



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**  
**Facultad de Farmacia y Bioquímica**  
**Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

## **Determinación cuantitativa de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en dos localidades del Perú; Huaral – Lima y Chanchamayo – Junín, en el 2018**

### **TESIS**

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

### **AUTOR**

Frank Elvin CARBAJAL MAYTA

### **ASESORES**

José Alfonso APESTEGUÍA INFANTES

Christian Max CAYLLAHUA ARANA (Coasesor)

Lima, Perú

2023



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

---

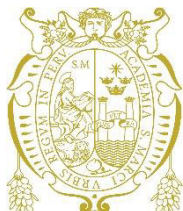
Carbajal F. Determinación cuantitativa de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en dos localidades del Perú; Huaral – Lima y Chanchamayo – Junín, en el 2018 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2023.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Frank Elvin Carbajal Mayta.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70435737
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4427-396X">https://orcid.org/0000-0003-4427-396X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	José Alfonso Apesteagua Infantes
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09359857
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6546-2298">https://orcid.org/0000-0001-6546-2298</a>
<b>Datos de coasesor</b>	
Nombres y apellidos	Christian Max Cayllahua Arana
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42707279
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-7035-1231">https://orcid.org/0000-0002-7035-1231</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Gladys Constanza Arias Arroyo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06518454
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Luz Fabiola Guadalupe Sifuentes

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07829902
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	José Antonio Llahuilla Quea
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09780810
<b>Miembro del jurado 3</b>	
Nombres y apellidos	Teresa Celina Gallardo Jugo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07727234
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	B.2.3.2 Toxicología alimentaria.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Farmacia y Bioquímica UNMSM, Jirón Huanta 1182, Cercado de Lima 15001. País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Calle: Jr. Puno N°1002 - Lima Latitud: -12.0561371 Longitud: -77.0233785
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018 - 2019
URL de disciplinas OCDE	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07</a>



**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 cuantitativa de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en dos localidades del Perú; Huaral – Lima y Chanchamayo – Junín, en el 2018”**

Que presenta el Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

**FRANK ELVIN CARBAJAL MAYTA**

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, ha obtenido la siguiente calificación final:

-----DIECISIETE (17) (Aprobado con mención honrosa) -----

de conformidad con el Art. 14.º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

**JURADO EXAMINADOR Y CALIFICADOR** (R.D. N.º 000945-2022-D-FFB/UNMSM)

- Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo
- Mg. Luz Fabiola Guadalupe Sifuentes de Posadas
- Dr. José Antonio Llahuilla Quea
- Q.F. Teresa Celina Gallardo Jugo

Lima, 11 de enero de 2023.

  
**Dra. Gladys Constanza Arias Arroyo**  
**Presidente**

**“FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO”**



## INFORME DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE ORIGINALIDAD

1	Facultad	FARMACIA Y BIOQUÍMICA
2	Escuela	FARMACIA Y BIOQUÍMICA
3	Autoridad que emite el informe de originalidad	Director de la Escuela Profesional
4	Apellidos y nombres de la autoridad académica	Luis Miguel V. Felix Veliz
5	Operador del programa informático de similitudes	Luis Miguel V. Felix Veliz
6	Documento evaluado	Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico: "Determinación cuantitativa de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en dos localidades del Perú; Huaral - Lima y Chanchamayo - Junín, en el 2018"
7	Autor(es) del documento	Br. FRANK ELVIN CARBAJAL MAYTA
8	Fecha de recepción del documento	04/11/2022
9	Fecha de aplicación del programa informático de similitudes	05/11/2022
10	Software utilizado	Turnitin
11	Configuración del programa detector de similitudes	Excluye: - Textos entrecomillados - Bibliografía - Cadenas menores de 40 palabras
12	Porcentaje de similitud según programa detector de similitudes	3 % (El % de similitud debe ser $\leq$ 10%)
13	Fuentes originales de las similitudes encontradas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fuentes de internet varias 3 %</li><li>• Publicaciones 1 %</li><li>• Trabajo de estudiantes entregados a otras universidades 1 %</li></ul>
14	Observaciones	Realizar la edición final de la tesis. Procede la sustentación.
15	Calificación de originalidad	Documento cumple con los criterios de originalidad.
16	Fecha del informe	05/11/2022

Nota: se adjunta archivo de reporte del sistema Turnitin en el que se resaltan las similitudes detectadas.



UNMSM

Firmado digitalmente por FELIX  
VELIZ Luis Miguel Visitacion FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 05.11.2022 06:26:50 -05:00

-----  
Dr. Luis Miguel V. Felix Veliz

## INFORMACIÓN GENERAL

Título de la tesis	Determinación cuantitativa en el fruto de naranja en dos localidades del Perú: Huaral – Lima y Chanchamayo – Junín, en el 2018
Área de investigación (*)	Toxicología
Líneas de Investigación (*)	Toxicología alimentaria
Ubicación geográfica donde se desarrolla la investigación (incluir localidades y/o coordenadas geográficas)	Huaral- Lima y Chanchamayo – Junín.
Institución que financia	Ninguna
Año o rango de años que abarcó	2018 - 2019

## DATOS DE TESISISTA / DE LOS TESISISTAS

Apellidos y Nombres	Carbajal Mayta, Frank Elvin
Número de matrícula	08040043
Indicar si es egresado o si aún está cursando estudios, de ser así especificar el año de estudios	Egresado
Código ORCID (opcional)	

## DATOS DEL ASESOR I

Apellidos y nombres	Apestequia Infantes, José Alfonso
Código docente: 09359857 Categoría: Principal Clase: Tiempo completo	
Máximo grado alcanzado	Doctor en Farmacia y Bioquímica
Código ORCID (obligatorio)	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6546-2298">https://orcid.org/0000-0001-6546-2298</a>
Título profesional	Licenciado en educación / Químico – Farmacéutico
Departamento Académico al que pertenece	Farmacología, Bromatología y Toxicología
Instituto de Investigación al que pertenece	CLEIBA
Grupo de investigación al que pertenece	
indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación.	Inocal / Metosmod (Miembro)



*Dedico este trabajo de tesis a mis padres Elida y Elvin,  
y mi hermano Niver con mucho cariño.  
Y a Laura por el presente y futuro.*

## AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes por su invaluable apoyo, enseñanzas y por su sincera gran amistad. Su experiencia y vastos conocimientos estuvieron siempre presentes en la elaboración de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. Planteamiento del problema.....	1
I.1.1. Formulación del problema.....	1
I.1.2. Formulación de la pregunta de investigación.....	1
I.2. <a href="#">Objetivos</a> <sup>1</sup>	
I.2.1. <a href="#">Objetivo general</a> <sup>1</sup>	
I.2.2. Objetivo específicos.....	2
I.3. Importancia y alcance de la investigación (justificación).....	2
I.4. Limitaciones de la investigación.....	2
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	3
II.1. MARCO TEÓRICO.....	3
II.2. Antecedentes del estudio <sup>3</sup>	
II.2.1. <a href="#">Antecedentes nacionales</a> .....	3
II.2.2. <a href="#">Antecedentes internacionales</a> .....	5
II.3. <a href="#">Bases teóricas</a> .....	6
II.3.1. <a href="#">Naranja</a> .....	6
II.3.2. <a href="#">Ubicación taxonómica</a> .....	6
II.3.3. <a href="#">Cultivo</a> .....	7
II.3.4. <a href="#">Morfología del fruto</a> .....	8
II.3.4.1. <a href="#">Anatomía del fruto</a> .....	8
II.3.4.2. <a href="#">Paredes del fruto</a> .....	8
II.3.4.3. <a href="#">Pericarpio</a> .....	8
II.3.5. <a href="#">Variedades del naranjo</a> .....	9
II.3.5.1. <a href="#">Grupo navel</a> .....	9
II.3.5.2. <a href="#">Grupo blancas</a> .....	9
II.3.5.3. <a href="#">Grupo Sanguinas</a> .....	9
II.3.6. <a href="#">Estacionalidad</a> .....	9
II.3.7. <a href="#">Porción comestible</a> .....	9
II.3.8. Fuente de nutrientes y sustancias no nutritivas .....	9
II.3.9. <a href="#">Valoración nutricional</a> .....	9

<b>II.3.10. Propiedades nutritivas</b> .....	11
<b>II.3.11. Provincia de Chanchamayo</b> .....	11
<b>II.3.11.1 Clima</b> .....	12
<b>II.3.11.1.1 Estrato premontano</b> .....	12
<b>II.3.11.1.2 Estrato montano</b> .....	12
<b>II.3.11.2. Fisiografía</b> .....	12
<b>II.3.11.3. Clasificación ecológica</b> .....	12
<b>II.3.11.4. Población, actividad económica</b> .....	13
<b>II.3.11.5. Situación actual de la cuenca</b> .....	13
<b>II.3.11.5.1. Contaminación de ríos</b> .....	14
<b>II.3.12. Provincia de Huaral</b> .....	15
<b>II.3.12.1 Climatología</b> .....	15
<b>II.3.12.2 Caracterización geológica</b> .....	15
<b>II.3.12.2.1. Afloramientos rocosos</b> .....	15
<b>II.3.12.2.2. Depósitos aluviales</b> .....	15
<b>II.3.12.2.3. Depósitos coluviales</b> .....	16
<b>II.3.12.3. Uso de los suelos</b> .....	16
<b>II.3.12.4. Situación actual de la cuenca</b> .....	16
<b>II.3.12.4.1. Fuentes contaminantes</b> .....	17
<b>II.3.13. Cadmio</b> .....	18
<b>II.3.13.1. Límites de exposición</b> .....	19
<b>II.3.13.2. Fuentes de contaminación</b> .....	19
<b>II.3.13.3. Exposición</b> .....	20
<b>II.3.13.3.1. Exposición general</b> .....	20
<b>II.3.13.3.2. Exposición ocupacional</b> .....	21
<b>II.3.13.3.3. Poblaciones en riesgo</b> .....	21
<b>II.3.13.4. Regulación</b> .....	21
<b>II.3.13.5. Toxicocinética</b> .....	21
<b>II.3.13.6. Toxicodinamia</b> .....	24
<b>II.3.13.6.1. Las metalotioneínas</b> .....	25
<b>II.3.13.6.2. La beta 2 microglobulina</b> .....	25
<b>II.3.13.7. Cuadro clínico</b> .....	25

II.3.13.7.1. Signos y síntomas .....	25
II.3.13.8. Tratamiento .....	27
II.3.14. Arsénico .....	28
II.3.13.14.1. Exposición aguda .....	29
II.3.13.14.2. Exposición crónica .....	30
II.3.14.3. Límites de exposición .....	30
II.3.14.4. Arsénico en el ambiente .....	30
II.3.14.4.1. Fuentes de origen natural .....	31
II.3.14.4.2. Fuentes antropogénicas de arsénico .....	31
II.3.14.5. Compuestos de arsénico .....	31
II.3.14.6. Ecotoxicidad del arsénico .....	32
II.3.14.7. Farmacocinética .....	34
II.3.14.8. Toxicodinamia .....	35
II.3.14.9. Clínica de las intoxicaciones arsenicales .....	36
II.3.14.10. Tratamiento .....	37
II.3.14.11. Prevención y control .....	38
II.3.14.12. Respuesta de la OMS .....	38
II.4. Glosario de términos	38
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	39
III.1. Hipótesis.....	39
III.2. Variables.....	39
IV. METODOLOGÍA .....	40
IV.1. Área de estudio .....	40
IV.2. Metodología de investigación .....	40
IV.3. Población y muestra .....	40
IV.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información....	40
IV.5. Método .....	40
IV.5.1. Fundamento del método .....	40
IV.5.1.1. Espectrofotometría de Absorción atómica de horno de grafito .....	40
IV.5.1.2. Espectrofotometría de Absorción Atómica por generación de hidruros .....	40
IV.6. Equipos, materiales y reactivos .....	43

<b>IV.6.1. Equipos</b> .....	43
<b>IV.6.2. Materiales</b> .....	43
<b>IV.6.3. Elementos químicos</b> .....	44
<b>IV.7. Método analítico.</b> .....	44
<b>IV.7.1. Preparación de las muestras de frutos de naranja</b> .....	44
<b>IV.7.2. Preparación de las muestras de jugo de naranja</b> .....	44
<b>IV.8. Preparación de la curva de calibración</b> .....	44
<b>IV.8.1. Estándar de cadmio</b> .....	45
<b>IV.8.2. Estándar de arsénico</b> .....	45
<b>IV.9. Análisis estadístico</b> .....	46
<b>V. RESULTADOS</b> .....	47
<b>V.1. Prueba de hipótesis</b> .....	51
<b>VI. DISCUSIÓN</b> .....	68
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	70
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	71
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	72
<b>X. ANEXOS</b> .....	76
<b>Anexo 1.</b> .....	76
<b>Anexo 2</b> .....	76
<b>Anexo 3</b> .....	79
<b>Anexo 4</b> .....	81
<b>Anexo 5</b> .....	82

## **ABREVIATURAS**

- **kg:** Kilogramo
- **mg:** miligramo
- **Cd:** cadmio
- **As:** arsénico
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud
- **FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- **NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana.
- **IARC:** Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer.
- **FDA:** Food and Drug Administration.
- **pH:** Potencial de hidrogeniones.
- **NTP:** Norma Técnica Peruana
- **L:** Litro.
- **µg:** microgramos
- **ha:** hectáreas
- **msnm:** metros sobre el nivel del mar.
- **INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- **DIGESA:** Dirección General de Salud Ambiental
- **LGA:** Ley general de aguas
- **km<sup>2</sup>:** kilómetros cuadrados.

## RESUMEN

En la realización de esta tesis, se dosaron los valores de cadmio y arsénico en 20 muestras, recolectadas en las localidades de Chanchamayo y Huaral, de las cuales se muestreó de la siguiente manera; 6 frutos de naranja de una chacra elegida al azar de cada localidad, 2 frutos y dos jugos de naranja de un vendedor ambulante del mercado principal de cada locación.

Dichos tóxicos se analizaron mediante la metodología analítica basada en la espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito para cadmio y absorción de hidruros para arsénico.

En Huaral y Chanchamayo la concentración de arsénico hallado es menor que lo especificado por el Reglamento Técnico de Mercosur (en zumos y néctares de frutas el límite es 0,10 mg/kg; frutas frescas es 0,30 mg/kg). Al contrario del cadmio (Zumos y néctares de frutas: 0,05 mg/kg; frutas frescas: 0,30 mg/kg), ya que se observó que, en Huaral en las muestras de frutos de naranja de la chacra, la concentración de cadmio superaba ampliamente los límites máximos permitidos (0.08 mg/kg) a su vez se observa que tiene diferencias estadísticas significativas (ya que el valor de  $p=0,01 < 0,05$ ), respecto a los niveles permitidos de Mercosur; en las muestras de jugo de naranja se encontró que la concentración hallada superaba el límite máximo permitido (0.045 mg/kg) a su vez se ve que no tiene diferencias estadísticas significativas ( $p=0,48 > 0,05$ ), respecto a los niveles permitidos de Mercosur; y en el caso del fruto de naranja del ambulante, la concentración no excede la especificación máxima permitida (0,04 mg/kg) y no tienen valores estadísticos significativamente distintos ( $p=0,43 > 0,05$ ) respecto a los niveles permitidos de Mercosur. En Chanchamayo se encontró que, en los frutos de naranja recolectados de la chacra, los niveles hallados, no superan los límites permitidos, pero están muy cercanos (0.046 mg/kg) y no tienen valores estadísticos significativamente distintos ( $p=0,20 > 0,05$ ) respecto a los niveles permitidos de Mercosur; en el caso de los frutos de naranja recolectados del ambulante, los niveles hallados son iguales al límite máximo permitido (0.05 mg/kg) y no tienen valores estadísticos significativamente distintos ( $p=0,71 > 0,05$ ) respecto a los niveles permitidos de Mercosur, y en el jugo de naranja se vió que son menores al nivel máximo permitido (0,039 mg/kg), no tienen valores estadísticos significativamente distintos ( $p=0,70 > 0,05$ ) respecto a los niveles permitidos de Mercosur.

**Palabras clave:** Naranjas, arsénico, cadmio, espectrofotometría de absorción atómica, Reglamento Técnico de Mercosur.



## SUMMARY

In the realization of this thesis, the values of cadmium and arsenic were measured in 20 samples, collected in the towns of Chanchamayo and Huaral, of which it was sampled as follows; 6 orange fruits from a randomly chosen farm in each location, 2 fruits and two orange juices from a street vendor in the main market of each location.

These toxins were analyzed using the analytical methodology based on atomic absorption spectroscopy with "graphite furnace" for cadmium and hydride absorption for arsenic.

In Huaral and Chanchamayo, the concentration of arsenic found is lower than that specified by the Mercosur Technical Regulations (in fruit juices and nectars the limit is 0.10 mg/kg; fresh fruits is 0.30 mg/kg). Contrary to cadmium (Fruit juices and nectars: 0.05 mg/kg; fresh fruits: 0.30 mg/kg), since it was observed that, in Huaral, in the samples of orange fruits from the farm, the concentration of cadmium widely exceeded the maximum permitted limits (0.08 mg/kg), in turn it is observed that it has significant statistical differences (since the value of  $p = 0.01 < 0.05$ ), with respect to the permitted levels of Mercosur; in the samples of orange juice it was found that the concentration found exceeded the maximum limit allowed (0.045 mg/kg) in turn it is seen that it does not have significant statistical differences ( $p = 0.48 > 0.05$ ), with respect to the Mercosur permitted levels; and in the case of street orange fruit, the concentration does not exceed the maximum permitted specification (0.04 mg/kg) and they do not have statistically significantly different values ( $p = 0.43 > 0.05$ ) with respect to the permitted levels. of Mercosur. In Chanchamayo it was found that, in the orange fruits collected from the farm, the levels found do not exceed the permitted limits, but they are very close (0.046 mg/kg) and do not have statistically significantly different values ( $p = 0.20 > 0.05$ ) with respect to the permitted levels of Mercosur; In the case of orange fruits collected from street vendors, the levels found are equal to the maximum permitted limit (0.05 mg/kg) and do not have significantly different statistical values ( $p = 0.71 > 0.05$ ) with respect to the permitted levels. of Mercosur, and in orange juice it was seen that they are lower than the maximum permitted level (0.039 mg/kg), they do not have significantly different statistical values ( $p = 0.70 > 0.05$ ) with respect to the permitted levels of Mercosur.

**Keywords:** Oranges, arsenic, cadmium, atomic absorption spectrophotometry, Mercosur Technical Regulation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **I.1. Planteamiento del problema.**

En el Perú, el consumo de frutas es muy común, mas aún el del tipo ambulatorio, ya sea por la premura del tiempo en el día a día, por ello, un análisis de dichos alimentos es importante, ya que éstos no tienen un control de calidad, debido a que su consumo, es al paso.

Es por esto, y porque en nuestro país no se tiene una norma que regule los límites permitidos para arsénico y cadmio; se hace muy necesario un estudio sobre estos tóxicos en alimentos, como se hace presente en este trabajo, se realizó en el fruto de naranjas.

#### **I.1.1. Formulación del problema**

El arsénico y cadmio son un gran problema en la salud pública, especialmente en aquellos lugares donde no se fiscalizan los relaves producidos por empresas mineras, y debido a que las localidades afectadas no tienen plantas de tratamiento de dichos relaves.

El cadmio y el arsénico en niveles elevados, pueden ocasionar enfermedades tales como “itai-itai” en el caso del cadmio, y cáncer de piel o pulmón, en el caso del arsénico, debido a esto se decidió realizar este trabajo de investigación en el fruto de naranja en las localidades de Huaral y Chanchamayo, que son los principales productores.

Por esto, con el presente estudio, se espera determinar si estos frutos son inocuos para el ser humano.

#### **I.1.2. Formulación de la pregunta de investigación.**

¿El contenido de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en las localidades de Huaral y Chanchamayo, excederán los niveles permitidos según el Reglamento Técnico de MERCOSUR?.

## **I.2. Objetivos**

### **I.2.1. Objetivo general**

Determinar el contenido de cadmio y arsénico en frutos de *Citrus sinensis* L. Osbeck (naranja Huando) de la localidad de Huaral – Lima; y *Citrus aurantium* L (naranja para jugo) de la localidad de Chanchamayo – Junín.

### **I.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar cuantitativamente arsénico y cadmio en 6 frutos de *Citrus sinensis* L. Osbeck (naranja Huando) de dos chacras en Huaral y contrastarlas frente a los valores máximos permisibles según el Reglamento Técnico de Mercosur.
- Determinar cuantitativamente arsénico y cadmio en 6 frutos de *Citrus aurantium* L (naranja para jugo) de dos chacras en Chanchamayo y contrastarlas frente a los valores máximos permisibles según el Reglamento Técnico de Mercosur.
- Determinar cuantitativamente arsénico y cadmio en 2 frutos de frutos de *Citrus sinensis* L. Osbeck (naranja Huando) de venta ambulatoria del mercado de Huaral y contrastarlas frente a los valores máximos permisibles según el Reglamento Técnico de Mercosur.
- Determinar cuantitativamente arsénico y cadmio en 2 frutos de *Citrus aurantium* L (naranja para jugo) de venta ambulatoria del mercado de Chanchamayo y contrastarlas frente a los valores máximos permisibles según el Reglamento Técnico de Mercosur.
- Determinar cuantitativamente arsénico y cadmio en 2 muestras de jugo de *Citrus sinensis* L. Osbeck (naranja Huando) de venta ambulatoria del mercado de Huaral y contrastarlas frente a los valores máximos permisibles según el Reglamento Técnico de Mercosur.
- Determinar cuantitativamente arsénico y cadmio en 2 muestras de jugo de *Citrus aurantium* L (naranja para jugo) de venta ambulatoria del mercado de Chanchamayo y contrastarlas frente a los valores máximos permisibles según el Reglamento Técnico de Mercosur.

### **I.3. Importancia y alcance de la investigación (justificación)**

Hallar los valores de cadmio y arsénico en frutos de naranja debido a los múltiples y graves problemas de salud en la población afectada.

Se realizó en las localidades de Huaral – Lima y Chanchamayo – Junín (alcance geográfico).

### **I.4. Limitaciones de la investigación.**

- El elevado costo de la realización del análisis fisicoquímico y que restringió la cantidad de muestras que se pudieron procesar.

- La distancia del viaje que se tuvo que realizar para la recolección de las muestras.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **II.1 Marco teórico**

La intoxicación producida por algunos metales pesados causantes de enfermedades, es una gran preocupación de Salud Pública por las reacciones nocivas sobre la salud de la población, ya sea por una exposición aguda o crónica y la amplia variedad de fuentes, (naturales o las antrópicas); dichos metales, por su condición no biodegradable, y su carácter tóxico, provocan problemas de salud que pueden ser fatales.

Los seres humanos desde sus inicios, para sobrevivir consumieron frutas y verduras, puesto que aportan las dosis de vitaminas, fibras, ciertos minerales y otros elementos necesarios para una buena salud. Algunas de estas plantas pueden tener en su interior metales esenciales que pueden llegar a ser tóxicos. El problema de contaminación en las plantas por estos metales pesados puede ocurrir por el riego con agua ya afectada por estos, debido al uso de pesticidas y fertilizantes que contienen estos contaminantes, contaminación industrial, el humo que se emite por el transporte, etc<sup>(1)</sup>; así como el uso de combustibles que resulta en la deposición de una amplia gama de metales pesados, tales como plomo, cadmio, cromo, zinc, arsénico, estaño, selenio entre otros.<sup>(2)</sup>

Los compuestos basados en metales pesados, pueden ser alterados, pero sus elementos metálicos constituyentes permanecen en el ambiente, en forma ionizada o formando parte de compuestos orgánicos en seres vivos por muchísimo tiempo.<sup>(3)</sup>

El análisis físico-químico en alimentos es realizado para asegurar la calidad de estos, y establecer que los valores nutricionales son los adecuados así como el estudio de alteraciones o irregularidades, que afecten la salud de los consumidores.<sup>(4)</sup>

Debido a esto, es necesario un estudio donde se analice si dichos contaminantes se encuentren en las concentraciones aceptadas<sup>(4)</sup>.

### **II.2. Antecedentes del estudio**

#### **II.2.1. Antecedentes nacionales**

En un trabajo de investigación realizado en Ancash se encontró que la contaminación en plantas por cadmio, arsénico y plomo, fue causado por el

riego con aguas provenientes del río Santa; y por consecuencia de causales como la lluvia, el viento, clima, pH del suelo entre otros. <sup>(5)</sup>

En 1994, se realizó un análisis de arsénico en aguas consumidas por la población, provenientes del río Rímac, se procesaron 53 muestras tomadas de agua potabilizada, agua del río, manantiales y pozo; de las cuales el 84,9 % excedían lo establecido por la OMS. Pero, no se informaron de ocurrencias de personas intoxicadas por arsénico. En 1999 se realizó una investigación del agua potable en Huaytará en Huancavelica. Se obtuvo una cantidad media de arsénico de 0,0246 mg/L en 31 muestras; de las cuales el nivel más alto se encontró en Pachac, posiblemente por el arsénico proveniente del abono y plaguicidas arsenicales, almacenados en un establo. <sup>(7)</sup>

Se encontró que la cantidad media de este metal en agua potabilizada proveniente de un pozo en Puente Piedra fue de 22,40 µg As/L, estos valores sobrepasan lo permitido por la OMS pero son inferiores al límite establecido por la "Norma Técnica Peruana" (NTP 214.003.87). <sup>(8)</sup>

En un estudio hecho en Puno se encontraron metales pesados en el agua y también en leche, de ellos la presencia de arsénico superaba los niveles determinados por el Codex Alimentarius. Una intoxicación crónica por arsénico podía desencadenar hiperqueratosis en las plantas de manos y pies y una exposición de más de 5 años es un promotor de cáncer de vejiga, piel, y pulmón <sup>(9)</sup>

En otro estudio realizado en el departamento de Cajamarca se halló que la presencia de cadmio en plantaciones de papa superaban los límites permitidos según el Codex Alimentarius <sup>(10)</sup>

Según datos del Codex Alimentarius la especificación máxima permitida de arsénico es de 0.01 mg/kg de arsénico aguas minerales naturales y 0,1 mg/kg de cadmio en tubérculos. <sup>(11)</sup>

Asimismo se realizó un análisis del agua en reservorios de SEDAPAL en San Martín de Porres distrito de Lima, también en depósitos de cada uno de los residentes, en los cuales se encontró que los valores de Cadmio exceden la especificación máxima establecida por el Codex Alimentarius <sup>(12)</sup>. Por otra parte, se encontró una relación estadística estrecha entre el cadmio y la alteración en la estructura del ADN esto debido a la generación de radicales libres. <sup>(13)</sup>

Ante lo anterior, en el año de 1999 el metal pesado, cadmio, fue clasificado como agente carcinogénico en la población, de categoría I, por la IARC. <sup>(14)</sup>

Al norte de la región Lima se encuentra ubicada la cuenca río Huaura y comprende ciertas partes de las provincias de Huaura, Huaral y Oyón; mediante estudios realizados, sumándose la influencia de actividades antrópicas, se determinó que el arsénico supera lo establecido por la norma canadiense para las aguas usadas en la actividad ganadera, por otro lado otros metales como el manganeso y el zinc están por encima de lo permitido por la norma canadiense para aguas de uso agrícola. <sup>(15)</sup>

Un estudio realizado en Chanchamayo, sostiene que, por la actividad minera, una fracción de los desechos son eliminados en la cuenca del Perené, con el objetivo de prevenir que los campos de relaves se inunden. Estos tóxicos que desembocan en las aguas de esta cuenca, representan un gran problema de salud, y provoca enfermedades agudas y crónicas a los pobladores, que consumen esta agua. <sup>(16)</sup>

En la provincia de Chanchamayo se ubican los afluentes de los ríos Chanchamayo, Puntayacu, Tulumayo y Tarma. La actividad minera desarrollada en la ciudad de Vitoc en Chanchamayo, genera dos vertimientos, en el cual las sustancias potencialmente peligrosas son el plomo, cobre, el arsénico y el zinc vertidos en el río Tulumayo; y cobre, plomo, zinc y arsénico vertidos en el río Puntayacu. <sup>(17)</sup>

También en este caso, la contaminación del agua con relaves producidos por minas, provocan alteraciones, debido a la contaminación atmosférica provocadas por gases y polvos de fundición, también contaminan las aguas de los ríos, lo que provoca la contaminación a la población por cadmio, plomo, zinc, cromo y arsénico lo que causa daños a su salud. <sup>(18)</sup>

## **II.2.2 Antecedentes internacionales**

Estudios realizados en todo el mundo, indican que una considerable proporción de metales pesados causan problemas de salud; estos ingresan a la alimentación por plantas expuestas a estos metales y el efecto se alarga debido a la ingesta sostenida de estos. Así, se puede afirmar que en el análisis de alimentos se deben determinar las cantidades de Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio los metales pesados más comunes. <sup>(6)</sup>

Avilés en el 2016 en un estudio en Ecuador realizó un análisis en muestras de jugo de naranja en un laboratorio mediante técnicas analíticas adecuadas, se encontró lo siguiente: la cantidad de arsénico hallada fue 0,2 mg/ kg; de cobre fue 4 mg/ kg; plomo fue 0,5 mg/kg; y de estaño fue 240 mg/kg los cuales no cumplen con las Normas INEN ecuatorianas. <sup>(8)</sup>

Morales en el 2018 en un trabajo investigativo realizado en Colombia en aguas del río Ocoa en el caso del arsénico encontró que el 59,4 % de los resultados superaron por lo menos uno de las especificación máxima permitida, y en el caso del cadmio se tuvo 5 µg/L, la cual excede en un 66,7% el límite máximo permisible (3 µg/L) y a su vez, se encuentra sobre el límite máximo permisible (5 µg/L) reglamentado por el artículo 37 del mismo Decreto.<sup>(12)</sup>

## II.3 BASES TEÓRICAS

### II.3.1 Naranja

Es un fruto muy popular y saludable debido a sus elevados niveles de vitamina C. Es de sabor ácido dulce. Aproximadamente el 90 % del fruto total es agua y el resto, azúcares. Este fruto se origina del naranjo dulce (*Citrus × sinensis*), proveniente de la India, Vietnam y también del sur de China.<sup>(19)</sup>

### II.3.2 Ubicación taxonómica

Estos frutos están incluidos en el orden Geraniales, sub-orden Geraníneas, familia Rutáceas, subfamilia Aurantioideas y tribu Citrea de esta última la subtribu Citrina, abarca 13 géneros de los cuales los géneros *Citrus*, *Poncirus* y *Fortunella* tienen importancia comercial, también conocidos como agrios<sup>(20)</sup>.

Son dos las clasificaciones más utilizadas, la propuesta Swingle considerando dieciséis especies y la de Tanaka, ciento sesenta y dos. La clasificación de Swingle es la más aceptada<sup>(20)</sup>.

Según Swingle el género *Citrus* se divide en 2 sub-géneros, *Papeda* y *Eucitrus* diferenciadas debido a que tan comestibles son sus frutos. En el subgénero *Papeda* los frutos son considerados no comestibles ya que contienen aceites esenciales, que amargan el jugo dando agrio poco agradable al gusto, a diferencia del subgénero *Eucitrus* que contienen vesículas con un jugo un tanto más sabroso, sin aceites esenciales. En el subgénero *Eucitrus* se encuentran 8 de los más significativo comercialmente, estos son: *C. medica* L. (cidros), *C. aurantium* L. (naranjos amargos), *C. limon* (L.) Burm. f. (limoneros), *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (limeros), *C. grandis* (L.) Osb. (pummelos o zamboas), *C. sinensis* (L.) Osb. (naranjos dulces), *C. reticulata* Blanco (mandarinos) y *C. paradisi* Macf. (pomelos); Las otras dos especies, *C. indica* Tan. y *C. tachibana* (Mak.) tienen poco interés; la primera se encuentra en la India y la segunda está diseminada sobre todo en Japón”.<sup>(20)</sup>

La muestra de planta y flor de ambos frutos fueron analizadas en el “Museo de Historia Natural” de la Universidad nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) para su determinación taxonómica.

Para el caso de la naranja de jugo de Chanchamayo se obtuvo lo siguiente:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Sub-clase:** Rosidae

**Orden:** Sapindales

**Familia:** Rutaceae

**Género:** Citrus

**Especie:** *Citrus aurantium* L.

**(Ver figura 1)**

En el caso de la naranja Huando se obtuvo lo siguiente:

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Sub-clase:** Rosidae

**Orden:** Sapindales

**Familia:** Rutaceae

**Género:** Citrus

**Especie:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck “.

**(Ver figura 2)**

### II.3.3 Cultivo

En el Perú la actividad agraria relacionada con el cultivo de frutos cítricos se realiza principalmente en la costa y selva. En el mundo la producción de cítricos, se desarrolla bajo distintos factores ambientales y agronómicos en más de 80 Países. Estos frutos provienen principalmente de zonas Tropicales y Sub Tropicales del Asia. Un ejemplo son las Cidras; que pueden incluir las limas; o también limones; la naranja dulce, pomelos, también mandarinas, etc. <sup>(21)</sup>

En el Perú, la región donde principalmente se producen naranjas, es la región Junín, que en el año 2013 presentó una producción que representó el 55,6 % del total, que representaron 245 099 toneladas. <sup>(21)</sup>

En la región Lima se registró 45 118 toneladas, que en porcentaje significó un 10,2 % de la producción nacional en el 2012. <sup>(21)</sup>



La región San Martín es considerada el tercer productor de naranjas. <sup>(21)</sup>

En el 2013 la cosecha total de estos cítricos en Perú fue de 27847 hectáreas, por lo que la producción total de naranjas se incrementó un 2,17 % en relación al 2012. <sup>(21)</sup>

La región Junín es la que presenta la más alta cantidad de producción de naranjas representada como superficie cosechada, ya que tiene el 45,05 % de la producción total, luego las regiones de Puno que tiene un 9,31 % producida; luego San Martín con un 7,76 %, Cuzco con un 6,80 %, Lima con 4,63 % e Ica con 3,36 % solo por mencionar las más importantes productoras de naranja. <sup>(21)</sup>

En la región Lima se observa que hubo una producción promedio de 35 002 kilos/ha teniéndose así un 120,96 % por encima de lo obtenido como media nacional en el año 2012; el rendimiento alcanzado el año 2013 respecto al 2012, en la región Lima, fue de 1,35 % superior. <sup>(21)</sup>

Otra región con una producción elevada con respecto a la media total nacional es Ica, ya que en el año 2013 se registró en unos 27 603 kilos/ha; se ve un aumento del 74,25 % respecto al promedio total nacional. La producción de la región Junín, la cual se considera como la más importante, fue de unos 19 536 kilos/ha; lo cual se traduce como un 23,33 % más alto respecto al promedio total nacional. <sup>(22)</sup>

**II.3.4 Morfología del fruto:** Es un fruto considerado como una baya modificada, que presenta cáscara gruesa y que puede ser separada y con varias glándulas oleosas que son denominadas hesperidio.

**II.3.4.1 Anatomía del fruto:** Un fruto puede desarrollarse a partir del gineceo, el carpelo, o carpelos ligados entre sí.

**II.3.4.2 Paredes del fruto:** En aquellos considerados frutos verdaderos, la pared del fruto se denomina pericarpio. Y en aquellos llamados frutos falsos, la pared incluye el pericarpio y uno o muchos tejidos.

**II.3.4.3 Pericarpio:** Se distinguen 3 partes:

**Exocarpio:** O epicarpio, puede presentar estomas, como por ejemplo en el limón, en los frutos que ya maduraron se encuentran lenticelas en lugar de estomas.

**Mesocarpio:** Ubicado en medio del exocarpio y del endocarpio.

**Endocarpio:** Constituido por pelos multicelulares que posteriormente se transforman en vesículas contenedoras de jugo. <sup>(23)</sup>

### **II.3.5 Variedades de naranjo**

**II.3.5.1 Grupo Navel:** Presenta un verticilio carpelar adicional que, cuando se desarrolla, se transforma en un segundo fruto minúsculo, que se fusiona al fruto principal, este pequeño fruto adquiere un aspecto parecido a un ombligo, por eso el grupo se denomina navel que viene del idioma inglés y significa ombligo. Estas especies presentan un polen no fértil por lo que el embrión es abortado, debido a esto, no presentan semillas. Entre las más importantes se pueden mencionar: *Navelina*, *Washington navel*, *Navelate* y *Lane late*. <sup>(24)</sup>

**II.3.5.2 Grupo blancas:** Estas no poseen navel, son menos ácidas que las otras variedades y tienden naturalmente a la alternancia de cosechas. Entre las especies más importantes se tiene: *Salutsianas* y *Valencia late*. <sup>(24)</sup>

**II.3.5.3 Grupo Sanguinas:** Presentan árboles más pequeños, con un follaje más denso y con un color más claro. Los frutos son medianos o pequeños, alargados o de forma redondeada, con una corteza fina, de color naranja y manchas rojas debido a que presenta antocianos hidrosolubles. Tiene una cantidad elevada de zumo. Se cosecha en enero. Las variedades más importantes son la “Doblefina”, “Entrefina” y “Sanguinelli”. <sup>(24)</sup>

### **II.3.6 Estacionalidad**

Son consideradas frutas de época invernal, se cosechan generalmente en invierno o en otoño. <sup>(24)</sup>

### **II.3.7 Porción comestible**

Se considera comestible unos 73 gramos por cada 100 gramos fruto. <sup>(24)</sup>

### **II.3.8 Fuente de nutrientes y sustancias no nutritivas**

Están constituidas por fibra vegetal, vitaminas hidrosolubles como la vitamina C, folatos, ácidos orgánicos y flavonoides. <sup>(24)</sup>

### **II.3.9 Valoración nutricional**

Es un fruto de bajo contenido de calorías, con un alto valor de fibra soluble en forma de pectinas, estas contribuyen a disminuir la glucosa y colesterol en sangre, contribuyen también en el incremento de la microflora del intestino. Entre sus nutrientes se destaca la gran cantidad de vitamina C. Asimismo contiene concentraciones considerables de folatos, pero un menor cantidad de vitamina A. También, estos frutos proporcionan carotenoides que promueven la síntesis de vitamina A. Según muchos estudios estos carotenoides son

efectivos en la prevención de muchas variedades de cáncer y de varios tipos de males cardiovasculares. Presenta también carotenoides que no tienen función provitamínica A, como por ejemplo luteína y zeaxantina, las cuales se pueden encontrar en el globo ocular, más específicamente en la retina y cristalino del globo ocular, y que se relacionan directamente a la probabilidad de sufrir cataratas y degeneración macular. Estos frutos también tienen ácido málico y ácido cítrico, este último mejora la actividad del ácido ascórbico, promueve la absorción de calcio intestinal, y la eliminación de desechos del propio cuerpo. Asimismo, presentan gran contenido de flavonoides, el más representativo es la hesperidina. El zumo de naranja, contiene una baja cantidad de fibra, también vitaminas y minerales que el fruto mismo, por eso se aconseja comerlo entero.

(24)

**Tabla 1.- Valoración nutricional de la naranja**

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (225 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	42	69	3000	2300
Proteínas (g)	0.8	1.3	54	41
Lípidos totales (g)	Tr	Tr	100 - 117	77 - 89
AG saturados (g)	-	-	23 - 27	18 - 20
AG monoinsaturados (g)	-	-	67	51
AG poliinsaturados (g)	-	-	17	13
ω-3 (g)*	0	0	3.3 - 6.6	2.6 - 5.1
C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	-	-	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	8.6	14.1	375 - 413	288 - 316
Fibra (g)	2	3.3	>35	>25
Agua (g)	88.6	146	2500	2000
Calcio (mg)	36	59.1	1000	1000
Hierro (mg)	0.3	0.5	10	18
Yodo (μg)	2	3.3	140	110
Magnesio (mg)	12	19.7	350	330
Zinc (mg)	0.18	0.3	15	15
Sodio (mg)	3	4.9	<2000	<2000
Potasio (mg)	200	329	3500	3500
Fósforo (mg)	28	46	700	700
Selenio (μg)	1	1.6	70	55
Tiamina (mg)	0.1	0.16	1.2	0.9
Riboflavina (mg)	0.03	0.05	1.8	1.4
Equivalentes niacina (mg)	0.3	0.5	20	15
Vitamina B6 (mg)	0.06	0.1	1.8	1.6
Folatos (μg)	37	60.8	400	400
Vitamina B12 (μg)	0	0	2	2
Vitamina C (mg)	50	82.1	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (μg)	40	65.7	1000	800
Vitamina D (μg)	0	0	15	15
Vitamina E (mg)	0.2	0.3	12	12

Tablas de Composición de Alimentos. [Moreiras y col., 2013.](#) (NARANJA). Recomendaciones: Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. Recomendaciones: [Objetivos](#) nutricionales/día. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011. Recomendaciones: Ingestas Dietéticas de Referencia (EFSA, 2010). Tr: Trazas. 0: Virtualmente ausente en el alimento. -: Dato no disponible. \* Datos [incompletos](#).

(Fuente: Sierra, Ana. *La naranja, la reina del invierno*. [Artículo de internet]. Córdoba. Disponible en: <http://www.cofco.org/ficheros/Naranja2.pdf>)

### **II.3.10 Propiedades nutritivas**

La naranja presenta un bajo valor energético, debido a su alta cantidad de agua y su elevado nivel de vitamina C, así como folatos y potasio, magnesio y calcio. A su vez contiene cantidades considerable de beta-caroteno, que le da el color naranja típico y le provee sus propiedades antioxidantes; asimismo contiene ácido málico, oxálico, tartárico y cítrico; el ácido cítrico mejora la actividad de la vitamina C. También contiene fibra, en cantidades considerables, esta se encuentra en la parte blanca entre la pulpa y cáscara, al ser consumido mejora los movimientos peristálticos del intestino. La vitamina C promueve la síntesis de colágeno, eritrocitos y contribuye a la absorción del hierro y evitar complicaciones enfermedades infecciosas. La provitamina A se convierte en caroteno conforme el cuerpo lo necesite. Es importante para la vista, también la piel, cabello, huesos y para un mejor funcionamiento del sistema inmune. El ácido fólico promueve la síntesis de eritrocitos y leucocitos, material genético y el desarrollo de anticuerpos. El potasio es necesario para los impulsos nerviosos y actividad muscular, tanto como para el impulso y la generación; y en la homeostasis de líquido del interior al exterior de la célula. El magnesio promueve el adecuado funcionar de los intestinos, sistema nervioso y muscular, es constituyente de huesos y dientes, y es ligeramente purgante. Los ácidos málico y cítrico tienen una acción antibacteriana y alcalinizan la orina. <sup>(25)</sup>

### **II.3.11. Provincia de Chanchamayo**

El valle de Chanchamayo se encuentra a una altitud que oscila entre los 800 a los 2200 m.s.n.m tiene pendientes demasiado pronunciadas en San Ramón y La Merced que son distritos de esta provincia, y constituyen el 80% del total del territorio. <sup>(26)</sup>

El departamento de Junín tiene una población de 168 900 habitantes. Este valle es perteneciente a la cuenca del Perené. Los ríos Ulcumayo (Oxabamba), y Palca (Tarma) desembocan en el río Tulumayo, al llegar a San Ramón, de esta forma se crea el río Chanchamayo uniéndose con el río Paucartambo formando así el río Perené. <sup>(26)</sup>

Generalmente el valle tiene un uso forestal; pero, aproximadamente un porcentaje mayor del 80 % de los bosques fueron deforestados para ser usado en la actividad agrícola. <sup>(26)</sup>

La provincia de Chanchamayo, tiene el segundo lugar con respecto a la tasa anual de crecimiento poblacional de los cuales 72 700 pertenecen a las zonas rurales. Entre sus actividades económicas primordiales se encuentran la cosecha de frutas, cacao, también café, té y la extracción maderera. <sup>(27)</sup>

### **II.3.11.1. Clima**

#### **II.3.11.1.1. Estrato premontano (800 – 1500 msnm)**

La temperatura es alta, y moderada durante algunos meses. La temperatura promedio en un año es de 32,1°C, teniendo máximos de 30,1°C entre octubre a noviembre; y presenta un mínimo de 16,7°C durante julio.

La provincia presenta lluvias altas, en San Ramón, la caída de lluvias media anual está entre 1970 hasta 2104 mm. Se distinguen dos temporadas diferenciadas, una con pocas lluvias de junio a agosto, y la otra con lluvias altas de diciembre a mayo. <sup>(28)</sup>

#### **II.3.11.1.2. Estrato Montano**

Los valores de temperatura y precipitación se encuentran entre los siguientes valores: en altitudes que van desde 1500 hasta 2500 m.s.n.m., la temperatura promedio en un año va desde 15 hasta 19 °C y la cantidad de lluvia anual media va desde 1500 hasta 3000 mm y en el caso de las altitudes comprendidas entre 2500 hasta 3500 m.s.n.m., la temperatura promedio en un año va desde 7 hasta 15 °C y la cantidad de lluvia por año promedio va desde 400 hasta 7000 mm. <sup>(28)</sup>

### **II.3.11.2. Fisiografía**

Presenta un paisaje de montaña y con una topografía accidentada, por la presencia de pendientes marcadas. Las superficies llanas, de procedencia fluvial, se encuentran en los bordes de los cauces y son pocas. En el río Chanchamayo, el 80% de la superficie total presenta inclinaciones muy marcadas, los suelos de menor declive son el 18% de la superficie total y las terrazas de procedencia aluvial en el borde son el 2 %

Según la altitud y las características ecológicas, se tienen 3 espacios ecológico - altitudinales que son: la Llanura Aluvial o selva baja ubicada en los 800 m.s.n.m.; Ámbito Premontano, que va desde los 800 hasta 1500 m.s.n.m. y el ámbito Montano que es esta ubicado entre los 1500 a los 3500 m.s.n.m. <sup>(28)</sup>

#### **II.3.11.3. Clasificación ecológica.**

Según Holdridge (1978) que habla de una clasificación ecológica determinada por zonas de vida establecida, que divide las áreas naturales según la temperatura, lluvias, altitud y latitud; en 9 zonas vitales.

Estas son: Bosque húmedo Premontano, Bosque seco Tropical, Tropical, Bosque muy húmedo Montano "Tropical," Bosque alto en humedad Premontano

Tropical, Bosque alto en humedad Montano bajo Tropical, Bosque pluvial Premontano tropical, Páramo pluvial subalpino tropical Montano bajo Tropical, Bosque pluvial Montano tropical y Bosque pluvial.

Otra clasificación sería mediante ecorregiones establecidos por Brack (1986), las cuales se dividen en dos, la primera llamada Selva baja, altitud máxima es de 800 msnm y Selva alta, cuya altitud máxima esta sobre los 800 msnm. La selva alta está conformada por dos pisos, uno inferior que se encuentra ubicado entre 800 msnm -1300 msnm y otro superior, ubicado entre 1300 msnm hasta los 3800 msnm.<sup>(28)</sup>

#### **II.3.11.4. Población, actividad económica**

El uso mayoritario de del valle tiene fines forestales. Sin embargo, estos bosques fueron deforestados en más del 80 %, con fines de agrícolas en su mayor parte.<sup>(28)</sup>

Por otro lado esta provincia tiene un estimado de 132,900 habitantes, siendo la segunda provincia con mayor densidad poblacional del departamento de Junín; y el 51 % se encuentra en las zonas rurales (INEI, 1998). La agricultura y la tala de árboles son las mayores actividades económicas de esta provincia. Asimismo el turismo se ha incrementado en las últimas estaciones, ya que cuenta con bellos paisajes. Cabe resaltar que la actividad agrícola migratoria, es decir, aquella que produce la incineración y el abandono de los terrenos, es una de las actividades más dañinas que atenta contra la preservación de los recursos naturales.<sup>(28)</sup>

El valle de Chanchamayo es un importante productor cafetal y de frutas. Pero las fluctuaciones en el contexto mercantil ocasionaron una importante disminución en la obtención de café. Debido a ello la fruticultura se vio incrementada, con mayor énfasis en la producción de frutos cítricos; el valle principalmente abastece de todos estos tipos de fruta a los centros de abastos principales de La Oroya, Tarma, Huancayo y Lima.<sup>(28)</sup>

#### **II.3.11.5. Situación actual de la cuenca**

En lo que respecta a los ríos Tulumayo, Chanchamayo y Perene (zona donde se ubican las comunidades indígenas de la selva), se debe prestar atención para abordar los problemas de contaminación de los ríos afectados por actividades mineras, por lo que la población permanece en riesgo debido a la presencia de plomo.

Muchos de los ríos cuentan niveles altos en sus cuencas durante la época de lluvia especialmente los ríos Cunas, Achamayo, Yacus, Pachacayo, debido a

los desbordes y escases de políticas del manejo de las cuencas del Perené, Ene y Tambo.

Los esfuerzos por cubrir una mayor parte de la población con servicios básicos de agua potable aumentaron el acceso de la población de este servicio del 89 % al 95 % (al 2011). Caso contrario entre los años del 2001 y el 2011 donde el acceso de este servicio se aumentó apenas de 72 a 74 %, mientras que el servicio de agua potable intradomiciliario se mantuvo en un bajo 59 %. A pesar de los avances, la población rural no tiene un amplio acceso, dado esto, un elevado porcentaje poblacional de Huancayo, Satipo y Chanchamayo, se abastecen de ríos y acequias, lo que significa un potencial riesgo de salud pública.<sup>(29)</sup>

### **II.3.11.5.1 Contaminación de los ríos.**

Los ríos Puntayacu, Chanchamayo, Tarma y Tulumayo se encuentran ubicados en la provincia de Chanchamayo.

“La Ley General de Aguas” (LGA) otorga a la “Dirección General de Salud Ambiental” (DIGESA), la inspección de los recursos naturales hídricos. Y para asegurar un control del agua se instalaron 15 estaciones de monitoreo, San Vicente hasta Pichanaki.<sup>(30)</sup>

#### **A. Contaminación fluvial por la actividad Minera.**

La minería en Vítoc genera dos vertimientos.

**Vertimiento 1:** En un caudal de 50.0 L/s no excediendo los 1576800 m<sup>3</sup>/año considerando una cantidad de materiales con alto potencial de peligrosidad, de los cuales se puede encontrar 0,050 kg de cobre por día, 0,626 kg de plomo por día, 7,968 kg de zinc por día y 0,008 kg de arsénico por día, en la cuenca del Tulumayo.<sup>(30)</sup>

**Vertimiento 2:** En un flujo de agua de 310,0 L/s, no excediendo los 9 776 160 m<sup>3</sup>/año considerando una cantidad de materiales con alto grado de peligrosidad, de 0,160 kg de cobre por día, 0,537 kg de plomo por día, 3 230 kg de zinc por día y 0.015 kg de arsénico por día, en la cuenca del río Puntayacu.<sup>(30)</sup>

#### **B. Contaminación fluvial por Vertimiento de Aguas Residuales Domésticas.**

Las aguas servidas colectadas a través del sistema de tratamiento de aguas de San Ramón, deberían ser vertidas a un centro especializado donde se realizaría un tratamiento para reducir su carga orgánica y eliminar toda partícula altamente patógena para luego descargarlos a los ríos Tulumayo

y Tarma de tal forma que genere un impacto reducido sobre la salud poblacional.

A pesar de todo esto, San Ramón no tiene dicho centro de tratamiento de aguas servidas, de esta manera produce descargas en el río Tarma y Tulumayo.<sup>(30)</sup>

### **II.3.12 Provincia de Huaral**

Chancay – Huaral, se encuentra en dirección norte con respecto a la Región Lima. Está comprendida por Canta, Huaral y Lima. El área total de su superficie es 3046,37 km<sup>2</sup> y va llega hasta los 5 000 m.s.n.m.

Los márgenes de esta cuenca son: hacia el Norte se encuentra el río Huaura incluyendo sus intercuenas, en el Este se tiene el río Mantaro, en el Sur el río Chillón y en el Oeste se tiene la cuenca del Océano Pacífico.<sup>(31)</sup>

#### **II.3.12.1 Climatología**

La Cuenca perteneciente a Chancay - Huaral, se ve afectada, por alteraciones del clima, en las vertientes del Pacífico, y de la vertiente llamada Alto - Andina del este de dicha cuenca perteneciente al Amazonas. Estas alteraciones climáticas del Pacífico, afectan a toda la cuenca inferior del río Chancay - Huaral y provoca un clima seco predominante en las regiones costeras. Las alteraciones climáticas Amazónica alto - andina, afectan a toda la cuenca superior, y también a la llamada cuenca media.

Hay cinco tipos de climas, desde climas áridos y semi-cálidos en la zona costera a precipitaciones y climas gélidos en la tundra-alpina (Puna), que presentan lluvias escasas en la zona costera árida desértica, y en ocasiones se pueden presentar lluvias de hasta 933 mm en la Puna; así como también granizadas y nevadas. Las temperaturas no son constantes que van desde los 21 °C en la zona costera, llegando hasta 0 °C y a temperaturas bajo cero en las cumbres altas; en la costa se observa una humedad relativa de 78 % y hasta 65 % en las serranías.<sup>(32)</sup>

#### **II.3.12.2. Caracterización geológica**

La superficie de la cuenca está delimitada de la siguiente forma.

**II.3.12.2.1 Afloramientos rocosos:** Se Ubica en ambos lados del valle, y forma terrenos elevados. En el Valle-Bajo hay grandes áreas cubiertas de arena de producida por la erosión del viento de rocas ígneas del batolito costanero, rocas de origen volcánico, rocas calizas y rocas arcillo-calcáreas.<sup>(32)</sup>

**II.3.12.1.2 Depósitos aluviales:** La extensa unidad geomorfológica de la Cuenca Chancay-Huaral, son superficies planas localizadas en los dos flancos del río Chancay, que son pertenecientes a la superficie del cono deyectivo. El mismo río es el que empuja y sedimenta materiales compuestos de arcilla,



arena, grava, guijarros, cantos. Este proceso de trituración de sedimentos produce un redondeamiento más o menos fuerte de sus constituyentes. De esta manera dichos sedimentos se pueden clasificar o distribuir en láminas en la que se observa distintos tamaños, los cuales dependen de la fuerza del flujo del agua en las que se transportan y posteriormente son depositadas.

Este “redondeo y clasificación” produce cierto de agujereamiento y permeabilidad, promoviendo así el depósito y paso de aguas subterráneas.<sup>(32)</sup>

**II.3.12.1.3 Depósitos coluviales:** en entornos donde hay afloramientos rocosos. Reciben material que se desprende de las superficies altas producidas por acción del intemperismo.<sup>(33)</sup>

Estos depósitos están formados por sedimentos de roca angulosos con sedimentos de arcilla, y por limos y arenas finísimas arrastradas por el viento, provenientes del litoral; tiene una permeabilidad y porosidad adecuadas. El flujo de agua es bajo y debido a eso la extracción de aguas subterráneas es escasa.<sup>(33)</sup>

Está conformada por dunas, arena transportada por el viento y depósito marino reciente.<sup>(33)</sup>

### **II.3.12.3 Usos de los suelos**

La población en la cuenca Chancay-Huaral se dedica principalmente a las siguientes actividades; la agrícola, pesquera, piscícola, y ganadera, desembarque y comercio. De toda la extensión de la cuenca la única región que cuenta con protección del estado es el humedal de Santa Rosa, con un total de 40 hectáreas. Las locaciones de esta cuenca con mayor cantidad de pobladores son, Chancay con un total de 32312 habitantes, Huaral con 70862 habitantes, Pampa Libre, 5776 habitantes y finalmente Palpa, Aucallama y Chancayllo con 7440 habitantes en total.

Las actividades económicas mayormente practicadas son: la agrícola y agropecuaria. Entre ellos priorizan las plantaciones de algodón, maíz; y también hortalizas, cereales y tubérculos.

Entre las plantaciones frutales se destacan: plantas de manzanas, mandarinas, paltas, mangos y naranjas. La superficie total cultivada llega a las 22.000 hectáreas.<sup>(33)</sup>

### **II.3.12.4 Situación actual de la cuenca**

En Huaral los suministros de recursos hídricos y de procesamiento de aguas servidas son inadecuados, y el crecimiento en la periferia de la misma incrementa el problema, ya que el suministro de agua se encuentra reducido a pocas horas por día. Por ejemplo, Municipalidad Provincial presta apoyo a instituciones educativas suministrándoles agua.

Huaral no tiene una planta destinada al tratamiento de aguas servidas, y los desechos son descargadas hacia las chacras, contaminando aquellas plantas de uso agrícola de tallo bajo. Dado que esta práctica puede causar daños a la producción, como, la fresa, ya que la contaminación por aguas servidas

contribuye a causar enfermedades del estómago y es el principal motivo de desnutrición infantil. En esta ciudad se expresa un temor debido a la disminución de este recurso por las empresas mineras que se encuentran adyacentemente en toda la cuenca.

#### **II.3.12.4.1. Fuentes contaminantes**

En afluencia de los ríos Chancay-Huaral, se determinaron 38 lugares donde se detectaron una contaminación en el agua, como: depósitos de aguas servidas generadas por el uso doméstico y también en la industria, acopio de desechos en las riberas y orillas de los ríos y también en el mar. <sup>(33)</sup>

Las más importantes fuentes de contaminación son:

- **Pasivos ambientales** : Se encontraron en la parte alta de la cuenca, en estos distritos:
  - Santa Cruz de Andamarca.
  - Pacaraos-Vichaycocha
- **Botaderos de residuos sólidos** : Se encontraron a través de toda la cuenca de las cuales se identificaron las mencionadas líneas adelante:
  - Atavillos Bajo
  - Huayopampa
  - Sumbilca
  - Lumbra–Huallan
  - La Perla y Pallac
  - Vichaycocha
  - Lampián y Acos.
  - Aucallama
  - Ihuarí
  - Huaral
- **Vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratar** : Se encontraron a través de todo el río, las más importantes son las siguientes
  - Huaral
  - Aucallama
  - Chancay
- **Vertimientos de aguas residuales de uso doméstico cuyo tratamiento fue inadecuado (Pozas sépticas, entre otras)** :
  - Pacaraos
  - Pallac
  - Santa Catalina
  - Santa Cruz de Andamarca
  - Lumbra – Huallan
  - Lampian
  - Vichaycocha
  - Pirca
  - Huayopampa
  - Ihuarí

- Sumbilca
- Ravira
- **Vertimiento de aguas y residuos agropecuarios** : Mayormente encontrados en la parte inferior de la cuenca.
  - Aucallama
  - Huaral
  - Chancay

A lo largo casi toda la ribera de la cuenca en la parte media e inferior se localizan vertederos de desechos agroquímicos, principalmente en Acos, Huando y Aucallama .<sup>(34)</sup>

### II.3.13 Cadmio

Metal de color azulado escaso, de características blandas, también dúctil y maleable; se puede obtener mediante la purificación de aquellos minerales que con contenido de zinc o plomo. Su uso se destina para recubrir otros metales, tales como fierro, acero y cobre; otros usos que se le da es en en aleaciones; también pigmentos para vidrios o cerámicas.

Este metal es liberado en áreas de explotación mineras, y cuando se realiza la fundición de aquellos minerales que contienen este metal; durante estos procesos se puede producir la contaminación del suelo, agua y aire; se encontraron partículas en los residuos de las aguas fluviales, en consecuencia también se contaminan las plantas. En el ambiente el cadmio es muy peligroso, debido a que las plantas y animales, pueden absorberlo ya causa de esto se acumula en sus tejidos.<sup>(35)</sup>

Es considerado entre los mayores tóxicos relacionado a la contaminación del ambiente, dado que cumple con cuatro características de un tóxico: bioacumulación; efectos negativos para la humanidad y su hábitat; “viaja” recorridos considerables con ayuda del viento y en el agua; de esta manera persiste en el medio ambiente.<sup>(36)</sup>

El cadmio ingresa a la alimentación mediante los productos vegetales y animales. El cadmio está ligado a la metalotioneína en los tejidos, su síntesis es incitada por este elemento. El tiempo de vida medio del Cadmio es aproximadamente 10 a 30 años en el ser humano y en el caso que la cantidad en la corteza renal llegue a 200mg/kg, causa daños en el túbulo renal.

Este elemento como los demás minerales tóxicos y también los esenciales, presentan como forma de contaminación más importante, la dieta en el caso de una población no expuesta, y constituye el 70 % del Cd puede depositarse en el organismo.

En el agua los niveles de cadmio son escasos, por lo que su aportación a la ingesta diaria es mínima. El riñón y el hígado; mariscos y crustáceos, y algunos hongos comestibles, son los que presentan un mayor contenido de cadmio. Los vegetales, tienen una menor cantidad de este elemento, pero debido a la alta consumición, es conocida como una de las más importantes fuentes de cadmio en la dieta.

En el tejido animal el cadmio está ligado a las proteínas llamadas metalotioneínas, que son proteínas con bajo peso molecular. En los tejidos vegetales, no se tiene muchos datos sobre la forma en la que el cadmio se encuentra, una parte se une a ácidos orgánicos y forman complejos, metalotioneínas y las fitoquelatinas; estas últimas presentan estructuras químicas diferentes, pero sus funciones son semejantes ya que crean compuestos Cd-cisteína, que son más estables químicamente, inducidos por ciertos elementos metálicos y debido a la formación de glutatión o g-glutamilcisteína que es un precursor de la mencionada anteriormente. <sup>(37)</sup>

### II.3.13.1 Límites de exposición <sup>(38)</sup>

**Tabla N° 2.- Límites máximos de contaminantes inorgánicos según el Reglamento técnico de MERCOSUR.**

CADMIO		
	Categorías	Límite máximo (mg/kg)
	Zumos (Jugos) y néctares de frutas	0,05
	Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas	0,05

*(Fuente: Grupo Mercado Común. Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos. Asunción: MERCOSUR; 2011. Resolución N° 012/11.)*

### II.3.13.2. Fuentes de contaminación.

Fuentes naturales: Generalmente se encuentra como constituyente de los concentrados de zinc, que en su composición contienen de 0.1 a 0.3 % de cadmio, en los minerales tales como la asfalerita, blenda de zinc, entre otros. Asimismo, en algunos minerales que presentan mayoritariamente plomo y cobre se pueden encontrar cantidades muy bajas de cadmio. En asfalerita, el cadmio se encuentra sólido como sulfuro por lo que en algunos minerales de blenda de zinc pueden llegar a tener hasta un 1% de cadmio.

Entre algunos minerales que contienen cadmio se pueden mencionar sulfuro de cadmio o “greenockita”, óxido de cadmio y la otavita; estos no tienen importancia económica.

Ahora, estos procesos naturales, liberan una cantidad insignificante de cadmio, en comparación con las fuentes que procede de la actividad del hombre.

Fuentes antropogénicas: Los sedimentos de zinc son donde se encuentra mayormente el cadmio, que son generados durante los procesos de fundición usados para la refinación de zinc y otros metales.

El cadmio es relativamente volátil, por eso en la fase de cocción también llamado desulfuración de todos aquellos minerales de zinc éste (cadmio) es eliminado y luego capturado para someterlo procesos de obtención de cadmio metálico de alta pureza.

Actualmente las principales fuentes antropogénicas del cadmio son los usos que se les pueda dar; por ejemplo sus productos derivados se usan en la elaboración de pinturas, manufactura de baterías, como agentes estabilizadores de PVC, en recubrimiento de otros metales, aleaciones, reactores nucleares, joyería, etc. <sup>(39)</sup>

### **II.3.13.3. Exposición**

#### **II.3.13.3.1. Exposición general**

La población puede estar expuesta debido a la polución del agua, aire, alimentos, suelos, pero la dieta es la fuente primordial de exposición. El suelo puede ser contaminado por la sedimentación atmosférica de cadmio, por la actividad minera y uso de fertilizantes, produciendo así su absorción en los cultivos. En productos marinos tales como marisco; en semillas oleaginosas como el cacao y en algunos hongos se halló elevadas cantidades de cadmio. El consumo diario de cadmio ligada a la dieta va entre el rango de 8 y 25 mcg, lo cual son mayores a lo establecido por algunos organismos internacionales. En países asiáticos como Japón, el consumo es mayor, debido a sus hábitos alimenticios, ya que comprenden principalmente, vegetales.

La absorción en el intestino varía entre 1 a 5% y se condiciona, por ejemplo, al consumo de proteínas o vitamina D. Así, personas que un bajo consumo de calcio, proteínas, o con bajos niveles de hierro, tienen una mayor absorción de cadmio (del 10 al 20 %).

El tabaco es una fuente notable de intoxicación, ya que se puede acumular naturalmente en sus hojas, concentraciones relativamente altas de cadmio, debido a eso en un cigarrillo se puede determinar un aproximado de 1 a 2 µg de cadmio.

#### **II.3.13.3.2. Exposición ocupacional**

La vía inhalatoria es la forma de exposición más frecuente, la absorción en la piel es reducida y solo sería considerable si el contacto es prolongado con soluciones concentradas. El cadmio puede pasar de los pulmones a la sangre relacionado al tamaño y la solubilidad de sus partículas que se hayan inhalado, generalmente son óxido de cadmio como polvo o humo, además de las condiciones fisiológicas del sistema respiratorio. De acuerdo a los niveles de exposición a cadmio, se dividen en 4 categorías: riesgo muy bajo o nulo, bajo, medio y alto. Por ejemplo las actividades con un riesgo más alto pueden ser, fundición, minería y soldadura de cadmio, y en segundo lugar se puede citar procesos industriales tales como la manufactura de baterías.

#### **II.3.13.3 Poblaciones en riesgo**

Se puede citar:

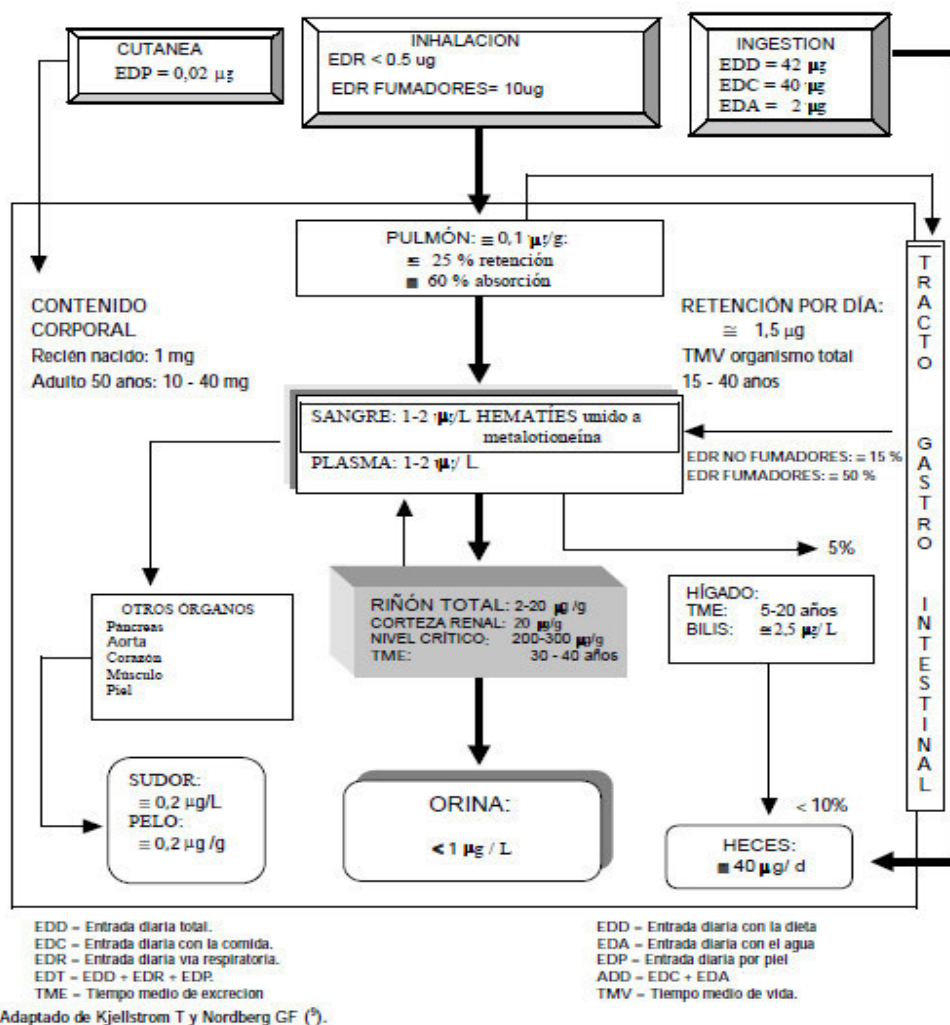
- Aquellos pobladores que habitan áreas urbanas donde la industria es más desarrollada, o locaciones donde la contaminación ambiental por cadmio es elevada, o exista yacimientos donde se exploten cadmio o zinc.
- Habitantes con dolencias pulmonares, óseas o renales. También, personas fumadoras, anémicas o con desnutrición.

#### **II.3.13.4 Regulación**

Indicaciones de la OMS:

- El “Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios” (JECFA) recomendó en el año 2010 valores máximos permisibles mensuales definidos que para el cadmio es de 25 µg/kg de masa total corporal.
- Para el caso del Cadmio en agua destinada al consumo poblacional el límite permisible es de 5 µg/L.
- Aire; 5ng/m<sup>3</sup>.<sup>(40)</sup>

**II.3.13.5. Toxicocinética:** Las etapas de absorción, distribución y excreción del cadmio, se observa en la figura 3.



**Figura N° 3: Toxicología del cadmio. Toxicocinética.**

(Fuente: *Codex Alimentarius Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias Comisión del Codex Alimentarius. 37. ° Período de Sesiones Ginebra (Suiza)*)

En adultos el contenido de cadmio podría limitarse hasta los 40 mg, la cual depende de la geografía y ciertos hábitos, tales como el fumar, un fumador puede alcanzar el doble de contenido.

El cadmio se excreta en mayor importancia por la orina y en menor porcentaje por medio de la bilis y sudor, en contraste el cadmio que se elimina por las heces en gran medida es la que no se absorbió.

En la vía sanguínea se puede hallar el 0,06 % del contenido total del organismo y en los hematíes más del 50 % ligado con poca estabilidad a metalotioneína. La metalotioneína es una proteína que transporta el cadmio en el plasma sanguíneo. El aclaramiento se realiza rápidamente, prioritariamente se

concentra en el tejido renal, en adultos que no fueron expuestos a este metal se observan cantidades entre 7,4 y 8,8 miligramos; esto significa porcentajes entre el 30 % y 50 % del peso total del organismo. En el córtex renal la cantidad de este metal es 1,5 veces más que en el tejido renal y se asimila en las células del tejido tubular proximal. En el órgano hepático de personas adultas no expuestas se encuentra valores en promedio de 2,7 mg de cadmio.

En el hígado y riñón su acumulación está relacionada al tiempo de exposición y de lo bien que se encuentre el estado de la excreción renal, también está relacionado con el factor etario. Luego de una exposición exagerada, llega a niveles altos en el hígado, para luego localizarse en el riñón, también se ha determinado que la concentración de zinc incrementa la concentración de cadmio.

El cadmio se liga a la metalotioneína, la cual una de sus funciones es la de unirse al cadmio; a su vez, se ha demostrado que su toxicidad es mayor en el complejo metalotioneína-cadmio. En el riñón no existe una buena capacidad de síntesis de esta proteína, causando insuficiencia para fijar el cadmio, provocando toxicidad.

El modelo toxicocinético se puede resumir:

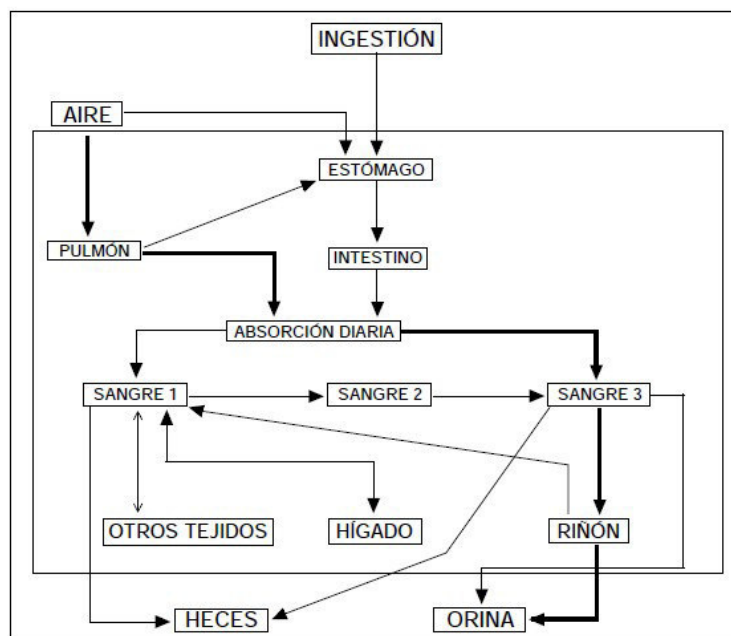
Absorción: Es lenta, se tarda un tiempo medio de 14 días en exposiciones largas.

Vías de ingreso y distribución: En exposición ocupacional tiene dos formas principales de intoxicación: inhalación e ingestión. Se difunde a la sangre y se reparte en 3 “compartimentos”:

- Compartimento 1 de “recambio rápido” no produce almacenamiento.
- Compartimento 2 de “recambio medio”, conformado por los glóbulos rojos, se almacena concentraciones mínimas.
- Compartimento 3 de “recambio lento”; una parte importante de cadmio se liga a la “metalotioneína” y se almacena en las vísceras diana.

Los compartimentos 1 y 3 se consideran de gran intercambio con los órganos objetivo; en el caso del compartimento 1 el recambio a los demás tejidos es del 50% y hacia el tejido hepático es de 16%. Los tres compartimentos presentan una homeostasis dinámica, pero, el riñón genera una transferencia extra hacia el compartimento 1. El compartimento 3 del riñón, es de elevado intercambio y por ende no hay almacenamiento, sin embargo existe filtración a través del glomérulo. Una fracción se reabsorbe en el tejido tubular, acumulándose de esta manera. El exceso se desecha por la orina.





**Figura 4: Toxicología del cadmio. Esquema Toxicocinético**

(Fuente: Ramírez, A. *Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos*. Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2002; Vol 63 (N°1). Pag 51 – 54.)

El tiempo de vida medio del cadmio es aproximadamente de 30 a 40 años.

Excreción: Las formas prioritarias de eliminación es a través de la orina y también las heces. A través de la orina, se excreta a diario 0,007 % del total del peso corporal y por las heces solo el 0,03 %. Adicionalmente una minúscula cantidad del cadmio del compartimento de la sangre y otro compartimento del hígado, se excreta por las heces.<sup>(37)</sup>

#### II.3.13.6 Toxicodinamia:

El riñón es más sensible a la absorción de este metal que el pulmón y el tejido hepático; el tejido epitelial túbular proximal renal es su diana principal. Su daño se evidencia debido al aumento de polipéptidos de bajo peso molecular, lo que produce "proteinuria de peso bajo molecular". Asimismo la filtración en el glomérulo se altera, por variaciones en la limitación de electrolitos necesaria que facilita la filtración de las polipéptidos, lo que inhibe la re-absorción, provocando así el aumento de la excreción por la orina de polipéptidos de elevada masa molecular. Se piensa que la toxicidad producida por el cadmio es debido a la afinidad por radicales -SH, -OH, carboxilo, cisteinil, histidil, y fosfatil con otras sustancias tales como Zn, Fe, Ca y Cu.

#### **II.3.13.6.1. Las metalotioneínas:**

Hay dos clases de metalotioneínas y se relacionan con el almacenamiento del cadmio y su eliminación por vía urinaria.

Una parte del cadmio en el plasma sanguíneo se liga inestablemente a la metalotioneína 1 y es transferido rápidamente al riñón. En el riñón, el cadmio se encuentra unido establemente a la metalotioneína 2 y su tiempo de vida medio es aproximadamente 68 años. En el caso del hígado el cadmio está unido a la metalotioneína 2, y tiene un tiempo de vida medio aproximado es de 19 años. La vida media en la sangre se calcula entre 2,5 meses. Se puede afirmar que la mitad de la concentración total del organismo está en hígado, sangre y riñones, por lo que a estos compartimentos se les llama de depósito.

#### **II.3.13.6.2. La beta 2 microglobulina (B2M):**

Es un polipéptido globular, con peso molar bajo, está conformada por cien prótidos con un enlace puente disulfuro entre la cistina número 25 y otra cistina de posición 81. Se puede encontrar en la orina de personas sometidas crónicamente a cadmio, y también en anticuerpos humanos histo-compatibles y en la sangre de personas enfermas con tumores malignos que incluyen inflamación. La B2M es eliminada casi exclusivamente por vía renal. En condiciones normales es filtrada por los glomérulos. Teniendo en cuenta que la cantidad normal en sangre es 2 mg/L y la rapidez en la que se filtra es 140 L/día, en un lapso de un día se encuentra 280 mg de esta proteína en los túbulos. Se calculó que en 24 horas se producen 150 mg hasta unos 200 mg de esta microglobulina. Solo puede pasar los espacios intra y extravasculares. Dada sus características, su elimina mediante filtración a través del glomérulo y por re-absorción mediante micropinocitosis en el tubo proximal del sistema renal, es en este lugar donde se degrada. Entonces, ya filtrada es absorbida nuevamente por las unidades que conforman el túbulo proximal.<sup>(37,41)</sup>

#### **II.3.13.7. Cuadro clínico:**

##### **II.3.13.7.1 Signos y síntomas:**

##### **A. Intoxicación aguda:**

Inhalatoria: Los síntomas iniciales producidos por la ingesta de cadmio o emanaciones de óxido de cadmio, se manifiestan luego de las primeras cuatro a ocho horas, estas pueden ser:

- Alteraciones generales: síndrome gripal con fiebre que puede llegar hasta los 40 ° C, esta alteración también conocida como “fiebre de humos metálicos”.
- Alteraciones pulmonares: Caracterizado por dolor en el tórax, tos, disnea, cianodermia, saliva de aspecto espumosa y en ocasiones de color rosa. Luego de diez a veinticuatro horas transcurridas luego de la intoxicación aguda inicial se presenta neumonitis aguda. En ciertas ocasiones se puede observar, edema agudo de pulmón, enfisema pulmonar y hasta puede convertirse en broncoalveolitis hemorrágica.
- Alteraciones renales: El daño renal se traduce como proteinuria, hipercalciuria, glucosuria y retención de urea o creatinina.
- Otros: hepatitis, anemia, úlceras en la mucosa de la nariz y anosmia.

#### Ingestión:

- Alteraciones gastrointestinales: Espasmos abdominales, heces líquidas, náuseas, vómitos con rastros de sangre, luego de las horas iniciales desde la ingesta, provoca un sabor metálico, dolores musculares, cefaleas y secreción excesiva de saliva.
- Alteraciones renales: Lesión renal aguda.
- Otros: Anomalías en la fisiología del hígado, coagulopatía y acidosis metabólica.

#### Contacto

- Dérmico: Causa irritación en la piel, pero, no la penetra
- Ocular: Afecta el epitelio de las mucosas, causando enrojecimiento y dolor.

### **B. Intoxicación crónica**

Alteraciones renales: Se producen luego de aproximadamente 10 a 20 años de sometimiento a dosis bajas o moderadas, caracterizada por proteinuria. Se produce si la cantidad de cadmio en el tejido renal se encuentra en aproximadamente 200 µg/g de tejido. La proteinuria inicialmente es de bajo peso molar, más tarde se convierte en una proteinuria de elevado peso molar (por ejemplo, la albúmina), también se presenta una eliminación de aminoácidos por la orina, también fósforo, calcio y glucosa. Todo este daño en la re-absorción en el túbulo, produce una perturbación en el metabolismo del calcio, presencia de calcio en la orina y en ciertos casos se forman cálculos.

Alteraciones óseas: En casos muy avanzados, puede producir osteomalacia, incidiendo principalmente en mujeres luego de la menopausia, provocando dolores muy fuertes en el hueso pélvico y extremidades inferiores, en Japón esta enfermedad es conocida como “Itai-Itai” y en América se conoce como “ouch-ouch.

Alteraciones pulmonares: Se presentan síndromes obstructivos y restrictivos, también enfisema de pulmón progresivo y hasta complicaciones más severas como fibrosis pulmonar.

Alteraciones cardiovasculares: Se presentan daños en la pared de las arterias, y también elevación de la tensión de arterias en aquellas individuos que están expuestos en sus puestos de trabajo.

Alteraciones hematológicas: se produce una anemia producida por cambios en el traslado del hierro, en el interior de células sanguíneas, parecida a la que es causada por el plomo.

Carcinogénesis: Se le considera carcinogénico, pero los mecanismos por la cual produce cáncer no están clarificados. Se supone que posiblemente produzca estas alteraciones debido a que causa daños en proteínas transformadoras, en el citoesqueleto de las células o en la enzima ADN polimerasa. La “International Agency for Research on Cancer” también conocida como IARC incluye al cadmio dentro de los cancerígenos del Grupo 1: Carcinógeno para el varón principalmente el pulmón y la próstata, aunque, se asocia también a cáncer renal y testicular.

Otros: Anosmia, disminución de peso corporal, desgano, dientes amarillos y aparición de caries, anemia microcítica e hipocrómica en la que el tratamiento no es efectivo. Y por último es catalogado como posible teratogénico.

#### **II.3.13.8. Tratamiento**

- En caso de contacto ocular: Lavar la región contaminada con mucha agua por un lapso de quince minutos.
- En caso de contacto con la piel: Deshacerse de toda la indumentaria contaminada y desecharla como residuo tóxico (en bolsa amarilla), lavar la zona que estuviera contaminada con mucha agua y jabón por un lapso no menor a quince minutos, y si tuviera lesiones, curarla con alguna antiséptico.
- En caso de inhalación de vapores de cadmio metálico: Evacuar al individuo afectado del área contaminada, y llevarlo a un lugar con mucha ventilación, mantenerla en reposo y con abrigo, soltar la ropa que pueda ocasionar

presión, y dar todas los medios de ayuda y medidas de soporte de ventilación con oxígeno húmedo, también lavar las áreas afectadas.

- En caso de ingestión: se produce un cuadro gastroentérico que debe corregirse y también evitar que se cause una deshidratación severa, con la ayuda de la administración de fluidos intravenosos y así compensar la pérdida de fluidos y corregir el desbalance de hidroelectrolíticos. Realizar la rehidratación, evitando un exceso de fluidos ya que esto puede incidir directamente a la formación de un edema agudo de pulmón.

**Tratamiento específico – Quelantes:**, Su uso es más efectivo en casos de intoxicación aguda, en casos de intoxicación crónica lo único que puede hacerse es ubicar al paciente fuera del alcance de la fuente contaminante.

Esquema de tratamiento:

- En individuos que pueden soportar la forma de administración oral se usará el DMSA conocido también como ácido 2,3-dimercaptosuccínico la cual se dosifica a 10 mg por kg cada 8 horas durante 5 días, y cada 12 horas durante 14 días, mientras se realiza la administración se debe monitorizar el funcionamiento de los riñones y realizar análisis sanguíneo.
- En individuos que no pueden soportar la forma de administración oral, se usa el Ácido Etilen DiaminoTetraacético Calcio Disódico (CaNa<sub>2</sub>EDTA). Su dosifica por la vía endovenosa o intramuscular, con dosis de 75 mg por kg de peso por día dividido en 3 a 6 dosis durante 5 días y que no superen los 500 mg/kg. Mientras dure el tratamiento se tiene que monitorizar el funcionamiento de los riñones y el volumen urinario”.<sup>(42)</sup>

### II.3.14. Arsénico

Elemento de la tabla periódica con peso molecular de 74,92, número atómico 33 cuyo símbolo es As. Es sólido, de coloración gris metálico, el cual es usado en la manufactura de vidrio y para la síntesis de sustancias gaseosas venenosas, es considerado entre los más tóxicos.

Es considerado carcinogénico afectando al pulmón, riñón, vesícula, piel.<sup>(43)</sup>

En la superficie terrestre hay un aproximado de 2 ppm, la cual está distribuida en forma dispareja en la superficie. Se puede hallar en aguas naturales, el cual llega debido a la erosión de elementos rocosos de la superficie y piedras volcánicas.

El arsénico se usa para la fabricación de transistores, láser y semiconductores, manufactura de vidrio, colorantes, en la industria textil, adhesivos de metal, procesos de bronceado, fabricación de plaguicidas y manufactura de productos farmacéuticos.<sup>(8)</sup>

En cuanto a sus propiedades, algunas son similares a las del fósforo; químicamente se une mediante enlaces covalentes al carbono, hidrógeno y también al oxígeno. Se distribuye en la naturaleza como compuestos cuprosos, minerales con níquel, ferrosos, sulfúricos y óxido de arsénico. En el agua existe en forma de arsenato y arsenito.

Los compuestos de arsénico son usados en la fabricación de plaguicidas y herbicidas, conservantes de madera, en alimentos para ganado como aditivos, en la manufactura del vidrio y también la cerámica, en la elaboración de aleaciones de que contengan cobre o también plomo, en algunos medicamentos que son destinados a la eliminación de parásitos.

Las más importantes vías de contaminación en el aire son la combustión del carbón y la fundición de metales. Los alimentos marinos, como las ostras, almejas y organismos filtradores podrían tener cantidades altas de arsénico y presentan un riesgo elevado de exposición en la dieta.

El arsénico con estado de oxidación 5 presenta una toxicidad que es de 5-10 veces menos tóxico que el arsénico con estado de oxidación 3; y los que forman parte de los compuestos orgánicos tienen una toxicidad menor que aquellos inorgánicos. La dosis letal por vía oral en humanos probable del óxido de arsénico (III) se encuentra entre 10 y 300 mg y podría considerarse como niveles de concentración tolerables en la sangre cantidades menores a 5µg/L. Según la OMS 10 µg/L es el límite máximo de arsénico en agua, sin embargo se puede encontrar cantidades que exceden esta cantidad en agua subterránea.<sup>(36)</sup>

La vía mayoritaria de exposición es mediante los alimentos; el arsénico orgánico que se puede encontrar en los alimentos es menos tóxico comparado con los compuesto inorgánicos, presente en forma minoritaria. También se puede considerar como vías alternativas de exposición la tópica y la inhalatoria.

Su acción contaminante se debe principalmente por su preferencia por los radicales sulfhidrilos, uniéndose en medio de grupos contiguos de cisteína y glutatión. Provoca una degradación grasa en varias vísceras.

Los efectos producidos por la toxicidad del arsénico varían en dependiendo de una exposición aguda o crónica.

#### **II.3.14.1 Exposición aguda**

La sintomatología debida a una intoxicación puede aparecer a los minutos o a las horas, siendo más rápido si el arsénico esta disuelto o si la persona afectada tiene el estómago vacío. Si la intoxicación es por vía digestiva, se producen dolores a nivel gástrico tipo cólico, también puede incluir diarrea,

regurgitaciones y dolor a nivel abdominal. En casos de intoxicación grave se pueden producir daños cardiovasculares que incluyen, vasodilatación o depresión miocárdica; o daños en el sistema nervioso central, que se traducen a delirio, estado comatoso o también convulsiones. También ocasiona daños renes que puede conducir a la muerte si este daño es grave. Otras patologías crónicas derivadas son daño hepático, insuficiencia renal o neuropatía periférica. Y en caso el paciente se haya intoxicado por vía inhalatoria, los síntomas que se pueden presentar son daños a nivel gástrico y patologías neurológicas, respiratorias y conjuntivitis.

### II.3.14.2. Exposición crónica

Sus manifestaciones son multisistémicas; entre ellas predominan; debilidad, degeneración muscular, dolores de cabeza, neuropatía periférica, acumulación de líquidos, perturbaciones en la piel, también a nivel gastrointestinal, respiratorio, hepático, renal y deterioro del sistema nervioso central. Asimismo se observa una gran probabilidad de cáncer pulmonar, en la piel, el hígado, los riñones, vejiga, también se observaron casos de leucemia. <sup>(44)</sup>

### II.3.14.3. Límites de exposición:<sup>(38)</sup>

**Tabla N° 2.- Límites máximos de contaminantes inorgánicos según el Reglamento técnico de MERCOSUR.**

ARSÉNICO	
Categorías	Límite máximo (mg/kg)
Zumos (Jugos) y néctares de frutas	0,10
Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas	0,30

*(Fuente: Grupo Mercado Común. Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos. Asunción: MERCOSUR; 2011. Resolución N° 012/11.)*

### II.3.14.4. Arsénico en el ambiente

En general este metal existe en la litosfera en cantidades de 1,5 y 2 ppm. Se encuentra distribuido como arseniatos los que representan un 60%, sulfuros y sulfosales que son casi un 20% y otros tales como arseniuros, arsenitos, óxidos y silicatos que en conjuntos representan un 20%. En la superficie terrestre, el arsénico se encuentra en minerales como, galena, piritita, asferalita, y como calcopiritita. Otras formas en las que se encuentra el arsénico son en yacimientos de azufre tales como sulfuro de arsénico, arsenopiritita, entre otros, este último es el más usado en toda la historia para la obtención de arsénico.

En la superficie, el arsénico varía entre concentraciones comprendidas entre 0,2 a 40 mg/kg y en territorio aéreo de las zonas más urbanizadas, la cantidad de arsénico es de un aproximado de 0,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de aire. La mayor vía de ingesta a nivel global es el agua.

El suelo y el agua son las vías prioritarias de contaminación por arsénico en los seres vivientes, que puede ocasionar intoxicación por consumo accidental, inhalación o contacto dérmico. Asimismo, este metal se puede almacenar en cultivos, como vegetales y frutas que se desarrollan en superficies contaminadas.

#### **II.3.14.4.1. Fuentes de origen natural:**

Se les llama así a aquellas fuentes en las que el ser humano no ha intervenido. El arsénico existió mucho antes de que los humanos realizaran las actividades que impacten en el ciclo de todos los elementos. Estas fuentes dependen mucho de la geoquímica de los suelos principalmente, y también de las vías de exposición.

#### **II.3.14.4.2. Fuentes antropogénicas de arsénico:**

Entre las labores del ser humano que principalmente son posibles riesgos de contaminación por arsénico son la explotación minera, la industria siderúrgica, la actividad agraria, los desechos urbanos, la ganadería y la silvicultura o explotación forestal, también están incluidos la formulación de plaguicidas, fungicidas y biocidas. De la misma manera, algunos fertilizantes pueden contaminar los suelos con arsénico. Los desechos urbanos que quedan de la formación de lodos de depuración y la composta, utilizados en ocasiones como enmiendas orgánicas de la superficie, podrían tener arsénico en concentraciones que pueden variar. También se puede encontrar arsénico en los yacimientos de combustibles fósiles que a largo plazo causan un aumento de este metal en los suelos comprometidos debido a los gases originados a causa de una combustión. Esto causa una emanación de arsénico al medio ambiente y que también enriquece la superficie de arsénico.

#### **II.3.14.5. Compuestos de arsénico**

Se dividen en compuestos orgánicos y compuestos inorgánicos, con número de oxidación 3 ó 5. Los inorgánicos pueden ser oxoaniones disueltos, arsenito, con estado de oxidación 3 y arseniato con estado de oxidación 5; y también en forma de compuestos formadores de óxidos, cloruros y sulfuros como minerales sólidos, o también como parte de compuestos.



Los minerales complejos orgánicos podrían estar metilados, por ejemplo ácido monometilarsónico o M.M.A. (V), ácido dimetilarsínico o D.M.A. (V), óxido de trimetilarsina (T.M.A.O.) e ión tetrametilarsonio (T.E.T.R.A.).

Las formas inorgánicas son las más abundantes en el ambiente, y son la que dan origen a las especies orgánicas mediante procesos de biotransformación.

Estos mecanismos de transformación del arsénico se producen por procesos de oxidación-reducción como vía mayoritaria y también por un conjunto de procesos de biometilación o formación de compuestos orgánicos de arsénico más complejas, ligados a procesos de acumulación o excreción. Las sustancias orgánicas de arsénico regresionan a sus formas inorgánicas por procesos de degradación.

Los arseniatos son estables en ambientes aeróbicos, y se observan fuertemente ligados en arcillas, óxido de fierro y también compuestos hidroxilados de hierro y manganeso, y sustancias orgánicas. En las superficies con abundante cantidad de hierro, el arsénico puede formar el compuesto arseniato de hierro que precipita.

Las sustancias de arsénico en la superficie, están condicionadas a la clase y cantidad de los compuestos con los que se encuentren unidos, así que, aquellos compuestos tales como arseniatos ligados a hierro y también a aluminio son los que se observan en mayor cantidad en los suelos de tendencia ácida, estos poseen menor solubilidad que los arseniatos de calcio, que abundan en tierras de tendencia básica y con presencia de suelos calcáreos.

En cuanto a las sustancias orgánicas de arsénico, estos también se encuentran en los suelos, pero en menor cantidad, ya que representa menos del 5% del arsénico total. Estos compuestos se originan mediante reacciones de biometilación de las sustancias orgánicas, realizados por microorganismos presentes en el suelo. Los pesticidas y herbicidas también pueden contribuir a la presencia de arsénico orgánico o inorgánico si contienen sales de sodio de MMA y DMA, o la manipulación inadecuada de compuestos de arsénico. Las especies MMA, DMA y TMAO, pueden ser afectados por reacciones de reducción anaerobias, dando lugar a metilarsinas volátiles.<sup>(45)</sup>

#### **II.3.14.6. Ecotoxicidad del arsénico**

- **Persistencia:** Es un metaloide que puede sufrir alteraciones, pero tiene características que lo hacen persistente en el medio ambiente.
- **Bioacumulación-Biomagnificación:** Los seres marinos pueden tener trazas de arsénico que varían entre valores menores a 1 hasta mayores de 100 mg/kg, como compuestos de arsénicos orgánicos, tales como arsenoazucars

presentes en arsenobetainas y macro-algas presente en animales no vertebrados y peces.

En estos seres ocurre una bioacumulación de arsénico orgánico, que se forman de sustancias arsenicales inorgánicas. La acumulación de las sustancias arsenicales son menores en aquellos organismos sin columna vertebral y peces de agua dulce, caso contrario en el resto de organismos marinos. El arsénico puede acumularse en la flora terrestre por mecanismos de absorción a través de las raíces de plantas del suelo o a través de la adsorción de sustancias de arsénico llevado y depositado con ayuda del viento en las hojas de muchas plantas. Se encuentra mayores cantidades de arsénico en partes de biota recolectadas de suelos afectados por actividad antropogénica o en zonas con actividad geotérmica.

- **Transporte y movilidad ambiental en aire agua y sedimento suelo.** Se libera al ambiente debido a las elevadas temperaturas producidas por centrales eléctricas que funcionan con carbón; también por procesos tales como la combustión de vegetales y volcanes. Mayoritariamente el arsénico liberado en la atmósfera se encuentra como  $As_2O_3$ ; que con ayuda del viento distribuye estas partículas, y que se vuelven a depositar en la mediante un proceso deposición húmeda o seca. Las formas de arsénico que se encuentren disueltas en agua están el arseniato, el arsenito, el ácido metilarsónico y el ácido dimetilarsínico. En las aguas y los residuos que presentan altas concentraciones de oxígeno, casi la totalidad del arsénico se halla como arsénico con estado de valencia 5, formando arseniatos. Existen algunas sustancias de arsénico que se unen con facilidad a superficies arcillosas y con material orgánico este comportamiento afecta su manera de influir en el medio ambiente.

En el medio ambiente existen tres mecanismos de biotransformación del arsénico: por “oxidación-reducción” producido entre unos compuestos llamados “arsenito” y “arseniato”, la reducción y metilación del arsénico y la biosíntesis de compuestos orgánicos de arsénico.

- **Toxicidad para organismos acuáticos:** Los compuestos de arsénico inorgánicos producen una toxicidad más alta que aquellos compuestos orgánicos, de esta manera el arsenito es mucho más dañino que el arseniato. El arsenito es altamente tóxico debido a su afinidad a los radicales sulfhidrilo presente en las proteínas. Y el arseniato debe su toxicidad debido a que altera la fosforilación oxidativa, debido a que desplaza al fosfato. Cuando la cantidad de fosfato es elevada, la toxicidad producida por el arseniato es, en contextos generales, reducida.

El arsénico dependiendo de la concentración, de la especie y del tiempo de exposición, puede provocar efectos que inhibición del crecimiento alteraciones en la fotosíntesis y reproducción.<sup>(46)</sup>

### **II.3.14.7. Farmacocinética.**

#### **Absorción**

Las principales vías son; orales, respiratorias y cutáneas. En el aire en forma de partículas, su absorción se da por dos formas: por deposición de partículas en el diversos órganos tales como los que constituyen el sistema respiratorio, y su absorción del arsénico depositado.

Los factores, como por ejemplo, tamaño de partícula, forma química y solubilidad afectan a la absorción en los pulmones, de esta manera las partículas de tamaño mayor a 10  $\mu\text{m}$  se depositan en vías respiratorias altas, mientras que partículas con un diámetro comprendido de 5  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , lo hacen en la tráquea, y aquellas con tamaño menor a 2  $\mu\text{m}$  atraviesan fácilmente los alvéolos.

Las sustancias orgánicas arsenicales se incorporan fácilmente por vía respiratoria, debido a su liposolubilidad, este factor facilita su paso a través de membranas biológicas.

En seres humanos y animales más del 90 % del arsénico se absorbe a en el tracto gastrointestinal.

#### **Distribución**

El arsénico se reparte, en mayor proporción, en el hígado y riñón, pero puede distribuirse también en el tejido muscular, óseo, cardiaco, pulmones, en órganos del sistema digestivo como el páncreas, bazo; sistema nervioso, como el cerebro; entre otros como la piel, cabello y uñas.

El  $\text{As}^{+5}$  se comporta de manera semejante al fosfato. Los compuestos ésterificados de ácido fosfórico son más estables, esto conlleva a la formación del ADN y el ATP. Dado esto, los arseniatos al ser aceptados en el ATP y formar compuestos análogos, son hidrolizados inmediatamente, de esta manera afectan negativamente el metabolismo oxidativo y por lo tanto la síntesis del ATP. Por el contrario, el arsénico con valencia 3 tiene una elevada afinidad con los radicales tioles de los polipéptidos de esta manera inactivan varias enzimas, tales como piruvato deshidrogenasa y 2-oxoglutarato deshidrogenasa. Ahora, el "monometilarsenato" (M.M.A.) y el dimetilarsenato (D.M.A.) se unen a través de enlaces débiles con compuestos biológicos humanos. Es por esta razón que estas especies de arsénico causa una toxicidad aguda menor que las especies inorgánicas de arsénico.

El arsénico inorgánico puede atravesar la barrera placentaria lo cual puede causar el un aumento de este metal en el feto; también se encontró arsénico en la leche materna.

### **Metabolismo**

Se dan dos procesos: las reacciones de oxidoreducción en el arsenato y el arsenito que mediante reacciones de metilación los transforman en monometilarsenato (MMA) y dimetilarsenato (DMA) respectivamente que son sus formas orgánicas, menos tóxicas que serán excretadas a través de la orina.

Se piensa que en exposiciones prolongadas al arsénico; la metilación y excreción es menos eficaz.

### **Eliminación**

Se excreta por la orina, sustancias fecales, así como por la leche materna, pelo y sustancias biliares.

El principal metabolito es el DMA. La proporción eliminada usualmente es de 40% a 60% de DMA o dimetilarsenato, en el caso del arsénico inorgánico se elimina un 20% a 25% y de un 15% hasta un 25% de MMA o monometilarsenato. <sup>(47)</sup>

### **II.3.14.8. Toxicodinamia**

La toxicidad del arsénico está influenciado por la forma de contaminación, de la valencia y de la estructura química ya sea orgánica o inorgánica. Siendo el compuesto inorgánico el más tóxico. Las formas  $As^{+3}$  son más tóxicas que las de  $As^{+5}$ .

#### **Mecanismo de toxicidad:**

Los compuestos arsenicales trivalentes son muy afines a los radicales sulfhidrilo de las proteínas, por eso en las enzimas con grupos  $-SH$  son afectadas particularmente por esta sustancia.

El  $As^{+5}$  puede competir con el radicales fosfato, afectando la formación del ATP y del ADN, sin embargo, su toxicidad es difícil de determinar ya que el  $As^{+5}$  se reduce a  $As^{+3}$  en el organismo. <sup>(48)</sup>

El arsénico forma enlaces covalentes y se une a un átomo de azufre con los radicales sulfhidrilotiol. Así el arsénico inorgánico con estado de oxidación 3 ingresa a la ruta piruvato-oxidasa uniéndose a los radicales sulfhidrilo de los

polipéptidos y el arsénico inorgánico compite con el fosfato inorgánico provocando la inhibición de la fosforilación oxidativa desplazando al fósforo.

### **Biotransformación:**

Su metabolismo se da en el tejido hepático mediante reacciones de metilación oxidativa. La biotransformación del  $iAs^{+3}$  consiste en una primera metilación y así formar ácido monometilarsónico o M.M.A., después en la siguiente metilación se produce ácido dimetilarsínico o D.M.A. La S-adenosinmetionina es un dador de radicales metilo y el glutatión, que funciona como una forma reductora y como detoxificador ya que cede electrones y transporta al arsénico.

(49)

### **II.3.14.9. Clínica de las intoxicaciones arsenicales:**

Síntomas gatrointestinales: Se caracteriza por una gastroenteritis hemorrágica (el trióxido de arsénico es caústico y puede adherirse a la mucosa del estómago), puede producir náuseas y vómitos, aliento con olor a ajo, dolor a nivel del abdomen y diarrea acuosa. Cantidades pequeñas de sustancias inorgánicas de arsénico, mayormente de aquellos compuestos trivalentes pueden provocar hiperemia esplácnica leve. Se produce también edemas que forma vesículas bajo la mucosa del estómago en intestinos, que al romperse liberan pequeños trozos de piel y el plasma que difunde dentro del intestino, en este lugar se coagula. El daño en estos tejidos en combinación con la acción purificadora por el paso de agua de la región de mayor concentración de líquido hacia la región interna del intestino provoca hiperperistaltismo y diarrea acuosa. El epitelio no puede regenerarse de manera normal, produciendo un daño mayor. Debido a esto las heces se tornan sanguinolentas.

Efectos sobre los riñones: A nivel renal los glomérulos son los más afectados; debido a esto se produce una proteinuria. Luego también se produce necrosis y degeneración de los túbulos. La intoxicación por arsénico provoca la formación de sangre y polipéptidos en la orina, así como oliguria.

Efectos sobre la piel: A corto plazo, los compuestos de arsénico provocan daños irreversibles en la piel, ocasionando necrosis. A largo plazo los compuestos de arsénico provocan hiperqueratosis, que aparecen generalmente en las zona interna de las manos y pies, también hiperpigmentación en la región troncal tronco y extremidades. Finalmente estas complicaciones provocan atrofia y degeneración, o en cáncer.

Efectos cardiopulmonares: Produce miocardiopatía congestiva, ampliación del intervalo QT lo que produce taquicardia ventricular poliforma, también edema agudo cardiogénico o no cardiogénico en el pulmón, caída de la tensión arterial

y en casos graves, muerte. Cantidades pequeñas de arsénico inorgánico producen vasodilatación leve, ocasionando edema, principalmente en el rostro. Cantidades mayores provocan dilatación de los capilares. También se produce edemas y un gran decremento del volumen interno de los vasos sanguíneos. La intoxicación en un tiempo prolongado provoca gangrena en las extremidades, principalmente en los pies.

Efectos neurológicos: Se provoca delirio, confusión, agitación, encefalopatía, episodios convulsivos, alteraciones de la sensibilidad que causa mucho dolor, astenia, parálisis, dificultad respiratoria y coma. También, podría producirse neuropatía periférica sensoriomotora varios días luego de una intoxicación elevada. El síndrome se asemeja al síndrome de Guillian-Barré.

Toxicidad Sanguínea: Los compuestos inorgánicos de arsénico afectan la el tejido de la médula ósea y provocan alteraciones en la conformación celular sanguínea. También se produce anemia, disminución de leucocitos leve o moderada, también eosinofilia.

Toxicidad Hepática: Las sustancias inorgánicas de arsénico, y varias sustancias orgánicas de arsénico, son principalmente hepatotóxicos, produciendo así infiltración de tejido adiposo, necrosis y cirrosis. El daño puede variar de leve a grave produciendo la muerte. Los daños se producen en el tejido del parénquima hepático generalmente, sin embargo en ciertos casos este síndrome se parece a una obstrucción del colédoco.

Otros síntomas: Se producen rayas blanquecinas en las uñas, también llamadas de Mees-Aldrich; varios meses luego de la intoxicación. Se produce también disminución de glóbulos rojos, blancos y plaquetas, rabdomiólisis, aplasia medular o alopecia.

El arsénico elemental es muy poco tóxico, pero el arseniuro de hidrógeno o arsina, que es algo soluble en agua, produce daño tisular en la sangre produciendo hemólisis rápida y severa. Los efectos se observan en un lapso de 24 horas luego de la exposición a este gas. <sup>(50)</sup>

### **II.3.14.10 Tratamiento**

Se debe realizar una aspiración y lavado gástrico, y un tratamiento paliativo del edema de pulmón y del trastorno en el tejido del y del hepático. Se usa como antídoto el BAL® o dimercaprol que libera el arsénico de sus uniones a enzimas y favoreciendo su excreción debido al aumento de su solubilidad reduciendo su toxicidad. La dosis indicada es de 1.5 a 3 mg/Kg/dosis; una dosis cada 4 horas hasta la desaparición de los síntomas. Debe ser administrado a personas sintomáticas y asintomáticas que hayan ingerido una dosis tóxica o cuando se

detecta arsénico en orina en cantidades más altas que 200 mg/l. Incluso se puede administrar ácido dimercaptosuccínico que es similar al BAL.

Pero en el caso exposiciones crónicas se aconseja el uso penicilamina, 250 mg en un lapso de dosis de 6 h.

Para los casos de intoxicaciones por arsenamina se recomienda una transfusión de sangre o una exanguinotransfusión.

#### **II.3.14.11. Prevención y control**

- Diferenciar entre las fuentes de abastecimiento que presentan altas cantidades de arsénico de las fuentes con bajos niveles.
- Diluir el agua contaminada con arsénico con agua de cantidad mas baja para obtener agua sin elevadas cantidades de arsénico.
- Instalar sistemas de eliminación de arsénico en el los que se puedan someter a tratamiento de los residuos.

También se debe realizar un seguimiento continuo a las poblaciones de alto riesgo, para identificar los síntomas de envenenamiento por arsénico.

#### **II.3.14.12. Respuesta de la OMS**

Según la OMS este metal es considerado entre los 10 principales tóxicos más importantes en la salud pública.

La OMS recomienda un límite de 10 mcg/L de arsénico en agua potabilizada. <sup>(51)</sup>

### **II.4. Glosario de términos**

**1. Metales pesados:** Son sustancias propias de la Tierra, con peso molecular alto, y generalmente usados en la industria metalúrgica.

**2. IARC:** International Agency of Research on Cancer.

**3. Vitaminas:** Sustancias orgánicas que son requeridas en pequeñísimas cantidades por los organismos vivientes para mantener un equilibrio de sus funciones vitales.

**4. Naranja:** Fruto del naranjo, de forma circular compuesto por gajos, de color amarillo a anaranjado, con un sabor cítrico.

**5. Intoxicación:** Es una reacción producida por la exposición, inhalación o ingestión de algún xenobiótico o tóxico, en organismos vivientes.

**6. Polución:** Contaminación intensa y que produce perjuicios sobre el agua, aire o tierra.

**7. Fuentes naturales:** Aquellas producidas por la propia naturaleza.

**8. Fuentes antropogénicas:** Aquellas producidas por el hombre.

**9. Biotransformación:** Procesos celulares por los cuales las toxinas son eliminadas.

**10: Farmacodinamia:** Son los mecanismos de acción de los medicamentos, y los efectos que provocan sobre el ser vivo.

**11: Farmacocinética:** Son los procesos producidos sobre el fármaco desde que es ingerido hasta que es excretado del organismo.

**12. Toxicidad:** Es una medida de la dosis necesaria para dañar a algún organismo.

**13. Antídoto:** Sustancia usada para neutralizar la toxicidad de algún veneno.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **III.1. Hipótesis**

El contenido de cadmio y arsénico del fruto y jugo de *Citrus sinensis* L. Osbeck (naranja Huando) de la localidad de Huaral – Lima; y *Citrus aurantium* L (naranja para jugo) de la localidad de Chanchamayo – Junín, supera los niveles máximos permisibles según el “Reglamento Técnico de MERCOSUR”.

#### **III.2. Variables**

Variable cuantitativa: Concentración de cadmio y arsénico.

### **IV. METODOLOGÍA**

#### **IV.1. Área de estudio**

Mercado principal de Huaral en el departamento de Lima y el mercado principal de Chanchamayo en el departamento de Junín.

#### **IV.2. Metodología de investigación**

Es un tipo de investigación descriptiva, transversal, no experimental y cuantitativa: los valores de cadmio y arsénico serán medidas en un momento definido y se correlacionará con la especificación máxima permitida en el Reglamento Técnico de Mercosur.



### **IV.3. Población y muestra**

Las muestras fueron 16 frutos de naranja y 4 jugos de naranja; que fueron tomadas en dos locaciones, Huaral y Chanchamayo; cada una en una chacra (6 frutos de naranja por chacra); y de cada locación se toma dos muestras de jugo de naranja y dos muestras de fruto de naranja de un vendedor ambulante de los mercados centrales.

Se recolectaron de las chacras de Chanchamayo y de Huaral; y de los Mercados principales de cada lugar.

Las muestras fueron adecuadamente acondicionadas en un envase de tecnopor con hielo hasta su traslado al laboratorio de CICOTOX de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

### **IV.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información.**

Para la recopilación de información se recurrió a herramientas informáticas, tales como, revistas científicas, libros, tesis y artículos científicos.

### **IV.5. Método**

Los métodos elegidos para el estudio fueron la Espectrofotometría de Absorción Atómica en horno de grafito para la determinación de cadmio; y por Generación de Hidruros para el caso del arsénico.

#### **IV.5.1. Fundamento del método**

##### **IV.5.1.1. Espectrofotometría de Absorción atómica de Horno de Grafito.**

###### **Fundamento:**

Se fundamenta en la absorción por parte de un elemento en estado atómico elemental, de una luz que incide, a cierta longitud de onda. Se mide la cantidad de energía radiante absorbida que es proporcional en forma directa a la cantidad de átomos presentes. Incluyen 2 etapas: una atomización de la muestra analizada y la absorción de la energía radiante emitida por los átomos o radicales libres. La muestra se somete a los siguientes procesos antes de la atomización:

Secado. Cuando la muestra se inyecta (2-20  $\mu\text{L}$ ) en el tubo de grafito, ésta es calentada a cierta temperatura que ligeramente menor al punto de ebullición del solvente (normalmente varía de 80 a 180  $^{\circ}\text{C}$ ). Con la finalidad de evaporar el solvente y aquellas sustancias de la matriz, cuyo punto de ebullición es menor o igual a la temperatura sometida.

Calcinado. Este proceso tiene la finalidad de eliminar casi la totalidad del material orgánico de la muestra estudiada sin pérdida del analito, para ellos se le somete a temperaturas que varían de 350 a 1600 °C.

Atomización. En este proceso, el horno se calienta rápidamente a temperaturas que van desde 1800 a 2800 °C con el fin de eliminar los residuos de la calcinación. En este proceso se forman átomos libres dentro del paso óptico. Se realiza la medición de la absorbancia. Si los elementos del analito se logran separar mejor, se tendrá una mejor atomización y por lo tanto se tendrá una mejor selectividad, es decir, libre de interferencias".<sup>(52)</sup>

#### **IV.5.1.2. Espectrofotometría de Absorción Atómica por generación de hidruros**

Determina la cantidad de energía radiante absorbida por los átomos en estado basal de la muestra estudiada a cierta longitud de onda que es la más adecuada para el elemento en estudio.

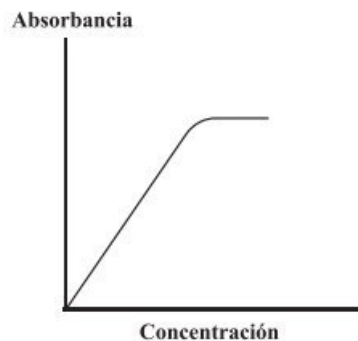


Figura 5: Gráfico de variación de la absorbancia en función de la concentración de analito.

(Fuente: Litter M; Armienta S; Farías S. Metodologías Analíticas para la Determinación y Especificación de Arsénico en Aguas y suelos. Argentina. CYTED. 2009. Pag. 79 – 82.)

La luz absorbida se rige por la ley de Lambert-Beer como se indica en las ecuaciones a continuación:

$$T = I/I_0$$

$$\%A = 100 - \%T$$

$$A = \log(I_0/I)$$

$$A = \epsilon cl$$

Donde T = Transmitancia,

I = intensidad de la luz luego de pasar a través de la solución que contiene al analito en estudio.

I<sub>0</sub> = intensidad de la luz incidente,

A = absorbancia,

l = longitud del paso óptico (cm),

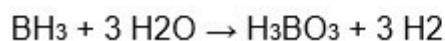
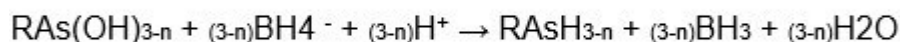
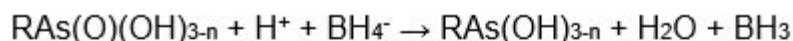
c = concentración del analito (mol L<sup>-1</sup>),

ε = coeficiente de absorción molar (L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>).

La luz que incide sobre los átomos de los analitos estudiados a una longitud de onda específica producida por una lámpara de cátodo hueco. <sup>(53)</sup>

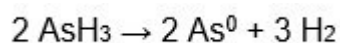
### Generación de Hidruros

Esta técnica permite determinar cuantitativamente elementos como arsénico, selenio, mercurio, estaño, antimonio, germanio, bismuto y telurio, debido a que pueden formar el hidruro respectivo. El analito en estudio se encuentra solubilizado en un ácido diluido y se realiza una mixtura con algún agente reductor, que puede ser una disolución de ácido clorhídrico y zinc más cloruro de estaño o borohidruro de sodio. En esta reacción química se produce hidrógeno atómico el cual puede unirse con el arsénico, selenio, mercurio, estaño, antimonio, germanio, bismuto o telurio y así obtener hidruros volátiles. El borohidruro de sodio es el agente reductor usado con mayor frecuencia. Para la formación de hidruros se propone estas reacciones, donde R es un radical orgánico o también el hidrógeno:



La arsina cuya fórmula química es AsH<sub>3</sub> es transportado por un gas portador el cual puede ser nitrógeno hacia llevado a una celda de cuarzo, posteriormente se le brinda calor por una flama producida por una combinación de aire y acetileno a una temperatura adecuada que asegure la atomización de la muestra analizada.

Estos gases al pasar a través de este tubo caliente, se forma una desintegración térmica, es por esto que se emiten los átomos elementales:



Al incidir la luz producida por esta lámpara y pasan a través de los átomos formados, la absorción aumenta cuando éstos se van produciendo, esto hasta un nivel máximo y disminuye cuando todo el analito es consumido y ya no

puede producirse más átomos en la celda. Se registra la absorción máxima, que se traduce como el área bajo la curva, los cuales se relacionan directamente con la cantidad del analito.

### **Mineralización**

La muestra, si tuviera sustancias orgánicas, se realiza un proceso de digestión con el fin de eliminar estos en la muestra en la que el arsénico es oxidado a As (V). El arsénico pentavalente mineralizado posteriormente es reducido a un arsénico trivalente, al ser sometido a una reacción con yoduro de potasio o en su defecto con cloruro de estaño, más adelante será transformado en arsina sometiéndolo a borohidruro de sodio. La presencia de moléculas orgánicas hace que la detección del elemento en estudio sea más improbable ya que por fenómenos de absorción o adsorción, se forman complejos metálicos que dificultan su detección. Al finalizar esta mineralización todo el carbono combustionado es transformado en CO<sub>2</sub>.<sup>(52)</sup>

## **IV.6. Equipos, materiales y reactivos**

### **IV.6.1 Equipos**

- Equipo de absorción atómica (SHIMADZU AA-6800) .
- Horno de grafito (SHIMADZU GFA-EX7) .
- Inyector automático, Autosampler (SHIMADZU ASC-6100) .
- Plancha térmica (THERMO, TYPE 2200) .
- Balanza analítica. Mettler Toledo XP205 .

### **IV.6.2. Materiales**

- Matraces volumétricos de vidrio (10 mL y 100 mL) .
- Pipetas volumétricas (5 mL y 10 mL).
- Probeta de 100 mL.
- Beakers de 150 mL.
- Luna de reloj.

### **IV.6.3. Elementos químicos**

#### **Cadmio**

- Working estándar de Cadmio (1 000mg/L).
- Ácido nítrico concentrado.
- Diluyente, Ácido nítrico al 0,2 %.
- Ácido perclórico al 70 %.

## **Arsénico**

### **Reactivos**

- Working Estándar de Arsénico (Ácido Tetraoxoarsénico  $H_3AsO_4$ ) (1000  $\mu\text{g/mL}$ ).
- Ácido nítrico ( $HNO_3$ ) concentrado
- Ácido perclórico al 70 %.

### **IV.7. Método analítico**

#### **IV.7.1. Preparación de las muestras de frutos de naranja**

La muestra se homogenizó usando un procesador de alimentos, y se pesó 3 g en un beaker de 150 mL, sometiendo a digestión con ácido usando 10 mL de  $HNO_3$  (CC) (50:50), se calentó a 70 °C, luego, se sometió a agitación constante hasta secar por completo, luego se añadió 2 mL de ácido perclórico, sometiendo a calor hasta sequedad. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se disolvió con agua purificada; luego se trasvasó volumétricamente a una fiola de 50 mL, se enazó a volumen con diluyente y se homogenizó

#### **IV.7.2. Preparación de las muestras de jugo naranja**

Se midió volumétricamente 100 mL de la muestra homogenizada previamente y 1 mL de ácido nítrico (CC) en un beaker de 150 mL, lavado previamente con ácido nítrico. Se sometió a calor sobre una plancha de calentamiento, evitando la ebullición, hasta obtener 10 mL aproximadamente, luego se retiró y se dejó atemperar, se transfirió volumétricamente a un matraz volumétrico de 100 mL y se llevó a volumen con agua.

### **IV.8. Preparación de la curva de calibración.**

#### **IV.8.1 Estándar de cadmio**

Transferir volumétricamente 10 mL del estándar de cadmio en un matraz volumétrico de 100 mL, llevar a volumen con agua ultrapura.

Transferir volumétricamente 10 mL de la solución anterior a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con diluyente.

Transferir volumétricamente 10 mL de la solución anterior a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con diluyente.

Transferir volumétricamente 2 mL de la solución anterior a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con diluyente, usar inmediatamente. Las concentraciones finales usadas para la calibración son de una concentración de 4

$\mu\text{g/L}$ ,  $6 \mu\text{g/L}$  y  $8 \mu\text{g/L}$  y son preparados por el mismo equipo a partir del estándar de  $20 \mu\text{g/L}$ . Se preparó un blanco de calibración con agua ultrapura, siguiendo el procedimiento anterior.

Se colocó los estándares de calibración en los viales de muestra debidamente identificados y se llevó a cabo el programa para la lectura de la absorbancia (ver figura 25).

#### **IV.8.2. Estándar de arsénico**

Transferir volumétricamente 10 mL del estándar de cadmio en un matraz volumétrico de 100 mL, llevar a volumen con agua ultrapura.

Transferir volumétricamente 10 mL de la solución anterior a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con diluyente.

Transferir volumétricamente 10 mL de la solución anterior a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con diluyente.

Transferir volumétricamente 2 mL de la solución anterior a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con diluyente, usar inmediatamente. Las concentraciones finales usadas para la calibración son de una concentración de  $5 \mu\text{g/L}$ ,  $10 \mu\text{g/L}$  y  $15 \mu\text{g/L}$  y  $20 \mu\text{g/L}$  son preparados por el mismo equipo a partir del estándar de  $20 \mu\text{g/L}$ . Se preparó un blanco de calibración con agua ultrapura, siguiendo el procedimiento anterior.

Se colocó los estándares de calibración en los viales de muestra debidamente identificados y se llevó a cabo el programa para la lectura de la absorbancia (ver figura 26).

#### **IV.9. Análisis estadístico.**

Para el procesamiento de la información se enviaron los resultados a un estadista, el cual usó los parámetros de mediana y medidas de dispersión.

Para la de terminación del tipo de dispersión (normal o no normal) se usaron: t-student y el test de Anderson Darling

#### **Criterios de aceptación**

##### **Anderson Darling**

Si valor  $P > 0,05$ , la dispersión de las muestras en Normal

Si valor  $P < 0,05$ , la dispersión de las muestras es no normal

##### **T-Student**

- Si el valor  $P > 0,05$ , la hipótesis nula ( $H_0$ ) se acepta, por lo tanto, la de dispersión de las muestras no difiere significativamente con respecto al valor de referencia.
- Si el valor  $P < 0,05$ , se rechaza la hipótesis nula y se acepta hipótesis alterna ( $H_1$ ), por tanto, la dispersión de las muestras difiere del valor de referencia.

## V. RESULTADOS

**Tabla N° 4 Concentración de arsénico**

*Resultados generales obtenidos de 16 muestras de fruto de naranja y 4 muestras de jugo de naranja.*

Arsénico	HUARAL		Chacra	
	Ambulante		Chacra	
	Concentración		Concentración	
Fruto	F1: 0.008 ± 0.0008	mg/kg	F1: 0.009 ± 0.001	mg/kg F4: 0.009 ± 0.001 mg/kg
	F2: 0.010 ± 0.0008	mg/kg	F2: 0.010 ± 0.001	mg/kg F5: 0.010 ± 0.001 mg/kg
Jugo	J1: 0.012 ± 0.005	mg/kg	F3: 0.008 ± 0.001	mg/kg F6: 0.010 ± 0.001 mg/kg
	J2: 0.005 ± 0.005	mg/kg		

Arsénico	CHANCHAMAYO		Chacra	
	Ambulante		Chacra	
	Concentración		Concentración	
Fruto	F1: 0.013 ± 0.002	mg/kg	F1: 0.009 ± 0.002	mg/kg F4: 0.008 ± 0.002 mg/kg
	F2: 0.010 ± 0.002	mg/kg	F2: 0.011 ± 0.002	mg/kg F5: 0.010 ± 0.002 mg/kg
Jugo	J1: 0.015 ± 0.007	mg/kg	F3: 0.015 ± 0.002	mg/kg F6: 0.012 ± 0.002 mg/kg
	J2: 0.005 ± 0.007	mg/kg		

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 5** Comparación de la concentración de arsénico en el fruto de naranja en Hualal y Chanchamayo.

	N	Media	Desviación estándar	T	p
Chacra de Hualal	6	0,009 mg/Kg	0,001 mg/Kg	1,4	0,19*
Chacra de Chanchamayo	6	0,011 mg/Kg	0,002 mg/Kg		



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6** Concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de Huaral y de los frutos y jugos de naranja de procedencia ambulancia de Huaral.

	N	Media	Desviación estándar	LMP (Reglamento de Mercosur)	T	p
Fruto de Ambulante de Huaral	2	0,0090 mg/Kg	0,0014 mg/Kg	0.3 mg/Kg	291	0,002*
Fruto de Chacra Huaral	6	0,0093 mg/Kg	0,0008 mg/Kg	0.3 mg/Kg	872	0,0000*
Jugo de ambulante de Huaral	2	0.009 mg/Kg +	0.005 mg/Kg	0.1 mg/Kg	1,13	0.80

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 7** Concentración de arsénico en el fruto y jugos de naranja de la chacra de Chanchamayo y del Ambulante del mercado principal de Chanchamayo.

Muestra	N	Media	Desviación estándar	LMP (Reglamento de Mercosur)	t	p
Ambulante de Chanchamayo	2	0,011 mg/Kg	0,002mg/Kg	0.3 mg/Kg	192	0,002*
Chacra de Chanchamayo	6	0,012mg/Kg	0,002mg/Kg	0.3 mg/Kg	285	0,0000*
Jugo de ambulante de Chanchamayo	2	0.010 mg/Kg+	0.007 mg/Kg	0.1 mg/Kg	320	0.24

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 8: Concentración de cadmio.**

Cadmio	HUARAL						
	Ambulante		Chacra				
	Concentración		Concentración				
Fruto	F1: 0.032± 0,01	mg/kg	Fruto	F1: 0.102± 0.020	mg/kg	F4: 0.074± 0.020	mg/kg
	F2: 0.048± 0,01	mg/kg		F2: 0.097± 0.020	mg/kg	F5: 0.048± 0.020	mg/kg
Jugo	J1: 0.057±0.018	mg/kg	Fruto	F3: 0.098± 0.020	mg/kg	F6: 0.082± 0.020	mg/kg
	J2: 0.032±0.018	mg/kg					

Cadmio		CHANCHAMAYO					
	Ambulante		Chacra				
	Concentración		Concentración				
Fruto	F1: 0.064±0,05	mg/kg	F1: 0.058±0.008	mg/kg	F4: 0.051±0.008	mg/kg	
	F2: 0.045±0,05	mg/kg	F2: 0.042±0.008	mg/kg	F5: 0.038±0.008	mg/kg	
Jugo	J1: 0.046±0.01	mg/kg	Fruto	F3: 0.043±0.008	mg/kg	F6: 0.041±0.008	mg/kg
	J2: 0.032±0.01	mg/kg					

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 9** Comparación de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de las chacras de Huaral y Chanchamayo.

	N	Media	Desviación estándar	T	p
Chacra de Huaral	6	0,084mg/Kg	0,020 mg/Kg	4.3	0,02*
Chacra de Chanchamayo	6	0,046 mg/Kg	0,008 mg/Kg		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 10:** Concentración de cadmio en el fruto y jugos de naranja de las chacras de Huaral y Ambulante de Huaral.

	N	Media	Desviación estándar	Reglamento de Mercosur	t	p
Ambulante de Huaral (fruto)	2	0,04mg/Kg	0,01mg/Kg	0.05 mg/Kg	1,25	0,43
Chacra de Huaral	6	0,08mg/Kg	0,02mg/Kg	0,05 mg/Kg	4,01	0,01
Jugo de ambulante de Huaral	2	0,045 mg/Kg	0,018mg/Kg	0,05 mg/Kg	2,24	0.48

**Tabla 11:** Concentración de cadmio en el fruto y jugos de naranja de las chacras de Chanchamayo de procedencia ambulatoria.

	N	Media	Desviación estándar	Reglamento de Mercosur	t	p
Ambulante de Chanchamayo	2	0.05mg/Kg	0.01mg/Kg	0.05 mg/Kg	0.47	0,71*
Chacra de Chanchamayo	6	0.046mg/Kg	0.008mg/Kg	0.05 mg/Kg	1.46	0,20*
Jugo de ambulante de Chanchamayo	2	0.039 mg/Kg+	0.01mg/Kg	0.05 mg/Kg	48.08	0.70*

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 12:** Comparación de la concentración de arsénico y el cadmio de los frutos de naranja de procedencia ambulancia del mercado central de Huaral con los frutos de naranja de procedencia ambulancia del mercado central de Chanchamayo.

Metal	Localidad	N	Media	Desviación estándar	T	p
Arsénico	Ambulante de Huaral	2	0,009mg/Kg	0,0014 mg/Kg	1.38	0.3
	Ambulante de Chanchamayo	2	0,012 mg/Kg	0,002 mg/Kg		
Cadmio	Ambulante de Huaral	2	0,04 mg/Kg	0,01 mg/Kg	1.16	0.36
	Ambulante de Chanchamayo	2	0,05 mg/Kg	0,01 mg/Kg		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 13** Comparación de la concentración de arsénico y cadmio del jugo de naranja de procedencia ambulancia del mercado central de Huaral con el jugo de naranja de procedencia ambulancia del mercado central de Chanchamayo.

Metal	Lugar	N	Media	Desviación estándar	T	p
As	Jugo ambulante de Huaral	2	0.009 mg/Kg	0.005	0.24	0.82
	Jugo ambulante de Chanchamayo	2	0.010 mg/Kg	0.007		

Metal	Lugar	N	Media	Desviación estándar	T	p
Cd	Jugo ambulante de Huaral	2	0.045 mg/Kg	0.018	0.38	0.73
	Jugo ambulante de Chanchamayo	2	0.039 mg/Kg	0.01		

## **V.1.Prueba de Hipótesis**

### **Hipótesis 1A**

#### **a) Hipótesis**

Ho: La media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja en la localidad de Huaral – Lima de la chacra no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

H1: La media de la concentración cadmio en el fruto de naranja de la chacra en la localidad de Huaral – Lima tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación:** 0,05

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°14**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de Cadmio	6	0,080 mg/Kg	0,048 mg/kg	0,102 mg/kg	0,02 mg/Kg	1.46	0,01

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,01 < 0,05$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula (Ho), es decir, la media de la concentración de cadmio en el fruto de la chacra de Huaral tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,080 mg/kg) supera los valores permitidos por MERCOSUR.

### **Hipótesis 1B**

#### **a) Hipótesis**

Ho: La media de la concentración de cadmio del fruto de naranja de procedencia ambulancia del Mercado principal de la localidad de Huaral – Lima no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

H1: La media de la concentración de cadmio del fruto de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral – Lima tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación:** 0,05

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°15**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de Cadmio	2	0,04 mg/Kg	0,032 mg/kg	0,048 mg/kg	0.01 mg/Kg	1,25	0,43

**d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,43 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir la media de la concentración de cadmio en el fruto de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,04 mg/kg) el cual no supera los valores máximos permitidos por MERCOSUR, pero se encuentra muy cerca de dicho valor.

**Hipótesis 1C**

**a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

$H_1$ : La media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación:** 0,05

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°16**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de Cadmio	6	0.045 mg/Kg	0,032 mg/kg	0,057 mg/kg	0.018 mg/Kg	2.24	0,48

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,48 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,045 mg/kg) no supera los valores permitidos por MERCOSUR, pero está muy cerca al valor máximo permitido.

#### **Hipótesis 1D**

##### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo – Junín no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR.

$H_1$ : La media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo – Junín tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación: 0,05**

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°17**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de Cadmio	6	0.046mg/Kg	0,038 mg/kg	0,058 mg/kg	0.008mg/Kg	1.46	0,20

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (se acepta la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,20 > 0,05$  entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de cadmio en el fruto de la chacra de Chanchamayo, no tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,046 mg/kg) no supera los valores permitidos por MERCOSUR, pero está muy cerca al valor máximo permitido.

### **Hipótesis 1E**

#### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de cadmio del fruto de naranja de procedencia ambulancia del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

$H_1$ : La media de la concentración de cadmio del fruto de naranja de procedencia ambulancia del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación: 0,05**

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°18**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de Cadmio	2	0.050 mg/Kg	0,045 mg/kg	0,064 mg/kg	0.01mg/Kg	0,47	0,71

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,71 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir la media de la concentración de cadmio en el fruto de procedencia ambulancia del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo no tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,050 mg/kg) el cual no supera los valores máximos permitidos por MERCOSUR, pero esta muy cerca de dicho valor.

## **Hipótesis 1F**

### **a) Hipótesis**

Ho: La media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR.

H1: La media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad Chanchamayo tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR.

**Tabla N°19**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de Cadmio	2	0.039 mg/Kg	0,032 mg/kg	0,046 mg/kg	0.01mg/Kg	48,08	0,70

### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,70 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula (Ho), es decir, la media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo no tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,039 mg/kg) no supera los valores permitidos por MERCOSUR, pero está muy cerca al valor máximo permitido

## **Hipótesis 1G**

### **a) Hipótesis**

Ho: La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral – Lima no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR



H1: La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral – Lima tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación:** 0,05

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°20**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de arsénico	6	0,0093 mg/Kg	0,008 mg/kg	0,010 mg/kg	0,0008 mg/Kg	872	0,0000*

**d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (se no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,0000^* < 0,05$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de arsénico en el fruto de la chacra de Huaral tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de arsénico (0,0093 mg/kg) se encuentra muy por debajo de los valores permitidos por MERCOSUR.

**Hipótesis 1H**

**a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de arsénico del fruto de naranja de procedencia ambulancia del Mercado principal de la localidad de Huaral – Lima no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

$H_1$ : La media de la concentración de arsénico del fruto de naranja de procedencia ambulancia del Mercado principal de la localidad de Huaral – Lima tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación:** 0,05

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°21**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de arsénico	2	0,009 mg/Kg	0,008 mg/kg	0,010 mg/kg	0,0014 mg/Kg	291	0,002

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,002 > 0,05$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir la media de la concentración de cadmio en el fruto de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de arsénico (0,009 mg/kg) se encuentra muy por debajo de los valores permitidos por MERCOSUR.

#### **Hipótesis 1**

##### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

$H_1$ : La media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación: 0,05**

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°22**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de arsénico	6	0.009 mg/Kg	0,005 mg/kg	0,012 mg/kg	0.005 mg/Kg	1,13	0,80

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,80 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de arsénico (0,009 mg/kg) no supera los valores permitidos por MERCOSUR, pero está muy cerca al valor máximo permitido.

### **Hipótesis 1J**

#### **a) Hipótesis**

Ho: La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo – Junín no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR.

H1: La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de de la localidad de Chanchamayo – Junín tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación: 0,05**

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°23**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de arsénico	6	0.012mg/Kg	0,008 mg/kg	0,015 mg/kg	0.002mg/Kg	285	0,0000*

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (se acepta la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,0000^* < 0,05$  entonces se rechaza la Hipótesis nula (Ho), es decir, la media de la concentración de arsénico en el fruto de la chacra de Chanchamayo, tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,012 mg/kg) no supera los valores permitidos por MERCOSUR.

### **Hipótesis 1K**

#### **a) Hipótesis**

Ho: La media de la concentración de arsénico del fruto de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

H1: La media de la concentración de arsénico del fruto de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**b) Nivel de Significación: 0,05**

**c) Estadístico de prueba**

**Tabla N°24**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de arsénico	2	0.011 mg/Kg	0,010 mg/kg	0,013 mg/kg	0.002mg/Kg	192	0,002

**d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,0002 < 0,05$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir la media de la concentración de arsénico en el fruto de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,011 mg/kg) el cual no supera los valores máximos permitidos por MERCOSUR.

**Hipótesis 1L**

**a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo no tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR.

$H_1$ : La media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad Chanchamayo tiene diferencias significativas respecto a los valores establecidos por MERCOSUR

**Tabla N°25**

Metal pesado	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	T	p
Concentración de Cadmio	2	0.010 mg/Kg	0,005 mg/kg	0,015 mg/kg	0.007mg/Kg	320	0,24

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,24 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del Mercado principal de la localidad de Chanchamayo no tiene diferencias estadísticas significativas.

Se observa que la media de la concentración de cadmio (0,010 mg/kg) es igual al valor máximo permitido por MERCOSUR.

#### **Hipótesis 2A**

##### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja la chacra de la localidad de Chanchamayo.

$H_1$ : La media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo.

**b) Nivel de significancia:** 0,05

**c) Estadístico de prueba:**

**Tabla N°26**

	Metal pesado	N	Media	Desviación estándar	T	P
Chacra de Huaral	Cadmio	6	0,084 mg/kg	0,020 mg/kg	4,3	0,02
Chacra de Chanchamayo	Cadmio	6	0,046 mg/kg	0,008 mg/kg		

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p = 0,02 < 0,05$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo.

Se observa que la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral es 0,084 mg/kg y la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo es 0,046 mg/kg.

## **Hipótesis 2B**

### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo.

$H_1$ : La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo.

**b) Nivel de significancia:** 0,05

**c) Estadístico de prueba:**

**Tabla N°27**

	Metal pesado	N	Media	Desviación estándar	T	P
Chacra de Huaral	arsénico	6	0,009 mg/kg	0,001 mg/kg	41,4	0,19
Chacra de Chanchamayo	arsénico	6	0,011 mg/kg	0,002 mg/kg		

### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p=0,19 > 0,05$  entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo.

Se observa que la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Huaral es 0,009 mg/kg y la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo es 0,011 mg/kg.

### **Hipótesis 3A**

#### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de procedencia ambulancia del mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de procedencia ambulancia del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

$H_1$ : La media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de procedencia ambulancia del mercado principal de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de procedencia ambulancia del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

**b) Nivel de significancia:** 0,05

**c) Estadístico de prueba:**

**Tabla N°28**

	Metal pesado	N	Media	Desviación estándar	T	P
Ambulante de Huaral	Cadmio	2	0,04 mg/kg	0,01 mg/kg	1,16	0,36
Ambulante de Chanchamayo	Cadmio	2	0,05 mg/kg	0,01 mg/kg		

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p=0,36 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

Se observa que la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de procedencia ambulatoria de la localidad de Huaral es 0,04 mg/kg y la media de la concentración de cadmio en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo es 0,05 mg/kg.

### **Hipótesis 3B**

#### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

$H_1$ : La media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

#### **b) Nivel de significancia: 0,05**

#### **c) Estadístico de prueba:**

**Tabla N°29**

	Metal pesado	N	Media	Desviación estándar	T	P
Ambulante de Huaral	arsénico	2	0,009 mg/kg	0,0014 mg/kg	1,38	0,30
Ambulante de Chanchamayo	arsénico	2	0,012 mg/kg	0,002 mg/kg		

#### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)



Como el valor de  $p=0,30 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de procedencia ambulatória del mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de procedencia ambulatória del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

Se observa que la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de procedencia ambulatória de la localidad de Huaral es 0,009 mg/kg y la media de la concentración de arsénico en el fruto de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo es 0,012 mg/kg.

#### **Hipótesis 4A**

##### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatória del mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatória del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

$H_1$ : La media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatória del mercado principal de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatória del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

**b) Nivel de significancia:** 0,05

**c) Estadístico de prueba:**

**Tabla N°30**

	Metal pesado	N	Media	Desviación estándar	T	P
Ambulante de Huaral	cadmio	2	0,045 mg/kg	0,018 mg/kg	0,38	0,73
Ambulante de Chanchamayo	cadmio	2	0,039 mg/kg	0,010 mg/kg		

##### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p=0,73 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Huaral I jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

Se observa que la media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria de la localidad de Huaral es 0,045 mg/kg y la media de la concentración de cadmio en el jugo de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo es 0,039 mg/kg.

#### **Hipótesis 4B**

##### **a) Hipótesis**

$H_0$ : La media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

$H_1$ : La media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Huaral tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

**b) Nivel de significancia:** 0,05

**c) Estadístico de prueba:**

**Tabla N°31**

	Metal pesado	N	Media	Desviación estándar	T	P
Ambulante de Huaral	arsénico	2	0,009 mg/kg	0,005 mg/kg	0,27	0,82
Ambulante de Chanchamayo	arsénico	2	0,010 mg/kg	0,007 mg/kg		

##### **d) Regla de decisión**

Si  $p < 0,05$  (se rechaza la hipótesis nula)

Si  $p > 0,05$  (no se rechaza la hipótesis nula)

Como el valor de  $p=0,82 > 0,05$ , entonces no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Huaral no tiene diferencias significativas respecto a la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria del mercado principal de la localidad de Chanchamayo.

Se observa que la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de procedencia ambulatoria de la localidad de Huaral es 0,009 mg/kg y la media de la concentración de arsénico en el jugo de naranja de la chacra de la localidad de Chanchamayo es 0,010 mg/kg.

## **Resumen**

**Tabla N°32 Cuadro resumen del análisis estadístico (parte 1)**

Comparación de resultados frente a los valores establecidos por MERCOSUR.						
Metal pesado	Localidad	Muestra	Resultados	p	Conclusión	
Cadmio	Huaral	Chacra - frutos	0.080 mg/kg	0.01	Tiene diferencias significativas	
		Ambulante - frutos	0.04 mg/kg	0.43	No tiene diferencias significativas	
		Ambulante - jugo	0.045 mg/kg	0.48	No tiene diferencias significativas	
	Chanchamayo	Chacra - frutos	0.046 mg/kg	0.2	No tiene diferencias significativas	
		Ambulante - frutos	0.050 mg/kg	0.71	No tiene diferencias significativas	
		Ambulante - jugo	0.039 mg/kg	0.7	No tiene diferencias significativas	
Arsénico	Huaral	Chacra - frutos	0.0093 mg/kg	0.000*	Tiene diferencias significativas	
		Ambulante - frutos	0.009 mg/kg	0.002	Tiene diferencias significativas	
		Ambulante - jugo	0.009 mg/kg	0.8	No tiene diferencias significativas	
	Chanchamayo	Chacra - frutos	0.012 mg/kg	0.0000*	Tiene diferencias significativas	
		Ambulante - frutos	0.011 mg/kg	0.002	Tiene diferencias significativas	
		Ambulante - jugo	0.010 mg/kg	0.24	No tiene diferencias significativas	

**Tabla N°33 Tabla resumen del análisis estadístico (parte 2)**

Metal pesado	Localidad	Muestra	Resultados	p	Conclusión
Cadmio	Chacra Huaral frente a Chacra Chanchamayo (Frutos)	Chacra Huaral	0.084	0.02	Tiene diferencias significativas
		Chacra Chanchamayo	0.046		
Arsénico	Chacra Huaral frente a Chacra Chanchamayo (Frutos)	Chacra Huaral	0.009 mg/kg	0.19	No tiene diferencias significativas
		Chacra Chanchamayo	0.011 mg/kg		
Cadmio	Ambulante Huaral frente a Ambulante Chanchamayo (Frutos)	Huaral	0.04 mg/kg	0.36	No tiene diferencias significativas
		Chanchamayo	0.05 mg/kg		
Arsénico	Ambulante Huaral frente a Ambulante Chanchamayo (Frutos)	Huaral	0.009 mg/kg	0.3	No tiene diferencias significativas
		Chanchamayo	0.012 mg/kg		
Cadmio	Ambulante Huaral frente a Ambulante Chanchamayo (Jugo)	Huaral	0.045 mg/kg	0.38	No tiene diferencias significativas
		Chanchamayo	0.039 mg/kg		
Arsénico	Ambulante Huaral frente a Ambulante Chanchamayo (Jugo)	Huaral	0.009 mg/kg	0.82	No tiene diferencias significativas
		Chanchamayo	0.010 mg/kg		

## **VI. DISCUSIÓN**

- Según Castro de Sparza en 1994 un estudio para determinar la concentración de arsénico en aguas para consumo perteneciente al río Rímac en las cuales se determinaron la concentración de 53 muestras de agua potable, de río, pozo y manantiales; se halló que un porcentaje de 84,9% superaban la especificación determinada por la OMS. Pero, no se registraron casos de intoxicación por arsénico. En el año 1999 en un trabajo de investigación realizado en los ríos o manantiales de las aguas ingeridas por la población de la provincia de Huaytará, Huancavelica; se analizaron 31 muestras de agua, se obtuvieron en promedio 0,0246 mg/L de arsénico <sup>(7)</sup>. Pero en la presente tesis se obtuvieron que las concentraciones de arsénico determinados en el fruto de la chacra de Huaral ( $0,0093 \pm 0.0008$  mg/Kg) las muestras de frutos de procedencia ambulatoria ( $0,0090 \pm 0.0014$  mg/Kg) y las muestras de jugo de procedencia ambulatoria ( $0,009 \pm 0.005$  mg/Kg), no sobrepasa la especificación máxima permitida por el Reglamento Técnico de Mercosur de arsénico (zumos (jugos) y néctares de frutas: 0,10mg/ Kg; Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas : 0,30 mg/Kg); del mismo modo que las muestras analizadas en Chanchamayo, que constan de muestras de frutos de la chacra de Chanchamayo ( $0,012 \pm 0.002$  mg/Kg), las muestras de frutos de procedencia ambulatoria ( $0,011 \pm 0.002$  mg/Kg) y las muestras de jugo de procedencia ambulatoria ( $0,010 \pm 0.007$  mg/Kg). Se observa que en ninguno de los casos los límites establecidos son superados, a pesar que Huaral no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, y dichas aguas van directamente a las chacras, contaminando los productos agrícolas de tallo bajo. <sup>(17)</sup>
- Flores en 2016 un estudio realizado en aguas de pozo en Puente Piedra, indica que se tiene 22  $\mu\text{g As/L}$ , la cual está por encima de la especificación máxima permitida por la OMS <sup>(8)</sup>; y como se indicó líneas arriba, en las muestras de jugo y frutos en Chanchamayo y Huaral, no sobrepasan los límites máximos permitidos por el Reglamento Técnico de Mercosur.
- Chata en 2015, en otro estudio, esta vez realizado en el departamento de Puno en el cual se determina la existencia de metales pesados en el agua y en la leche, se encontró que la presencia de arsénico superaba los la especificación máxima determinada por el Codex Alimentarius <sup>(9)</sup>; lo cual difiere con la investigación realizada, ya que no se encontró niveles que sobrepasen los límites permitidos por el Reglamento técnico de Mercosur en todas las muestras. <sup>(9)</sup>
- Luna en 2016, en otro estudio realizado en el departamento de Cajamarca se determinó que la presencia de cadmio en cultivos de papa superaba los límites permitidos según el Codex Alimentarius <sup>(10)</sup>. En el presente trabajo se encontró que el cadmio hallado en las muestras en comparación del Reglamento

Técnico de Mercosur [zumos (jugos) y néctares de frutas: 0,05 mg/Kg y Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas: 0,05 mg/Kg]. En el fruto de procedencia ambulatoria de Huaral está muy cerca de los niveles máximos permitidos ( $0.04 \pm 0.01$  mg/Kg), y las muestras de jugo de procedencia ambulatoria se encuentran aún más cerca de los límites máximos ( $0.045 \pm 0.018$  mg/Kg) mientras que en la chacra de Huaral, los niveles encontrados superan ampliamente los niveles permitidos ( $0.08 \pm 0.02$  mg/Kg), Ahora, en la localidad de Chanchamayo, en el caso de las muestras de frutos recolectados de la chacra de Chanchamayo, los niveles de cadmio están cercanos a la especificación máxima permitida ( $0.046 \pm 0.008$  mg/Kg); mientras que las muestras de fruto del ambulante se encontró que la cantidad de cadmio hallado es igual a la especificación máxima permitida ( $0.05 \pm 0.01$  mg/Kg) en las muestras de jugo se encontró que no sobrepasan los límites máximos permitidos ( $0.039 \pm 0.010$  mg/Kg); esto posiblemente a que Huaral no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, y dichas aguas van directamente a las chacras, contaminando los productos agrícolas de tallo bajo <sup>(17)</sup>.

- Gonzales en 2013, realizó un análisis del agua en reservorios de SEDAPAL en San Martín de Porres, también en los reservorios privados de los habitantes, en los cuales se encontró que los valores de Cadmio sobrepasa la especificación máxima permitida por el Codex Alimentarius <sup>(12)</sup>. En el esta tesis se encontró que la cantidad de cadmio encontrada en las muestras en comparación del Reglamento Técnico de Mercosur [zumos (jugos) y néctares de frutas: 0,05 mg/Kg y Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas: 0,05 mg/Kg]. En el fruto de procedencia ambulatoria de Huaral está muy cerca de los niveles máximos permitidos ( $0.04 \pm 0.01$  mg/Kg), y las muestras de jugo de procedencia ambulatoria se encuentran aún más cerca de los límites máximos ( $0.045 \pm 0.018$  mg/Kg) mientras que en la chacra de Huaral, los niveles encontrados sobrepasan ampliamente los niveles permitidos ( $0.08 \pm 0.02$  mg/Kg), Ahora, en la localidad de Chanchamayo, en el caso de las muestras de frutos recolectados de la chacra de Chanchamayo, los niveles de cadmio están cercanos a la especificación máxima permitida ( $0.046 \pm 0.008$  mg/Kg); mientras que las muestras de fruto del ambulante se encontró que la concentración de cadmio es igual a la especificación máxima permitida ( $0.05 \pm 0.01$  mg/Kg) en las muestras de jugo se encontró que no superan la especificación máxima permitida ( $0.039 \pm 0.010$  mg/Kg).

## **VII. CONCLUSIONES**

- Las cantidades de arsénico en los frutos de *Citrus sinensis L. Osbeck* (naranja Huando) de una chacra en Huaral fue 0,0093 mg/Kg que no excede el valor máximo establecido según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,30 mg/Kg. Así mismo, la concentración de cadmio en los frutos de *Citrus sinensis L. Osbeck* (naranja Huando) de una chacra en Huaral fue 0,08 mg/Kg que supera el valor máximo permisible según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,05 mg/Kg.
- Las cantidades de arsénico en los frutos *Citrus aurantium L* (naranja para jugo) de una chacra en Chanchamayo 0,012\_mg/Kg que no supera el valor máximo establecido según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,30 mg/Kg. Así mismo, la concentración de cadmio en los frutos de *Citrus aurantium L* (naranja para jugo) de una chacra en Chanchamayo fue 0,046 mg/Kg no supera el valor máximo permisible según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,05 mg/Kg.
- Las cantidades de arsénico en los frutos de *Citrus sinensis L. Osbeck* (naranja Huando) de venta ambulatória del mercado de Huaral fue 0,0090 mg/Kg que no excede el valor máximo permitido según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,30 mg/Kg. Asimismo, la concentración de cadmio en los frutos de *Citrus sinensis L. Osbeck* (naranja Huando) de venta ambulatória del mercado de Huaral fue 0,040mg/Kg que no supera el valor máximo permisible en el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,05 mg/Kg.
- Las cantidades de arsénico en los frutos *Citrus aurantium L* (naranja para jugo) de venta ambulatória en Chanchamayo es 0,011\_mg/Kg que no excede el valor máximo permisible según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,30 mg/Kg. Así mismo, las cantidades de cadmio en los frutos de *Citrus aurantium L* (naranja para jugo) de venta ambulatória en Chanchamayo fue 0,05 mg/Kg que iguala el valor máximo permisible según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,05 mg/Kg.
- La concentración de arsénico en muestras de jugo de *Citrus sinensis L. Osbeck* (naranja Huando) de venta ambulatória del mercado de Huaral fue 0,0090 mg/Kg que no supera el valor máximo permisible según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,10 mg/Kg. Así mismo, las cantidades de cadmio en muestras de jugo de *Citrus sinensis L. Osbeck* (naranja Huando) de venta ambulatória del mercado de Huaral fue 0,045 mg/Kg que no supera el valor máximo permisible según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,05 mg/Kg.
- Las cantidades de arsénico en muestras de jugo de *Citrus aurantium L* (naranja para jugo) de venta ambulatória en Chanchamayo es 0,010 mg/Kg que no excede el valor máximo permitido en el Reglamento Técnico de

Mercosur que es 0,10 mg/Kg. Así mismo, la concentración de cadmio en las muestras de jugo de *Citrus aurantium* L (naranja para jugo) de venta ambulatoria en Chanchamayo fue 0,039 mg/Kg que es menor que el valor máximo permisible según el Reglamento Técnico de Mercosur que es 0,05 mg/Kg.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios a mayor escala y así determinar un impacto mayor en el estudio de metales pesados, no solo en los frutos de naranja, sino también en otros alimentos.
- Se recomienda establecer límites máximos y un mayor control de estos alimentos, ya que en la actualidad son escasos.



## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Hernández V. Documentacion para la determinacion de Ag, As, Cd, Cr, Pb y Hg en aguas residuales, pulpas de frutas, y sulfato de aluminio por espectroscopia de absorcion atómica en el laboratorio de aguas y alimentos de la Universidad Tecnologica de Pereira. J Chem Inf Model. 2011;138.
2. Concha R. Para Determinar La Calidad De Frutas De Consumo Masivo En La Ciudad De Piura ". 2005;10.
3. Huaranga F, Méndez E, Quilcat V, Huaranga F. Pollution by heavy metals in the Moche River Basin, 1980 - 2010, La Libertad - Peru. Sci Agropecu [en línea]. [Citado el 18 de agosto del 2016] 2012;3(3):235–47 disponible en : <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/86>
4. Cazar I. Análisis físico-químico para la determinación de la calidad de las frutas. [Monografía previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias Químicas con mención en Química Analítica]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2016.
5. Graza F, Quispe R. Determinación de Pb, Cd, As en aguas del río Santa en El Pasivo Minero Ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay-Ancash [En línea]. [Citado el 20 de agosto del 2016]. [Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico]. 2015. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4205>
6. Quishpe K. Determinación microbiológica y de metales pesados en jugos de alfalfa (*Medicago sativa*) usado en la preparación de jugos naturales de fruta, expendidos en los diferentes mercados del Distrito Metropolitano de Quito [Internet]. [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales]. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito; 2016. [En línea]. [Citado el 02 de setiembre del 2018]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12560>
7. Castro de Esparza M. d. Nat Arsen Groundwaters Lat Am. 2006;(June):20–4.
8. Aviles U. Análisis De La Concentración De Metales Pesados Arsénico, Cobre, Plomo Y Estaño Presentes En Jugo Naranja. Machala- Ecuador. [Trabajo de titulación]. Universidad Técnica de Machala; 2016.
9. Chata A. Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en Agua y leche en la cuenca del rio Coata 2015 [Internet]. [Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Nutrición Humana]. Universidad Nacional del Altiplano; 2015. [En línea]. [Citado el 03 de setiembre del 2016]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1930/Chata\\_Quenta\\_Ayde.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1930/Chata_Quenta_Ayde.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
10. Luna R. Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca. [Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2016.
11. CODEX STAN 193-1995. Norma General del CODEX para los

Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos. CODEX STAN. 1995;48.

12. Calao C, Marrugo J. Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia, 2013. *Biomédica*. 2015;35(2015):139–51.
13. 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. [Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
14. Raraz E. Determinación química toxicológica de plomo y cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa – distrito de Yanacancha – Pasco. [Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
15. Villacorta S, Chira J, Ochoa M, Sánchez M, Pari W, Valencia M. Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Huaura. Ministerio de Energía y Minas. Lima; 2010. p. 239. (C).
16. Peralta A. Agricultura, medio ambiente y desarrollo sostenible de la comunidad indígena Asháninka Marankiari Bajo, distrito de Perené, provincia de Chanchamayo-Junín. [Tesis para optar el grado Magister en Desarrollo Ambiental]. Pontificia Universidad Católica del Perú; 2013.
17. Zerga A. Mapa de peligros, plan de usos y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de San Ramón. Proy INDECI PNUD PER/02/051. 2007;l:166,167.
18. Análisis de situación de salud región junin 2007 [En línea]. [bvsde.paho.org](http://bvsde.paho.org). 2007. [En línea] [Citado el 10 de setiembre del 2016]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/documentosdigitales/bvsde/texcom/ASIS-regiones/Junin/Junin2007.pdf>
19. EcuRed.cu [Internet]. Cuba. EcuRed; [15 de mayo 2017; 15 de mayo2017]. [En línea]. [Citado el 01 de octubre del 2016]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Naranja>.
20. Zaragoza, S. Las Variedades de Cítricos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid-2011.
21. Sánchez, M. Guía técnica: “Asistencia técnica dirigida en el riego tecnificado en el cultivo de cítricos. [En línea]. UNALM-2012. Perú. [Citado el 01 de octubre del 2016]. Disponible en: <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/013-f-citricos.pdf>.
22. Proyectos Peruanos. [Proyectosperuanos.com](http://Proyectosperuanos.com). [28 de septiembre del 2016; 15 de mayo del 2017]. [En línea]. [Citado el 10 de octubre del 2016]. Disponible en: <http://proyectosperuanos.com/naranjas/>
23. Reina, C. Manejo, postcosecha y evaluación de la calidad para la naranja (*Citrus sinences*), limón (*Citrus aurantifolia*) y mandarina (*Citrus reticulata*) que se comercializa den la ciudad de Neiva. [Internet]. [Citado el 19 de mayo

del 2017]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4698/2/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20limon.pdf>

24. Naranja. [Artículo de internet]. España. [Citado el 19 de mayo del 2017] Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/naranja.pdf>
25. Sierra, A. La naranja, la reina del invierno. [Artículo de internet]. Córdoba. [Citado el 19 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.cofco.org/ficheros/Naranja2.pdf>
26. Carbonel D. Diagnóstico de micorrizas en 5 sistemas de uso del suelo en el valle de Chanchamayo. [Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal]. Universidad Nacional Agraria; 2009.
27. Palacios S, Reynel C. Una formación vegetal subxerófila en el Valle de Chanchamayo, Dp. De Junín. Lima; 2011.
28. Anton D, Reynel C. Relictos de Bosques de Excepcional Diversidad en los Andes Centrales del Perú. 2009. 324 p.
29. Gobierno Regional Junin Agenda Ambiental Regional 2015- 2016, JUNIN. Gerencia Regional De Recursos Naturales Y Gestion Del Medio Ambiente. Octubre 2014
30. “Mapa de peligros plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de San Ramón”. Volumen I - Informe Final. Proyecto Indeci PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Diciembre 2007.
31. Rojas P. “VULNERABILIDAD BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA MEDIANTE MODELAMIENTO GEOESPACIAL DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA CHANCAY – HUARAL.” [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola]. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2016.
32. ANA. Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Lambayeque Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay - Lambayeque. 2013.
33. ANA. Informe Técnico del cuarto monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Chancay – Huaral. Huaral – 2014
34. MINAM. Diagnóstico participativo consolidado cuenca Chancay – Huaral Tomo II, Situación actual de la gestión de los recursos hídricos. Huaral -2013.
35. Jaramillo, F. Toxicología Ambiental. Guadalajara, México. Corporación Gráfico Filemon Alfonso; 2009.
36. Ramírez, A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2002; Vol 63 (N°1). Pag 51 – 54.
37. Repetto, M. Toxicología Alimentaria. Madrid-España. Diaz de Santos. 2006.
38. Grupo Mercado Común. Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos. Asunción: MERCOSUR; 2011. Resolución N° 012/11.

39. Francisco Badillo, J. Cadmio. [Artículo de internet] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/004663.pdf>.
40. Sanchez, G. Ecotoxicología del cadmio. [Trabajo de fin de Grado]. Universidad Complutense. España-2016. [En línea]. [Citado el 25 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>.
41. Madeddu, Roberto. 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 para optar el grado de Doctor en Medicina y Cirugía]. Universidad de Granada-2005.
42. Ministerio de salud. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Cadmio. Estrategia Sanitaria Nacional de Vigilancia y Control de Riesgos por Contaminación con Metales Pesados y Otras sustancias Químicas. Lima-Perú. 2015.
43. Aviles U. Análisis De La Concentración De Metales Pesados Arsénico, Cobre, Plomo Y Estaño Presentes En Jugo Naranja. Machala- Ecuador. [Trabajo de titulación]. Universidad Técnica de Machala; 2016..
44. Cameán, A; Repetto, Manuel. Toxicología Alimentaria. Madrid .Díaz de Santos. 2006.
45. Pérez, I. Ecotoxicología Del Arsénico En Suelos De La Comunidad De Madrid. [Trabajo de fin de grado]. Universidad Complutense. Madrid-2015.
46. Ministerio De Salud. Guía Clínica: Vigilancia Biológica de la Población Expuesta a Arsenico en la Comuna de Arica. Santiago: MINSAL, 2014.
47. Flores Espinoza, Edwin R.; Pérez Bobadilla, Javier E. Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de Sedapal, de cisterna y de pozo del distrito de Puente Piedra. [Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico]. UNMSM-2009
48. Albores A, Quintanilla B, del Razo L, Cebrian M (1997) Arsénico. En: Anónimo (eds) Introducción a la Toxicología ambiental. OPS, OMS, CPEHSPA. Metepec: 247-261.
49. Anales de la Facultad de Medicina, [Artículo de internet]. Scielo. Vol.74 no.3 Lima jul./set. 2013. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832013000300014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832013000300014&script=sci_arttext)
50. Suarez S. Análisis, diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones arsenicales. [Internet]. Scielo. Cuadernos de Medicina Forense N°35. 2004. [Citado el 25 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/cmfn35/Art01.pdf>.
51. Arsénico. Organización mundial de la salud. [En línea]. [WHO.int] [Citado el 30 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
52. Litter M; Armienta S; Farías S. Metodologías Analíticas para la Determinación y Especificación de Arsénico en Aguas y suelos. Argentina. CYTED. 2009. Pag. 79 – 82.

## X. ANEXOS

### Anexo 1

  **UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
**MUSEO DE HISTORIA NATURAL** 

*"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"*

**CONSTANCIA N° 052-USM-2019**

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (tallo, hojas y fruto), recibida de **Frank Elvín Carbajal Mayta**; de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; ha sido estudiada y clasificada como: ***Citrus aurantium* L.**; y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: MAGNOLIOPSIDA**

**SUB-CLASE: ROSIDAE**

**ORDEN: SAPINDALES**

**FAMILIA: RUTACEAE**

**GENERO: Citrus**

**ESPECIE: *Citrus aurantium* L.**

Nombre vulgar: "Naranja".  
Determinado por: Blgo. Mario Julio Benavente Palacios

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 28 de febrero de 2019

   
**Mag. Asunción A. Cano-Echevarría**  
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ACE/ddb

Figura 1. Certificación Taxonómica.

## Anexo 2



Figura 14: Exterior de la chacra de Chanchamayo

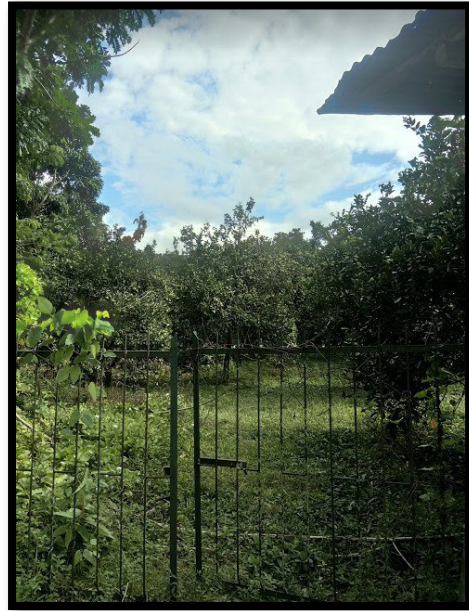


Figura 15: Entrada de la chacra de Chanchamayo



Figura 16: Río Chanchamayo



Figura 17: Muestras conservadas en hielo en caja de tecnopor



Figura 18: Toma de muestra en la Chacra de Huaral. Fuente: Elaboración propia.



Figura 19: Foto panorámica de la Chacra de Huaral. Fuente: Elaboración propia.



Figura 20: Planta de Naranja. Fuente: Elaboración propia.



Figura 21: Muestras conservadas en hielo y en caja de tecnopor. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3



**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° 84898 - 84913

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

SOLICITANTE: Sr. Frank Elvín Carbajal Mayta  
 TESIS: Determinación de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en dos localidades del Perú: Huaral- Lima y Chanchamayo - Junín, 2018  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 11 de Abril de 2018 HORA: 07:00 p.m.  
 FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 19 de Mayo de 2018 HORA: 05:40 p.m.  
 FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 30 de Mayo de 2018 HORA: 10:30 p.m.

MÉTODOS: Cadmio : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.  
 Arsénico : Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generador de hidruros.  
 OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
84898	CHANCHAMAYO - AMBULANTE FRUTO	Cuantificación de Arsénico	0.010 mg/kg
84899	(Codigo F2)	Cuantificación de Cadmio	0.045 mg/kg
84900	CHANCHAMAYO - CHACRA KIMIRI FRUTO	Cuantificación de Arsénico	0.009 mg/kg
84901	(Codigo F1)	Cuantificación de Cadmio	0.058 mg/kg
84902	CHANCHAMAYO - CHACRA KIMIRI FRUTO	Cuantificación de Arsénico	0.011 mg/kg
84903	(Codigo F2)	Cuantificación de Cadmio	0.042 mg/kg
84904	CHANCHAMAYO - CHACRA KIMIRI FRUTO	Cuantificación de Arsénico	0.015 mg/kg
84905	(Codigo F3)	Cuantificación de Cadmio	0.043 mg/kg
84906	CHANCHAMAYO - CHACRA KIMIRI FRUTO	Cuantificación de Arsénico	0.008 mg/kg
84907	(Codigo F4)	Cuantificación de Cadmio	0.051 mg/kg
84908	HUARAL- CHACRA FLORES - FRUTO (Codigo F1)	Cuantificación de Arsénico	0.009 mg/kg
84909		Cuantificación de Cadmio	0.102 mg/kg
84910	HUARAL-CHACRA FLORES -FRUTO (Codigo F2)	Cuantificación de Arsénico	0.010 mg/kg
84911		Cuantificación de Cadmio	0.097 mg/kg
84912	HUARAL-CHACRA FLORES -FRUTO (Codigo F3)	Cuantificación de Arsénico	0.008 mg/kg
84913		Cuantificación de Cadmio	0.098 mg/kg

Lima, 12 de junio de 2018

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



D.F. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 CQFP: 18579

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° 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 22: Reporte de resultados

Fuente: 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° **84914** - **84919**

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

SOLICITANTE: Sr. Frank Elvin Carbajal Mayta  
 TESIS: Determinación de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en dos localidades del Perú: Huaral- Lima y Chanchamayo - Junín, 2018

FECHA DE RECEPCIÓN: 11 de Abril de 2018 HORA: 07:00 p.m.  
 FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 19 de Mayo de 2018 HORA: 03:40 p.m.  
 FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 30 de Mayo de 2018 HORA: 10:30 p.m.

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

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

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
84914	HUARAL-CHACRA FLORES -FRUTO (Codigo F4)	Cuantificación de Arsénico	0.009 mg/kg
84915		Cuantificación de Cadmio	0.074 mg/kg
84916		Cuantificación de Arsénico	0.010 mg/kg
84917	HUAÑAL-CHACRA FLORES -FRUTO (Codigo F5)	Cuantificación de Cadmio	0.048 mg/kg
84918		Cuantificación de Arsénico	0.010 mg/kg
84919	HUARAL-CHACRA FLORES -FRUTO (Codigo F6)	Cuantificación de Cadmio	0.082 mg/kg
84888-A		Cuantificación de Arsénico	0.005 mg/kg
84889-B	CHANCHAMAYO AMBULANTE (Codigo J2)	Cuantificación de Arsénico	0.005 mg/kg
		Cuantificación de Cadmio	0.032 mg/kg

Lima, 12 de junio de 2018

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



R.T. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS  
 D.O.P. 13579

**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° 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 23: Reporte de resultados

Fuente: CICOTOX

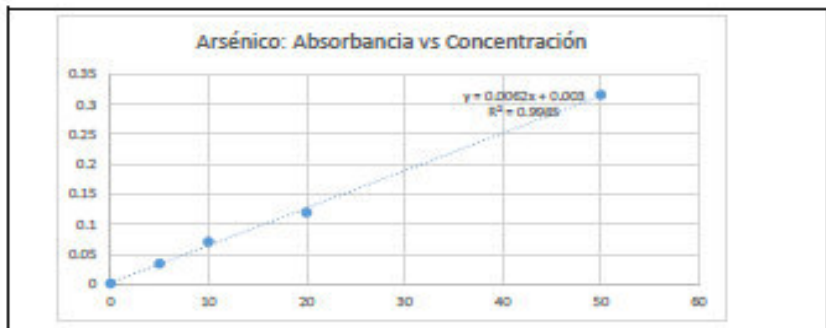
## Anexo 4

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
CENTRO DE INFORMACION, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTION  
CICOTOX  
INFORME INTERNO DE LABORATORIO  
**ANÁLISIS CUANTITATIVO** A.45.4s

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
84882 - 84919	30/05/2018	10:00a.m.	05:00p.m.	Naranjas (fruto y jugo)	Metales - Arsénico

VOLUMEN DE MUESTRA	Flujo continuo	LONGITUD DE ONDA	193.7 nm	PRE TRATAMIENTO	Si
--------------------	----------------	------------------	----------	-----------------	----

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.0020
Estándar 1	5	0.0350
Estándar 2	10	0.0710
Estándar 3	20	0.1200
Estándar 4	50	0.3160



SENSIBILIDAD DEL EQUIPO	0.05 ppb	R <sup>2</sup>	0.998	Ecuación	y = 0.0062x + 0.0036
-------------------------	----------	----------------	-------	----------	----------------------

ANALIZADO POR:	REVISADO POR:
Q.F. Americo Figueras	Dr. Alfonso Apestequia

Figura 24: Curva de calibración del arsénico. Fuente: CICOTOX.

## Anexo 5

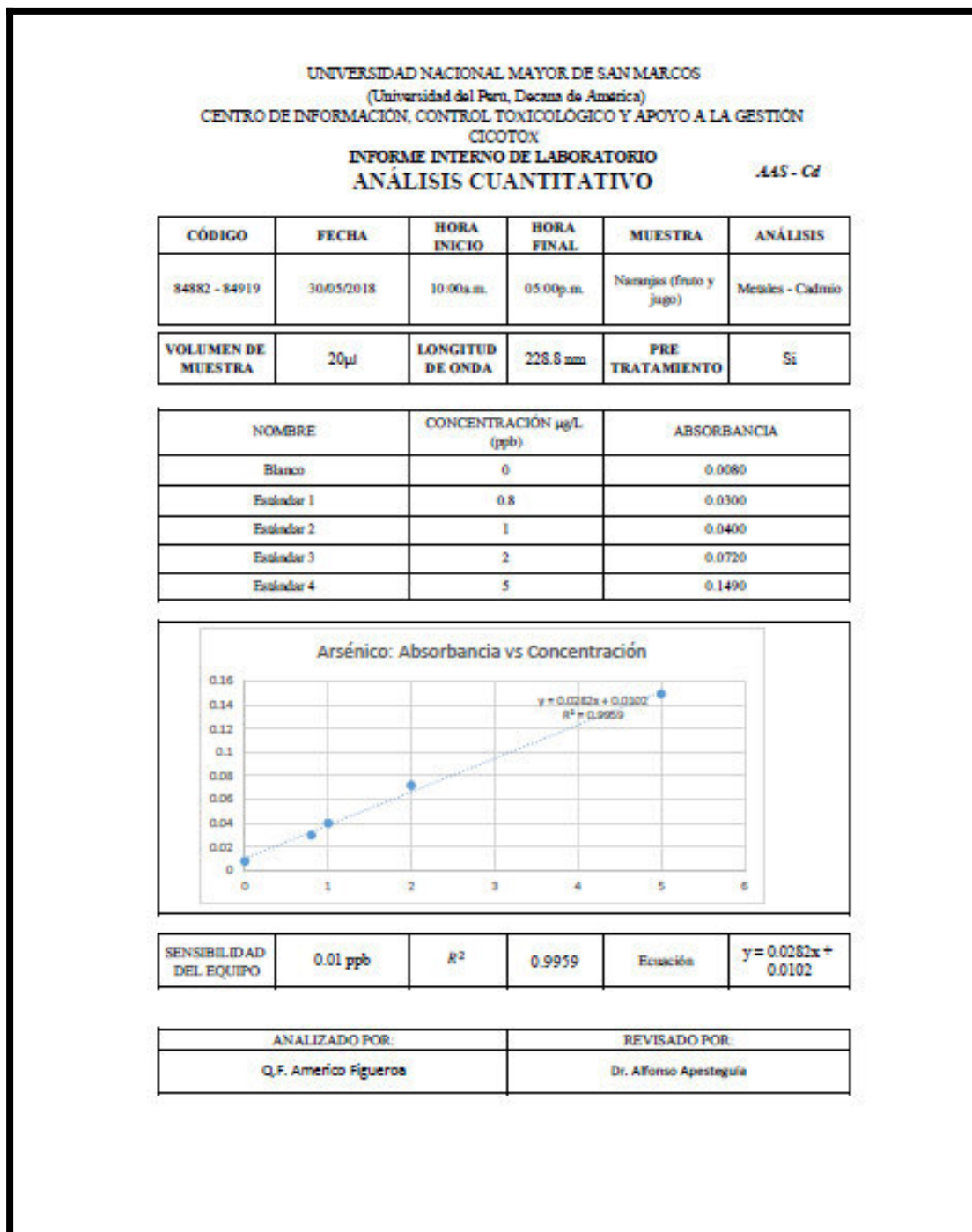


Figura 25: Curva de calibración del cadmio.  
Fuente: CICOTOX