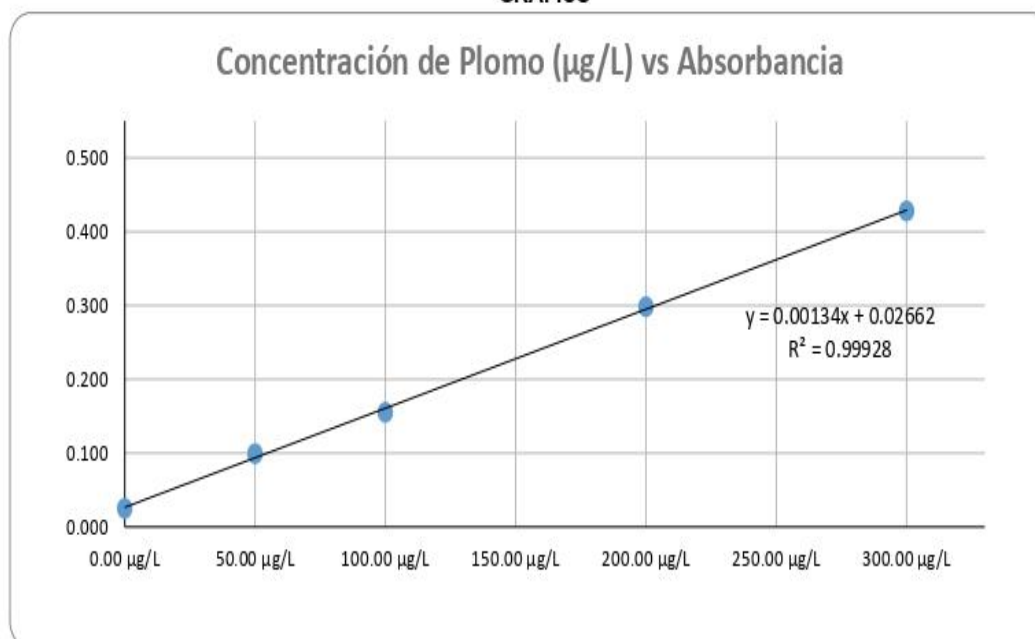


Gráfico 1. Curva de calibración del plomo

3.8.2. Cuantificación del cadmio en alimentos mediante espectrometría de absorción atómica con horno grafito

3.8.2.1. Reactivos y estándares

- Todo reactivo tiene que estar etiquetado "para análisis", el agua que se utiliza tiene que ser ultrapura.
- Ácido clorhídrico 35-37%. Es muy corrosivo, tiene un fuerte olor acre y es incoloro o amarillo pálido (42).
- Solución estándar de cadmio de 1000 mg/L.
- Argón extra alta presión.

3.8.2.2. Equipos

- Artefacto: EAA con horno de grafito. *THERMO SCIENTIFIC, serie: iCE 3000.*
- Báscula analítica.
- Mufla de uso eléctrico.
- Plancha calefactora.
- Pipetas automáticas de 1000 microlitros.
- Frascos de polipropileno capacidad 1.5mL.
- Matraz aforado con capacidad para 10mL, 25mL y 100mL.

3.8.2.3. Procedimiento operatorio

3.8.2.3.1. Preparación de curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue a continuación:

A partir de una solución stock de 1000ppm de cadmio se prepara una solución patrón de 100ppb y se toman alícuotas para preparar soluciones de 1, 5, 10 y 20ppb en fioles de 10ml. Luego se lleva a volumen con agua ultrapura.

3.8.2.3.2. Preparación de la muestra

- Mezclamos la muestra y homogenizamos, pesamos 6 gr. y transferimos a un crisol.
- Se colocan los crisoles a la estufa a 105°C por 3h (secado).
- Colocamos los crisoles en plancha de calentamiento y vamos aumentando la temperatura hasta 350 grados Celsius y completamos la pre calcinación.
- Llevamos el espécimen pre calcinado a la mufla, acto seguido aumentamos la temperatura poco a poco hasta 500°C., dejamos por 8h Para su calcinación.
- Enfriamos y agregamos diez mililitros de ácido clorhídrico 6M calentamos utilizando una plancha termostática por cinco minutos luego transferimos a un matraz aforado de 25mL, agregamos agua ultra pura, agitamos y luego dejamos en reposo.
- Filtramos la solución con el filtro de membrana de 0.45µm y proceder con las lecturas.

3.8.2.4. Lectura en el equipo de absorción atómica

- Tomamos 1mL del estándar y la muestra problema, colocamos en un vial de lectura para horno.
- Colocamos los viales en el automuestreador del horno de grafito y procedemos a la lectura respectiva.

Tabla 2 Tabla de datos. Curva de calibración del cadmio

TABLA DE DATOS

Identificación	Concentración	Absorbancia (A)	Pendiente	Intersección	Concentración
Blanco	0.00 µg/L	0.001	0.0117	0.006981	-
Estándar 1	1.00 µg/L	0.024	0.0117	0.006981	1.46 µg/L
Estándar 2	5.00 µg/L	0.070	0.0117	0.006981	5.39 µg/L
Estándar 3	10.00 µg/L	0.119	0.0117	0.006981	9.58 µg/L
Estándar 4	20.00 µg/L	0.242	0.0117	0.006981	20.09 µg/L

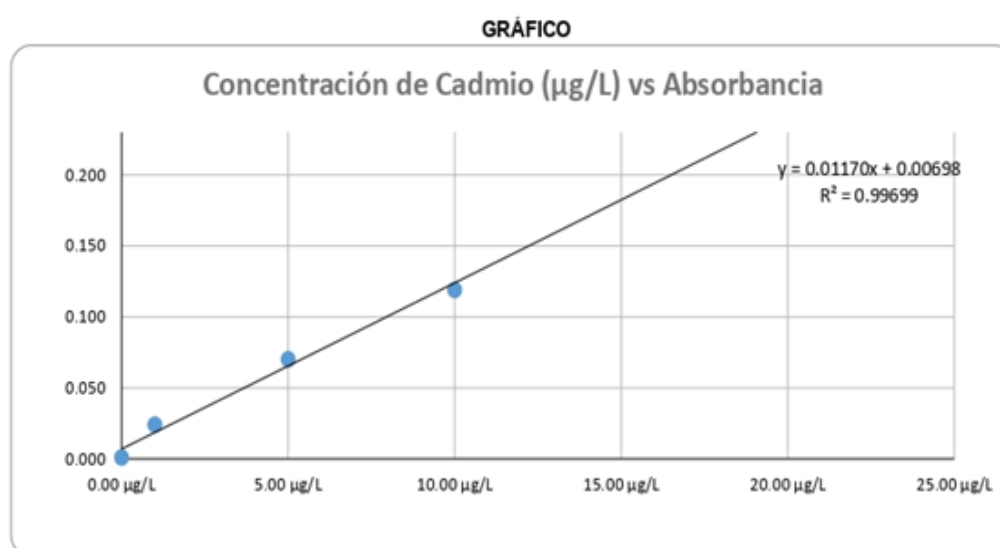


Gráfico 2: Curva de calibración de cadmio

3.8.3. Cuantificación del arsénico en alimentos mediante espectrometría de absorción atómica – generador de hidruros

3.8.3.1. Reactivos y estándares

- Todo reactivo tiene que estar etiquetado “Para análisis”, y el agua que se utiliza tiene que ser ultrapura.
- Ácido clorhídrico 35-37%. Purificado.
- Borohidruro de sodio. NaBH₄. Se usa como agente reductor para muchas aplicaciones. (40).

- Hidróxido de sodio.
- Yoduro de potasio: Actúa como agente reductor.
- Ácido ascórbico: Actúa como agente reductor.
- Solución de patrón de arsénico de 1000mg/L.
- Nitrato de magnesio: Es un agente deshidratante muy soluble en agua y en alcohol.
- Gas argón UHP.

3.8.3.2. Equipos

- Artefacto de absorción atómica con generador de hidruros. Marca: THERMO SCIENTIFIC. Serie: iCE 3000.
- Báscula analítica.
- Mufla de uso eléctrico.
- Plancha de calentamiento.

3.8.3.3. Procedimiento operatorio

3.8.3.3.1. Preparación de curva de calibración

Preparación de estándar: En una solución stock de 1000ppm de arsénico preparamos una solución patrón de 1000ppb, se separan cantidades de 0.25, 0.5, 1 y 2mL para preparar soluciones de 5, 10, 20 y 40ppb respectivamente, en matraz aforado de 50mL.a continuación agregamos 5mL de ácido clorhídrico purificado y 5mL de una solución reductora que contenga yoduro de potasio 5% y ácido ascórbico 5%, se deja reposar por 45 min a temperatura ambiente luego llevamos a volumen con agua ultrapura.

3.8.3.3.2. Preparación de las muestras

- Mesclamos la muestra hasta homogenizar, se toma 6 g y transferimos a un crisol.

- Agregar 3mL de nitrato de magnesio al 50% P/V.
- Colocar los crisoles y secar en una estufa a 105 °C por 3 horas.
- Colocar los crisoles en plancha de calentamiento a 350°C hasta completar la pre calcinación.
- Llevar las muestras pre calcinadas en una mufla y calcinar 500°C por 3 horas.
- Enfriar y adicionar 10mL de una solución de ácido clorhídrico al 6M calentar en plancha termostática por 5 minutos y transferir cuantitativamente a una fiola de 25mL diluir con agua ultrapura, agitar y dejar reposar.
- Filtrar un volumen necesario por un filtro de membrana de 0.45µm.
- De la solución filtrada del paso anterior, tomar 5mL y transferir a una fiola de 50mL.
- Adicionar 5mL de ácido clorhídrico purificado y 5mL de una solución reductora que contenga yoduro de potasio 5% y ácido ascórbico 5%. Se procede de manera similar con el blanco y los estándares.
- Poner en reposo por 45 min a temperatura ambiente luego llevar a volumen con agua ultrapura y proceder con la lectura.

3.8.3.4. Lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica

- Aspirar directamente las soluciones; blancos estándares y muestra por el generador de hidruros.
- Usamos como agente ácido, una solución de ácido clorhídrico al 10% V/V.
- Usar como agente reductor, una solución que contenga de borohidruro de sodio al 1.5% y de hidróxido de sodio de 0.5%.
- Proceder a leer bajo las condiciones descritas en procedimiento 3.8.3.3.

Tabla 3. Tabla de datos. Curva de calibración del arsénico

TABLA DE DATOS

Identificación	Concentración	Absorbancia (A)	Pendiente	Intersección	Concentración
Blanco	0.00 µg/L	0.000	0.0154	-0.010825	-
Estándar 1	5.00 µg/L	0.064	0.0154	-0.010825	4.87 µg/L
Estándar 2	10.00 µg/L	0.144	0.0154	-0.010825	10.07 µg/L
Estándar 3	20.00 µg/L	0.277	0.0154	-0.010825	18.72 µg/L
Estándar 4	40.00 µg/L	0.614	0.0154	-0.010825	40.64 µg/L

GRÁFICO

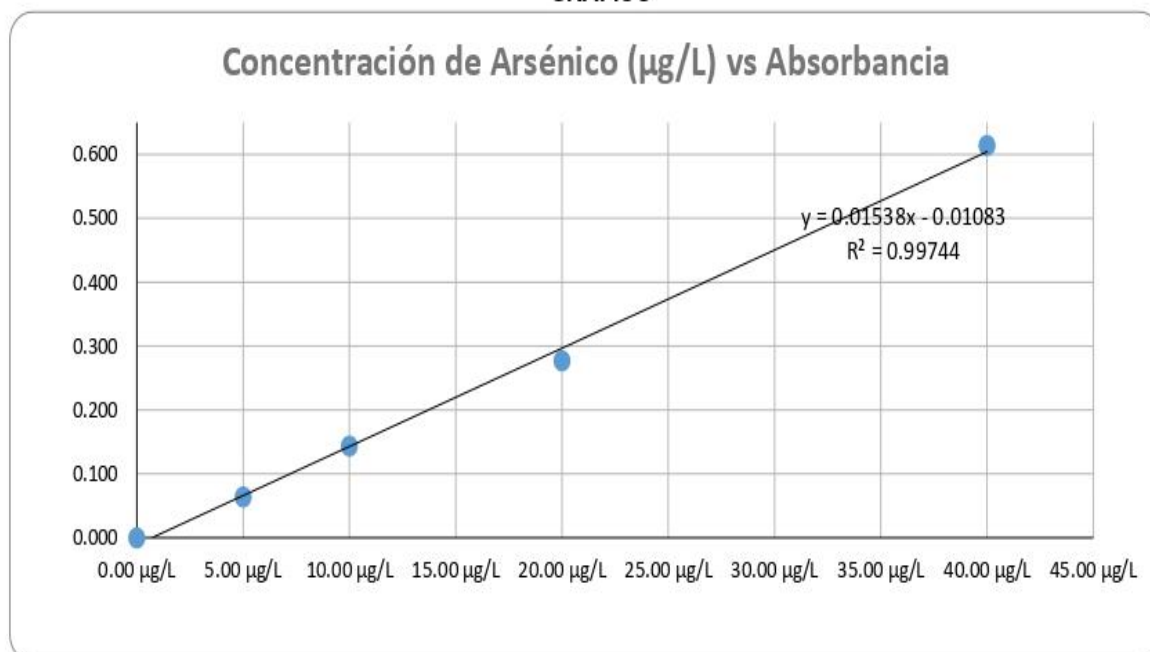


Gráfico 3. Curva de calibración del arsénico

3.9. Aspectos éticos

No aplica.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1 Análisis descriptivo de resultados

Tabla 4. Cantidad de cadmio presente en la carne de pollo, según el máximo límite permisible.

Cadmio	Concentración (mg/Kg) (N = 13)	Máximo límite permisible MERCOSUR
Media	.02027	0.05mg/kg
DS	.01549	
Mínimo	.0078	
Máximo	.0627	

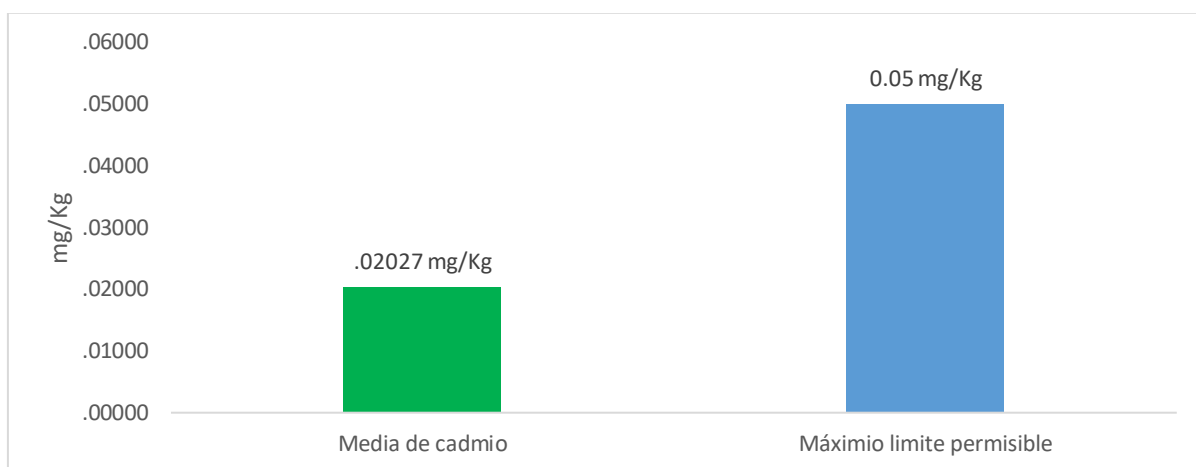


Gráfico 4. Concentración de cadmio en carne de pollo

Interpretación: La tabla nos muestra la media del cadmio en carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá fue de .02027 mg/kg (menor que máximo límite permisible 0.05 mg/kg); la variabilidad de los valores de cadmio fue de .01549 mg/kg; valor máximo .0627 mg/kg; valor mínimo .0078 mg/kg.

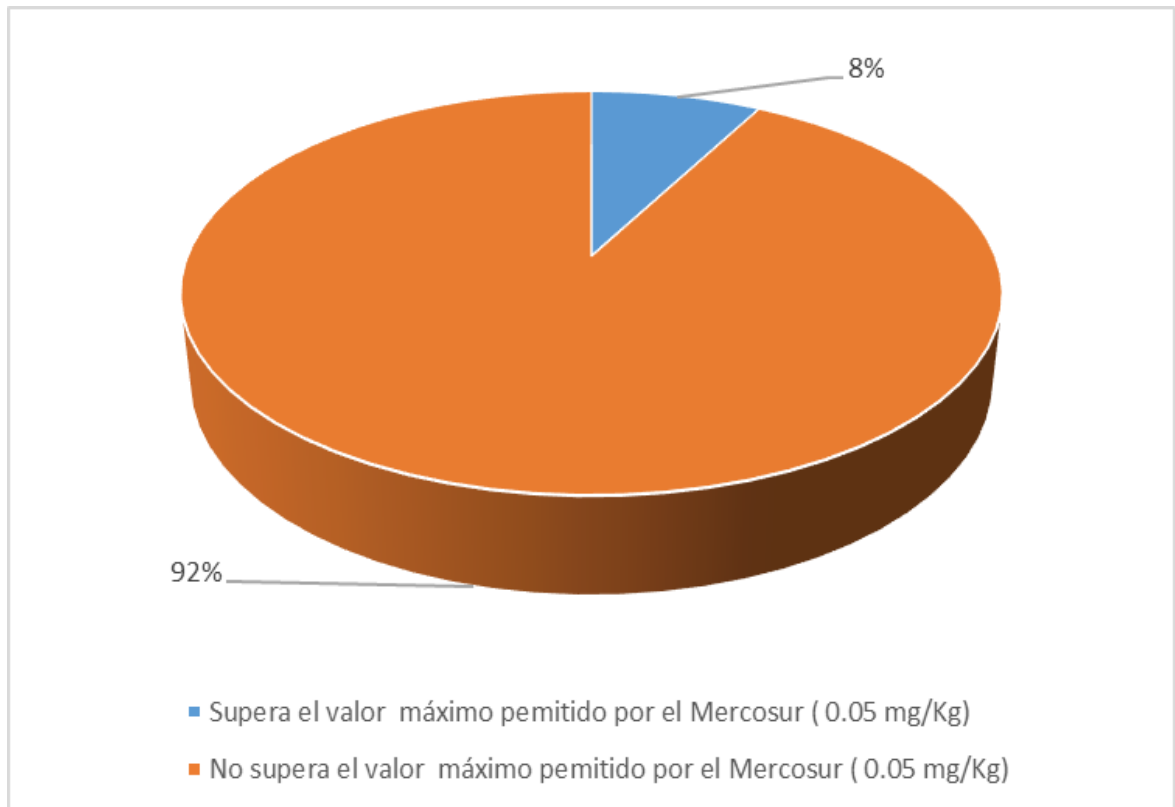


Gráfico 5. Resultado de la medición porcentual del cadmio presente en carne de pollo, según el valor máximo permitido por MERCOSUR.

En el gráfico se aprecia que del total de las muestras 100%, un 92% no supera el valor máximo permitido por MERCOSUR (0.05mg/kg) mientras que el 8% supera el valor máximo permitido por MERCOSUR (0.05mg/kg).

Tabla 5. Cantidad de plomo presente en la carne de pollo, según el máximo límite permisible

Plomo	Concentración (mg/Kg) (N = 13)	Máximo límite permisible MERCOSUR
Media	.6953	0.1mg/kg
DS	.2583	
Mínimo	.3047	
Máximo	1.1953	

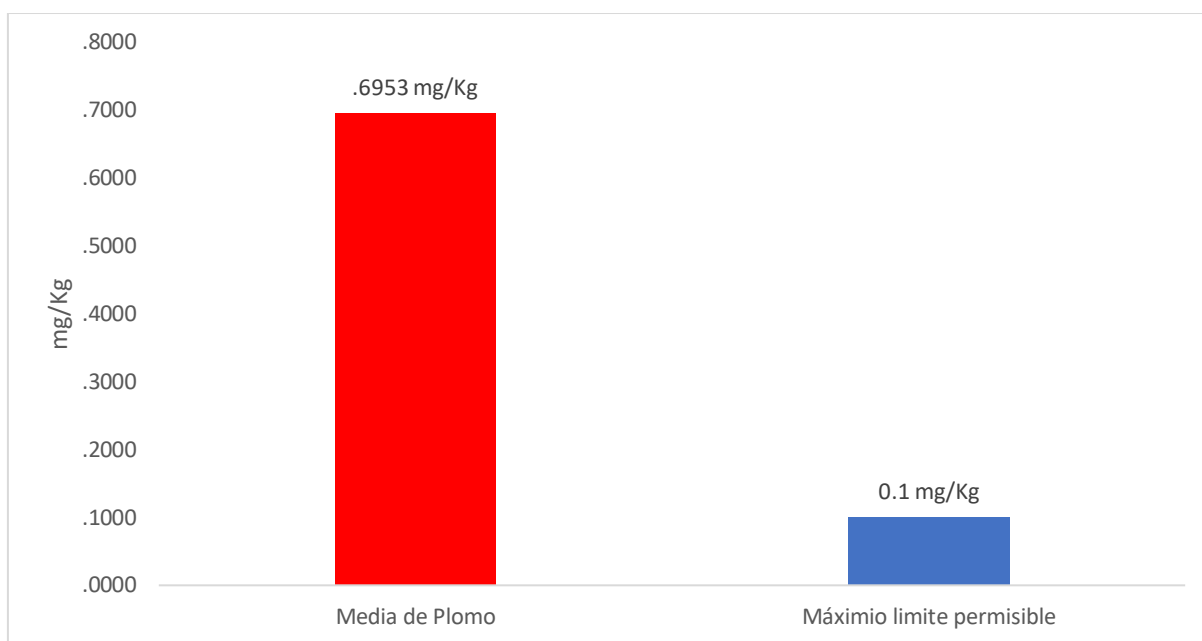


Gráfico 6. Concentración de plomo en carne de pollo

Interpretación: La tabla nos muestra la concentración media del plomo en carne de pollo fue de .6953mg/kg (mayor que máximo límite permisible 0.1mg/kg); la variabilidad de los valores de plomo fue de .2583mg/kg; el valor máximo fue de 1.1953mg/kg y el valor mínimo fue de .3047mg/kg.

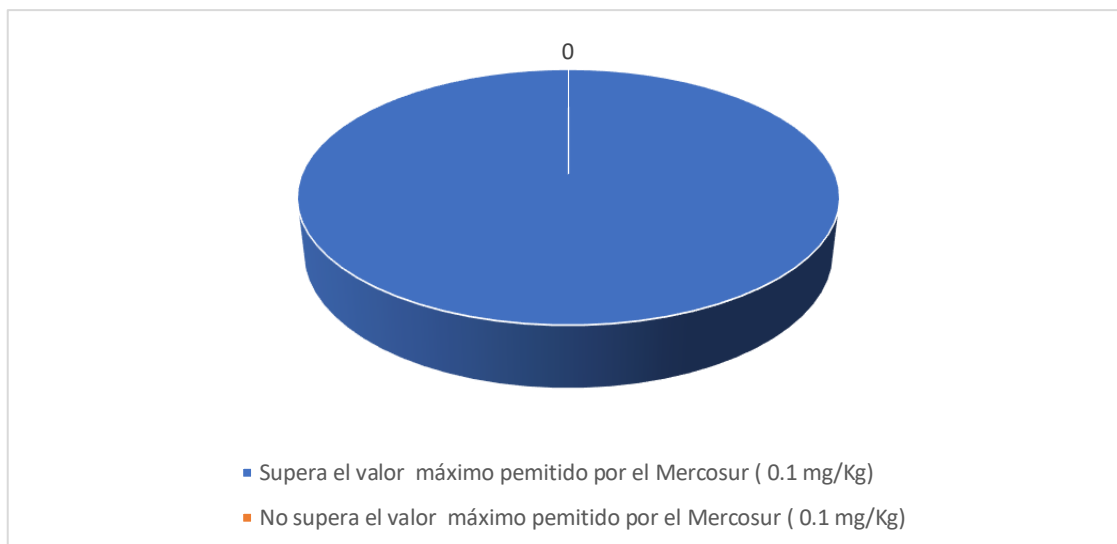


Gráfico 7. Resultado de la medición porcentual del plomo presente en carne de pollo, según el valor máximo permitido por MERCOSUR.

Del gráfico observamos que, todas las muestras sobrepasan el indicador máximo admitido por MERCOSUR para el metal plomo, que es de 0.1mg/kg. Tenemos a nivel porcentual un 100% superan el valor máximo permitido por MERCOSUR.

Tabla 6. Cantidad de arsénico presente en la carne de pollo, según el máximo límite permisible.

Arsénico	Concentración (mg/Kg) (N = 13)	Máximo límite permisible MERCOSUR
Media	.0006	0.5mg/kg
Desviación estándar	.0007	
Mínimo	.0001	
Máximo	.0027	

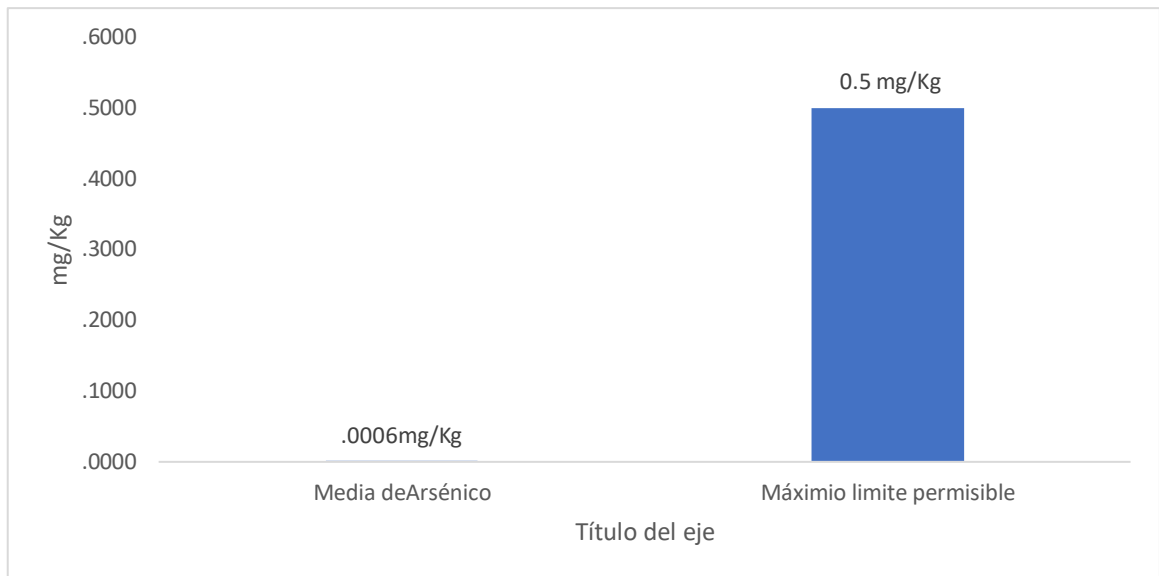


Gráfico 8. Concentración de arsénico en carne de pollo

Interpretación: En la tabla se observa la media del arsénico fue de .0006mg/kg (menor que máximo limite permisible 0.5mg/kg); la variabilidad de los valores de arsénico fue de .0007mg/kg; el valor máximo fue .0027mg/kg y el valor mínimo fue de .0001mg/kg.

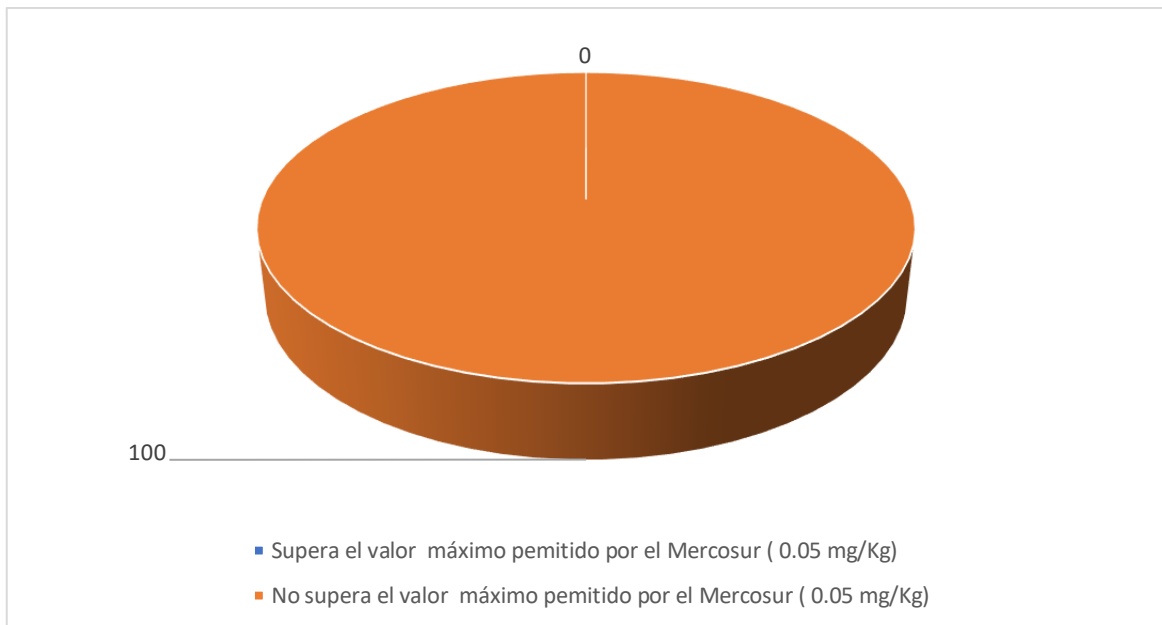


Gráfico 9. Resultado de la medición porcentual del arsénico presente en carne de pollo, según el valor máximo permitido por MERCOSUR.

De la figura se aprecia que del total de la muestra 100%, la presencia de arsénico en carne de pollo, el 100% no supera el valor máximo permitido por MERCOSUR.

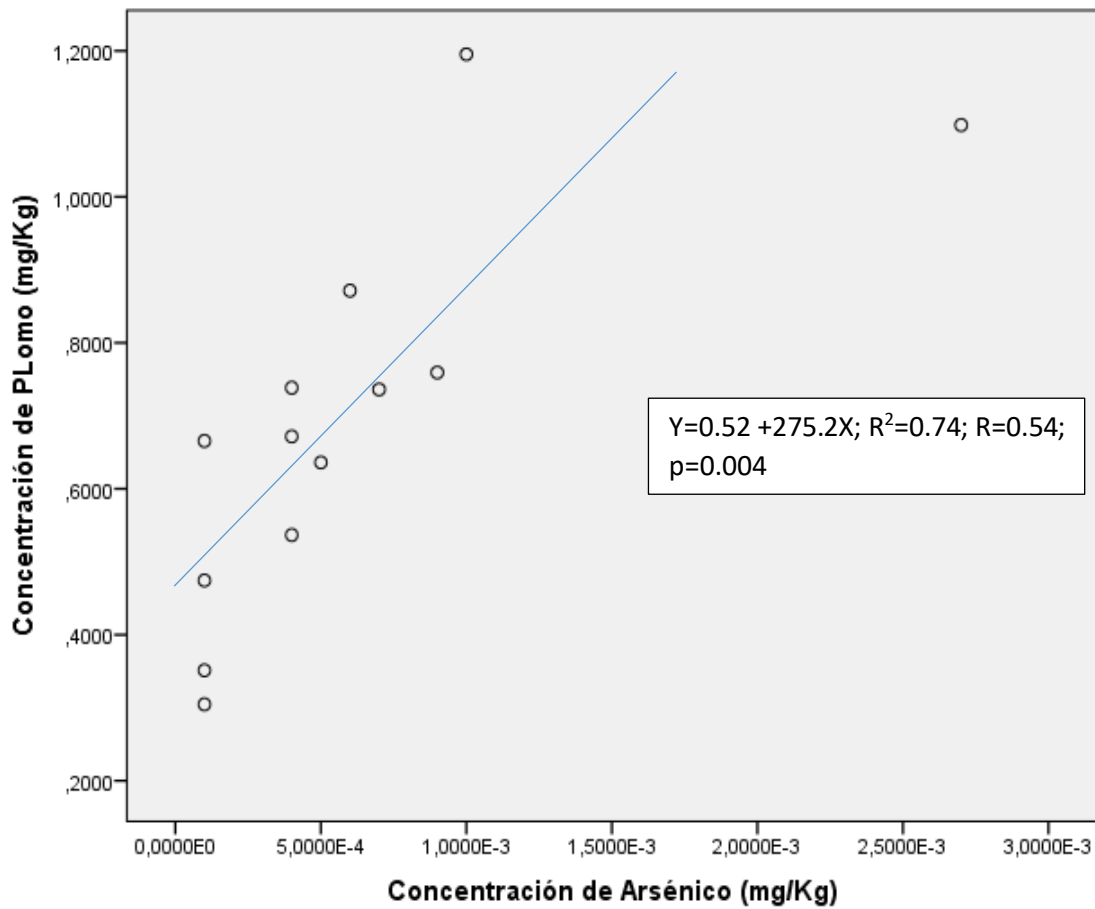


Gráfico 10. Relación entre la concentración de plomo y arsénico en carne de pollo.

Interpretación: Del gráfico observamos la existencia de una relación moderada y significativa ($R= 0.54$) entre la concentración de plomo y arsénico.

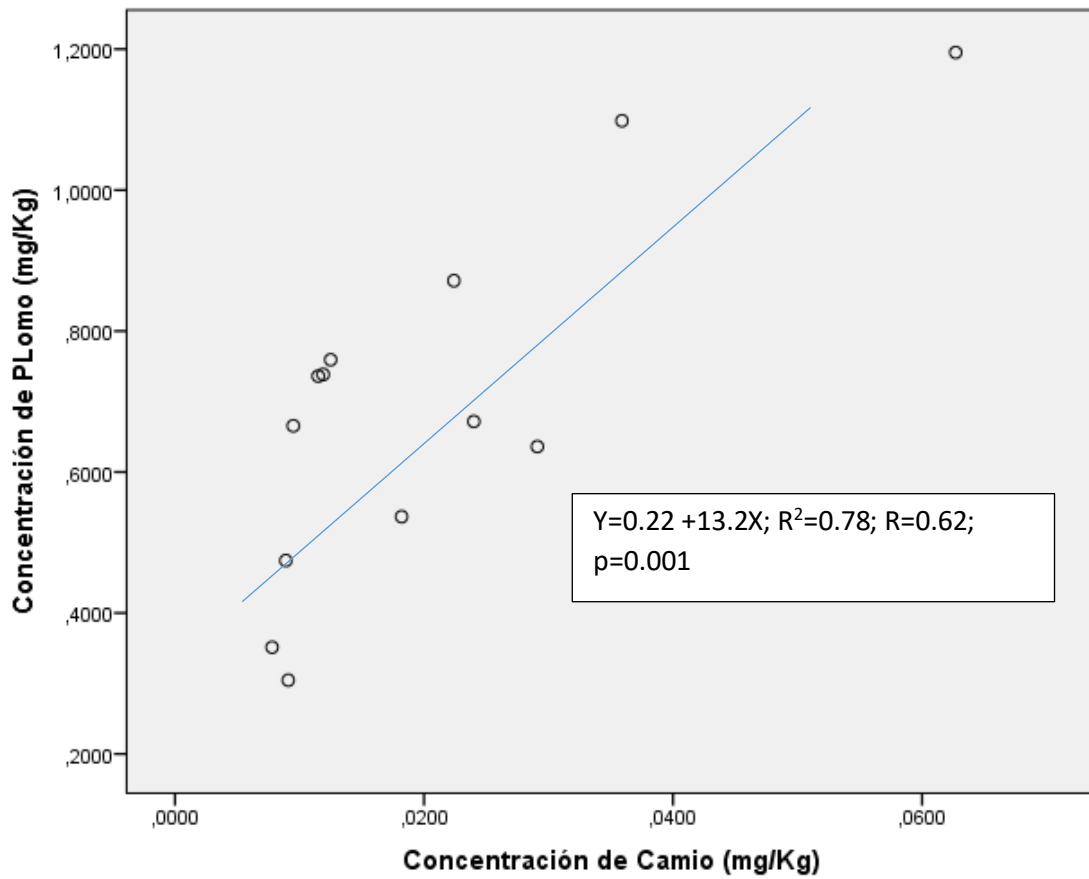


Gráfico 11. Relación entre la concentración de plomo y cadmio en carne de pollo.

Interpretación: del grafico observamos que hay una relación moderada y significativa ($R=0.62$) entre la concentración de plomo con la concentración del cadmio en carne de pollo.

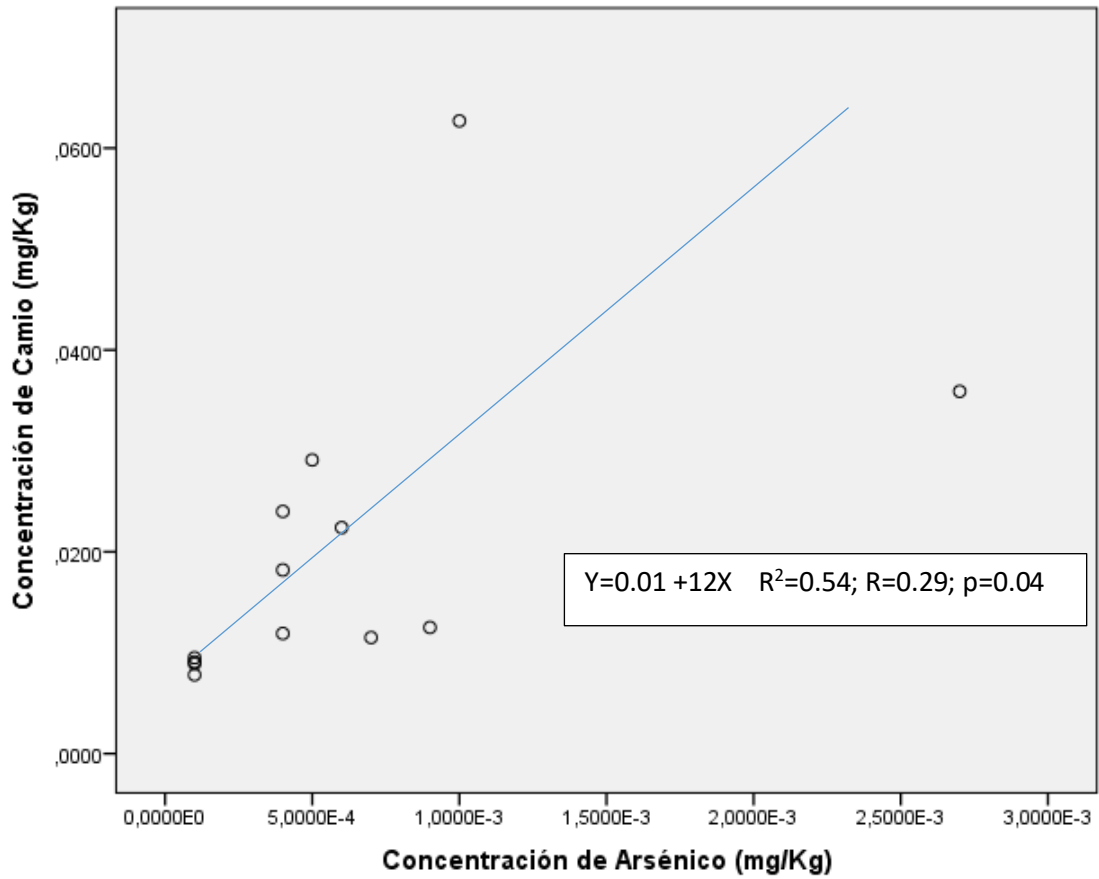


Gráfico 12. Relación entre la concentración de cadmio y arsénico en carne de pollo.

Interpretación: Del gráfico observamos que hay una relación baja y significativa ($R=0.29$) con la concentración de cadmio y la concentración del arsénico en carne de pollo.

Prueba de normalidad

Tabla 7. Prueba de Kolmogórov-Smirnov para establecer la normalidad de las variables.

Concentración de cadmio, plomo y arsénico.

		Cadmio	Plomo	Arsénico
N		13	13	13
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,020269	,695346	,000615
	Desviación Std.	,0154871	,2583286	,0006950
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,231	,171	,229
	Positivo	,231	,171	,221
	Negativo	-,210	-,102	-,229
Estadístico de prueba		,231	,171	,229
P		,057 ^c	,200 ^{cd}	,060 ^c

De la tabla observamos que la variable concentración en cadmio tienen una distribución normal dado que $p= 0.057 > 0.05$, del mismo modo, se aprecia que la variable concentración de plomo tienen una distribución normal dado que $p=0.2 > 0.05$, así mismo, se observa que la variable concentración de arsénico tiene una distribución normal dado que $p=0.060 > 0.05$ Por los resultados establecidos podemos relacionar las tres variables, a través, del análisis de varianza.

Tabla 8. Media y desviación estándar de la contracción de plomo según los metales cadmio, plomo y arsénico.

	N	Media (mg/kg)	Desviación estándar (mg/kg)
Cadmio	13	0.0203	0.0155
Plomo	13	0.6953	0.2583
Arsénico	13	0.0006	0.0007
Total	39	0.2387	0.3581

Observamos en la tabla 12: media del cadmio en carne de pollo es 0.0203mg/kg±0.0155mg/kg; la media de la concentración de plomo en pollo es 0.6953mg/kg±0.2583mg/kg; la media de la concentración de arsénico en pollo es 0.0006mg/kg±0.0007mg/kg.

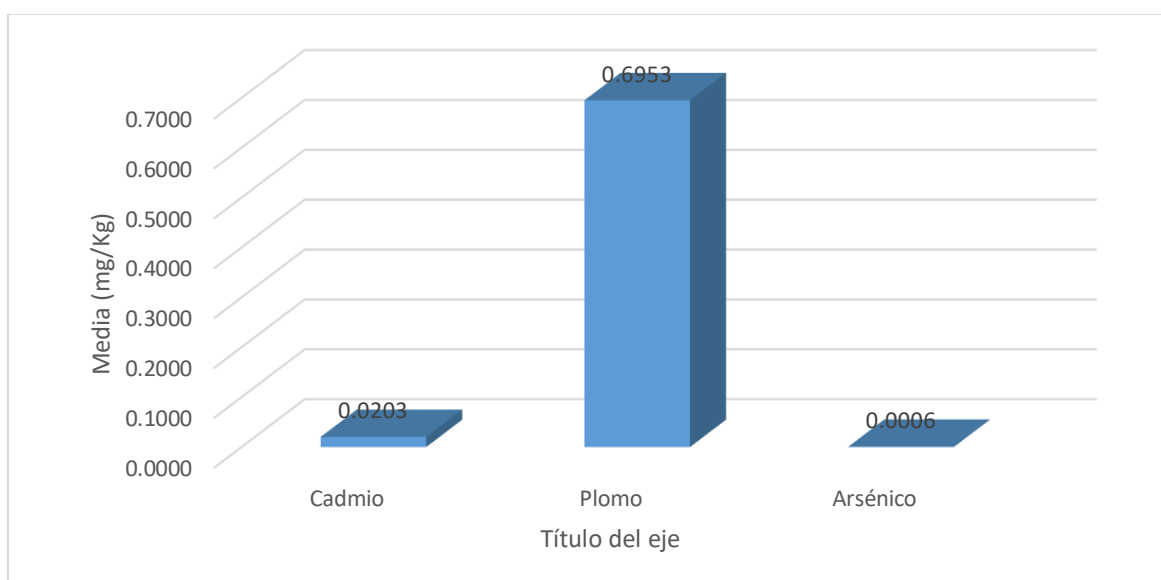


Gráfico 13. Media y desviación estándar de la contracción de plomo según los, metales cadmio, plomo y arsénico.

4.1.2 Prueba de hipótesis.

Hipótesis 1

Ho: La cantidad de cadmio presente en la carne de pollo, es igual al máximo límite permisible (0.05mg/kg): $\mu=0.05\text{mg/kg}$.

H1: La cantidad de cadmio presente en la carne de pollo, no es igual al máximo límite permisible (0.05mg/kg): $\mu\neq 0.05\text{mg/kg}$.

Nivel de significación 0.05

Estadístico de prueba

Tabla 9. Prueba T student. Cantidad de cadmio presente en la carne de pollo, según máximo límite permisible.

	Valor de prueba = 0.05mg/kg					
	T	df	p	Diferencia de medias	Intervalo de confianza para una diferencia entre medias al 95%	
					Inferior	Superior
Cadmio	-6,922	12	,000	-,0297308	-,039090	-,020372

Regla de decisión: Rechazar Ho si $p < 0.05$

Conclusión: Dado que $p=0.000 < 0.05$ entonces rechazar Ho y aceptar H1. Es decir, la concentración de cadmio en carne de pollo en el mercado de Caquetá es diferente al máximo

limite permisible (0.05mg/kg): $\mu \neq 0.05\text{mg/kg}$ lo que quiere decir que la concentración de cadmio fue menor ($p < 0.05$) en relación al máximo permisible.

Hipótesis 2

Ho: la cantidad de plomo presente en la carne de pollo, es igual al máximo límite permisible (0.1mg/kg): $\mu = 0.1\text{mg/kg}$.

H1: la cantidad de plomo presente en la carne de pollo, no es igual al máximo límite permisible (0.1mg/kg): $\mu \neq 0.1\text{mg/kg}$.

Nivel de significación 0.05

Estadístico de prueba

Tabla 10. Prueba T student. Cantidad de plomo presente en la carne de pollo, según máximo límite permisible.

Prueba de una muestra

	Valor de prueba= 0.1 mg/Kg					
	t	df	p	Diferencia de medias	Intervalo de confianza para una diferencia entre medias al 95%	
					Inferior	Superior
Plomo	8,309	12	,000	,5953462	,439240	,751453

Rechazar hipótesis nula si: $p < 0.05$

Conclusión: Dado que $p = 0.000 < 0.05$ entonces rechazar Ho y aceptar H1, es decir la concentración de plomo en carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá es diferente

al máximo límite permisible (0.1mg/kg): $\mu \neq 0.1\text{mg/kg}$ lo que quiere decir que la concentración de plomo fue mayor ($p < 0.05$) en relación al máximo permitido.

Hipótesis 3

Ho: La cantidad de arsénico presente en la carne de pollo es igual al máximo límite permisible (0.1mg/kg): $\mu = 0.1\text{mg/kg}$.

H1: La cantidad de arsénico presente en la carne de pollo no es igual al máximo límite permisible (0.1mg/kg): $\mu \neq 0.1\text{mg/kg}$.

Nivel de significación 0.05

Estadístico de prueba

Tabla 11. Prueba T student. Cantidad de arsénico presente en la carne de pollo, según máximo límite permisible.

Prueba de una muestra

	Valor de prueba= 0.5mg/Kg					
	t	df	p	Diferencia de medias	Intervalo de confianza para una diferencia entre medias al 95%	
					Inferior	Superior
Arsénico	-2590,590	12	,000	-,4993846	-,499805	-,498965

Rechazar hipótesis nula: $p < 0.05$

Resolución: Tenemos $p = 0.000 < 0.05$ por lo tanto rechazamos Ho y aceptamos H1 esto es la concentración del arsénico en carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá

es diferente al máximo límite permisible (0.1mg/kg): $\mu \neq 0.1\text{mg/kg}$ lo que quiere decir que la concentración de arsénico fue menor ($p < 0.05$) en relación al máximo permisible.

Hipótesis 4

Ho: Las concentraciones de plomo, cadmio y arsénico no se relaciona en la carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá.

H1: Las concentraciones de plomo, cadmio y arsénico se relaciona en la carne de pollo comprado en el mercado de Caquetá.

Tabla 12. ANOVA de la contracción metales en pollo según cadmio, plomo y arsénico

ANOVA

	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	P
Inter - grupos	4.068	2	2.034	91.110	.000
Intra - grupos	.804	36	.022		
Total	4.872	38			

Rechaza hipótesis nula: $p < 0.05$

Resolución: Tenemos $p = 0.000 < 0.05$ por tanto rechazamos Ho y aceptamos H1. En consecuencia, la concentración del arsénico, cadmio y plomo se relaciona en la carne de pollo.

Tabla 13. Prueba de Tukey. La contracción metales en pollo según cadmio, plomo y arsénico.

Comparaciones Múltiples

Variable dependiente: concentración

Tukey HSD

Intervalo de confianza 95%

(I) Grupo (J)Grupo	Diferencia significativa (I-J)	Std error	Sig.	Límite inferior	Límite superior	
Cadmio	plomo	-,6750769*	,0586051	,000	-,818325	-,531829
	arsénico	.0196538	,0586051	,940	-,123595	,162902
Plomo	cadmio	.6750769*	,0586051	,000	,531829	,818325
	arsénico	.6947308*	,0586051	,000	,551482	,837979
Arsénico	cadmio	-,0196538	,0586051	,940	-,162902	,123595
	plomo	-,6947308*	,0586051	,000	-,837979	-,551482

*Las diferencias de medias son significativas al nivel de 0,05

Conclusión: Según el cadmio y el plomo, dado que $p=0.000 < 0.05$ entonces la concentración de plomo es mayor que la concentración de cadmio en el pollo; según el arsénico y el plomo, dado que $p=0.000 < 0.05$ entonces. La concentración de plomo es mayor que la concentración de arsénico en el pollo.

Estos resultados podemos confirmar que las cantidades de los metales Pb, Cd y As se relacionan en la carne de pollo, teniendo mayor presencia la concentración de plomo.

4.1.3 Discusión de resultados

En la cuantificación del plomo, cadmio y arsénico en las muestras de carne de pechuga de pollo. Fueron sometidos a comparación con los valores permisibles establecidos por MERCOSUR.

En el metal plomo, los valores obtenidos fueron, el mínimo 0.3047 mg/kg y el máximo 1.1953 mg/kg con valor media .6953 mg/kg. Los 13 ejemplares analizados excedieron el valor máximo permisible dado por MERCOSUR.

En el cadmio, los valores obtenidos fueron, el mínimo 0.0078 mg/kg y el máximo .0627 mg/kg con media .02027 mg/kg. 12 ejemplares no excedieron el límite máximo permisible dado por MERCOSUR, mientras que 1 muestra superó el máximo permisible dado por MERCOSUR.

En el arsénico, los valores obtenidos fueron, el mínimo .0001 mg/kg y el máximo .0027 mg/kg con valor media .0006 mg/kg. De los 13 ejemplares analizados ninguno supero el límite permisible, dado por MERCOSUR.

En la Tabla 14. ANOVA de la contracción metales en pollo según cadmio, plomo y arsénico. En la tabla tenemos que $p = 0.000 < 0.05$ por lo tanto desestimamos H_0 y admitimos H_1 , entonces tenemos por consiguiente las concentraciones del plomo, cadmio y arsénico se relacionan en la carne de pollo.

Yaguana, (18). Los productos cárnicos son fuentes abundantes de nutrientes y varios oligoelementos. La contaminación por metales pesados supone un grave peligro debido a su letalidad toxicológica ya que estos se bioacumulan y biomagnifican en nuestro organismo. Las concentraciones del plomo y cadmio varían según la condición ambiental y el proceso en la fabricación de los productos cárnicos. Los residuos pueden acumularse en la carne cuando los animales ingieren contaminantes o usan medicamentos

veterinarios. Este estudio se realizó en dos mercados municipales. El propósito en esta investigación es obtener el valor cuantificable en carne porcina de los metales cadmio y plomo. Los niveles del plomo y cadmio fueron determinado a través de espectroscopia de absorción atómica. La cuantificación del cadmio era indetectable considerándose el valor: >0.014 mg/kg. Se obtuvo presencia del metal plomo en algunas muestras tales como, 0.01435 ± 0.0080 mg/kg, también 0.0054 ± 0 mg/kg, mientras que otras fueron indetectables: <0.035 mg/kg. Se concluye que al haber concentraciones bajas en cadmio y plomo no representarían peligro para la salud humana (18). Estos resultados difieren de nuestro estudio, donde se encontró presencia de metales cadmio (8%) y plomo (100%), en la carne de pollo por encima de los niveles máximos permisibles de MERCOSUR. El valor cuantificable máximo obtenido fue: cadmio hasta $.0627$ mg/kg y plomo hasta 1.1953 mg/kg.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Todas las muestras de carne de pollo (*Gallus domesticus*), se halló presencia de plomo que supero en un 100% el índice máximo permisible dado por el Reglamento Técnico de MERCOSUR.
- El cadmio supero en un 8% el índice máximo permisible dado por el Reglamento Técnico de MERCOSUR, en las muestras de carne de pollo (*Gallus domesticus*).
- El arsénico no supero el índice máximo permisible dado por el Reglamento Técnico de MERCOSUR, en las muestras de carne de pollo (*Gallus domesticus*).
- Existe correlación estadística entre las concentraciones del plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo (*Gallus domesticus*).

5.2 Recomendaciones

- ✓ Se deben de realizar investigaciones adicionales en otros mercados, bodegas, o lugares, en donde se comercialicen carne de pollo y de esta manera tener datos más amplios para su análisis y control respectivo.
- ✓ Las autoridades competentes en salud, deberían de realizar inspecciones en las avícolas y centros de venta de pollo asegurándose que cumplan con todas las buenas prácticas de salubridad.
- ✓ El ministerio de Salud debería de informar y educar a la población de lo perjudicial y peligroso que es ingerir alimentos contaminados con metales pesados. Utilizando vías de acceso rápido y multitudinaria como el Internet (redes sociales), los periódicos, la radio, las revistas y la televisión.

REFERENCIAS

- 1 Andina. Perú se ubica como el mayor consumidor de pollo en Latinoamérica.[Internet].Lima. Editora Perú; 27 jun 2019. [Consultado 30 junio 2020]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-se-ubica-como-mayor-consumidor-pollo-latinoamerica-756828.aspx>.
- 2 Actualidad AVIPECUARIA. Perú: Consumo de pollo puede superar 50 kg por persona al año.[Internet].Lima. 26 jun 2019 [Consultado 30 Junio 2020]. Disponible en: <https://actualidadavipecuaria.com/peru-consumo-de-pollo-puede-superar-50-kg-por-persona-al-año/#:~:text=En%20ese%20mismo%20mes%2C%20el,84%20kg%2Fhab%2Fa%C3%B1o.>
- 3 Gobierno de La Rioja. Salud y metales pesados. [Internet].[Consultado 19 abril 2021]. Disponible en: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/red-biomonitorizacion-metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados>.
- 4 MERCOSUR RT. Límites máximo de contaminantes inorgánicos en alimentos. [Internet]. 2011. [Consultado 18 enero 2020]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://faolex.fao.org/docs/pdf/mrc110250.pdf>

- 5 FAO. Producción y productos avícolas. [Internet]. 2017 [Consultado el 06 de enero 2020] Disponible en: <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/es/>.

- 6 abc.es . Salud-Enfermedades-ABC. [Internet]. 2018 [Consultado 22 de julio 2019]. Disponible en: https://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-ademas-cancer-exposicion-arsenico-plomo-cobre-y-cadmio-favorece-enfermedad-cardiaca-2018080300923_noticia.html.

- 7 Diario Salud. Fuentes y vías de exposición al plomo. [Internet]. 27 Octubre 2020 [Consultado 5 enero del 2021]. Disponible en: <https://diariosalud.com.ec/2020/10/27/fuentes-y-vias-de-exposicion-al-plomo/>.

- 8 OMS. Cadmio. [Internet]. 2020 [Consultado 15 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/#:~:text=El%20cadmio%20tiene%20efectos%20t%C3%B3xicos,medio%20ambiente%20en%20niveles%20bajos.

- 9 Goldman L,SA. Cecil y Goldman. Tratado de Medicina Interna. [Internet]. Barcelona: Elsevier; 2013.[Consultado 15 enero 2020]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Cecil_y_Goldman/Wpg3AgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=goldman+24+edicion&printsec=frontcover

- 10 Stanley E. Introducción a la Química Ambiental. [Internet]. Barcelona: Reverte; 2007. [Consultado 15 enero 2020]. Disponible en:
https://www.google.com.pe/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_qu%C3%ADmica_ambiental/5NR8DIk1n68C?hl=es-419&gbpv=1&dq=Stanley+E.+Introducci%C3%B3n+a+la+Qu%C3%ADmica+Ambiental.+1era+ed+Barcelona&pg=PP8&printsec=frontcover
- 11 ATSDR. Resúmenes de Salud Pública - Arsénico. [Internet]. 2016 [Consultado 6 noviembre 2020]. Disponible en :
https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html.
- 12 MedlinePlus. Arsénico. [Internet]. 2020 [Consultado 15 junio 2021]. disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/arsenic.html>.
- 13 OMS. Arsénico. [Internet]. 2018 [Consultado 6 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.
- 14 Soto A, Corredor W, Romero J. Valoración y cuantificación de metales pesados en carne de cerdo, pescado, pollo y res comercializados en Pamplona norte de Santander. [Internet]. Colombia: 2015. [Consultado 10 noviembre 2020]. Disponible en:
[https://revistas.unipamplona.edu.co > article > view](https://revistas.unipamplona.edu.co/article/view)

- 15 Ordoñez C. Determinación de la presencia de arsénico en la carne de muslo y alas de pollo de engorde (*Gallus domesticus*) comercializado en el mercado “La Terminal” de Retalhuleu. [Trabajo de graduación de ingeniería en alimentos]. Guatemala: Universidad de San Carlos; 2017 , Disponible en:
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/8083/1/TRABAJO-DE-GRADUACION-DE-CESAR-LEONEL-ORDO%C3%91EZ-CITALAN.pdf>; 2017.
- 16 Moscoso M. Bioacumulación de cadmio en hígado de aves de engorde por ingesta de piensos. [Trabajo de titulación previo a la obtención de grado de ingeniería ambiental]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil ; 2018. Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35157>; 2018.
- 17 Antón C. Exposición al Cadmio (Cd) por carne, vísceras y derivados cárnicos de consumo humano. [Tesis Doctoral en ciencia de los alimentos] . Valencia: Universitat de València;2017 Disponible en:
<https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/56803/EXPOSICION%20Cd%20EN%20CARNEdef.pdf?sequence=1&isAllowed=y>; 2017.
- 18 Yaguana E. Determinación de cadmio y plomo en carne de ganado porcino comercializados en dos mercados municipales de la ciudad de Guayaquil , 2021 [Internet]. [Consultado 12 diciembre 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53463>; 2021.

- 19 Espinoza K, Suarez S. Determinación de plomo, cadmio y arsenico en hígados de pollo Expendido en el mercado Caquetá-San Martin de Porres Lima [Tesis para optar el grado de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Norbert Wiener; 2015. Disponible en:
https://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.13053/6679/T061_47140772_74954901_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y; 2015.
- 20 Ñaccha J, Aguilar W. Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y arsénico en hígado de ganado bovino expendido en el mercado Ciudad de Dios-San Juan de Miraflores [Tesis para optar el grado de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega; 2015. Disponible en:
<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1233>; 2015.
- 21 Huamán D, Palacios R. Determinación de plomo y cadmio en mollejas de pollo expendidas en el mercado Caquetá-San Martin de Porres [Tesis para optar el grado de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Norbert Wiener; 2015. Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/282?locale-attribute=en>
- 22 Bautista C. Evaluación del contenido de metales pesados en carne y tejido óseo de trucha arco iris (*oncorhynchus mykyss*) producidos en el centro poblado de paccho molinos, Paucara – Huancavelica [Tesis para optar el grado profesional de Ingeniero Agroindustrial]. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica; 2018.

Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/cbe777db-387f-4e47-8c06-f0cf7ea8fbda>

- 23 Ticia P. Determinación de plomo, cadmio y arsenico por espectrofotometría de absorción atómica en aguas del rio grande distrito de Huamanchuco [Tesis de grado]. Huamachuco: Universidad Nacional de Trujillo; 2019. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_5e0d81e07728b720ad23ce29de40a2c1
- 24 RegMurcia digital. Reportajes de municipios. [Internet]. [Consultado 23 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.regmurcia.com/servlet/s.S1?sit=a,0,c,373,m,2284,nombre,reportajes%20de%20municipios,ofs,30>.
- 25 FAO. Especies de aves de corral. Producción y productos avícolas [Internet]. [Consultado 15 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/es/>
- 26 USAID. Producción Avícola-Negocio en Crecimiento [Internet]. [Consultado 10 Diciembre 2020].Disponible en: https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/produccion_avicola.pdf.
- 27 CANDURAN. Beneficios y propiedades de la carne de pollo [Internet]. Barcelona; 2017 [Consultado 12 diciembre 2020]. Disponible en: <https://canduran.com/beneficios-propiedades-pollo/>.

- 28 argentina.gob.ar. Metales pesados [Internet]. [Consultado 12 Diciembre 2020].
Disponibile en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/productos-quimicos/metales-pesados#:~:text=Los%20metales%20pesados%20son%20aquellos,de%20productos%20de%20uso%20cotidiano.>
- 29 Lenntech. Plomo(Pb) Propiedades químicas y efectos sobre la salud.
[Internet].[Consultado 2 Abril 2020]. Disponible en:
<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm>.
- 30 Rubio C, Gutiérrez A, Izquierdo M, Revert C, Lozano G, Hardisson A. El
plomo como contaminante alimentario. Revista de Toxicología [Internet] 2004; vol.
21(2-3): pp. 72-80 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/919/91921303.pdf>
- 31 S. Nogué S. Manual de toxicología básica. [Internet].España : Elsevier; 2019 [
Consultado 15 Octubre 2020]. Disponible en:
https://www.google.com.pe/books/edition/Toxicolog%C3%ADa_C1%C3%ADnica/KL-PDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0
- 32 Quimica. Cadmio. [Internet]. [Consultado 15 noviembre 2020] Disponible en:
<https://www.quimica.es/enciclopedia/Cadmio.html>.
- 33 National Cancer Institute. Cadmio.[Internet].[Consultado 15 noviembre].
Dispónible en: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/cadmio>.

- 34 Sifre RB. Toxicología clínica [Internet]. España: Universitat de València 2004 [Consultado 20 septiembre 2020]. Disponible en:
https://www.google.com.pe/books/edition/Toxicolog%C3%ADa_cl%C3%ADnica/k1YTQn23InYC?hl=es-419&gbpv=1
- 35 Ramírez A. Toxicología del cadmio. conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos [Internet]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Medicina; 2002 [Consultado 15 septiembre 2020]. Disponible en :
https://www.researchgate.net/publication/237271701_Conceptos_actuales_para_evaluar_exposicion_ambiental_u_ocupacional_con_indicadores_biologicos
- 36 PRTR España. Arsénico y compuestos.[Internet]. [Consultado 5 Diciembre 2020]. Disponible en: <https://prtr-es.es/Ar-Arsenico-y-compuestos,15604,11,2007.html>.
- 37 ISP. Exposición Laboral a Arsénico.[Internet]. [Consultado 11 Septiembre 2020]. Disponible en:
<https://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaT%C3%A9cnica%20N%C2%B0%20024%20Exposici%C3%B3n%20Laboral%20a%20Ars%C3%A9nico.pdf>.
- 38 De la Rosa P. Efectos Toxicológicos: Arsénico. [Internet]. 2018 [Consultado 11 Septiembre 2020]. Disponible en:

https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1901/articulos/Articulo10_Efectos_Toxicologicos_Arsenico.pdf

- 39 Harris D. Analisis quimico cuantitativo [Internet]. España: Editorial REVERTÉ; 2007. [Consultado 20 agosto 2020]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=H-_8vZYdL70C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false
- 40 Millipore M. El Espectrómetro de Absorción Atómica Con Horno de Grafito. [Internet]. [Consultado 5 Diciembre 2020]. Disponible en:
<https://es.scribd.com/document/503372139/El-espectrometro-de-absorcion-atmica-con-horno-de-grafito>.
- 41 Martínez M. Técnicas de Generación de Vapor acopladas a Espectrofotometría de Absorción Atómica [Internet] .Valencia: Universitat Politècnica de Valencia; 2020. [Consultado 7 enero 2021]. Disponible en:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139863/Mart%C3%ADnez%20-%20T%C3%A9cnicas%20de%20Generaci%C3%B3n%20de%20Vapor%20acopladas%20a%20Espectrofotometr%C3%ADa%20de%20Absorci%C3%B3n%20At%C3%B3mica.pdf?sequence=1#:~:text=La%20Generaci%C3%B3n%20de%20Hidruros%20es,%2C%20Sb%2C%20Sn%2C%20Te>.

42 PCC Group. Ácido clorhídrico puro 37%. [Internet]. 2020 [Consultado 10 enero 2021]. Disponible en: <https://www.products.pcc.eu/es/id/1258816/acido-clorhidrico-puro-37/>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

DETERMINACIÓN DE PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO EN CARNE DE POLLO EXPENDIDO EN EL MERCADO DE CAQUETÁ. NOVIEMBRE DEL 2020

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema General</p> <p>Los niveles de arsénico, cadmio y plomo en carne de pollo comprado en el mercado Caquetá - San Martín de Porres. Superan los límites máximos permisibles para el consumo humano.</p> <p>Problemas específicos</p> <p>- ¿Cuál es el nivel de arsénico en carne de pollo, con el valor máximo</p>	<p>Objetivo general</p> <p>-Determinar la presencia y concentración del plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo expendido en el mercado Caquetá – San Martín de Porres.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>-Comparar la concentración de arsénico en carne de pollo, con el valor máximo dado por MERCOSUR.</p> <p>-Comparar la concentración de cadmio en carne de pollo,</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La carne de pollo expendida en el mercado Caquetá – San Martín de Porres, presentan plomo, cadmio y arsénico en elevadas concentraciones.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>-La concentración de plomo, en carne de pollo, superan los límites permisibles dados por MERCOSUR.</p>	<p>Variable 1: Carne de pollo</p> <p>Dimensión: Mercado Caquetá- San Martín de Porres. Lima-Perú</p>	<p>Tipo de investigación: Descriptiva y transversal</p> <p>Método: El método de investigación es cuantitativo, se ha trabajado con datos cuantificables, datos numéricos que han sido medidos y categorizados a través del análisis estadístico.</p>

<p>establecido por MERCOSUR?</p> <p>- ¿Cuál es el nivel de cadmio en carne de pollo, con el valor máximo establecido por MERCOSUR?</p> <p>- ¿Cuál es el nivel de plomo en carne de pollo, con el valor máximo establecido por MERCOSUR?</p> <p>- ¿Cuál es la correlación entre las concentraciones de arsénico, cadmio y plomo?</p>	<p>con el valor máximo dado por MERCOSUR.</p> <p>-Comparar la concentración de plomo en carne de pollo, con el valor máximo dado por MERCOSUR.</p> <p>-Establecer una correlación entre la concentración de arsénico, cadmio y plomo en carne de pollo.</p>	<p>-La concentración de cadmio, en carne de pollo, superan los límites permisibles dados por MERCOSUR.</p> <p>-La concentración de arsénico, en carne de pollo, superan los límites permisibles dados por MERCOSUR.</p> <p>-Existe relación entre las concentraciones de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo expendida en el mercado Caquetá.</p>	<p>Variable 2: Plomo, cadmio y arsénico.</p> <p>Dimensión: Concentración cuantitativa</p>	<p>Diseño de la investigación: no experimental.</p> <p>Población: Pollo (<i>Gallus domesticus</i>).</p> <p>Muestra: Se recolectaron aleatoriamente trece muestras de 200g de pechuga de pollo, cada una en diferentes centros de ventas.</p>
---	---	--	---	--

Reporte de similitud TURNITIN

● 12% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.uwiener.edu.pe Internet	3%
2	hdl.handle.net Internet	2%
3	repositorio.uroosevelt.edu.pe Internet	<1%
4	repositorio.unjbg.edu.pe Internet	<1%
5	cybertesis.unmsm.edu.pe Internet	<1%
6	repositorio.usmp.edu.pe Internet	<1%
7	dokumen.pub Internet	<1%
8	documentop.com Internet	<1%
9	ispch.cl Internet	<1%