



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Determinación de niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales de Santa Anita - Lima Metropolitana

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTORES

Luis Felix HUALÁN SANDOVAL

Jhonnatan Hugo MAGALLANES QUISPE

ASESOR

César Augusto CANALES MARTÍNEZ

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Hualán L, Magallanes J. Determinación de niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales de Santa Anita - Lima Metropolitana [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2019.

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto	Determinación de niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales de Santa Anita – Lima Metropolitana
Área de investigación (*)	Toxicología y Alimentos
Líneas de Investigación (*)	Toxicología Alimentaria
Ubicación geográfica donde se desarrolla la investigación (incluir localidades y/o coordenadas geográficas)	Distrito de Santa Anita: Cruce Av. Marie Curie con Av. Gutemberg Cruce Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur Cruce Av. Las Torres con Av. Industrial
Institución que financia si corresponde	Ninguno
Año o rango de años que abarcó	2019
DATOS DEL TESISISTA	
Apellidos y Nombres	Hualán Sandoval, Luis Felix Magallanes Quispe, Jhonnatan Hugo
Número de matrícula	11040069
Indicar si es egresado o si aún está cursando estudios, de ser así especificar el año de estudios	Egresado
Código ORCID (opcional)	Ninguno
DATOS DEL ASESOR 1	
Apellidos y nombres	Canales Martínez, César Augusto
Código docente: OA 1812 Categoría: Asociado Clase: TP 20 horas	
Máximo grado alcanzado	Químico Farmacéutico
Código ORCID (obligatorio)	0000-0002-9933-71 OX
Título profesional	Químico Farmacéutico
Departamento Académico al que pertenece	Química Básica Aplicada a la Farmacia
Instituto de Investigación al que pertenece	Instituto de Química Básica Aplicada a la Farmacia
Grupo de investigación al que pertenece indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación	Miembro adherente



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

"DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ARSÉNICO Y CADMIO EN BEBIDAS PREPARADAS A BASE DE QUINUA COMERCIALIZADAS COMO DESAYUNO EN ZONAS INDUSTRIALES DE SANTA ANITA - LIMA METROPOLITANA"

Que presentan los Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

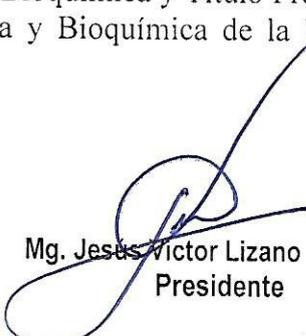
**LUIS FELIX HUALÁN SANDOVAL Y
JHONNATAN HUGO MAGALLANES QUISPE**

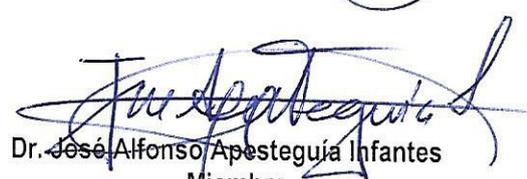
Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

Diecisiete (17) - sobresaliente

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 17 de setiembre de 2019


Mg. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Presidente


Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes
Miembro


Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo
Miembro


Mg. Luz Fabiola Guadalupe Sifuentes de Posadas
Miembro

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico con mucho amor a mi madre Celina Sandoval Barreda, quien es padre y madre para mí y mis hermanas; que con sus fuerzas, amor y buen ejemplo me ayuda a siempre seguir adelante y nunca conformarme.

A mi hermana Melissa, quien es mi segunda madre, ya que me impulsó a seguir adelante con su ejemplo y las fuerzas que ella me demuestra para seguir luchando a pesar de todas las adversidades que se puedan presentar.

A mi hermana Mayra y sus hijas Victoria y Lucero, espero servirle de ejemplo y apoyarlas a seguir adelante y nunca rendirse.

Por último pero no menos importante a mis abuelos Victoria y Santos, que desde pequeños siempre velaron por sus nietos y me encomendaron cuidar de su hija, mi madre. Sé que desde el cielo se sentirían orgullosos y alegres por este logro.

Luis Felix Hualán Sandoval

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con mucho amor y eterno agradecimiento a mi madre, quien siempre me motivo a seguir adelante, no rendirme ante nada y me inculcó los valores que hoy me describen.

A mi querido padre, quien siempre confió en mi y me enseñó que nunca es tarde, que siempre se puede volver a empezar y crear nuestras propias oportunidades.

A mis queridos hermanos, quienes con sus sueños y metas siempre me motivan a seguir adelante, a hacer siempre lo correcto y ser un buen ejemplo para ellos.

A mi tío, quien desde que era un niño siempre me aconsejó y ayudo incondicionalmente como un padre.

A mi amada abuela, con quien pasé la mayor parte de mi niñez y siempre me cuido como a su propio hijo, y sé que desde el cielo guía mi camino cada día.

Jhonnatan Hugo Magallanes Quispe

RESUMEN

La presente investigación cuantificó la cantidad de arsénico y cadmio en 30 bebidas preparadas a base de quinua, comercializada en el distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana. Para obtener la concentración se empleó la técnica de Absorción Atómica con Horno de Grafito. La recolección se realizó en 3 puntos del distrito elegidos al azar: Cruce de la Av. Industrial con Av. Las Torres, cruce de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur y el cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. Los análisis se realizaron en Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental – CICOTOX.

Se obtuvo un promedio los niveles encontrados, para arsénico se obtuvo 0.048 ppm cuyo punto mayor es de 0.0875 ppm y el menor 0.0109 ppm; para el cadmio se obtuvo 0.031 ppm, un punto mayor de 0.1189 ppm y uno menor de 0.0108 ppm.

Se recomienda que las entidades competentes en el país establezcan límites máximos y mínimos de la concentración de estos metales debido a que el Perú no cuenta con un registro con los límites permisibles de contaminantes inorgánicos en alimentos.

Se determinó que las bebidas de quinua comercializadas en zonas industriales del distrito de Santa Anita no presentan riesgo de contaminación por metales pesados al ser consumido por la población, pero esto no descarta que se deban seguir realizando estudios en estas zonas.

Palabras clave: Quinua, arsénico, cadmio, metales pesados, biodegradación, absorción atómica.

ABSTRACT

The present investigation quantified the amount of arsenic and cadmium in 30 drinks prepared with quinoa, marketed in the district of Santa Anita - Lima Metropolitana. To obtain the concentration, the Atomic Absorption technique with Graphite Furnace was used. The collection was carried out at 3 points of the district chosen at random: Crossing of the Industrial Ave. with Las Torres Ave., crossing the Marie Curie Ave. with Luis Pasteur Ave. and crossing the Marie Curie Ave. with Gutemberg Ave. The analyzes were carried out at the Information Center, Toxicological Control and Support for Environmental Management - CICOTOX.

The average levels found were obtained, for arsenic 0.048 ppm was obtained, the highest point being 0.0875 ppm and the lowest 0.0109 ppm; 0.031 ppm was obtained for cadmium, a point greater than 0.1189 ppm and a point lower than 0.0108 ppm.

It is recommended that the competent entities in the country establish maximum and minimum limits for the concentration of these metals because Peru does not have a record with the permissible limits of inorganic contaminants in food.

It was determined that quinoa drinks marketed in industrial areas of the Santa Anita district do not present a risk of heavy metal contamination when consumed by the population, but this does not rule out that studies should continue in these areas.

Keywords: Quinoa, arsenic, cadmium, heavy metals, biodegradation, atomic absorption.

ÍNDICE

RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General.	2
1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
2 GENERALIDADES	3
2.1 Quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willdenow</i>).....	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.1.1 La quinua en la época preincaica.....	3
2.1.1.2 La quinua en la época incaica.....	4
2.1.2 Cultivos en el Perú.....	4
2.1.3 Aspectos Botánicos	5
2.1.3.1 Nombres comunes	5
2.1.3.2 Taxonomía de la Quinoa	5
2.1.4 Valor Nutricional de la Quinoa	6
2.1.4.1 Composición Nutricional.....	6
2.1.4.2 Proteínas.....	6
2.1.4.3 Grasas.....	6
2.1.4.4 Carbohidratos.....	6
2.1.4.5 Minerales.....	6
2.1.4.6 Vitaminas.....	6
2.1.5 Actividad Farmacológica.....	7
2.2 Metales pesados	7
2.2.1 Arsénico.....	7
2.2.1.1 Características fisicoquímicas.....	9
2.2.1.2 Límites de exposición	10
2.2.1.3 Fuentes de contaminación	11
2.2.1.3.1 Arsénico elemental.....	11
2.2.1.3.2 Compuestos inorgánicos trivalentes.....	11
2.2.1.3.3 Compuestos inorgánicos pentavalentes.....	11

2.2.1.3.4	Compuestos de arsénico orgánico	11
2.2.1.4	Toxicocinética.....	12
2.2.1.4.1	Absorción	12
2.2.1.4.2	Distribución.....	12
2.2.1.4.3	Biotransformación	12
2.2.1.4.4	Excreción.....	13
2.2.1.5	Toxicodinamia	13
2.2.1.5.1	Mecanismo bioquímico de acción	13
2.2.1.6	Aspectos toxicológicos	14
2.2.1.6.1	Intoxicación	14
2.2.1.6.2	Tratamiento	16
2.2.2	Cadmio	16
2.2.2.1	Características fisicoquímicas	16
2.2.2.2	Límites de exposición	17
2.2.2.3	Fuentes de contaminación	17
2.2.2.4	Toxicocinética.....	18
2.2.2.4.1	Absorción	18
2.2.2.4.2	Distribución.....	18
2.2.2.4.3	Metabolismo	18
2.2.2.4.4	Excreción y eliminación	18
2.2.2.5	Toxicodinamia	19
2.2.2.6	Aspectos toxicológicos	19
2.2.2.6.1	Intoxicación	19
2.2.2.6.2	Tratamiento	21
3	PARTE EXPERIMENTAL	22
3.1	Área de Estudio.....	22
3.2	Obtención y recolección de muestras:	22
3.3	Método analítico	23
3.3.1	Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito .	23
3.3.2	Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros	23
3.4	Reactivos, materiales y equipos.....	24
3.4.1	Reactivos.....	24
3.4.2	Materiales	24
3.4.3	Equipos.....	25

3.5	Preparación de las muestras.....	25
3.5.1	Determinación de arsénico	25
3.5.1.1	Curva de calibración.....	25
3.5.1.1.1	Estándar patrón de Arsénico	25
3.5.1.2	Condiciones del equipo	27
3.5.1.3	Resultado	27
3.5.2	Determinación de Cadmio	28
3.5.2.1	Curva de calibración.....	28
3.5.2.1.1	Estándar Patrón de Cadmio	28
3.5.2.2	Condiciones del equipo	28
3.5.2.3	Resultado	29
4	RESULTADOS	30
4.1	Determinación de Arsénico	30
4.1.1	Ensayos estadísticos de los niveles de Arsénico por comparación de varianzas (ANOVA)	33
4.1.1.1	Hipótesis.....	33
4.1.1.2	Nivel de significancia.....	33
4.1.1.3	Análisis estadístico de varianzas (ANOVA).....	33
4.1.1.4	Criterio de aceptación.....	33
4.1.1.5	Decisión.....	34
4.1.2	Ensayo de <i>T-student</i> entre resultados de Arsénico.	34
4.1.2.1	Hipótesis.....	34
4.1.2.2	Criterio de aceptación.....	34
4.1.2.3	Decisión.....	34
4.2	Determinación de Cadmio.....	35
4.2.1	Ensayos estadísticos de los niveles de Cadmio por comparación de varianzas (ANOVA)	38
4.2.1.1	Hipótesis.....	38
4.2.1.2	Nivel de significancia.....	38
4.2.1.3	Análisis estadístico de varianzas (ANOVA).....	38
4.2.1.4	Criterio de aceptación.....	38
4.2.1.5	Decisión.....	39
4.2.2	Ensayo de <i>T-student</i> entre los valores hallados de Arsénico.	39
4.2.2.1	Hipótesis.....	39
4.2.2.2	Criterio de aceptación.....	39
4.2.2.3	Decisión.....	39

4.3	Comparación de las concentraciones de arsénico y cadmio.....	40
5	DISCUSIÓN.....	43
6	CONCLUSIONES.....	46
7	RECOMENDACIONES.....	47
8	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	48
9	ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cultivos Incas	3
Figura 2: Imagen incaica	3
Figura 3: Zonas de producción de Quinua en el Perú	4
Figura 4: Plantas de quinua (Distrito de Cabana, Provincia de San Román, Departamento de Puno, Perú)	5
Figura 5: Fuentes de contaminación por metales pesados en aire, suelo, agua y planta.	7
Figura 6: Especies de arsénico más comunes en muestras biológicas y medioambientales.	8
Figura 7: Ciclo del arsénico.	8
Figura 8: Diagrama Eh-pH para especies inorgánicas de arsénico en el sistema arsénico, oxígeno y agua a 25°C y 1 bar de presión total.	9
Figura 9: Biotransformación del Arsénico Inorgánico	12
Figura 10: Toxicocinética del cadmio	19
Figura 11: Curva de calibración del estándar de Arsénico. (Fuente: Elaboración propia)	27
Figura 12: Curva de calibración del estándar de Cadmio. (Fuente: Elaboración propia)	29
Figura 13: Concentración de Arsénico vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).....	31
Figura 14: Concentración de Arsénico vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).....	31
Figura 15: Concentración de Arsénico vs Las muestras del cruce de la Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).	32
Figura 16: Promedio de arsénico vs Ubicación. (Fuente: Elaboración propia).32	
Figura 17: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).....	36
Figura 18: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).....	36
Figura 19: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).	37
Figura 20: Promedio de cadmio vs Ubicación. (Fuente: Elaboración propia). .	37
Figura 21: Concentración de Arsénico y Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).....	41
Figura 22: Concentración de Arsénico y Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).	41
Figura 23: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).	42
Figura 24: Promedio de arsénico y cadmio vs Ubicación. (Fuente: Elaboración propia).	42
Figura 25: Croquis de ubicación de puntos de recolección de muestras. (Fuente: Elaboración propia).	52
Figura 26: Recolección de muestras en Cruce Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).	53

Figura 27: Croquis de punto de recolección de muestras: Cruce Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).	53
Figura 28: Recolección de muestras en Cruce Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).	54
Figura 29: Croquis de punto de recolección de muestras: Cruce Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).	54
Figura 30: Recolección de muestras en Cruce Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).	55
Figura 31: Croquis de punto de recolección de muestras: Cruce Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).	55
Figura 32: Muestras recolectadas y rotuladas. (Fuente: Elaboración propia).	56
Figura 33: Curva de calibración del arsénico. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).	57
Figura 34: Curva de calibración del cadmio. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).	58
Figura 35: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Marie Curie con av. Gutemberg. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).	59
Figura 36: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Marie Curie con av. Luis Pasteur. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).	60
Figura 37: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Marie Curie con av. Luis Pasteur. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).	61
Figura 38: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Las Torres con av. Industrial. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).	62
Figura 39: Potenciómetro portátil Hanna HI8424.	63
Figura 40: Medición de pH en muestras de bebida de quinua.	63
Figura 41: Pesada de la muestra en la Balanza Mettler Toledo AB204	65
Figura 42: Carbonización de la muestra con ácido sulfúrico en una plancha calefactora.	65
Figura 43: Mufla a 800 °C	65
Figura 44: Picnómetro de 25 mL.	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vitaminas (%)	7
Tabla 2: Constantes de disociación ácida (pKa) de algunas especies de arsénico.	9
Tabla 3: Arsinas y puntos de ebullición	10
Tabla 4: Niveles máximos para alimentos de consumo humano.	10
Tabla 5: Preparación de la curva de calibración del arsénico. (Fuente: Elaboración propia).	26
Tabla 6: Concentración vs Absorbancia del estándar de Arsénico. (Fuente: Elaboración propia).	27
Tabla 7: Preparación de la curva de calibración para el cadmio. (Fuente: Elaboración propia).	28
Tabla 8: Rampa de calentamiento del horno grafito. (Fuente: Elaboración propia).	29
Tabla 9: Concentración vs Abs del estándar de Cadmio. (Fuente: Elaboración propia).	29
Tabla 10: Resultados totales de niveles de arsénico en 30 envases de quinua comercializada en el distrito de Santa Anita. (Fuente: Elaboración propia).	30
Tabla 11: Promedios y varianzas obtenidas por cada grupo para arsénico. (Fuente: Elaboración propia).	33
Tabla 12: Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) para la concentración de Arsénico. (Fuente: Elaboración propia).	33
Tabla 13: Ensayo de T-Student entre resultados de arsénico. (Fuente: Elaboración propia).	34
Tabla 14: Resultados generales de la concentración de cadmio en 30 envases de quinua comercializada en el distrito de Santa Anita. (Fuente: Elaboración propia).	35
Tabla 15: Promedios y varianzas obtenidas por cada grupo para cadmio. (Fuente: Elaboración propia).	38
Tabla 16: Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) para la concentración de Cadmio. (Fuente: Elaboración propia).	38
Tabla 17: Ensayo de T-Student entre los valores hallados de cadmio. (Fuente: Elaboración propia).	39
Tabla 18: Comparación general de las concentraciones de arsénico y cadmio en 30 muestras de la quinua comercializada en el distrito de Santa Anita. (Fuente: Elaboración propia).	40
Tabla 19: Direcciones de puntos de recolección de muestras. (Fuente: Elaboración propia).	52
Tabla 20: Mediciones de pH realizadas a las muestras de bebida de quinua comercializada (Fuente: Elaboración propia).	64
Tabla 21: Resultados del ensayo de residuo de incineración realizadas a las muestras de bebida de quinua comercializada (Fuente: Elaboración propia). .	66
Tabla 22: Resultados del ensayo de densidad realizadas a las muestras de bebida de quinua comercializada (Fuente: Elaboración propia).	68

1 INTRODUCCIÓN

Según el *Codex Alimentarius*, cuando hay presencia de una sustancia que no es propia del alimento se le llama contaminante. ⁽¹⁾ La quinua es un alimento de gran importancia en varios departamentos del Perú y de los países de alrededor. Ha formado parte de nuestra historia prehispánica y ahora se está haciendo conocido a nivel mundial. Su aumento en la demanda se debe a la nueva revolución gastronómica y a la comida Novo-andina. Esto se debe a que en la actualidad es más sencillo obtener datos de todo tipo sobre los alimentos, así mismo los clientes tienen conocimiento acerca de las etapas de obtención, tratamiento de alimentos e inconvenientes relacionados con ellos. ^(2,3) Estos peligros son contaminaciones que se deben al sector industrial, tecnológico, agropecuario, minero y la aplicación constante de pesticidas con metales pesados en los cultivos, contaminando así el agua, la flora y la fauna ocasionando un peligro a la salud. ^(4, 5, 6) El arsénico es uno de los metales que trataremos en nuestra investigación, se encuentra en el alimento de los animales, armas químicas, etc. ^(7, 8, 9) La toxicidad crónica con arsénico en el hombre ocasiona lesiones dermatológicas (queratosis, hiperqueratosis, hiperpigmentación) y lesiones nerviosas y hepáticas. La toxicidad aguda suele ocasionarse por estar expuesto a altas dosis que son muy preocupantes ya que suele ocasionar anemia, trastornos en el pulso del corazón, enfermedades nerviosas, etc. ^(10,11) La *International Agency for Research on Cancer (IARC)* ha catalogado al arsénico en el grupo I por ser un elemento que ocasiona cáncer. Las principales zonas afectadas son la piel, el sistema respiratorio, hepático y urinario. ⁽¹²⁾ El cadmio es otro metal peligroso que se encuentra en varios materiales de uso común como pigmentos, baterías, fotografías, etc. ⁽¹³⁾ El cadmio suele ingresar al organismo por vía digestiva y respiratoria, aunque este último suele contaminar a los empleados de la industria tabacalera. ^(14, 15, 16) Un informe de la Organización Mundial de la Salud indica que a mayor exposición del metal pesado mayor será la intoxicación al organismo. En casos de intoxicación prolongada se ha presentado problemas en los riñones como cálculos y disfunción, disminución de la densidad ósea, a nivel nervioso se ha presentado alteración del sueño, vértigo, contracciones musculares, etc. En el caso de las intoxicaciones agudas se han presentado edemas pulmonares, problemas estomacales como vómitos y diarreas, etc. ^(17, 18, 19) El Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN) realizó El Registro de Cáncer de Lima Metropolitana Volumen V donde podemos observar la información de las enfermedades en una determinada población. Como por ejemplo en el distrito de Santa Anita hay un promedio de 167,78 - 213,34 casos en varones y 178,05 - 214,01 casos en mujeres con cáncer. ⁽²⁰⁾

Esta investigación se propone determinar los niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales del distrito de Santa Anita. Para este estudio se empleó 30 muestras en 3 quioscos diferentes (10 muestras cada uno). Los puntos de recolección de las bebidas son: el cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg, el cruce Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur y el cruce Av. Las

Torres con Av. Industrial. Se usaron dos metodologías: espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros para los análisis en arsénico y espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito para los análisis en cadmio. Se obtuvo como resultados estadísticos promedios, para arsénico se obtuvo 0.048 ppm cuyo punto mayor es de 0.0875 ppm y el menor 0.0109 ppm, para el cadmio se obtuvo 0.031 ppm, un punto mayor de 0.1189 ppm y uno menor de 0.0108 ppm.

Finalmente se recomienda dar a conocer a la población sobre el peligro de la contaminación por metales pesados, realizar estudios sobre los otros alimentos que se consumen en esa zona y sobre los otros metales pesados que son nocivos para la salud, un mayor control para la comercialización de los alimentos.

1.1 Objetivo General.

- Determinar los niveles de arsénico (As) y cadmio (Cd) en bebidas preparadas a base de quinua comercializada como desayuno por vendedores ambulantes en zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros y espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito respectivamente.

1.2 Objetivos Específicos.

- Determinar los niveles de cadmio en las muestras de bebidas preparadas a base de quinua comercializada como desayuno por vendedores ambulantes en zonas industriales del distrito de Santa Anita - Lima Metropolitana por espectrofotometría de absorción atómica con horno grafito.
- Determinar los niveles de arsénico en las muestras de bebidas preparadas a base de quinua comercializada como desayuno por vendedores ambulantes en zonas industriales del distrito de Santa Anita - Lima Metropolitana por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros.

1.3 Hipótesis.

- Los niveles determinados de cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana no presentan concentraciones elevadas de cadmio.
- Los niveles determinados de arsénico en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana no presentan concentraciones elevadas de arsénico.

2 GENERALIDADES

2.1 Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

2.1.1 Origen

Nuestro país posee una gran variedad de vegetación, pero una de las que posee una mayor diversidad de genotipos ubicados en la región del lago Titicaca de Perú y Bolivia, es la Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*).

2.1.1.1 La quinua en la época preincaica

Los pobladores de la antigüedad elaboraron gran cantidad de estructuras arquitectónicas con la finalidad de preservar y potenciar la actividad agronómica.

Un vegetal que sobresalió y fue reconocido por presentar diversas propiedades tanto alimenticias, medicinales y también adaptativas, lo que facilitaba su cultivo, fue la quinua.



Figura 1: Cultivos Incas ⁽²¹⁾



Figura 2: Imagen incaica ⁽²¹⁾

2.1.1.2 La quinua en la época incaica

Las diversas propiedades de la quinua fueron reconocidas inmediatamente en el cusco, ayudándolos a sobrevivir en gran variedad de actividades. Los incas aprovecharon sus diversas propiedades para mejorar y obtener diferentes especies y variedades de quinua. ⁽²¹⁾

2.1.2 Cultivos en el Perú

Debido a su propiedad adaptativa y a las condiciones climáticas, la quinua es procesada en gran porcentaje en las siguientes zonas: Puno, regiones andinas y en la costa. ⁽²²⁾



Figura 3: Zonas de producción de Quinua en el Perú ⁽²⁹⁾

Esta planta ancestral viene siendo la fuente de alimentación de la población sudamericana debido a la presencia de nutrientes esenciales entre sus componentes.

La Cuenca del Lago Titicaca ha sido origen del cultivo debido a que es procesada en diversos niveles ecológicos llegando hasta los 4000 metros sobre el nivel del mar. La quinua ha llegado a ser nombrada como “Alimento Único” por la Organización Mundial de Salud (OMS) dado a su capacidad de sustituir proteínas de origen animal. ⁽²³⁾



Figura 4: Plantas de quinua (Distrito de Cabana, Provincia de San Román, Departamento de Puno, Perú) ⁽²⁹⁾

La quinua es una planta ancestral con reconocimiento histórico debido a su gran importancia en la alimentación y en medicina de la población antigua ⁽²⁴⁾

2.1.3 Aspectos Botánicos

2.1.3.1 Nombres comunes

Algunos de estos son: *jiura, Suba, Luba, Ubalá, Juba, Uca, Subacguque, Dahuie.*

2.1.3.2 Taxonomía de la Quinua

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Angiospermas

Familia: Chenopodiáceas

Género: *Chenopodium*

Sección: *Chenopodia*

Subsección: *Cellulata*

Especie: *Chenopodium quinoa*, Will ⁽²⁶⁾

2.1.4 Valor Nutricional de la Quinua

2.1.4.1 Composición Nutricional

Una gran diferencia y que lo hace tan valiosa a la quinua es su calidad proteínica ya que son ricos en aminoácidos como la lisina y los azufrados. Aparte es que tiene un alto porcentaje de Fibra Dietética Total (FDT), que ayuda a eliminar las toxinas que tiene el organismo. ⁽²⁸⁾

2.1.4.2 Proteínas

Aproximadamente la quinta parte del peso de la semilla de quinua es proteínas de un importante valor biológico ya que están los aminoácidos no esenciales y también los esenciales, aquellos que el organismo no produce y lo obtiene de los alimentos. Posee del tipo albúmina y globulina.

La excepcional riqueza en aminoácidos que tiene la quinua le confiere propiedades terapéuticas muy interesantes. Y ello porque la biodisponibilidad de la lisina de la quinua, el aminoácido esencial más abundante en sus semillas, es muy alta, además presenta isoleucina, la leucina y la valina, s-adenosi-metionina, treonina y triptófano.

2.1.4.3 Grasas

De acuerdo a estudios que se hicieron en Perú la quinua contiene ácido linoleico, ácido oleico, ácido linolénico, ácido palmítico y en menor proporción ácido esteárico y el eicosapentaenoico, los cuales favorecen la disminución de LDL y el aumento de HDL en el organismo.

2.1.4.4 Carbohidratos

Según los estudios la quinua posee almidón: 58% - 68%, azúcares: 5%

Es por ello que tiene una alta fuente de energía que la libera de a pocos por su alto contenido de fibra.

2.1.4.5 Minerales

La quinua presenta una gran cantidad de calcio y magnesio además de otros metales como el fosforo, zinc, hierro, potasio, manganeso y pequeñas cantidades de cobre y de litio.

2.1.4.6 Vitaminas

Las vitaminas que posee se encuentran detalladas en el siguiente cuadro: ⁽²⁹⁾

Tabla 1: Vitaminas (%) ⁽²⁹⁾

Vitaminas	Rango
Vitamina A (Carotenos)	0.12 – 0.53
Vitamina E	4.60 – 5.90
Tiamina	0.05 – 0.60
Riboflavina	0.20 – 0.46
Niacina	0.16 – 1.60
Ácido ascórbico	0.00 – 8.50

2.1.5 Actividad Farmacológica

Entre las propiedades terapéuticas que se le atribuye se tiene su uso contra la ansiedad, baja densidad ósea, regula los niveles de azúcar, dolores, reforzamiento del sistema inmune, regeneración celular, funciones digestivas, combate la metástasis cancerosa, brinda energía muscular, etc. ⁽³⁰⁾

2.2 Metales pesados

Son los elementos de la tabla periódica de mayor peso atómico, se caracterizan por no ser biodegradables y acumularse en el ambiente persistentemente ocasionando intoxicación a bajas cantidades en todos los seres vivos. Estos metales poseen diferentes fuentes de origen, que van desde la acumulación de la corteza de la tierra hasta los procesos industriales y el trabajo diario. Las actividades más involucradas con metales pesados tenemos, uso de pesticidas, galvanizado, plomería, pinturas de todo tipo, contaminación por auto entre otros. ⁽³¹⁾



Figura 5: Fuentes de contaminación por metales pesados en aire, suelo, agua y planta. ⁽³³⁾

2.2.1 Arsénico

Sus compuestos pueden ser inorgánicos, los cuales se encuentran como oxianiones, óxidos o sales; orgánicos, se encuentran en forma metilada, como compuestos orgánicos complejos o con origen proteico. ⁽³²⁾

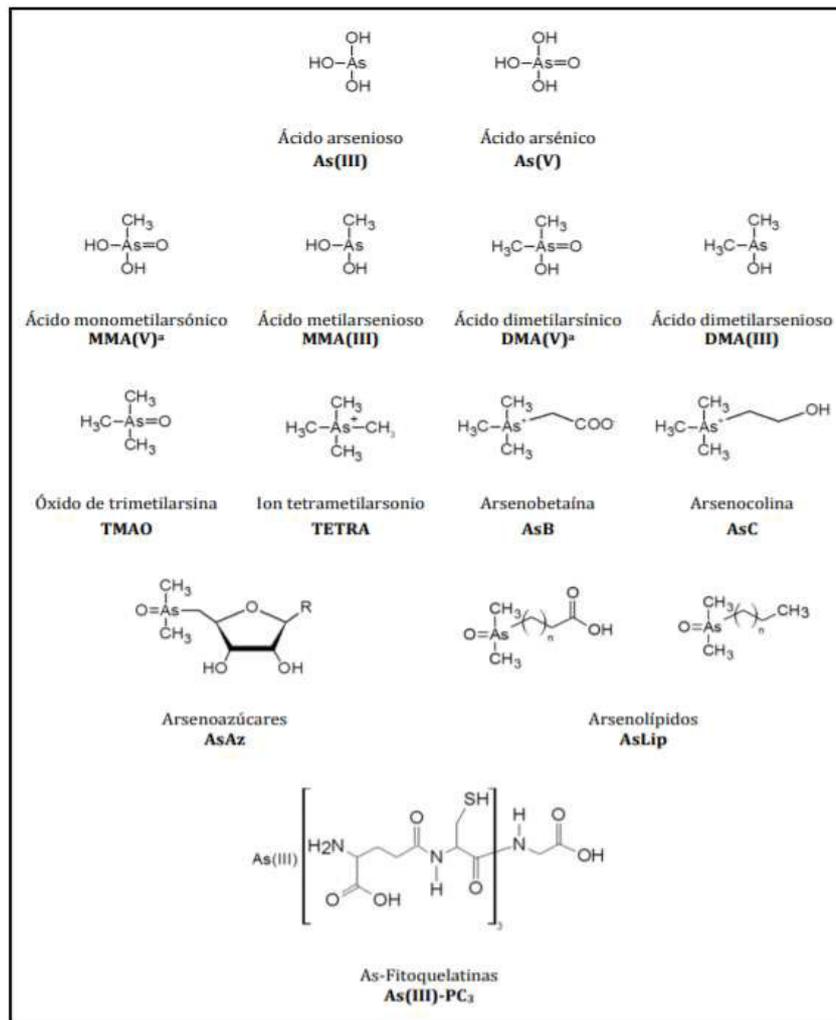


Figura 6: Especies de arsénico más comunes en muestras biológicas y medioambientales. (32)

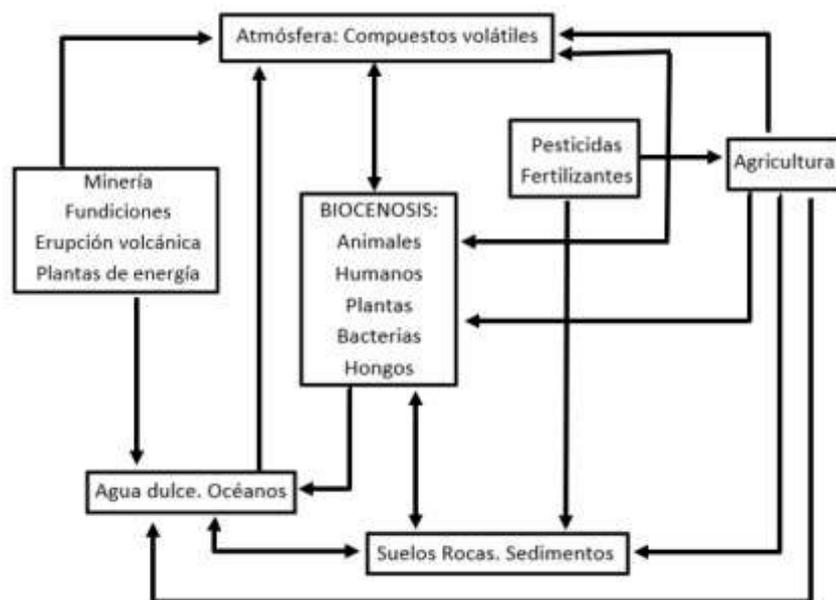


Figura 7: Ciclo del arsénico. (35)

2.2.1.1 Características fisicoquímicas

El arsénico es considerado un metaloide, posee un número atómico de 33 uma. Tiene a ^{75}As como único isótopo el cual es más estable con un peso atómico de 74,92 uma. El arsénico gris es su forma alotrópica más estable, conduce el calor y electricidad, tiene brillo metálico y se oxida fácilmente tornándose de un aspecto opalescente.

Algunos compuestos de arsénico tienen carácter de ácidos débiles en solución, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Constantes de disociación ácida (pKa) de algunas especies de arsénico. ⁽³²⁾

Especie	As (III)	As (V)	MMA	DMA	TMAO	AsB
pKa	9.2 / 12.1 / 12.7	2.3 / 6.8 / 11.6	4.1 / 8.7	6.2	3.6	2.2

La especie química dominante en un medio dependerá de las condiciones redox.

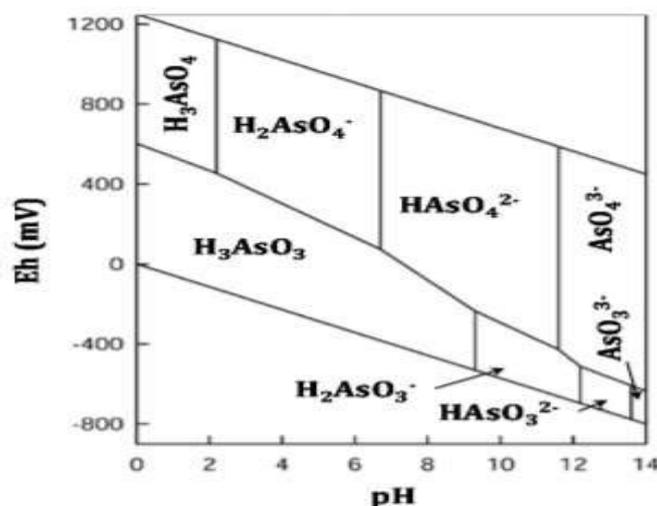


Figura 8: Diagrama Eh-pH para especies inorgánicas de arsénico en el sistema arsénico, oxígeno y agua a 25°C y 1 bar de presión total. ⁽³²⁾

En un medio aeróbico, el estado de oxidación dominante es la forma oxidada Arsénico V (As(V)), donde la forma neutra es el ácido arsénico. El Arsénico (III), predomina en medios acuosos reductores. En medios fuertemente reductores, ciertas especies de arsénico forman hidruro volátil o arsina. En la Tabla N°3 se recogen las posibles arsinas y sus correspondientes puntos de ebullición.

Tabla 3: Arsinas y puntos de ebullición ⁽³²⁾

Especie	Arsina	PE (° C) ^a
As(III) As(V)	Arsina	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{As} \\ \\ \text{H} \end{array}$ -55
MMA(III) MMA	Metilarsina	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{As} \\ \\ \text{H} \end{array}$ 2
DMA(III) DMA	Dimetilarsina	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{As} \\ \\ \text{H} \end{array}$ 36
TMAO	Trimetilarsina	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{As} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 76

2.2.1.2 Límites de exposición

Para el caso de contaminación por metales pesados en alimentos, los límites máximos permisibles en concentración de metales pesados establecidos por la unión europea y *la Food and Agriculture Organization* (FAO), varían de acuerdo al tipo de alimento.

Tabla 4: Niveles máximos para alimentos de consumo humano. ⁽³³⁾

Alimento	Unidad	Hg	As	Cd	Pb
Agua de consumo	mg/L	0.001	0.05	0.01	0.05
Hortalizas de bulbo	mg/Kg	nan	nan	0.05	0.1
Hortalizas de fruto (cucurbitáceas)		nan	nan	0.05	0.1
Hortalizas de hoja		nan	nan	0.1	0.3
Legumbres		nan	nan	nan	0.2
Raíces y tubérculos		nan	nan	0.1	0.1
Carne de vacuno, porcino y ovino		nan	nan	0.05	0.1
Carne de aves		nan	nan	nan	0.1
Leche		nan	nan	nan	0.02
Cereales en grano (excepto trigo)		nan	1	nan	0.2
Peces		0.5	2	nan	nan

La principal fuente de contaminación de metales pesados en alimentos es el agua, es por ello el interés internacional de analizar el agua y la polución con metales pesados. ⁽³³⁾

2.2.1.3 Fuentes de contaminación

2.2.1.3.1 Arsénico elemental

El arsénico elemental se utiliza en aleaciones con el fin de aumentar su dureza y resistencia al calor, como en las aleaciones con plomo para la fabricación de municiones y de baterías de polarización. También se utiliza para la fabricación de ciertos tipos de vidrio, como componente de dispositivos eléctricos y como agente de adulteración en los productos de germanio y silicio en estado sólido.

2.2.1.3.2 Compuestos inorgánicos trivalentes

El tricloruro de arsénico (AsCl_3) se utiliza en la industria cerámica y en la fabricación de arsenicales con contenido de cloro. El trióxido de arsénico (As_2O_3) o arsénico blanco se utiliza en la purificación de gases sintéticos y como materia prima para todos los compuestos de arsénico. También se utiliza como conservante de cuero y madera, como mordente en la industria textil, como reactivo en la flotación de minerales y para la decoloración y refinamiento en la fabricación del vidrio. El arsenito cálcico [$\text{Ca}(\text{As}_2\text{H}_2\text{O}_4)$] y el acetoarsenito cúprico (considerado generalmente como $\text{Cu}(\text{COOCH}_3)_2\text{3Cu}(\text{AsO}_2)_2$) son pesticidas.

2.2.1.3.3 Compuestos inorgánicos pentavalentes

El arseniato de hidrógeno es usado en la obtención de sales, vidriados y en la industria de leño. El óxido de arsénico (V) es usado en pesticidas, en leño y vidriado.

2.2.1.3.4 Compuestos de arsénico orgánico

Existen varios tipos de compuestos de arsénico orgánico como lo es el ácido cacodílico, este compuesto se utiliza como herbicida. Otro es el ácido arsanílico se utiliza como cebo para saltamontes.

En los animales marinos se han encontrado compuestos de arsénico orgánico en concentraciones de 1 a 100 ppm. Dichos compuestos son el arsenobetaina y arsenocolina que tienen una toxicidad baja.

Las bacterias y hongos transforman metabólicamente los compuestos de arsénico obteniendo la dimetilarsina y la trimetilarsina. ⁽³⁴⁾

2.2.1.4 Toxicocinética

El sistema gastrointestinal y el sistema respiratorio son las vías principales para la absorción del arsénico.

2.2.1.4.1 Absorción

Se absorbe por inhalación, ingestión y en cierta proporción, a través de la piel. La absorción del arsénico ingerido o el depositado en el tracto respiratorio excede el 50%.

2.2.1.4.2 Distribución

Muchos compuestos de arsénicos se depositan en hígado, riñón, pulmón y bazo. También se depositan en pelos y uñas por la queratina, ya que tiene proteínas del grupo sulfhidrilo que tienen afinidad por el arsénico (III).

2.2.1.4.3 Biotransformación

En el hígado es donde se metaboliza el arsénico y aunque no esté establecido se propone que están involucrados 2 procesos

- a) Reducción del arsénico (V) al arsénico (III)
- b) Metilación oxidativa al arsénico (III) en arsénicos metilados.

Para que ocurra la metilación oxidativa del arsénico, se requiere que haya una reducción de arsénico V a arsénico III. En el siguiente gráfico se puede observar la biotransformación del arsénico en las células hepáticas.

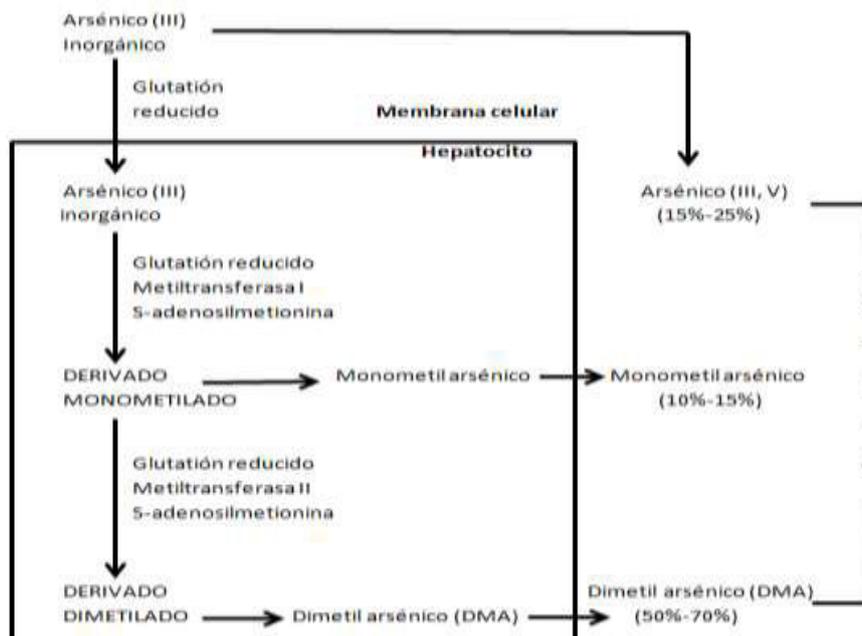


Figura 9: Biotransformación del Arsénico Inorgánico ⁽³⁶⁾

En microorganismos puede ocurrir una tercera metilación, que genera compuestos trimetilados, los cuales se consideran poco tóxicos. El metabolismo de los arsenicales orgánicos es pobre, sólo un 13% del monometil arsénico (V) se convierte a dimetil arsénico; sin embargo, una vez que los arsenicales han sido metilados no son desalquilados.

Varios factores pueden influir en la capacidad de metilación del arsénico, entre ellos, dosis y tiempo de exposición, una dieta alta en metionina y proteínas y el probable polimorfismo genético de la(s) enzima(s) metilante(s). Se ha encontrado un incremento significativo en la cantidad de monometil arsénico y una disminución en el contenido de dimetil arsénico que son excretados en la orina de individuos con exposición crónica y elevada al metal.

2.2.1.4.4 Excreción

Es eliminado por la orina como dimetil arsénico (50 a 70 %) Aunque una fracción es eliminada sin metilar.

En comparación con el hombre, en la mayoría de las especies animales la excreción de monometil arsénico es muy baja (<4%) mientras que, en la rata, la retención y distribución de arsénico difieren de las observadas en otras especies, pues la mayoría del dimetil arsénico formado se una a los eritrocitos. ⁽³⁶⁾

2.2.1.5 Toxicodinamia

La intoxicación por arsénico depende mucho de su forma química y del contacto con el ser humano. La forma más tóxica del arsénico es la arsina.

2.2.1.5.1 Mecanismo bioquímico de acción

El arsénico actúa formando enlaces covalentes con el átomo de azufre de los grupos sulfidrilol, reacción importante porque condiciona que el arsénico inorgánico ingrese a las reacciones bioquímicas solamente en presencia de agua; de esta manera sus compuestos sólidos inorgánicos no podrán actuar en el organismo hasta no ser reducidos. El arsénico inorgánico (iAs^{3+}) ingresa al sistema piruvato-oxidasa ligándose a los grupos sulfidriolo de la proteína, de lo que resulta un complejo anular muy estable. El mecanismo de acción tóxica del arsénico inorgánico (iAs^{5+}) no está plenamente dilucidado; se acepta que previamente es reducido a formas trivalentes.

Además, el arsénico inorgánico compite con el fosfato inorgánico en las reacciones de fosforilación, produciendo

ésteres inestables. Otros estudios muestran que desacopla la fosforilación oxidativa compitiendo con el fósforo en uno de los pasos de conservación de energía de la reacción. Se ha sugerido también su acción inhibitoria no hidrolítica en la mitocondria ligada a funciones energéticas. ⁽³⁵⁾

2.2.1.6 Aspectos toxicológicos

En la población es común encontrar dos tipos de forma de intoxicarse; aguda y crónica, en el caso de la crónica se debe mayormente por intoxicación con alimentos.

Las manifestaciones clínicas por intoxicación de las diferentes formas de arsénico son semejantes dependiendo de la concentración y el periodo de exposición.

2.2.1.6.1 Intoxicación

2.2.1.6.1.1 Manifestaciones agudas

- Manifestaciones gastrointestinales: Dolores abdominales, náuseas, diarrea y en casos graves hemorragias.
- Manifestaciones nerviosas: Cefalea, convulsiones y desmayos.

Cuando el individuo se encuentra en un ambiente de altas concentraciones de arsénico suelen presentar algunas manifestaciones subagudas como una dermatosis, atrofia muscular, tos, disnea, dolor de traquea, laringitis e irritación mucosa nasal.

Como se mencionó, la arsina es el compuesto de arsénico con mayor toxicidad que produce otros signos y síntomas. Los síntomas que presenta son hemólisis intravascular, hemoglobinuria e ictericia. Debido a la ictericia no es visible la anemia. Aparte la hemoglobina se cristaliza en los túbulos renales ocasionando oliguria o anuria siendo la causante de muerte del paciente.

2.2.1.6.1.2 Manifestaciones crónicas

Las manifestaciones más frecuentes son:

- **Lesiones en la piel**

Usualmente se presentan como úlceras en las extremidades, queratosis, pigmentación y comezón. En pacientes con mayor exposición al arsénico se presentan síntomas más generalizados en todo el cuerpo. Estos daños pueden terminar en cáncer. Otra

manifestación que en las uñas se presenta una línea blanca

- **Lesiones de mucosas**

- ✓ Conjuntivitis que suele terminar en necrosis.
- ✓ Ulceración de la córnea
- ✓ Rinofaringotraqueobronquitis crónica.
- ✓ Perforación del tabique nasal en su porción cartilaginosa.

- **Lesiones en el sistema nervioso**

Un síntoma que se manifiesta es la neuropatía periférica que usualmente afecta las extremidades inferiores de manera simétrica y presentando entumecimiento y hormigueo (parestesias) aunque hay casos donde no se han presentado dicha simetría.

- **Lesiones hematológicas**

Las personas intoxicadas con lesiones en la piel suelen presentar anemia y los intoxicados por arsina suelen presentar hemólisis.

- **Alteraciones hepáticas**

- ✓ Cirrosis hepática.
- ✓ Cáncer hepático y hepatobiliar.

- **Problemas cardiovasculares**

Lesión en los vasos sanguíneos ocasionando gangrena en las extremidades.

- **Efectos carcinogénicos**

Según estudios han asociado el arsenicismo crónico y el cáncer de piel, pulmón e hígado.

- **Efecto teratogénicos y genéticos**

En estudios experimentales en animales se ha demostrado que el arsénico traspasa la placenta ocasionando anencefalia, agenesia renal, etc. Los pacientes experimentales tratados con medicamentos arsenicales han presentado mutaciones y alteraciones cromosómicas. El arsénico suele interactuar con otros

metales como el plomo, el cadmio y el selenio, intensificando el cuadro toxicológico. ⁽³⁷⁾

2.2.1.6.2 Tratamiento

El tratamiento para la intoxicación se basa en lavado digestivo, el medicamento más utilizado y eficaz es el dimercaprol. El primer día se aplica una dosis cada 4 horas distanciando las dosis en los días siguientes hasta la completa disminución de síntomas. Se administra en pacientes sintomáticos y asintomáticos que hayan tomado una dosis tóxica o cuando cuantificamos arsenurias superiores a 200 mg/l. Para estos casos también cabe la posibilidad de administrar ácido dimercaptosuccínico (análogo del dimercaprol) ya que es también eficaz y además menos tóxico. En el caso de intoxicaciones crónicas lo que se aconseja es la administración de penicilamina (Cupripen®), 250 mg cada 6 h. Para intoxicaciones por arsenamina ninguno de los tratamientos anteriores es eficaz ya que en estos casos debe realizarse una transfusión de sangre para evitar la hemólisis o hacer una exanguinotransfusión. Para el resto de los casos el tratamiento es sintomático prestando especial atención al shock, hipotensión y arritmias (en las que no es aconsejable administrar quinidina o procainamida pues el arsénico prolonga el intervalo QT), al coma, etc. ⁽³⁸⁾

2.2.2 Cadmio

Es un metal pesado considerado como uno de los elementos más tóxicos. Su fluidez está asociado a los siguientes parámetros: el pH, el potencial redox y arcillas y óxidos de hierro. Este metal tiene su origen en la actividad industrial diversa. ⁽³⁹⁾

2.2.2.1 Características fisicoquímicas

El cadmio es un elemento químico de número atómico 48; peso atómico de 112,40 y densidad relativa de 8,65. Es un metal de color blanco con un ligero matiz azulado, blando, dúctil, maleable y resistente a la corrosión. Su punto de fusión es de 320,9 °C y de ebullición de 765 °C. Insoluble en agua y en disolventes orgánicos, pero soluble en ácidos, nitratos y cloruros. Es volátil se puede alejar con numerosos metales en estado de fusión, oxida lentamente al aire en presencia de humedad, calentado a altas temperaturas arde, desprendiendo vapores de óxido de color amarillo - rojizo. El cadmio está distribuido en toda la corteza terrestre, no existe en su estado puro, sino asociado a otros minerales como el plomo, cobre y zinc. En la actualidad, existe una amplia utilización del cadmio en la industria, lo cual puede

convertirlo en uno de los mayores contaminantes del ambiente.
(40)

2.2.2.2 Límites de exposición

Los fumadores pueden absorber cantidades comparables a la ingestión diaria normal con la dieta (IDD), es decir, inhalan 0,1 a 0,2 µg de cadmio por cigarrillo, con una absorción aproximada del 50%. El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. Se fija a las plantas más rápidamente que el plomo. Los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado. La ingestión diaria normal con la dieta (IDD) se estima entre 10 y 85 µg. Algunos países, como Japón y Canadá, tienen dietas con valores de cadmio más elevados. Organizaciones internacionales han propuesto como límite tolerable medio en la ingestión diaria normal con la dieta (IDD) 70 µg/ semana. El agua potable contribuye en menor grado, pues debe contener un máximo de 1 µg cadmio/L. (41)

2.2.2.3 Fuentes de contaminación

En el medio natural el cadmio se encuentra con valencia 2+, por lo que en solución forma especies químicas tales como cloruros, hidróxidos y bicarbonados de cadmio (CdCl^+ , CdOH^+ , CdHCO_3^+ , CdCl_3^- , CdCl_4^{2-} , $\text{Cd}(\text{OH})_3^-$ y $\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-}$); quelatos orgánicos

Este se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración media de 0,1 mg/kg. La abundancia de Cadmio en rocas sedimentarias e ígneas no excede de 0,3 mg/kg y las concentraciones son parecidas en depósitos arcillosos y en rocas metamórficas. Aunque los niveles altos de cadmio en suelos se relacionan principalmente con la contaminación, pueden ser también de origen litológico; por ejemplo, existen hallazgos de cantidades anormalmente altas de cadmio en roca caliza de algunas zonas de Francia, originarias del Jurásico y el Cretácico. El cadmio es un constituyente muy habitual en casi todos los compuestos de zinc, que pueden llegar a contener un 0,1-0,3% de cadmio. También puede encontrarse en minerales de plomo y cobre, si bien en este caso las concentraciones de cadmio son considerablemente más bajas. Uno de los depósitos de zinc más asociado al cadmio es la esfalerita o blenda de zinc (ZnS). Algunos minerales de baja importancia económica que contienen cadmio son el sulfuro de cadmio o greenockita (CdS), el óxido de cadmio (CdO) y el carbonato de cadmio u otavita (CdCO_3). Gran parte de la dispersión del cadmio al ambiente tiene como causa del desgaste y erosión de las rocas, y el posterior transporte de grandes cantidades del metal a los océanos, cuyo contenido de

cadmio es de alrededor de 0,1 µg/kg. Sin embargo, la actividad volcánica (incluyendo el vulcanismo subterráneo) es considerada la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera. ⁽³⁹⁾

2.2.2.4 Toxicocinética

El cadmio metálico y las sales de cadmio no se absorben bien, Tras la exposición respiratoria se absorbe aproximadamente un 25%, por la exposición oral es del 1- 10% y la exposición dérmica es menor al 1%.

El tamaño de partícula influye bastante en la absorción del cadmio. Tras la absorción, el cadmio se distribuye ampliamente por el organismo, concentrándose en el hígado y riñón. No se conoce un metabolismo que afecte al cadmio. Su excreción es muy lenta.

2.2.2.4.1 Absorción

La absorción se da por vía respiratoria, entre el 25 a 50% inhalado se absorbe; otra vía es la digestiva, es la de mayor toxicidad, se da por ingesta de agua y alimentos contaminados, en adulto es de entre 5 y 20%, y esto aumenta cuando existe deficiencia de calcio, proteínas, hierro y zinc; con respecto a la piel, la absorción es mínima.

2.2.2.4.2 Distribución

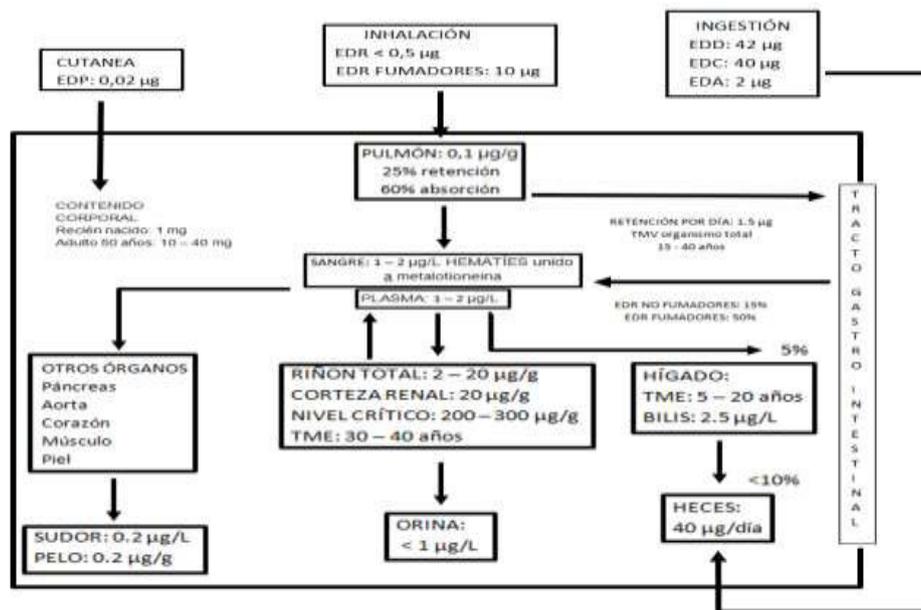
Se distribuye por la sangre con ayuda de proteínas transportadoras, donde tienen una mayor concentración a nivel hepático y renal. El cadmio posee vida media elevada por la capacidad que posee de participar en la síntesis metalotioneínas, proteínas que la transportan.

2.2.2.4.3 Metabolismo

El cadmio no posee un metabolismo propiamente dicho. Por el contrario, su eliminación es muy lenta. Nuestro organismo posee mecanismos de defensa para disminuir su toxicidad, uno de ellos es la afinidad por la metalotioneínas neutralizándolo por almacenamiento en el organismo.

2.2.2.4.4 Excreción y eliminación

Su eliminación es lenta, motivo por el cual tiene una vida media elevada. Debido a la baja absorción digestiva es excretado a través de las heces, y en mayor proporción (más del 90%) a través de la orina. ^(41, 42)



EDD: Entrada diaria total EDD: Entrada diaria con la dieta
 EDC: Entrada diaria con la comida EDA: Entrada diaria con el agua
 EDR: Entrada diaria vía respiratoria EDP: Entrada diaria por piel

Figura 10: Toxicocinética del cadmio ⁽⁴¹⁾

2.2.2.5 Toxicodinamia

Aunque no se haya demostrado experimentalmente, su toxicidad es debida a que se vincula con radicales libres. El riñón es el órgano más sensible a este metal, su deterioro se evidencia por el incremento de proteínas en la orina.

• Las metalotioneínas:

De acuerdo a la ubicación del cadmio, se puede considerar dos tipos de metalotioneínas que se comportan de forma distinta.

- ✓ La metalotioneína 1: El cadmio se encuentra unido de forma inestable y una de sus características es que se transfiere rápidamente al riñón.
- ✓ La metalotioneína 2: El cadmio se encuentra unido de forma estable. En el tejido renal tiene un tiempo de vida media de 68 años y en el hígado es de aproximadamente 19 años. ⁽⁴³⁾

2.2.2.6 Aspectos toxicológicos

2.2.2.6.1 Intoxicación

2.2.2.6.1.1 Manifestaciones agudas

• Inhalatoria

Las manifestaciones sintomáticas por inhalar óxido de cadmio gaseoso se dan entre las 4 u 8 horas.

- **Alteraciones generales**

Se presenta “fiebre de humos metálicos”, caracterizada por gripe y elevación de temperatura.

- **Alteraciones pulmonares**

Se manifiesta con molestias en el torax, disnea, cianosis y dificultad respiratoria entre los 3 días siguientes.

- **Alteraciones renales**

Se presenta proteinuria, glucosuria y falta de eliminación de úrea y creatinina.

- **Alteraciones gastrointestinales**

Se manifiesta con cólicos, diarreas, emesis sangrienta, dolores, aumento de secreciones bucales.

- **Alteraciones renales**

Insuficiencia renal aguda.

- **Dérmico**

Irritación local de la piel.

- **Ocular**

Dolor local e irritación.

2.2.2.6.1.2 Manifestaciones crónicas

- **Alteraciones renales**

Se manifiesta luego de 10 a 20 años de exposición. Se presenta proteinuria de bajo peso y luego de alto peso molecular. Se produce variaciones en la bioquímica del calcio, calciuria y existe formación de cálculos.

- **Alteraciones pulmonares**

Se provoca obstrucción, enfisema pulmonar hasta fibrosis pulmonar.

- **Alteraciones Oseas**

Existe manifestación de osteomalacia debido a la hipercalciuria.

- **Alteraciones cardiovasculares**

En personas expuestas diariamente se presenta hipertensión arterial.

- **Alteraciones hematológicas**

Se presenta anemia, leucocitosis y linfocitosis.

- **Carcinogénesis**

Aunque el mecanismo aún es incierto, es considerado un cancerígeno.

2.2.2.6.2 Tratamiento

Existe la terapia de quelación con la cual se obtiene mejores indicadores en intoxicación aguda.

Algunos agentes utilizados son:

- ✓ **DMSA (ácido 2,3-dimercaptosuccínico) o Succimero:** Este tratamiento se realiza a pacientes que toleran la vía oral. La dosis administrada es de 10 mg/kg de peso.
- ✓ **Ácido Etilen Diamino Tetraacético Calcio Disódico (CaNa₂EDTA):** Este tratamiento se realiza a pacientes a quienes se les dificulta la administración oral. Esta sustancia posee un amplio espectro para diferentes metales como el plomo, manganeso, mercurio, zinc, cobre, berilio y cadmio. Su administración es por vía intramuscular o endovenosa. Su dosificación es 75 mg/kg/día, dependiendo de la gravedad de la intoxicación; pero que no exceda la dosis total de 500 mg/kg. Al igual que el succimero se debe realizar una monitorización de la función renal y su volumen urinario.

(44)

3 PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Área de Estudio

El distrito de Santa Anita está ubicado en el Cono Este de Lima Metropolitana, en la Región Costa, Provincia y Departamento de Lima – Perú.

Tiene una extensión aproximada de 10.69 Km², tiene una población aproximada de 223,447 Habitantes de entre 25 a 35 años. En su mayoría son inmigrantes del interior del país (Junín, Ayacucho y Huancavelica)
(48)

3.2 Obtención y recolección de muestras:

Se recolectó un total de 30 muestras de bebidas preparadas a base de quinua comercializada a primera hora del día en 3 puntos de las zonas industriales del distrito de Santa Anita:

- Av. Marie Curie con Av. Gutemberg: Resinplast, Fabrica de cubiertos Facusa 2, Metro de industrias plasticasSA.
- Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur: Fabricaciones Industriales Metalic S.A.C., Fabrica de cubierto SAC, Llantilandia Peru,
- Av. Las Torres con Av. Industrial: Fabrimetal SAC, Laboratorio Diesel del sur SAC, Gasolinera Ladinsur.

Los puntos de recolección fueron seleccionados debido a la cantidad de industrias presentes en la zona, las cuales emiten metales pesados al ambiente como parte de su proceso de manufactura, formando óxidos los cuales se propagan en el medio ambiente a través del aire o sales que se propagan a través del suelo perjudicando de esta manera la salud de la población.

La recolección se realizó el día lunes 10 de diciembre del 2018. (ver Anexo 1) Las muestras fueron entregadas en envases plásticos por parte de los vendedores y seguidamente se guardaron en un recipiente de Tecnopor para conservarlas en frío (temperatura: 5-10 °C) y finalmente fueron identificadas según el punto de recolección. Seguidamente se trasladaron al Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental – CICOTOX de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Composición de muestras:

- **Av. Marie Curie con Av. Gutemberg:**

En 5 L encontramos 4% de quinua, 0.4% de piña, 0.4% de membrillo, 0.4% manzana, 0.4% azúcar, 0.4% chuño.

- **Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur:**

En 5 L encontramos 3% quinua, 0.4% manzana, 0.4% membrillo, 1% piña, 0.4% azúcar, 0.3% chuño.

- **Av. Las Torres con Av. Industrial:**

En 5 L encontramos 5% quinua, 0.2% manzana, 0.2% piña, 1% membrillo, 0.6% azúcar, 0.3% chuño.

3.3 Método analítico

El método utilizado para obtener los niveles de cadmio fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito y para el arsénico fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros

3.3.1 Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Este método se resume en dos etapas: Atomización de la muestra; en la que se obtiene un elemento en su estado atómico y en la absorción de luz por parte de los átomos liberados u obtenidos. Para obtener los átomos liberados se tiene las etapas que se mencionan a continuación:

- **Secado:**

Luego de que el material a analizar se introduce en el tubo de grafito (2-20 μ L), se elimina el solvente, para lo cual se eleva la temperatura hasta un valor cercano y menor al punto de ebullición de este (80 a 180 $^{\circ}$ C).

- **Calcinamiento:**

Se procede a llevar el calor a una temperatura de entre 350 a 1600 $^{\circ}$ C con la finalidad de eliminar gran parte de la materia sólida sin pérdida de la muestra a analizar.

- **Atomizado:**

Los vestigios de la materia sólida eliminada en el paso de calcinamiento son eliminados totalmente llevando la temperatura a un valor de entre 350 a 1600 $^{\circ}$ C. Aquí se lleva a cabo la liberación de átomos, se realiza la lectura de la absorbancia. ⁽⁴⁵⁾

3.3.2 Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de Hidruros

Los métodos de Generador de Hidruros utilizados en determinaciones analíticas, se basan en una reacción capaz de generar hidrógeno naciente en el seno de la disolución donde se halla el analito.

Las muestras reaccionan con un agente reductor, usualmente borohidruro de sodio. El producto gaseoso resultante es luego llevado

hacia la celda de muestra en el paso de haz electromagnético del espectrómetro de Absorción Atómica. Los compuestos resultantes de la reacción gaseosa no son analitos libres sino hidruros volátiles. Estas especies moleculares no pueden ocasionar absorción atómica. Para liberar el gas hidruro en átomos individuales, se debe calentar la celda de muestra.

En algunos sistemas de hidruros, la celda de absorción está montada sobre el cabezal de quemador del espectrómetro de Absorción Atómica, y la celda está calentada por la llama de aire-acetileno. En otros sistemas, la celda se calienta eléctricamente. En ambos casos, el gas hidruro es disociado en la celda calentada, en átomos individuales, y la absorción atómica se eleva y disminuye cuando se crean los átomos y luego escapan de la celda de absorción. La lectura máxima de absorción, o alto pico, o área integrada de pico se toma de la señal del analito.

Debido a que los Hidruros covalentes en estado gaseoso son compuesto más o menos inestable, mientras menor sea el recorrido que el hidruro debe pasar en la disolución, mayor es la productividad de generación. Así mismo, el contenedor de generación debe tener el volumen muerto más diminuto posible, con el objetivo de evitar una prescindible dilución del hidruro y una baja de la señal analítica.

Esta técnica se emplea para la determinación de Arsénico, Antimonio, Selenio y para algunos casos Teluro. ^(46, 47)

3.4 Reactivos, materiales y equipos

3.4.1 Reactivos

- Ácido clorhídrico Q.P.
- Nitrato de Magnesio Q.P.
- Yoduro de Potasio Q.P.
- Ácido ascórbico Q.P.
- Gas Argón UHP
- S.P de cadmio de 1000 mg/L
- S.P de arsénico de 1000 mg/L
- Agua ultrapura

3.4.2 Materiales

- Crisol de porcelana
- Beacker 250 mL
- Fiolas de 10 mL Clase A
- Fiolas de 25 mL Clase A
- Fiolas de 50 mL Clase A
- Fiolas de 100 mL Clase A
- Pipeta volumétrica de 1 mL

- Pipeta volumétrica de 2 mL
- Pipeta volumétrica de 5 mL
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Pipeta volumétrica de 15 mL
- Pipeta volumétrica de 20 mL.

3.4.3 Equipos

- Absorción atómica Thermo Scientific iCE 3000
- Balanza analítica H.Q.Kessel S.A.
- Mufla eléctrica Nabertherm 30 – 3000.
- Plancha de calentamiento VELP Scientifica.

3.5 Preparación de las muestras

Mezclar la muestra hasta homogeneidad, tomar una alícuota de 8 gramos y transferir a un crisol de porcelana

Agregar 3 mL 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 y luego llevar las muestras pre calcinadas en una mufla y calcinar a 500 °C por 3 horas.

Enfriar y adicionar 10 mL de una solución de ácido clorhídrico al 6 M, calentar en plancha termostática por 5 minutos y transferir cuantitativamente en fiola de 25 mL diluir usando agua ultra pura, agitar y dejar reposar.

Filtrar un volumen necesario por un filtro de membrana de 0.45 µm y será considerado nuestra SOLUCIÓN A

3.5.1 Determinación de arsénico

Tomar 10 mL de la SOLUCIÓN A y transferirlo a una fiola de 50 mL

Adicionar 5 mL de HCl y 5 mL de una solución que contenga 5% de yoduro de potasio y 5% de ácido ascórbico. Proceder de manera similar con el blanco y los estándares. (Adicionar 10 mL de ácido clorhídrico y 10 mL de una solución que contenga 10% de yoduro de potasio y 10% de ácido ascórbico).

Dejar reposar 45 minutos a temperatura ambiente y llevar a volumen con agua ultra pura.

3.5.1.1 Curva de calibración

3.5.1.1.1 Estándar patrón de Arsénico

Se tomó 1 mL de estándar patrón de Arsénico de 1000 mg/L y se llevó a un matraz volumétrico de 100 mL, seguidamente

se pasó a diluir a volumen usando agua ultra pura. Finalmente se homogenizó.

$$\frac{1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{1 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} = 10 \text{ mg/L}$$

Concentración: 10 mg/L de estándar de Arsénico.

Preparación estándar de Arsénico

Se tomó 1 mL de estándar patrón de Arsénico y se llevó a matraz volumétrico de 100 mL y seguidamente se pasó a diluir a volumen con agua ultra pura. Finalmente se homogenizó.

$$\frac{1 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{0.01 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} = 0.1 \text{ mg/L}$$

Concentración: 0.1 mg/L (100 µg/L) de estándar de Arsénico. A partir de la solución estándar de Arsénico (100 µg/L) se toman alícuotas para preparar soluciones de 2 µg/L, 5 µg/L, 10 µg/L y 20 µg/L en fioles de 100 mL. Luego se procede a adicionar 10 mL de ácido clorhídrico y 10 mL de una solución que contenga 10% de yoduro de potasio y 10% de ácido ascórbico, se deja en reposo por 45 minutos a temperatura ambiente y se lleva a volumen con agua ultra pura.

Tabla 5: Preparación de la curva de calibración del arsénico. (Fuente: Elaboración propia).

	2 ppb	5 ppb	10 ppb	20 ppb
100 µg/L	2 mL	5 mL	10 mL	20 mL
Ácido clorhídrico	10 mL	10 mL	10 mL	10 mL
Solución 10% de yoduro de potasio y 10% de ácido ascórbico	10 mL	10 mL	10 mL	10 mL
Dejar en reposo a temperatura ambiente por 45 minutos				
Enrasar a volumen con agua ultra pura				

Usar como blanco el agua ultra pura

3.5.1.2 Condiciones del equipo

- λ : 193.7 nm
- Ranura: 0.5 nm
- Corrección de fondo: Deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 12 mA
- Tiempo de lectura: 4 segundos
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Arsénico
- Medida de señal: Absorbancia
- Modo vapor: Calentamiento eléctrico
- Temperatura: 900 °C
- Flujo de gas argón: 200 mL/min

3.5.1.3 Resultado

Tabla 6: Concentración vs Absorbancia del estándar de Arsénico. (Fuente: Elaboración propia).

Concentración $\mu\text{g/L}$ (ppb)	Absorbancia
2	0.012
5	0.029
10	0.058
20	0.121

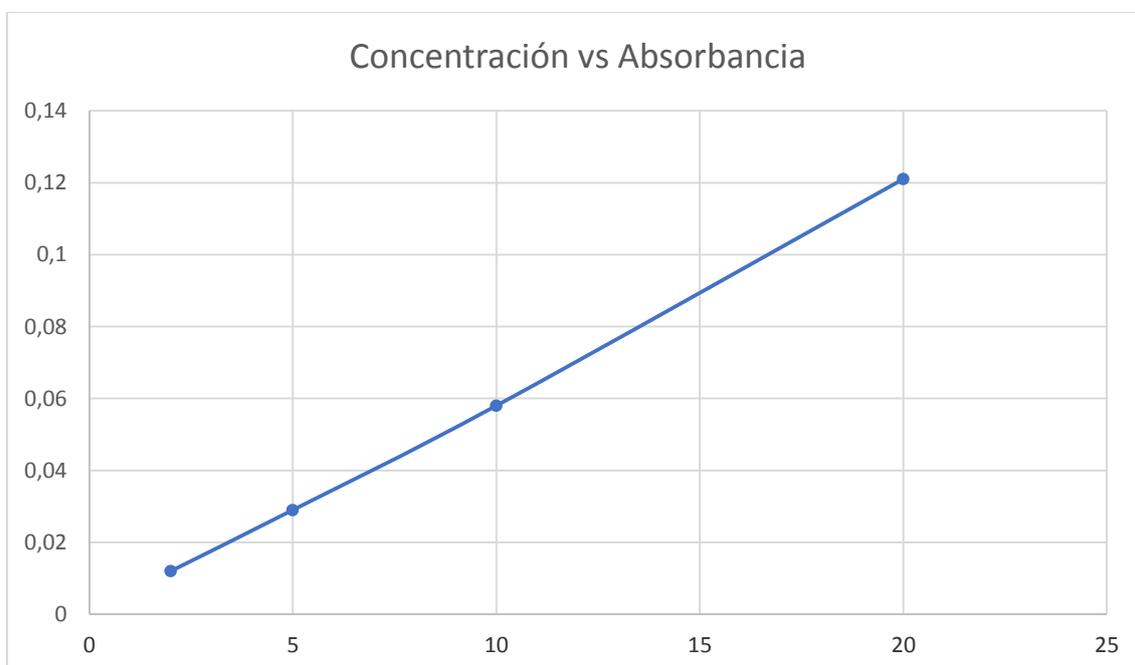


Figura 11: Curva de calibración del estándar de Arsénico. (Fuente: Elaboración propia)

3.5.2 Determinación de Cadmio

Usar la SOLUCIÓN A de la muestra.

3.5.2.1 Curva de calibración

3.5.2.1.1 Estándar Patrón de Cadmio

Se tomó 1 mL de estándar patrón Cadmio de 1000 mg/L y se llevó a un matraz volumétrico de 100 mL, seguidamente se pasó a diluir a volúmen usando agua ultra pura. Finalmente se homogenizó.

$$\frac{1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{1 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} = 10 \text{ mg/L}$$

Concentración: 10 mg/L de estándar de Cadmio.

Preparación estándar de Cadmio

Se transfirió 1 mL de estándar patrón de Cadmio a un matraz volumétrico de 100 mL y se diluyó a volúmen con agua ultra pura. Se homogenizó.

$$\frac{1 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{0.01 \text{ mg}}{100 \text{ mL}} = 0.1 \text{ mg/L}$$

Concentración: 0.1 mg/L (100 µg/L) de estándar de Cadmio.

A partir de la solución estándar de Cadmio (100 µg/L) se realizó una dilución fiolas de 100 mL para obtener las siguientes concentraciones: 1 µg/L, 5 µg/L, 10 µg/L y 20 µg/L de estándar de Cadmio.

Tabla 7: Preparación de la curva de calibración para el cadmio. (Fuente: Elaboración propia).

	1 ppb	5 ppb	10 ppb	20 ppb
100 µg/L	1 mL	5 mL	10 mL	20 mL

3.5.2.2 Condiciones del equipo

- λ : 228.8 nm
- Ranura: 0.5 nm
- Corrección de fondo: Deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 8 mA
- Tubo de grafito: Normal
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Cadmio

- Medida de señal: Área del pico

Tabla 8: Rampa de calentamiento del horno grafito. (Fuente: Elaboración propia).

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Rampa (°C/s)	Gas flujo	Especificación
1	130	19.0	130	0.2 L/min	Secado
2	350	10.0	44	0.2 L/min	Calcinado
3	1200	2.0	0	Apagado	Atomización
4	2500	2.0	650	0.2 L/min	Limpieza

3.5.2.3 Resultado

Tabla 9: Concentración vs Abs del estándar de Cadmio. (Fuente: Elaboración propia).

Concentración µg/L (ppb)	Absorbancia
1	0.011
5	0.125
10	0.262
20	0.471

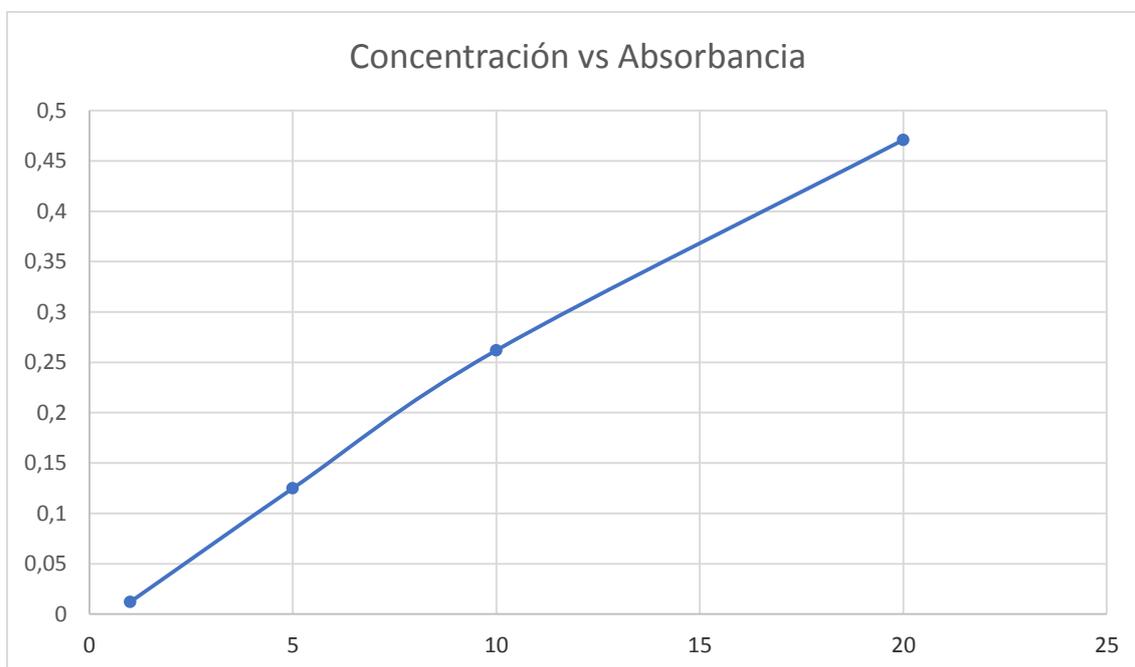


Figura 12: Curva de calibración del estándar de Cadmio. (Fuente: Elaboración propia)

4 RESULTADOS

4.1 Determinación de Arsénico

Tabla 10: Resultados totales de niveles de arsénico en 30 envases de quinua comercializada en el distrito de Santa Anita. (Fuente: Elaboración propia).

N°	Muestra	Concentración (ppm)
1	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M1	0.0560
2	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M2	0.0558
3	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M3	0.0822
4	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M4	0.0527
5	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M5	0.0558
6	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M6	0.0289
7	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M7	0.0875
8	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M8	0.0640
9	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M9	0.0582
10	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M10	0.0485
11	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M1	0.0171
12	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M2	0.0727
13	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M3	0.0109
14	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M4	0.0116
15	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M5	0.0449
16	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M6	0.0604
17	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M7	0.0508
18	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M8	0.0636
19	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M9	0.0595
20	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M10	0.0337
21	Av. Las Torres con Av. Industrial M1	0.0693
22	Av. Las Torres con Av. Industrial M2	0.0644
23	Av. Las Torres con Av. Industrial M3	0.0303
24	Av. Las Torres con Av. Industrial M4	0.0303
25	Av. Las Torres con Av. Industrial M5	0.0229
26	Av. Las Torres con Av. Industrial M6	0.0291
27	Av. Las Torres con Av. Industrial M7	0.0568
28	Av. Las Torres con Av. Industrial M8	0.0467
29	Av. Las Torres con Av. Industrial M9	0.0356
30	Av. Las Torres con Av. Industrial M10	0.0489
PROMEDIO		0.0483

En la tabla 9 se observa las concentraciones de arsénico de los 30 envases de quinua comercializada como desayuno por vendedores ambulantes en 3 zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana. (Ver Anexo 1)

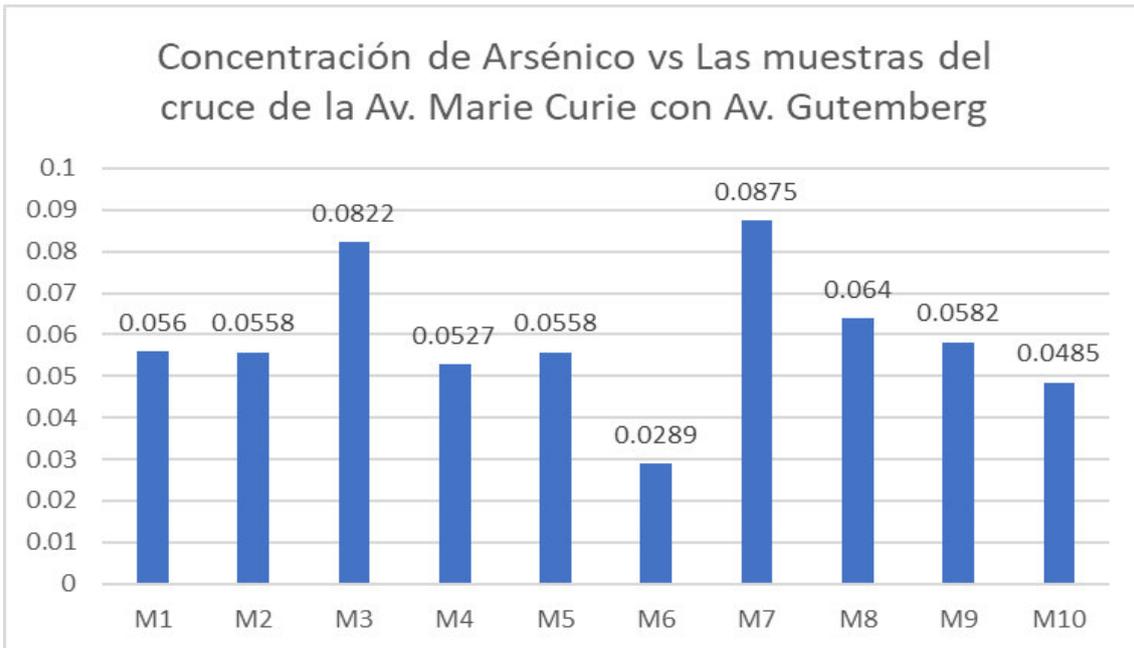


Figura 13: Concentración de Arsénico vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 13 se determina que la muestra M7 presenta mayor concentración de arsénico y la muestra M6 presenta la mínima concentración de arsénico.

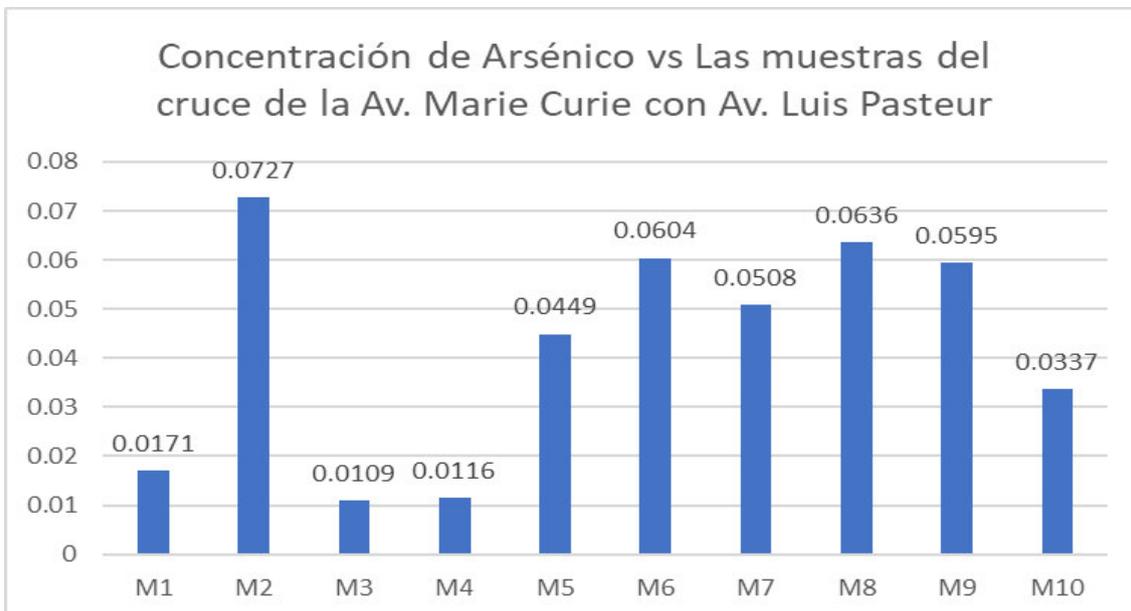


Figura 14: Concentración de Arsénico vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 14 se determina que la muestra M2 presenta mayor concentración de arsénico y la muestra M3 presenta la mínima concentración de arsénico.

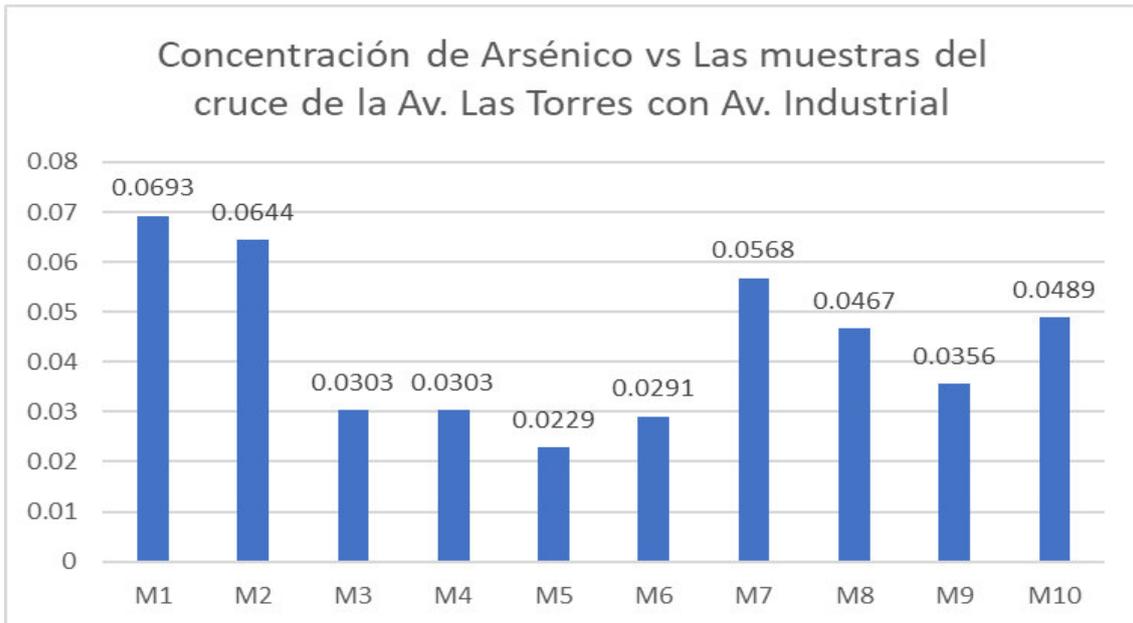


Figura 15: Concentración de Arsénico vs Las muestras del cruce de la Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 15 se determina que la muestra M1 presenta mayor concentración de arsénico y la muestra M5 presenta la menor concentración de arsénico.

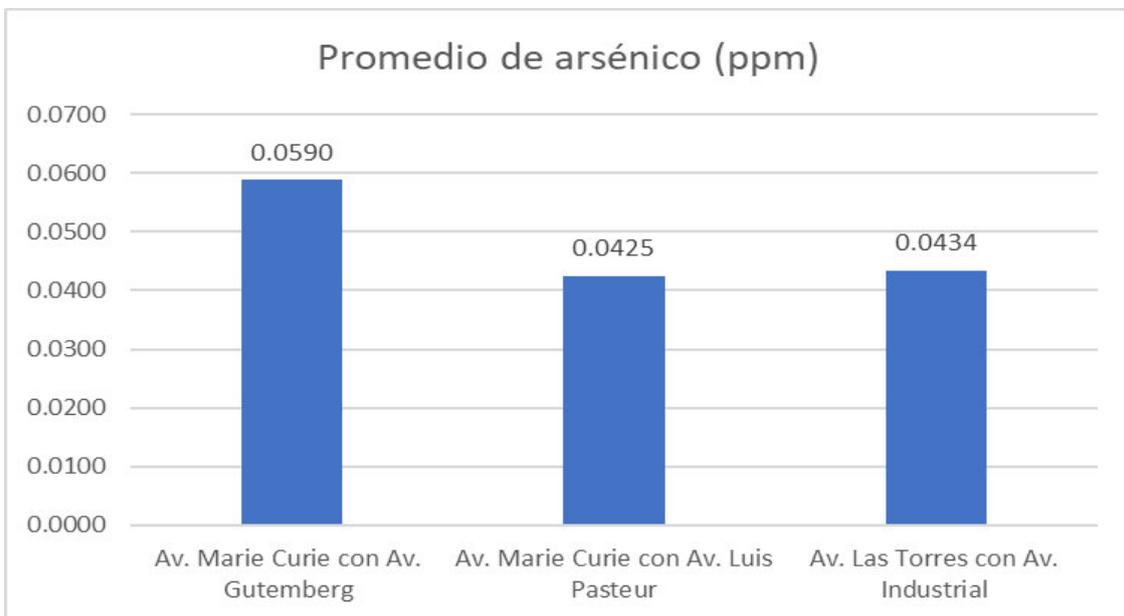


Figura 16: Promedio de arsénico vs Ubicación. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 16 se determina que las muestras en la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg presentan mayor concentración de arsénico y las muestras de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur presentan la menor concentración de arsénico.

4.1.1 Ensayos estadísticos de los niveles de Arsénico por comparación de varianzas (ANOVA)

4.1.1.1 Hipótesis

- **Ho:** No hay diferencia significativa en la concentración de arsénico entre los 3 puntos de muestreo
- **H1:** Hay diferencia significativa en la concentración de arsénico entre los 3 puntos de muestreo

4.1.1.2 Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

4.1.1.3 Análisis estadístico de varianzas (ANOVA)

Tabla 11: Promedios y varianzas obtenidas por cada grupo para arsénico. (Fuente: Elaboración propia).

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Av. Marie Curie con Gutemberg	10	0.5896	0.05896	0.0002735
Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur	10	0.4252	0.04252	0.0005241
Av. Las Torres con Av. Industrial	10	0.4343	0.04343	0.0002624

Tabla 12: Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) para la concentración de Arsénico. (Fuente: Elaboración propia).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.001707609	2	0.0008538	2.416	0.108	3.354
Dentro de los grupos	0.009540121	27	0.00035334			
Total	0.01124773	29				

4.1.1.4 Criterio de aceptación

Se acepta Ho

- P value > 0.05
- F calculado < F crítico

4.1.1.5 Decisión

- P value es $0.11 > 0.05$
- F calculado es $2.416 < F$ crítico es 3.354

4.1.2 Ensayo de *T-student* entre resultados de Arsénico.

4.1.2.1 Hipótesis

- **Ho:** No hay diferencias significativas entre las varianzas halladas de Arsénico.
- **H1:** Hay diferencias significativas entre las varianzas halladas de Arsénico.

Tabla 13: Ensayo de T-Student entre resultados de arsénico. (Fuente: Elaboración propia).

	Concentración de Arsénico en Quinua comercializada
Media	0.048303333
Varianza	0.000387853
Observaciones	30
Varianza agrupada	0.000193926
Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	58
Estadístico t	-14.37771043
P(T<=t) una cola	4.44307×10^{-21}
Valor crítico de t (una cola)	1.671552762
P(T<=t) dos colas	8.88613×10^{-21}
Valor crítico de t (dos colas)	2.001717484

4.1.2.2 Criterio de aceptación

Se acepta Ho

- P value > 0.05
- T calculado $< T$ crítico

4.1.2.3 Decisión

- P value es $8.89 \times 10^{-21} < 0.05$
- T calculado es $14.3777 > T$ crítico es 2.0017

4.2 Determinación de Cadmio

Tabla 14: Resultados generales de la concentración de cadmio en 30 envases de quinua comercializada en el distrito de Santa Anita. (Fuente: Elaboración propia).

N°	Muestra	Concentración (ppm)
1	Av. Marie Curie con Gutemberg M1	0.0248
2	Av. Marie Curie con Gutemberg M2	0.0278
3	Av. Marie Curie con Gutemberg M3	0.0217
4	Av. Marie Curie con Gutemberg M4	0.0448
5	Av. Marie Curie con Gutemberg M5	0.0555
6	Av. Marie Curie con Gutemberg M6	0.1189
7	Av. Marie Curie con Gutemberg M7	0.0454
8	Av. Marie Curie con Gutemberg M8	0.0310
9	Av. Marie Curie con Gutemberg M9	0.0193
10	Av. Marie Curie con Gutemberg M10	0.0217
11	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M1	0.0545
12	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M2	0.0218
13	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M3	0.0160
14	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M4	0.0203
15	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M5	0.0453
16	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M6	0.0180
17	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M7	0.0108
18	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M8	0.0166
19	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M9	0.0286
20	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M10	0.0133
21	Av. Las Torres con Av. Industrial M1	0.0294
22	Av. Las Torres con Av. Industrial M2	0.0343
23	Av. Las Torres con Av. Industrial M3	0.0455
24	Av. Las Torres con Av. Industrial M4	0.0212
25	Av. Las Torres con Av. Industrial M5	0.0126
26	Av. Las Torres con Av. Industrial M6	0.0111
27	Av. Las Torres con Av. Industrial M7	0.0372
28	Av. Las Torres con Av. Industrial M8	0.0407
29	Av. Las Torres con Av. Industrial M9	0.0227
30	Av. Las Torres con Av. Industrial M10	0.0302
PROMEDIO		0.0314

En la tabla 14 se determina los niveles de arsénico de los 30 envases analizados de quinua comercializada como desayuno por vendedores ambulantes en 3 zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana. (ver Anexo 1)

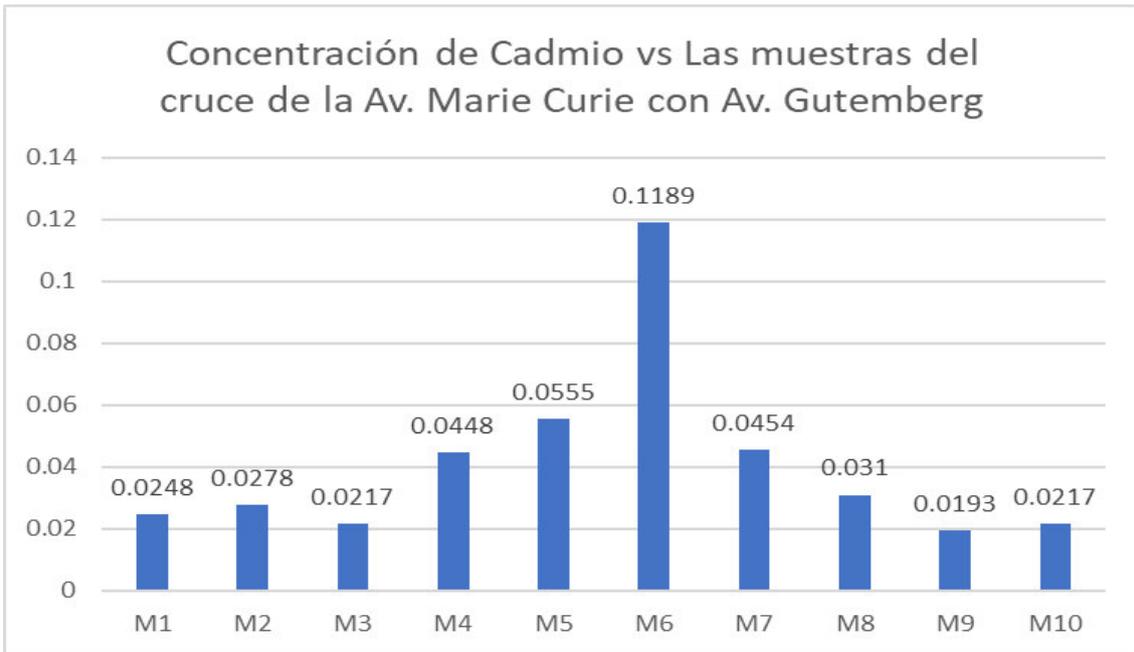


Figura 17: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 17 se determina que la muestra M6 presenta la máxima concentración de cadmio y la muestra M9 presenta la mínima concentración de cadmio.

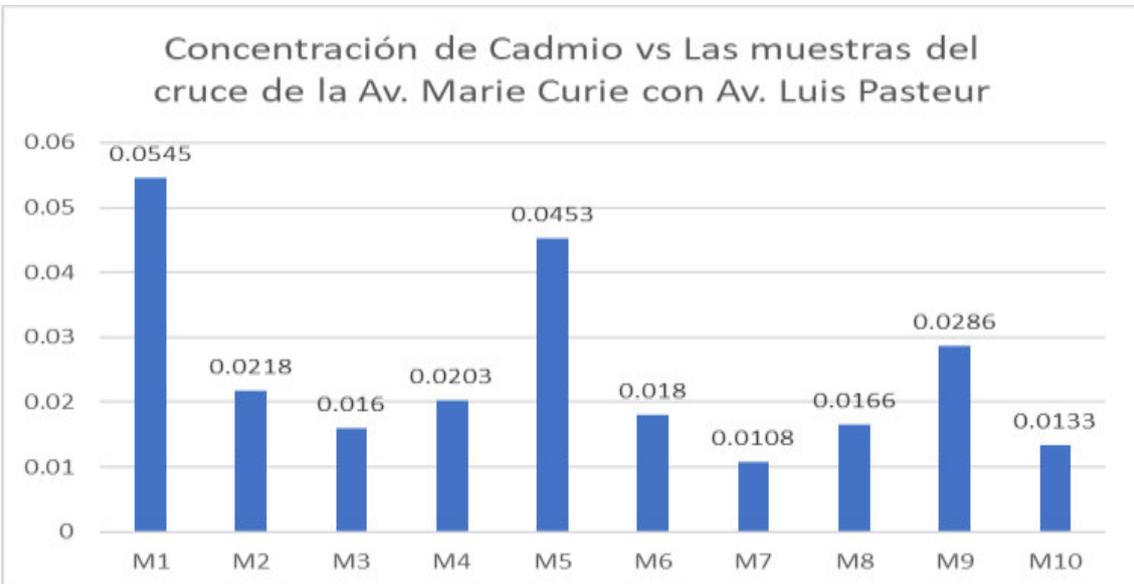


Figura 18: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 18 se observa que la muestra M1 presenta la máxima concentración de cadmio y la muestra M7 presenta la mínima concentración de cadmio.

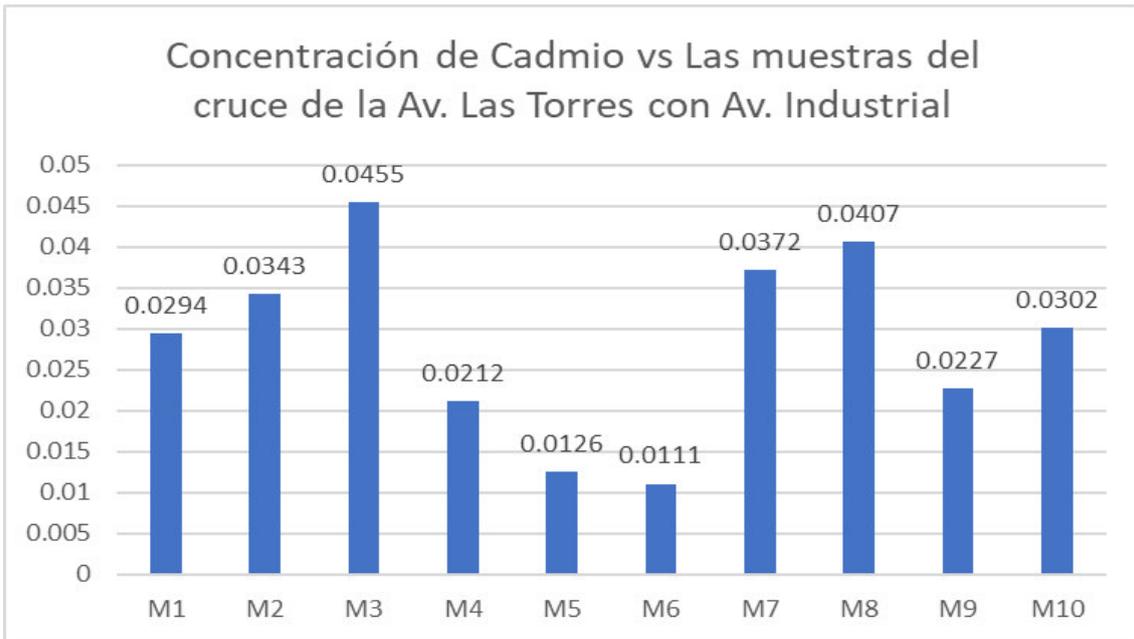


Figura 19: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 19 se determina que la muestra M3 presenta la máxima concentración de cadmio y la muestra M6 presenta la mínima concentración de cadmio.

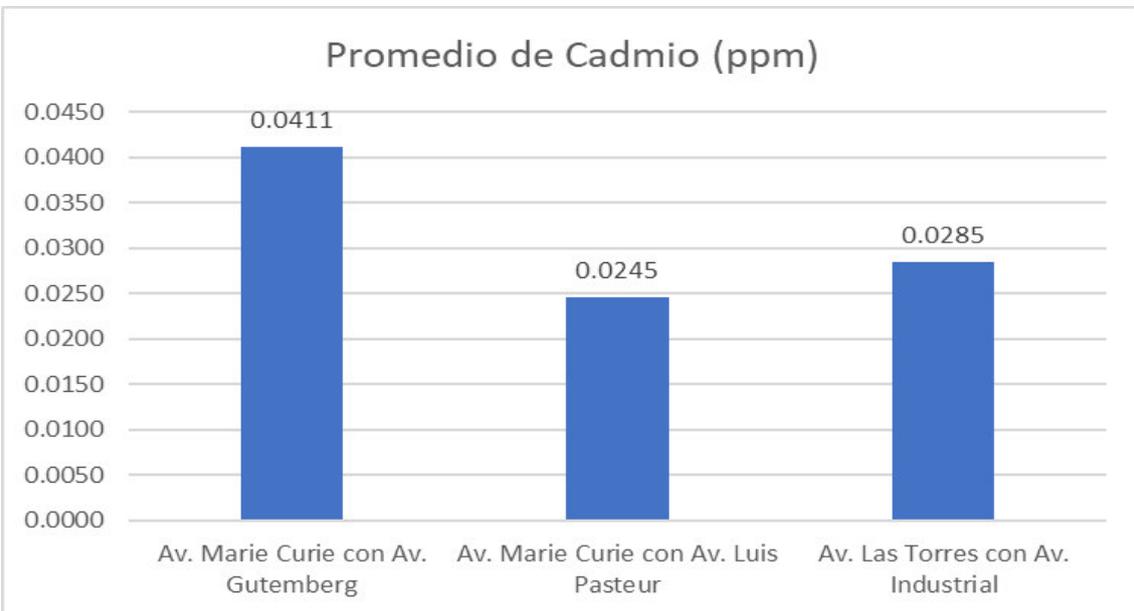


Figura 20: Promedio de cadmio vs Ubicación. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 20 se determina que las muestras en la Av. Marie Curie con Av. Gutenberg presenta mayor concentración de cadmio y las muestras de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur presenta la menor concentración de cadmio.

4.2.1 Ensayos estadísticos de los niveles de Cadmio por comparación de varianzas (ANOVA)

4.2.1.1 Hipótesis

- **Ho:** No hay diferencia significativa en la concentración de Cadmio entre los 3 puntos de muestreo
- **H1:** Hay diferencia significativa en la concentración de Cadmio entre los 3 puntos de muestreo

4.2.1.2 Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

4.2.1.3 Análisis estadístico de varianzas (ANOVA)

Tabla 15: Promedios y varianzas obtenidas por cada grupo para cadmio. (Fuente: Elaboración propia).

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Av. Marie Curie con Av. Gutemberg	10	0.4109	0.04109	0.0008961
Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur	10	0.2452	0.02452	0.00020716
Av. Las Torres con Av. Industrial	10	0.2849	0.02849	0.0001326

Tabla 16: Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) para la concentración de Cadmio. (Fuente: Elaboración propia).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.00149695	2	0.00074848	1.817	0.182	3.354
Dentro de los grupos	0.01112271	27	0.00041195			
Total	0.01261967	29				

4.2.1.4 Criterio de aceptación

Se acepta Ho

- P value > 0.05
- F calculado < F crítico

4.2.1.5 Decisión

- P value es $0.182 > 0.05$
- F calculado es $1.817 < F$ crítico es 3.354

4.2.2 Ensayo de *T-student* entre los valores hallados de Arsénico.

4.2.2.1 Hipótesis

- **Ho:** No existen diferencias significativas entre las varianzas halladas de Cadmio.
- **H1:** Existen diferencias significativas entre las varianzas halladas de Cadmio.

Tabla 17: Ensayo de T-Student entre los valores hallados de cadmio. (Fuente: Elaboración propia).

	Concentración de Arsénico en Quínua comercializada
Media	0.03136667
Varianza	0.00043516
Observaciones	30
Varianza agrupada	0.00021758
Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	58
Estadístico t	-70.5335245
P(T<=t) una cola	3.2081×10^{-58}
Valor crítico de t (una cola)	1.67155276
P(T<=t) dos colas	6.4161×10^{-58}
Valor crítico de t (dos colas)	2.00171748

4.2.2.2 Criterio de aceptación

Se acepta Ho

- P value > 0.05
- T calculado $< T$ crítico

4.2.2.3 Decisión

- P value es $6.42 \times 10^{-58} < 0.05$
- T calculado es $70.5335 > T$ crítico es 2.0017

4.3 Comparación de las concentraciones de arsénico y cadmio

Tabla 18: Comparación general de las concentraciones de arsénico y cadmio en 30 muestras de la quinua comercializada en el distrito de Santa Anita.
(Fuente: Elaboración propia).

N°	Muestra	Arsénico (ppm)	Cadmio(ppm)
1	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M1	0.056	0.0248
2	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M2	0.0558	0.0278
3	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M3	0.0822	0.0217
4	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M4	0.0527	0.0448
5	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M5	0.0558	0.0555
6	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M6	0.0289	0.1189
7	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M7	0.0875	0.0454
8	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M8	0.064	0.031
9	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M9	0.0582	0.0193
10	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M10	0.0485	0.0217
11	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M1	0.0171	0.0545
12	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M2	0.0727	0.0218
13	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M3	0.0109	0.016
14	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M4	0.0116	0.0203
15	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M5	0.0449	0.0453
16	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M6	0.0604	0.018
17	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M7	0.0508	0.0108
18	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M8	0.0636	0.0166
19	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M9	0.0595	0.0286
20	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M10	0.0337	0.0133
21	Av. Las Torres con Av. Industrial M1	0.0693	0.0294
22	Av. Las Torres con Av. Industrial M2	0.0644	0.0343
23	Av. Las Torres con Av. Industrial M3	0.0303	0.0455
24	Av. Las Torres con Av. Industrial M4	0.0303	0.0212
25	Av. Las Torres con Av. Industrial M5	0.0229	0.0126
26	Av. Las Torres con Av. Industrial M6	0.0291	0.0111
27	Av. Las Torres con Av. Industrial M7	0.0568	0.0372
28	Av. Las Torres con Av. Industrial M8	0.0467	0.0407
29	Av. Las Torres con Av. Industrial M9	0.0356	0.0227
30	Av. Las Torres con Av. Industrial M10	0.0489	0.0302
PROMEDIO		0.0483	0.0314

En la tabla 18 se determina los niveles de arsénico y cadmio de las 30 muestras analizadas de quinua comercializada como desayuno por vendedores ambulantes en 3 zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana. (ver Anexo 1)

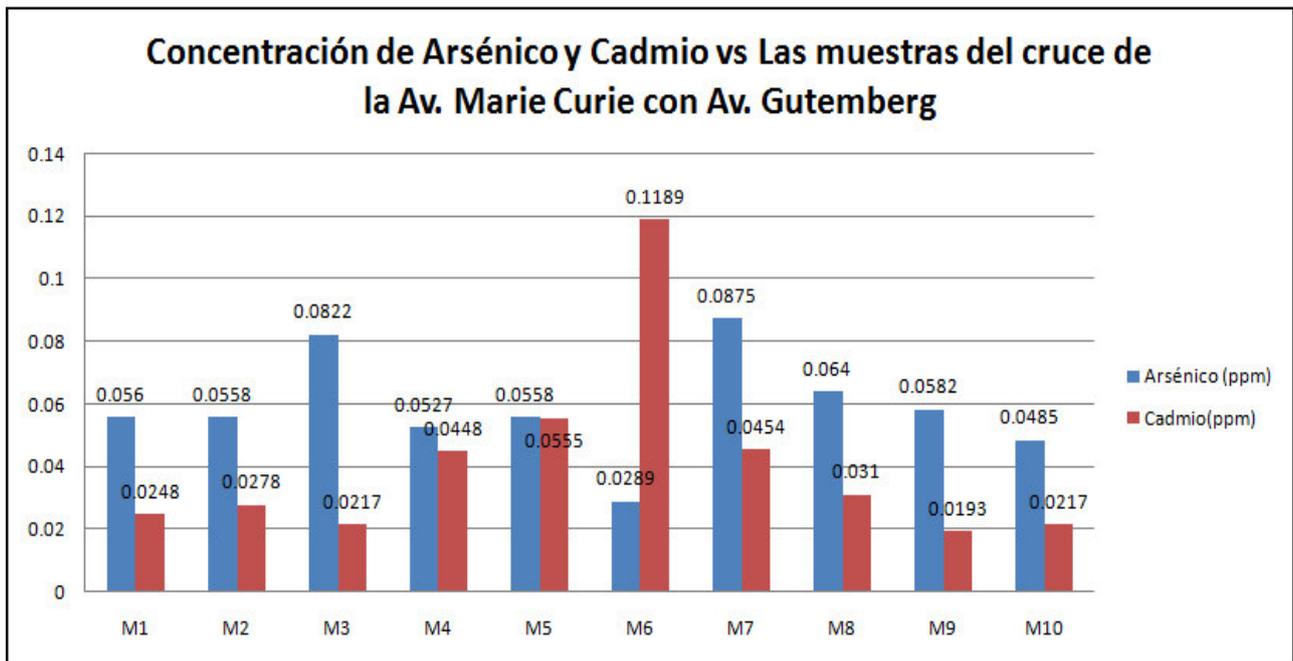


Figura 21: Concentración de Arsénico y Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 21 se determina que la muestra M5 presenta aproximadamente la misma concentración de arsénico y cadmio.

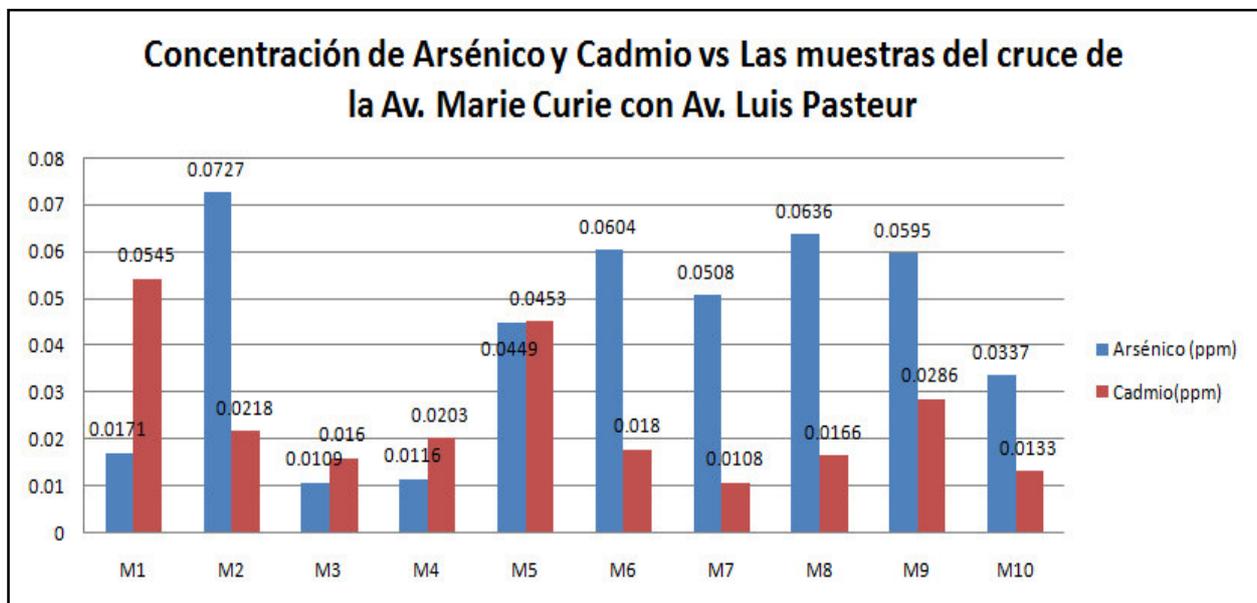


Figura 22: Concentración de Arsénico y Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 22 se observa que la muestra M5 presenta aproximadamente la misma concentración de arsénico y cadmio.

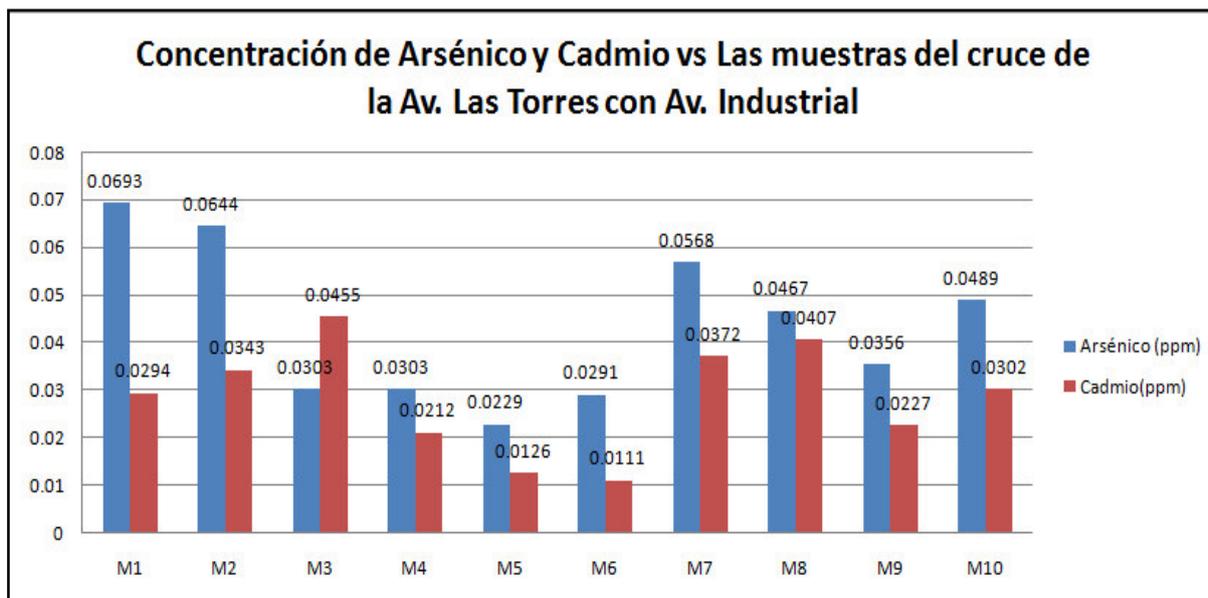


Figura 23: Concentración de Cadmio vs Las muestras del cruce de la Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 23 se determina que la muestra M5 presenta las más bajas concentraciones de arsénico y cadmio.

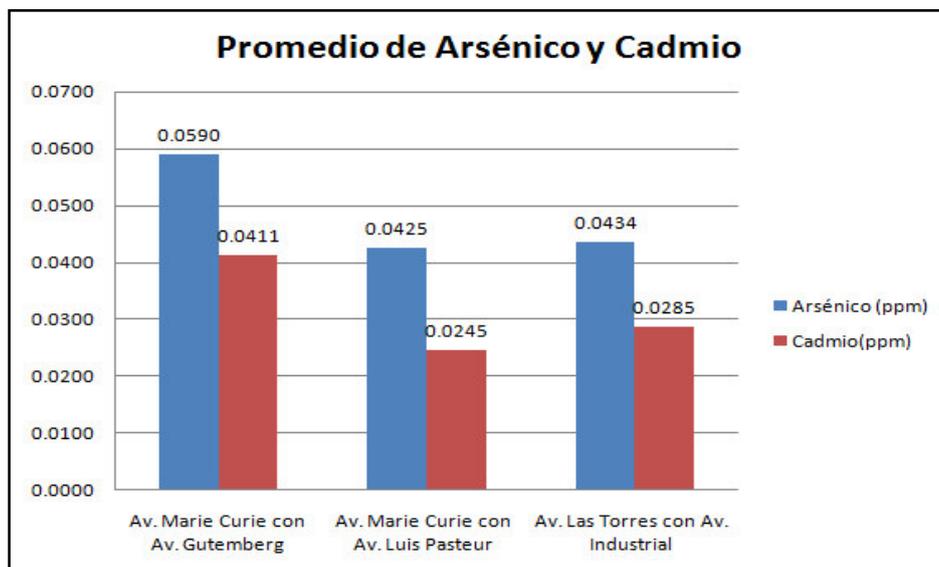


Figura 24: Promedio de arsénico y cadmio vs Ubicación. (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 24 se determina que las muestras en la Av. Marie Curie con Av. Gutenberg presenta mayor concentración de arsénico y cadmio y las muestras de la Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur presenta la menor concentración de arsénico y cadmio. También se observa que la concentración de arsénico es mayor que la de cadmio.

5 DISCUSIÓN

- 1) En el actual trabajo se halló la presencia cuantitativa de cadmio y arsénico en 30 envases de bebidas de quinua comercializadas en 3 zonas industriales del distrito de Santa Anita seleccionadas al azar, para ello se utilizaron las técnicas analíticas de absorción atómica con horno de grafito y espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros para el cadmio y arsénico respectivamente. La técnica de absorción atómica con horno de grafito fue seleccionada por su alta sensibilidad al cadmio, con una instrumentación relativamente sencilla, el uso de poca cantidad de muestra, además de que es un análisis rápido y de bajo costo a diferencia de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros cuya instrumentación es más compleja y posee un costo más elevado, pero presenta mayor sensibilidad con el arsénico. (45,46,47)
- 2) Los valores encontrados en la investigación colocan en evidencia la contaminación con arsénico en 30 envases de quinua comercializada como desayuno por vendedores ambulantes en zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana, obteniendo una concentración promedio de 0.0483 ppm (ver Tabla N° 8). Con el análisis de *t-student* se tuvo como resultado $P = 8.89 \times 10^{-21} < 0.05$ indicando que niveles encontrados de arsénico son resultados confiables.
- 3) Al observar por cada punto de procedencia de las muestras como: En el quiosco que se encuentra en el cruce de la Av. Marie Curie con la Av. Gutemberg tenemos un punto máximo de concentración de arsénico de 0.0875 ppm y un mínimo de 0.0289 ppm como podemos observar en la figura N° 13. En el quiosco que se encuentra en el cruce de las Av. Marie Curie con la Av. Luis Pasteur tenemos un punto máximo de concentración de arsénico de 0.0727 y un mínimo de 0.0109 ppm como podemos observar en la figura N° 14. En el quiosco que se encuentra en el cruce de las Av. Las Torres con la Av. Industrial tenemos un punto máximo de concentración de arsénico de 0.0693 ppm y un mínimo de 0.0229 ppm como podemos observar en la figura N° 15.
- 4) De los 3 puntos de muestreo el cruce con mayor concentración promedio de arsénico es la Av. Marie Curie con la Av. Gutemberg de 0.0590 ppm y la menor es del cruce de la Av. Marie Curie con la Av. Luis Pasteur de 0.0425 ppm como podemos observar en la figura N° 16, esto es debido a que en esta zona se encuentran dos plantas dedicadas a la fabricación de materiales de metal, por lo que en su proceso de manufactura incluye la quema de los mismos, formando óxidos de metales pesados los cuales se trasladan a través del aire contaminando los alimentos que se encuentran cercanos.
- 5) Respecto al cadmio, los resultados obtenidos indican que hay contaminación con dicho metal en 30 muestras de quinua comercializada

como desayuno por vendedores ambulantes en zonas industriales del distrito de Santa Anita – Lima Metropolitana, obteniendo una concentración promedio de 0.0314 ppm (ver Tabla N° 10). Con el análisis de *t-student* se tuvo como resultado un $P = 6.42 \times 10^{-58} < 0.05$ indicando que los niveles encontrados de cadmio son resultados confiables.

- 6) Al observar por cada punto de procedencia de las muestras como: En el quiosco que se encuentra en el cruce de la Av. Marie Curie con la Av. Gutemberg tenemos un punto máximo de concentración de cadmio de 0.1187 ppm y un mínimo de 0.0193 ppm como podemos observar en la figura N° 17. En el quiosco que se encuentra en el cruce de las Av. Marie Curie con la Av. Luis Pasteur tenemos un punto máximo de concentración de cadmio de 0.0545 y un mínimo de 0.0108 ppm como podemos observar en la figura N° 18. En el quiosco que se encuentra en el cruce de las Av. Las Torres con la Av. Industrial tenemos un punto máximo de concentración de cadmio de 0.0455 ppm y un mínimo de 0.0111 ppm como podemos observar en la figura N° 19.
- 7) De los 3 puntos de muestreo el cruce con mayor concentración promedio de cadmio es la Av. Marie Curie con la Av. Gutemberg de 0.0411 ppm y la menor es del cruce de la Av. Marie Curie con la Av. Luis Pasteur de 0.0245 ppm como podemos observar en la figura N° 20.
- 8) Un estudio realizado en Lima, analizó la quinua para cuantificar cadmio, los resultados indican que el 50 % de las muestras sobrepasaba el límite máximo permisible por el registro técnico de MERCOSUR ⁽³⁾ pero en nuestro estudio se trabajó con bebidas de quinua, que se encuentran a una concentración menor de quinua. Por ello los resultados que mencionamos en el punto 6 se encuentran por debajo de los límites. Esto se debe a que todo metal pesado al estar en contacto con la vegetación se almacena en sus raíces, ramas, hojas y granos; al no ser biodegradables o destruidos se mantienen en el ambiente, algunos se disuelven en agentes físicos y químicos. Otros forman complejos solubles siendo transportados y distribuidos para incorporarse en la tierra, vegetación, agua. ⁽⁴⁹⁾; las bebidas de quinua son elaboradas con los granos de la planta a una concentración no estandarizada; es por ello que los niveles de arsénico y cadmio se encuentren en baja concentración y por otro lado puede indicar que en los cultivos de estas especies vegetales están mejorando sus condiciones de crecimiento y desarrollo.
- 9) El arsénico y el cadmio son muy utilizados en la industria, en la fabricación de materiales de metal, medicinas, tintes, etc. Los metales pesados que se encuentran en aguas residuales no se pueden eliminar ni descomponer sus iones metálicos ni sus compuestos orgánicos respectivamente. ⁽⁵⁰⁾ Las zonas seleccionadas de muestreo se encuentran rodeadas de plantas dedicadas a la fabricación de metales, medicamentos, plásticos, material textil y pinturas; los resultados obtenidos nos indican que los contaminantes que emiten estas fábricas no son lo suficiente como para

contaminar las bebidas seleccionadas en el presente estudio; además de que las condiciones en que se almacena estas bebidas son las adecuadas y evitan la contaminación por metales pesados.

- 10) Un estudio en Nigeria encontró que las concentraciones de metales pesados, incluyendo cadmio, rara vez exceden el nivel máximo de contaminantes recomendado por la Organización Estándar de Nigeria y la Organización Mundial de la Salud como aplicable a los recursos de agua potable. La aparición de metales pesados en las bebidas podría haber resultado de las materias primas y el agua utilizada en su producción. ⁽⁵¹⁾ Se puede asegurar que el agua utilizada en el proceso de elaboración de estas bebidas presenta los requerimientos sanitarios para preservar la salud de la población. Esta agua es procesada por la industria Sedapal, su principal planta es la Atarjea que posee un procedimiento de alto nivel tecnológico y operativo que aseguran la calidad del agua, y eso se puede garantizar por sus certificados de ISO 9001 y la ISO 14001. El abastecedor de esta planta es el río Rimac, que como sabemos se encuentra contaminado de una forma física, química y biológica, por desechos mineros, industriales y domésticos. Un estudio evidenció una alta concentración de metales pesados en dicho río como arsénico, cadmio etc. Es por ello que el río Rímac es analizado cada cierto tiempo con la intención de evitar problemas y así optimizar su tratamiento del agua cumpliendo con la Norma Técnica Peruana NTP 214.003, Guías de la Organización Mundial de la Salud y las Normas Nacionales establecidas por INDECOPI. ^(4, 52, 53, 54)

6 CONCLUSIONES

1. Se determinó los niveles de cadmio en las muestras de bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno por vendedores ambulantes en zonas industriales del distrito de Santa Anita - Lima Metropolitana por espectrofotometría de absorción atómica con horno grafito obteniendo como resultado promedio de 0.0314 ppm, siendo la concentración máxima 0.1189 ppm y la mínima 0.0108 ppm.
2. Se determinó los niveles de arsénico en las muestras de bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno por vendedores ambulantes en zonas industriales del distrito de Santa Anita - Lima Metropolitana por espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros obteniendo un resultado promedio de 0.0483 ppm, siendo la concentración máxima 0.0875 ppm y la mínima 0.0109 ppm.

7 RECOMENDACIONES

Es importante difundir en la población el peligro que puede ocasionar en la salud consumir alimentos contaminados, aunque los resultados hayan sido negativos en este estudio, es indispensable dar a conocer a la población acerca de los riesgos y peligros de los metales pesados en alimentos.

Se recomienda estandarizar las concentraciones de las bebidas comercializadas de quinua para realizar estudios a futuro de los límites permisibles de los metales pesados.

Se recomienda a las autoridades definir parámetros para monitorizar los puntos mayores y menores de metales en los alimentos ya que estos en su mayoría son comercializados por ambulantes que se ubican en zonas industriales y los pobladores por el apuro, suelen adquirirlos y consumirlos sin pensar en los posibles daños que podrían ocasionar a largo plazo.

Se recomienda controlar los envases de plásticos que sirven como recipiente para vender la quinua comercializada, ya que entre envases del mismo punto de muestreo hay algunas diferencias significativas que puede concluir que los mismos envases están contaminados con metales pesados.

8 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Ministerio de Salud. Plan de monitoreo para determinar presencia de metales pesados y peligros microbiológicos en alimentos industrializados derivados del cacao. Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. Lima, Peru. 2018.
2. Anculle M. Problemas y soluciones de exportación de Quinoa en grano - exigencia de calidad. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú 2017.
3. Lavado P. Cuantificación de la concentración de plomo y cadmio en Quinoa (*Chenopodium quinoa wild*) expendida en Lima Metropolitana comparada con los parámetros establecidos por la Unión Europea y Mercosur. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. Universidad Inca Garcilazo de la Vega. Lima, Perú 2017.
4. Rivera H, Chira J, Zambrano K, Petersen P. Dispersión secundaria de los metales pesados en sedimentos de los ríos Chillón, Rímac y Lurín Departamento de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vol. 10, N° 20. Lima, Perú. Diciembre 2017. P. 19-25.
5. Arcentales C, Arcentales G. Análisis de efectos tóxicos que producen en la salud del ser humano, los empaques flexibles impresos con tintas de poliamidas y nitrocelulosa utilizados para empacar productos alimenticios e impacto en la gestión competitiva de las industrias del sector. Facultad de posgrado, Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador. Octubre, 2010.
6. Waisberg, M, Joseph, P, Hale, B, Beyersmann, D. Molecular and celular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology*, 3(4), 2013, p. 95-117.
7. Singh, A, Sharma, R.K, Agrawal, M, Marshall, F.M. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 2012, p. 611-619.
8. Melanen, M, Ekqvist, M, Mukherjee, A.B, Aunela-Tapola, L., Verta, M., Salmikangas, T, Raskasmetallien, P.I. Suomessa 1990-luvulla (Atmospheric emissions of heavy metals in Finland in the 1990s). *Suomen Ympäristö*, 1(3), 2012, p. 1-92.
9. Pereira, J.F, Pereira, L.F, Schmidt, L. Metals determination in milk powder samples for adult and infant nutrition after focused-microwave induced combustion. *Microchemical Journal*, 2(2), 2013, p. 29–35.
10. Moreno, G.D. Toxicología Ambiental. 1 ed. Madrid (España): Interamericana de editores, 2013, 361 p.
11. World Health Organization (WHO). Inorganic Lead. *Environmental Health Criteria*. Geneva (Suiza): 2005, 165 p.

12. Casey, C.E., Smith, A, Zhang, P. Microminerals in human and animal milk. In: Handbook of milk composition. 1 ed. New York (USA): Academic Press, 2010, p. 543-575.
13. Wasson, S.J, Linak, W.P, Gullett, B.K, King, C.J, Touati, A., Huggins, F.E., Chen, Y., Shah, N, Huffman, G.P. Emission of chromium, copper, arsenic and PCDD's/Fs from open burning of CCA-treated wood. Environmental Science Technology, 3(5), 2005, p. 8865-8876.
14. Rogers, J.M., Stewart, M., Petrie, J.G, Haynes, B.S. Depoartment and management of metals produced during combustion of CCA treated timbers. Hazard Material, 2(4), 2012, p. 500-505.
15. Hernández, A. Determinación de metales pesados en suelos de Natividad Ixtlán de Juárez Oaxaca [Tesis de Licenciatura]. Oaxaca (México): Universidad de la Sierra, Facultad de Ingeniería, 2011, 87 p.
16. Dickson, T.R. Química Enfoque Ecológico. 2 ed. México D.F. (México): Limusa, Noriega Editores, 2013, 102 p.
17. International Lead Association (ILA). Agency International Lead ([online]. 2013. Disponible: <http://www.ila-lead.org/>. [Citado 26 de Julio de 2014].
18. Järup, L., Hellstrom, L., Alfven, T., Carlsson, M.D., Grubb, A., Persson, B., Pettersson, C., Spang, G., Schütz, A, Elinder, C.G. Low level exposure to cadmium and early kidney damage: the Oscar study. Occupational and Environmental Medicine, 3(6), 2012, p. 668- 672.
19. World Health Organization (WHO). Cadmium. Environmental health criteria. Geneva (Italy): 2008, p.119-137.
20. Payet E, Pérez P, Poquioma E, Díaz E. Registro de cáncer de Lima Metropolitana 2010 – 2012. Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. Ministerio de Salud. Vol. 5. Lima, Perú 2016.
21. Angel M. El origen de la quínoa y la historia de su domesticación. Universidad Nacional del Altiplano. Programa de Mejoramiento Genético de la Quinua. Puno, Perú 2016.
22. Ministerio de Agricultura y Riego. La Quinua: Producción y comercio del Perú. Dirección general de políticas agrarias. Dirección de estudios económicos e información Marzo 2017. Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Boletín. Perfil Técnico N°2. Lima, Perú 2017.
23. Aedo C., Barraza O., Porroa L., Rosales J. Planeamiento Estratégico para la Industria de la Quinua Peruana. Escuela de Post Grado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú 2018.
24. Ministerio de Agricultura y Riego. Nota técnica de granos andinos. Viceministerio de políticas agrarias. Dirección General de Políticas Agrarias – DGPA. Lima, Junio 2018.
25. Chacchi K., Demanda de la Quinua (*Chenopodium quinua Willdenow*) a nivel industrial. Escuela de Post Grado. Especialidad de Agronegocios. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú 2009.
26. Reyes E., Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región andina. AVANCES investigación en ingeniería, 2006 No. 5

27. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial, Julio 2011.
28. Comisión nacional contra la Biopiratería. Tema: Quinua. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Año 1, N^o12, Lima, Perú. Diciembre 2015
29. Instituto Nacional e Innovación Agraria (INAI) Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Lima, Perú, 2013.
30. Luz G., Enrique A. Guía de Cultivo de Quinua. Universidad Nacional Agraria La Molina. Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos Facultad de Agronomía. Lima-Perú 2016.
31. Rodríguez D. Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN. Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, 2017.
32. García S. Estudios de especiación de arsénico y acumulación de metales en muestras de interés medioambiental. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 2013.
33. Reyes YC, Vergara I, Torres OE, Díaz M, González EE. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Ingeniería Investigación y Desarrollo [Internet]. Disponible en: http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447
34. Nordberg G. Metales: Propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones. Madrid. España. 2001.
35. Ramírez A. Exposición ocupacional y ambiental al arsénico. Actualización bibliográfica para investigación científica. Anales de la Facultad de Medicina. el 15 de octubre de 2013;74(3):237.
36. Albores A, Quintanilla B, Del Razo L, Cebrian M. Arsénico. En: OPS, OMS, CPEHSPA, editores. Introducción a la toxicología ambiental. Metepec; 1997.p.247-261.
37. Galvao L, Corey G. Arsénico. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Metepec. Mexico. 1987.
38. Suárez Solá ML, González-Delgado FJ, González Weller D, Rubio Armendáriz C, Hardisson de la Torre A. Análisis, diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones arsenicales. Cuadernos de Medicina Forense [Internet]. enero de 2004;(35). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062004000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en
39. Barrón GS, Martínez MÁC. Ecotoxicología del cadmio. Riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid. España. 2016.
40. Gonzales L. Osorio J. Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la concentración de cadmio y arsénico en aguas de consumo

- humano de la comunidad urbana de chuquitanta – distrito de San Martín de Porres. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2014.
41. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina. 2013;63(1):51.
 42. Díaz A. Concentración de cadmio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores asociados. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. 2014.
 43. Madeddu R. Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales, epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación: tesis doctoral. [Granada]: Editorial de la Universidad de Granada; 2005.
 44. Ministerio de Salud. Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por Cadmio. Dirección regional de salud de las personas. Lima, Perú. 2015.
 45. Litter M. Armienta M. Farías S. Absorción atómica con horno de grafito. Metodologías analíticas para la determinación y especiación de as en aguas y suelos. Argentina. 2009.
 46. Gallarta F. Sanz J. Galbán J. Generador de hidruros – Espectrometría de absorción molecular Uv-Visible en fase gas. Determinación de arsénico, antimonio y selenio. España. 1992.
 47. Ballena L. Análisis de metales en filtros de aire para monitoreo ambiental. Facultad de Ingeniería Química y Textil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 2012.
 48. INEI. Censo 2014. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú;2014.
 49. Honorato H. Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río grande y su relación con la actividad minera. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. Perú. 2016
 50. Luis L., Paula L., Fabián M., Los riesgos de los metales pesado en la salud humana y animal. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Vol 14 No 2 (145-153). Julio-diciembre 2016.
 51. Izah SC, Inyang IR, Angaye TCN, Okowa IP. A Review of Heavy Metal Concentration and Potential Health Implications of Beverages Consumed in Nigeria. Toxics. 22 de diciembre de 2016;5(1).
 52. Sedapal. Memoria Anual 2004. Lima, Peru. 2004.
 53. Sedapal. Memoria Anual 2010. Lima, Peru. 2010
 54. Sanchez F. Tratamientos de agua de proceso y aguas residuales industriales. Segundo encuentro internacional Pro-VMA. Aqualia Industrial. Madrid, España. 2013.

9 ANEXOS

Anexo 1: Lugares donde se recolectaron las muestras en el distrito de Santa Anita

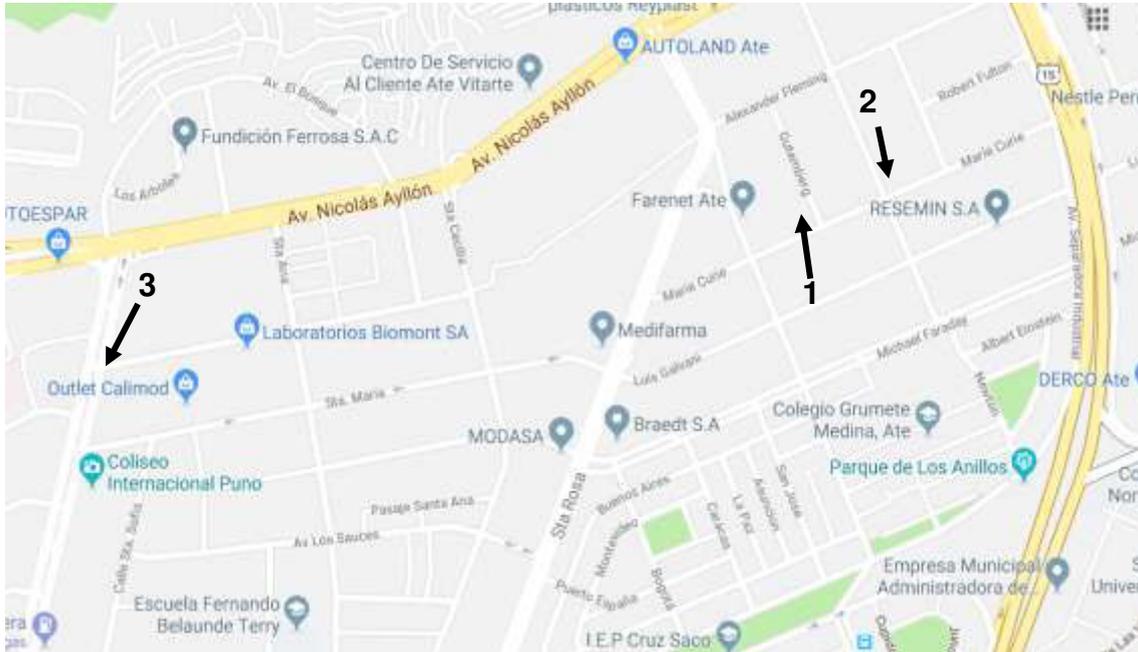


Figura 25: Croquis de ubicación de puntos de recolección de muestras.
(Fuente: Elaboración propia).

Tabla 19: Direcciones de puntos de recolección de muestras. (Fuente: Elaboración propia).

N°	Procedencia
1	Cruce Av. Marie Curie con AV. Gutenberg
2	Cruce Marie Curie con Av. Luis Pasteur
3	Cruce Av. Las Torres con Av. Industrial



Figura 26: Recolección de muestras en Cruce Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).

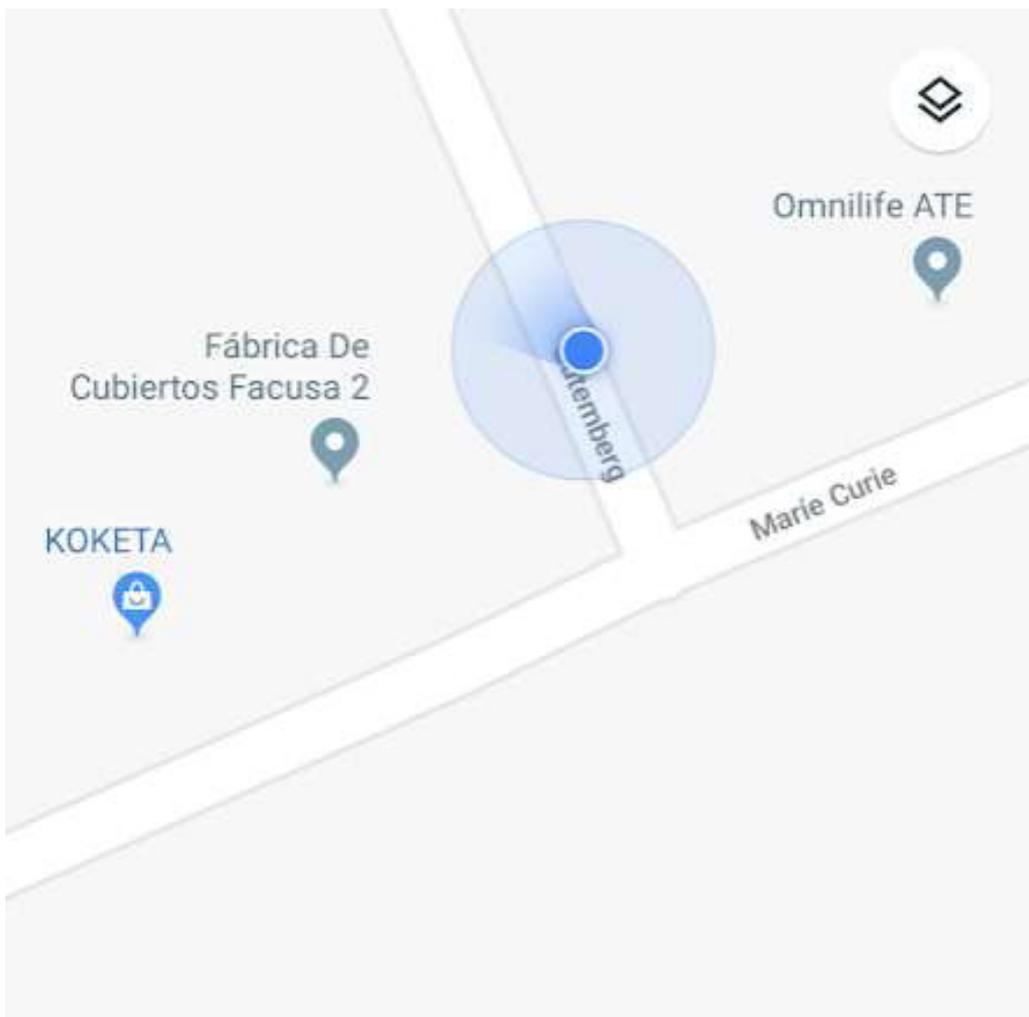


Figura 27: Croquis de punto de recolección de muestras: Cruce Av. Marie Curie con Av. Gutemberg. (Fuente: Elaboración propia).



Figura 28: Recolección de muestras en Cruce Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).

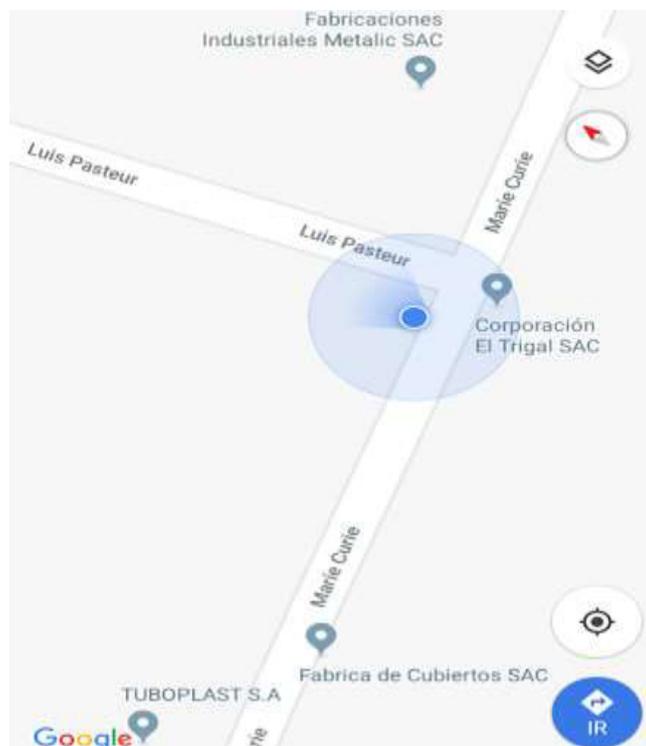


Figura 29: Croquis de punto de recolección de muestras: Cruce Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur. (Fuente: Elaboración propia).



Figura 30: Recolección de muestras en Cruce Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).

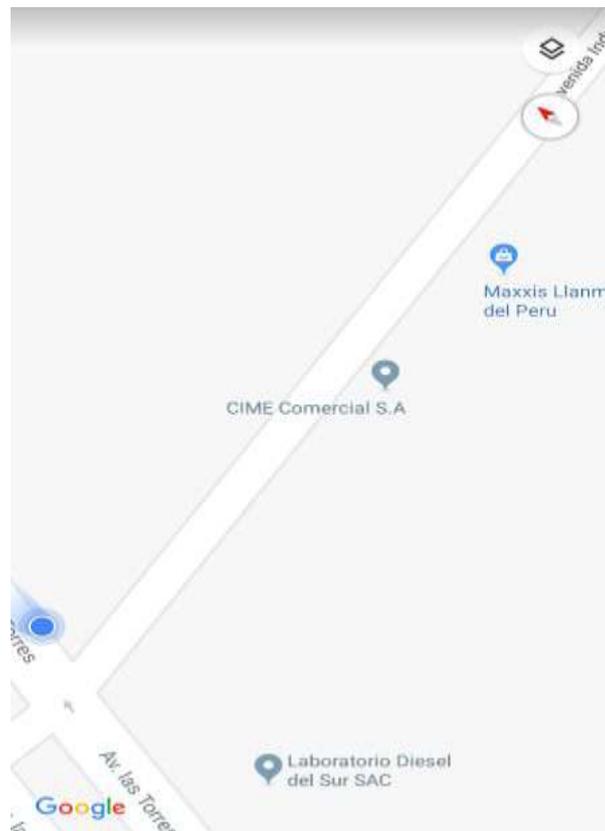


Figura 31: Croquis de punto de recolección de muestras: Cruce Av. Las Torres con Av. Industrial. (Fuente: Elaboración propia).

Anexo 2: Muestras de quinua comercializadas como desayuno



Figura 32: Muestras recolectadas y rotuladas. (Fuente: Elaboración propia).

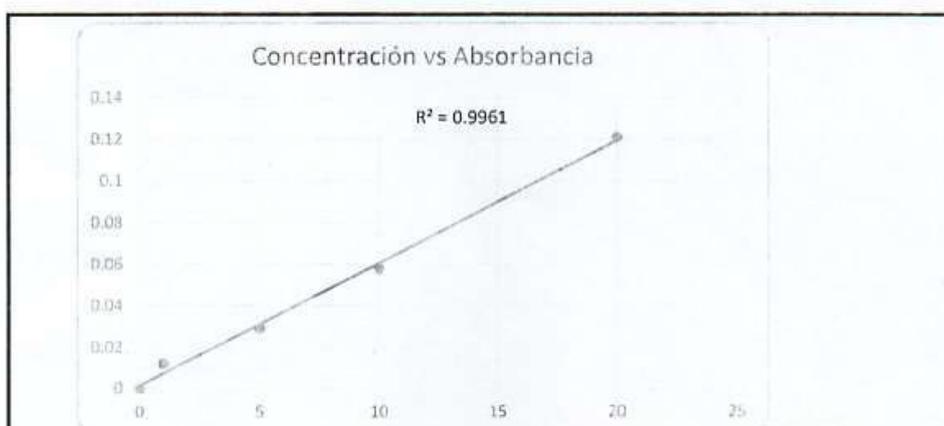
Anexo 3: Curva de calibración del arsénico

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICOTOX
INFORME INTERNO DE LABORATORIO
ANÁLISIS CUANTITATIVO AAS - As

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
87942 - 87957	22/12/2018 al 15/01/2019	09:15 a.m.	11:50 p.m.	Bebidas de quinua	Arsénico

VOLUMEN DE MUESTRA	Continuo	LONGITUD DE ONDA	193.7 nm	PRE TRATAMIENTO	Digestión vía seca
--------------------	----------	------------------	----------	-----------------	--------------------

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.000
Estándar 1	2	0.012
Estándar 2	5	0.029
Estándar 3	10	0.058
Estándar 4	20	0.121



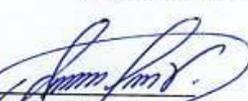
Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteeguía
-----------------------	-------------------------

Lima, 12 de febrero de 2019



Director de CICOTOX
Dr. José A. Apesteeguía Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P N° 06538
RNE 240
D.N.I N° 09359857





Q.F. Americo Figueroa Varona
Analista

Figura 33: Curva de calibración del arsénico. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).

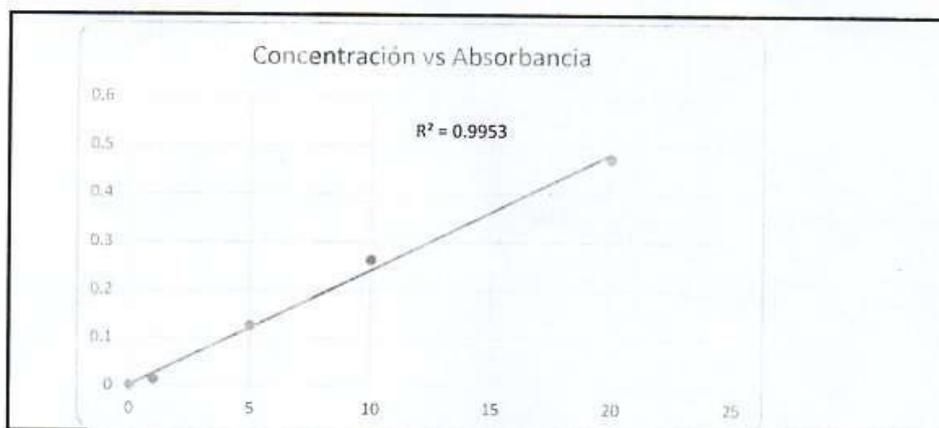
Anexo 4: Curva de calibración del Cadmio

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN
CICOTOX
INFORME INTERNO DE LABORATORIO
ANÁLISIS CUANTITATIVO AAS - Cd

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
87942 - 87957	22/12/2018 al 15/01/2019	09:15 a.m.	11:50 p.m.	Bebidas de quinua	Cadmio

VOLUMEN DE MUESTRA	LONGITUD DE ONDA	PRE TRATAMIENTO
20µL	228.8 nm	Digestión vía seca

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.001
Estándar 1	1	0.013
Estándar 2	5	0.126
Estándar 3	10	0.263
Estándar 4	20	0.472



Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apestequia
-----------------------	------------------------

Lima, 12 de febrero de 2019



Director de CICOTOX
Dr. José A. Apestequia Infantes
Esp. Toxicología & Química Legal
C.Q.F.P. N° 06538
RNE 240
D.N.I. N° 09359857





Q.F. Americo Figueroa Vitaras
Analista

Figura 34: Curva de calibración del cadmio. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).

Anexo 5: Resultados de los metales pesados en la Quinua comercializada



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
 Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX



N°	87942	-	87957
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Luis Hualán Sandoval Sr. Jhوماتان Hugo Magallanes Quispe

TESIS: Determinación de niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales de Santa Anita - Lima Metropolitana

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA: 09.30 a.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 22 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA: 09.15 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 15 DE ENERO DE 2019 HORA: 11.50 p.m.

MÉTODOS: Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
 Arsénico: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de hidruros.

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
87942	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M1	Cuantificación de Cadmio	0.0248 mg/kg
87943		Cuantificación de Arsénico	0.0560 mg/kg
87944	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M2	Cuantificación de Cadmio	0.0278 mg/kg
87945		Cuantificación de Arsénico	0.0558 mg/kg
87946	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M3	Cuantificación de Cadmio	0.0217 mg/kg
87947		Cuantificación de Arsénico	0.0822 mg/kg
87948	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M4	Cuantificación de Cadmio	0.0448 mg/kg
87949		Cuantificación de Arsénico	0.0527 mg/kg
87950	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M5	Cuantificación de Cadmio	0.0555 mg/kg
87951		Cuantificación de Arsénico	0.0558 mg/kg
87952	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M6	Cuantificación de Cadmio	0.1189 mg/kg
87953		Cuantificación de Arsénico	0.0289 mg/kg
87954	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M7	Cuantificación de Cadmio	0.0454 mg/kg
87955		Cuantificación de Arsénico	0.0875 mg/kg
87956	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M8	Cuantificación de Cadmio	0.0310 mg/kg
87957		Cuantificación de Arsénico	0.0640 mg/kg

Lima, 12 de febrero de 2019

José A. Apesteúa
 Director de CICOTOX
 Dr. José A. Apesteúa Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P. N° 06538
 RNE 240
 D.N.I. N° 09359857



Angélico Figueroa Vique
 Analista

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ FIRMA: _____

D.N.I.: _____ FECHA: _____ HORA: _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓNICO"
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4539 - Lima 1
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 35: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Marie Curie con av. Gutemberg. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N°	87958	-	87973
----	-------	---	-------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Luis Huallán Sandoval/Sr. Jhonattan Hugo Magallanes Quispe
TESIS: Determinación de niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinas comercializadas como desayuno en zonas industriales de Santa Anita - Lima Metropolitana.

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA 09:30 a.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 22 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA 09:15 a.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 15 DE ENERO DE 2019 HORA 11:50 p.m.

MÉTODOS: Cadmio : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
 Arsénico : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros.

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
87958	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M9	Cuantificación de Cadmio	0.0193 mg/kg
87959		Cuantificación de Arsénico	0.0582 mg/kg
87960	AV. MARIE CURIE CON GUTENBERG-M10	Cuantificación de Cadmio	0.0217 mg/kg
87961		Cuantificación de Arsénico	0.0485 mg/kg
87962	AV. MARIE CURIE CON AV.LUIS PASTEUR-M1	Cuantificación de Cadmio	0.0545 mg/kg
87963		Cuantificación de Arsénico	0.0171 mg/kg
87964	AV. MARIE CURIE CON AV.LUIS PASTEUR-M2	Cuantificación de Cadmio	0.0218 mg/kg
87965		Cuantificación de Arsénico	0.0727 mg/kg
87966	AV. MARIE CURIE CON AV.LUIS PASTEUR-M3	Cuantificación de Cadmio	0.0160 mg/kg
87967		Cuantificación de Arsénico	0.0109 mg/kg
87968	AV. MARIE CURIE CON AV.LUIS PASTEUR-M4	Cuantificación de Cadmio	0.0503 mg/kg
87969		Cuantificación de Arsénico	0.0116 mg/kg
87970	AV. MARIE CURIE CON AV.LUIS PASTEUR-M5	Cuantificación de Cadmio	0.0453 mg/kg
87971		Cuantificación de Arsénico	0.0449 mg/kg
87972	AV. MARIE CURIE CON AV.LUIS PASTEUR-M6	Cuantificación de Cadmio	0.0180 mg/kg
87973		Cuantificación de Arsénico	0.0604 mg/kg

Lima, 12 de febrero de 2019


 Director de CICOTOX
 Dr. José A. Apesteгаа Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P N° 06538
 RNE 240
 D.N.J N° 09359857


 Analista



RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.J: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

¡IMPORTANTE! Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepción del resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓNICO"
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1
 E-mail: cicotex.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

Figura 36: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Marie Curie con av. Luis Pasteur. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N° **87974** - **87989**

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Luis Hualán Sandoval-Sr. Zhonnatan Hugo Mayallones Quispe

TESIS: Determinación de niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales de Santa Anita - Lima Metropolitana.

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA: 09:30 a.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 22 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA: 09:15 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 15 DE ENERO DE 2019 HORA: 11:50 p.m.

MÉTODOS: Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
 Arsénico: Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de hidruros.

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
87974	AV. MARIE CURIE CON AV. LUIS PASTEUR-M7	Cuantificación de Cadmio	0.0108 mg/kg
87975		Cuantificación de Arsénico	0.0508 mg/kg
87976	AV. MARIE CURIE CON AV. LUIS PASTEUR-M8	Cuantificación de Cadmio	0.0166 mg/kg
87977		Cuantificación de Arsénico	0.0636 mg/kg
87978	AV. MARIE CURIE CON AV. LUIS PASTEUR-M9	Cuantificación de Cadmio	0.0286 mg/kg
87979		Cuantificación de Arsénico	0.0595 mg/kg
87980	AV. MARIE CURIE CON AV. LUIS PASTEUR-M10	Cuantificación de Cadmio	0.0133 mg/kg
87981		Cuantificación de Arsénico	0.0337 mg/kg
87982	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M1	Cuantificación de Cadmio	0.0294 mg/kg
87983		Cuantificación de Arsénico	0.0693 mg/kg
87984	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M2	Cuantificación de Cadmio	0.0343 mg/kg
87985		Cuantificación de Arsénico	0.0644 mg/kg
87986	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M3	Cuantificación de Cadmio	0.0455 mg/kg
87987		Cuantificación de Arsénico	0.0303 mg/kg
87988	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M4	Cuantificación de Cadmio	0.0212 mg/kg
87989		Cuantificación de Arsénico	0.0303 mg/kg

Lima, 12 de febrero de 2019


 Dr. José A. Apesteigua Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.O.F.P. N° 06538
 RNE 240
 D.N.I. N° 09359857




 Sr. Americo Figueroa Vargas
 Analista

RECIBE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I.: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"
 Jr. Putno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 37: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Marie Curie con av. Luis Pasteur. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N° **87990** - **88001**

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Luis Hualán Sandoval/Sr. Jhonattan Hugo Magallanes Quispe
TESIS: Determinación de niveles de arsénico y cadmio en bebidas preparadas a base de quinua comercializadas como desayuno en zonas industriales de Santa Anita - Lima Metropolitana.
FECHA DE RECEPCIÓN: 10 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA 09:30 a.m.
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 22 DE DICIEMBRE DE 2018 HORA 09:15 a.m.
FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 15 DE ENERO DE 2019 HORA 11:50 p.m.
MÉTODOS: Cadmio : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.
 Arsénico : Espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de hidruros.
OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
87990	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M5	Cuantificación de Cadmio	0.0126 mg/kg
87991		Cuantificación de Arsénico	0.0229 mg/kg
87992	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M6	Cuantificación de Cadmio	0.0111 mg/kg
87993		Cuantificación de Arsénico	0.0291 mg/kg
87994	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M7	Cuantificación de Cadmio	0.0372 mg/kg
87995		Cuantificación de Arsénico	0.0568 mg/kg
87996	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M8	Cuantificación de Cadmio	0.0407 mg/kg
87997		Cuantificación de Arsénico	0.0467 mg/kg
87998	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M9	Cuantificación de Cadmio	0.0227 mg/kg
87999		Cuantificación de Arsénico	0.0356 mg/kg
88000	AV. LAS TORRES CON AV. INDUSTRIAL-M10	Cuantificación de Cadmio	0.0302 mg/kg
88001		Cuantificación de Arsénico	0.0489 mg/kg

Lima, 12 de febrero de 2019

Director de CICOTOX

Dr. José A. Apestequía Infantes
 Esp. Toxicología & Química Legal
 C.Q.F.P N° 06538
 RNE 240
 D.N.I N° 09359857



Analista

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: _____ **FIRMA:** _____
D.N.I: _____ **FECHA:** _____ **HORA:** _____

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"
 Jr. Puno N° 1902, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 38: Protocolo de análisis toxicológico, cruce av. Las Torres con av. Industrial. (Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión CICOTOX).

Anexo 6: Pruebas de determinación de pH en muestras de Quinoa comercializada.



Figura 39: Potenciómetro portátil Hanna HI8424.



Figura 40: Medición de pH en muestras de bebida de quinua.

Tabla 20: Mediciones de pH realizadas a las muestras de bebida de quinua comercializada (Fuente: Elaboración propia).

N°	Muestra	pH
1	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M1	4.14
2	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M2	4.16
3	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M3	4.20
4	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M4	4.21
5	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M5	4.16
6	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M6	4.17
7	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M7	4.20
8	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M8	4.22
9	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M9	4.15
10	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M10	4.16
11	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M1	4.18
12	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M2	4.23
13	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M3	4.24
14	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M4	4.25
15	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M5	4.19
16	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M6	4.15
17	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M7	4.21
18	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M8	4.22
19	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M9	4.18
20	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M10	4.17
21	Av. Las Torres con Av. Industrial M1	4.13
22	Av. Las Torres con Av. Industrial M2	4.14
23	Av. Las Torres con Av. Industrial M3	4.16
24	Av. Las Torres con Av. Industrial M4	4.22
25	Av. Las Torres con Av. Industrial M5	4.18
26	Av. Las Torres con Av. Industrial M6	4.15
27	Av. Las Torres con Av. Industrial M7	4.16
28	Av. Las Torres con Av. Industrial M8	4.19
29	Av. Las Torres con Av. Industrial M9	4.21
30	Av. Las Torres con Av. Industrial M10	4.16
PROMEDIO		4.183

Anexo 7: Pruebas de determinación de residuo de incineración en muestras de Quinoa comercializada.



Figura 41: Pesada de la muestra en la Balanza Mettler Toledo AB204



Figura 42: Carbonización de la muestra con ácido sulfúrico en una plancha calefactora



Figura 43: Mufla a 800 °C

Tabla 21: Resultados del ensayo de residuo de incineración realizadas a las muestras de bebida de quinua comercializada (Fuente: Elaboración propia).

N°	Muestra	Residuo de incineración
1	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M1	0.19
2	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M2	0.21
3	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M3	0.22
4	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M4	0.20
5	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M5	0.19
6	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M6	0.17
7	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M7	0.18
8	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M8	0.18
9	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M9	0.19
10	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M10	0.22
11	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M1	0.21
12	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M2	0.17
13	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M3	0.18
14	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M4	0.19
15	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M5	0.18
16	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M6	0.18
17	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M7	0.19
18	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M8	0.22
19	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M9	0.21
20	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M10	0.22
21	Av. Las Torres con Av. Industrial M1	0.20
22	Av. Las Torres con Av. Industrial M2	0.18
23	Av. Las Torres con Av. Industrial M3	0.19
24	Av. Las Torres con Av. Industrial M4	0.18
25	Av. Las Torres con Av. Industrial M5	0.21
26	Av. Las Torres con Av. Industrial M6	0.21
27	Av. Las Torres con Av. Industrial M7	0.22
28	Av. Las Torres con Av. Industrial M8	0.19
29	Av. Las Torres con Av. Industrial M9	0.20
30	Av. Las Torres con Av. Industrial M10	0.20
PROMEDIO		0.20

Anexo 8: Pruebas de densidad en muestras de Quinoa comercializada.



Figura 44: Picnómetro de 25 mL.

Tabla 22: Resultados del ensayo de densidad realizadas a las muestras de bebida de quinua comercializada (Fuente: Elaboración propia).

N°	Muestra	Densidad
1	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M1	1.05
2	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M2	1.08
3	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M3	1.02
4	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M4	1.05
5	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M5	1.04
6	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M6	1.06
7	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M7	1.07
8	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M8	1.06
9	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M9	1.08
10	Av. Marie Curie con Av. Gutemberg M10	1.04
11	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M1	1.04
12	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M2	1.02
13	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M3	1.05
14	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M4	1.04
15	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M5	1.04
16	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M6	1.04
17	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M7	1.02
18	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M8	1.08
19	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M9	1.06
20	Av. Marie Curie con Av. Luis Pasteur M10	1.07
21	Av. Las Torres con Av. Industrial M1	1.05
22	Av. Las Torres con Av. Industrial M2	1.08
23	Av. Las Torres con Av. Industrial M3	1.04
24	Av. Las Torres con Av. Industrial M4	1.06
25	Av. Las Torres con Av. Industrial M5	1.04
26	Av. Las Torres con Av. Industrial M6	1.05
27	Av. Las Torres con Av. Industrial M7	1.06
28	Av. Las Torres con Av. Industrial M8	1.07
29	Av. Las Torres con Av. Industrial M9	1.03
30	Av. Las Torres con Av. Industrial M10	1.05
PROMEDIO		1.05