

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN EL FRUTO DEL NARANJO
(*Citrus sinensis*, Variedad Washington Navel) QUE SE
CULTIVAN EN LA YARADA DE TACNA, 2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. Yessica Huarino Oscoco

Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN EL FRUTO DEL NARANJO
(*Citrus sinensis*, variedad Washington Navel)
QUE CULTIVAN EN LA YARADA
DE TACNA, 2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. YESSICA HUARINO OSCCO

Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

Aprobada por UNANIMIDAD, ante el siguiente jurado



Dr. Juan José Evaristo Changllo Roas

Presidente




Mgr. Juan Carlos Efraín Cervantes Zegarra

Miembro



Dra. Yemile del Carmen Berríos Espejo

Miembro



Dra. Yemile del Carmen Berríos Espejo

Asesora

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dra. YEMILE DEL CARMEN BERRIOS ESPEJO, en mi condición de asesora acreditada por la Resolución de Facultad N° 12693-2024-FACS-UNIJBG de la tesis de investigación titulada: "DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN EL FRUTO DEL NARANJO (*Citrus sinensis*, Variedad Washington Navel) QUE SE CULTIVAN EN LA YARADA DE TACNA, 2024", presentada por la bachiller Yessica Huarino Oscco, para optar el título profesional de QUÍMICO FARMACÉUTICO.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de original y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es de 1%.

Por lo que, CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis anunciada líneas arriba, la cual esta expedita para continuar con los trámites para la obtención de Título Profesional de Químico Farmacéutico, según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.

Tacna, 20 de diciembre del 2024

Dra. Yemile Del Carmen Berrios Espejo
DNI: 00411194



Bach. Yessica Huarino Oscco
DNI: 43160741



DEDICATORIA

“A mí, esposo Jhonny por ser mi consejero y ejemplo de perseverancia y a mis padres domingo y Rufina por ser mi ejemplo de superación, a mis hermanas y hermanos Hortensia, Verónica, Milagros, Cesar y Arturo que me apoyaron constantemente en no detenerse en este largo camino lleno de retos. A mis hijos Bruno, Kaori y Eithan, quienes son la inspiración y motivo de superación que me brindaron con su apoyo moral en el desarrollo de la tesis.”

AGRADECIMIENTO

“A Dios por fortalecerme cada día y permitirme seguir avanzando, dando pasos firmes en mi vida.

A mi asesora y docente Dra. Yamile Del Carmen Berrios Espejo por contribución en la realización de esta tesis”.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.2.1. Problema principal.....	7
1.2.2. Problemas secundarios	7
1.3. JUSTIFICACIÓN	8
1.3.1. Justificación teórica	8
1.3.2. Justificación práctica.....	9
1.3.3. Justificación metodológica	10
1.4. OBJETIVOS.....	11

1.4.1. Objetivo general.....	11
1.4.2. Objetivos específicos	11
1.5. HIPÓTESIS	12
1.6. DETERMINACIÓN DE VARIABLES	12
1.6.1. Variable de interés	12
1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.1.1. Antecedentes internacionales	14
2.1.2. Antecedentes nacionales	21
2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.2.1. Naranja.....	22
2.2.1.1. Características del fruto.....	23
2.2.1.2. Variedad Washington navel.....	25
2.2.1.3. Propiedades nutricionales	26
2.2.1.3. Propiedad bioadsorbente para la remoción de metales en trazas, como arsénico, en aguas contaminadas.....	28
2.2.2. La Yarada, Tacna	33
2.2.2.1. Situación de la calidad de agua destinada para consumo....	34
2.2.3. Acuífero la Yarada en la cuenca Caplina	35
2.2.4. Arsénico	36

2.2.4.1. Exposición aguda	39
2.2.4.2. Exposición crónica.....	40
2.2.4.3. Límite máximo permisible en frutas	41
2.2.4.4. Ecotoxicidad del arsénico	42
2.2.4.5. Toxicocinética	44
2.2.4.6. Toxicodinamia	48
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	55
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	58
3.1. TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
3.1.1. Tipo de investigación	58
3.1.2. Diseño de investigación.....	58
3.1.3. Nivel de la investigación	59
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	59
3.2.1. Población.....	59
3.2.2. Muestra.....	59
3.3. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	60
3.3.1. Recolección de las muestras de los frutos de naranjo	60
3.3.2. Técnica analítica para la determinación de arsénico en naranjas	61
3.4. ANÁLISIS DE DATOS	65

3.4.1. Estadística descriptiva:.....	65
3.4.1. Estadística inferencial.....	66
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	67
DISCUSIÓN.....	87
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variable de interés _____	13
Tabla 2. Características taxonómicas de la naranja de variedad Washington Navel _____	24
Tabla 3. Límite máximo permisible de arsénico en frutas según el Reglamento técnico de MERCOSUR _____	41
Tabla 4. Concentraciones de arsénico de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024. _____	67
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de resumen de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024. _____	69
Tabla 6. Características de la producción de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024. _____	71
Tabla 7. Prueba de Shapiro Wilk para analizar la distribución normal de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna 2024. _____	76
Tabla 8. Prueba de rangos de Wilcoxon para comparar los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna 2024.	80
Tabla 9. Comparación de los valores de arsénico de los frutos del naranjo según las características del cultivo. _____	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distrito de la Yarada Los Palos, en la _____	34
Gráfico 2. Acuífero la Yarada en la cuenca Caplina _____	36
Gráfico 3. Diagrama de caja de los valores de arsénico de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024. _____	70
Gráfico 4. Porcentajes de los frutos de naranjo que son cultivados en la Yarada, Tacna 2024, según el nombre del plaguicida utilizado para su producción. ____	73
Gráfico 5. Porcentajes de los frutos de naranjo que son cultivados en la Yarada, Tacna 2024, según la zona de cultivo. _____	74
Gráfico 6. Gráfico cuantil-cuantil de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna 2024. _____	78
Gráfico 7. Comparación de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna, según el nombre de plaguicida que utilizan. 84	84
Gráfico 8. Comparación de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna, según el lugar de procedencia. _____	85
Gráfico 9. Relación entre los niveles de arsénico de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna, y la altitud donde se cultivaron. _____	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia _____	108
Anexo 2. Procedimiento de recolección de muestras de naranjas _____	110
Anexo 3. Resultados de las concentraciones de arsénico de las muestras de naranja _____	114
Anexo 4. Resolución de aprobación de plan de tesis _____	115
Anexo 5. Ficha de caracterización de las muestras recolectadas _____	116

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar los niveles de arsénico en las naranjas cultivadas en La Yarada, ubicada en la ciudad de Tacna. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, básica, transversal y descriptivo. Se recolectaron 15 pares de muestras de naranja, las cuales fueron trasladadas al “Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad” de la “Universidad Católica de Santa María” de Arequipa para los análisis correspondientes. El análisis se realizó mediante “Espectroscopía de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES)”. A pesar de que ninguna de las muestras superó el Límite Máximo Permisible (LMP) referenciado por el MERCOSUR (0,3 mg/Kg), los análisis revelaron que todas las muestras contenían arsénico. El promedio de arsénico en las muestras de naranja fue de $0,0004 \pm 0,0002$ mg/Kg. En conclusión, las naranjas producidas en La Yarada presentaron bajos niveles de arsénico y no superaron el LMP impuesto por el MERCOSUR.

Palabras clave: Arsénico, naranjas, límite referencial para arsénico

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the levels of arsenic present in oranges grown in the town of La Yarada, located in the city of Tacna. The research had a quantitative, basic, cross-sectional and descriptive approach. Fifteen pairs of orange samples were collected and taken to the “Testing and Quality Control Laboratory” of the “Universidad Católica de Santa María” in Arequipa for the corresponding analysis. The analysis was performed by “Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-OES)”. Although none of the samples exceeded the Maximum Permissible Limit (MPL) established by MERCOSUR (0.3 mg/kg), the analysis revealed that all samples contained arsenic. The average arsenic in the orange samples was 0.0004 ± 0.0002 mg/kg. In conclusion, the oranges produced at La Yarada had low arsenic levels and did not exceed the maximum permitted limit (MPL) imposed by MERCOSUR.

Keywords: Arsenic, oranges, reference limit for arsenic

INTRODUCCIÓN

La contaminación por arsénico es un desafío ambiental y de salud pública internacional debido a sus graves implicaciones para la salud humana. Este elemento, reconocido como carcinógeno por la Agencia de Investigación del Cáncer (AICC) de los Estados Unidos, ha sido relacionado con un incremento en la frecuencia de enfermedades oncológicas, especialmente en piel y pulmón (1). Además, el arsénico se asocia con un incremento en riesgo de enfermedades cardiovasculares y trastornos neurológicos (2,3).

Así, la exposición involuntaria y crónica a este tóxico ya sea a través del agua o alimentos, constituye un riesgo significativo para poblaciones vulnerables, especialmente niños y mujeres en estado de gestación (4). Por ello, es importante evaluar los posibles riesgos que estén relacionados al consumo accidental de alimentos que tienen arsénico, especialmente en regiones donde la exposición a este elemento es crónica.

En ese contexto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha enfatizado el rol de las autoridades sanitarias en su implementación de

medidas de vigilancia para monitorear los efectos del arsénico en poblaciones crónicamente expuestas.

En la ciudad de Tacna, el consumo de naranjas se ha incrementado notablemente. Según datos de las autoridades municipales, en La Yarada se producen más de ocho toneladas de naranjas por hectárea desde 2021 (5). Sin embargo, la calidad y seguridad alimentaria de estos frutos se desconoce, dado que, según el estudio de Pino et al. (6), el agua utilizada para regar los cultivos en esta área contiene arsénico en concentraciones que superan los límites máximo permisibles (LMP) establecidos por la OMS de 0,01 mg/L (1).

Esta situación sugiere que las naranjas que se producen en la Yarada podrían estar contaminadas con arsénico, ya que las raíces de los árboles pueden absorber este elemento del agua y del suelo, provocando su acumulación en los frutos (7). En consecuencia, el consumo de estas naranjas podría no ser seguras, producto de la elevada toxicidad del arsénico y a su capacidad de bioacumularse en ciertos tejidos orgánicos. Por ejemplo, el estudio preclínico de Cori en Tacna, evidenció que los hígados de pollos que consumen agua contaminada con arsénico presentan elevadas concentraciones de este elemento, lo que implicaría un

riesgo para la salud de quienes consumen estos productos. En otra investigación con animales, Castro (8) observó que en conejos expuestos crónicamente a arsénico, los órganos que más bioacumulaban este elemento fueron el hígado, la piel y los riñones, además de presentar alteraciones enzimáticas hepáticas y renales.

Es importante subrayar que, las naranjas son un alimento comúnmente consumido y valorado por su valor nutricional. Por ello, si contienen arsénico, podrían convertirse en una fuente de exposición crónica a este elemento, lo que aumentaría significativamente el riesgo de bioacumulación en el hígado, la piel y los riñones.

Por lo tanto, esta investigación propone la evaluación de las naranjas producidas en La Yarada y determinar si contienen concentraciones de arsénico que superen el límite establecido por el MERCOSUR, con el fin de conocer si la población está expuesta accidentalmente a naranjas contaminadas con arsénico que podrían provocar afecciones a la salud de los consumidores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el mundo, la OMS ha identificado al arsénico como uno de los elementos más alarmante para la salud pública. Esta preocupación surge debido a que la contaminación por este elemento no solo afecta la salud individual, sino que también tiene profundas implicaciones en el aspecto económico y social de comunidades enteras. En particular, se ha demostrado que el aumento en la frecuencia de efectos nocivos del arsénico está vinculado con el uso crónico de agua contaminada, la preparación de alimentos y el riego de cultivos (1,9).

En este contexto, la AICC ha categorizado al arsénico y a sus derivados como cancerígenos para los seres humanos. Diversos estudios recientes han indicado que la exposición prolongada a fuentes contaminadas con arsénico, especialmente durante más de cinco años, incrementaría significativamente la incidencia de desarrollar cáncer en varias partes del cuerpo, como la piel, el

estómago, el hígado y la vejiga (2,10,11). Adicionalmente, investigaciones internacionales realizadas en países como Irán y Nigeria han revelado que ciertos alimentos, como las naranjas, que han sido expuestos a factores ambientales contaminados con arsénico (agua, suelo y lugares de distribución), presentan niveles de este elemento que superan los límites establecidos en el Codex Alimentario (0,3 mg/Kg). De manera preocupante, se ha estimado que el consumo frecuente de estos alimentos contaminados podría estar asociado con una elevada probabilidad de padecer enfermedades cancerígenas (3,12).

Por otra parte, en el ámbito nacional y local, estudios han identificado a diversas poblaciones que están expuestas crónicamente a fuentes contaminadas con arsénico, particularmente en el agua de consumo tanto superficial como subterránea. Aunque la mayoría de estas investigaciones se concentran en el sur del país, la evidencia sobre el impacto en la salud pública aún es insuficiente, ya que no se han realizado estudios que establezcan una relación causal clara (13–15). No obstante, en las regiones de Tacna y Puno, se han encontrado indicios de una posible asociación entre el

consumo de agua contaminada y una mayor prevalencia de cáncer de piel y renal, respectivamente (16,17).

Teniendo en cuenta lo anterior, es fundamental establecer estrategias que minimicen los riesgos derivados de la contaminación con arsénico. Una de estas estrategias clave es la caracterización de las fuentes de exposición y las variables que puedan incrementar la probabilidad de padecer enfermedades en poblaciones expuestas a arsénico de manera prolongada.

En esa línea, Tacna ha experimentado desde el 2021, un crecimiento exponencial en la producción de naranjas, especialmente en la zona de La Yarada, cuyo potencial agrícola se ha fortalecido (5). Sin embargo, algunos estudios han señalado que el agua utilizada para irrigar estos cultivos contiene arsénico en cantidades superiores a los permitidos. Específicamente, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y un estudio realizado por Pino et al. (6) han advertido que el agua del acuífero La Yarada de la cuenca Caplina supera en 86 veces el LMP de arsénico (0,01 mg/L) (18).

Expuesto lo anterior, es importante evaluar si las naranjas producidas en La Yarada presentan concentraciones de arsénico que superen el LMP establecido por MERCOSUR. Ello con la finalidad de establecer si la población de Tacna está expuesta al arsénico a través del consumo de este tipo de alimento, lo cual podría constituir un riesgo crónico para su salud.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

¿Cuál será las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (*Citrus Sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivaron en el distrito de la Yarada de la ciudad de Tacna, 2024?

1.2.2. Problemas secundarios

- a) ¿Cuáles son las características de producción de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024?

- b) ¿Las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivaron en el distrito de la Yarada de la ciudad de Tacna, 2024 exceden el LMP establecido por MERCOSUR?
- c) ¿Las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivaron en el distrito de la Yarada de la ciudad Tacna, 2024 serán diferentes según las características de producción?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación teórica

La seguridad alimentaria es una prioridad mundial, y garantizar que los alimentos estén libres de agentes contaminantes, como el arsénico, es esencial para la salud pública. El arsénico, un metaloide altamente tóxico, genera constante preocupación en la salud pública global debido a su presencia en el medio ambiente y su capacidad para ingresar a la cadena alimentaria. Su toxicidad crónica puede causar diversas afecciones en la salud, como

enfermedades cancerígenas, cardiovasculares y daños en el sistema nervioso.

1.3.2. Justificación práctica

Las naranjas, como una de las frutas de mayor consumo y producción en Tacna, forman parte integral de la alimentación diaria de la población por a su elevada concentración de vitaminas y minerales. La posible contaminación de naranjas con arsénico representa un riesgo significativo que no ha sido estudiado esta región. Dado que las naranjas pueden ser cultivadas en suelos y regadas con aguas que contienen arsénico, es crucial entender el grado de esta contaminación y sus implicaciones para la salud pública.

Es importante añadir que, las regiones con elevadas cantidades de arsénico en el agua o en los suelos agrícolas pueden no ser plenamente conscientes del riesgo que esto representa para los cultivos locales. Los consumidores, por su parte, pueden estar expuestos a niveles peligrosos de arsénico sin tener conocimiento

de ello, lo que resalta la necesidad de investigaciones que informen y orienten tanto a los productores como a los consumidores.

1.3.3. Justificación metodológica

Esta investigación ostenta incrementar la evidencia científica local sobre la presencia de arsénico en naranjas cultivadas en La Yarada, que es el distrito que más produce esta fruta y que tiene más alcance en la población tacneña, por lo que se garantiza representatividad en los resultados.

Además, este estudio propone evaluar las principales características de la producción de las naranjas, para determinar si éstas influyen en la presencia de arsénico.

Por último, todo lo señalado tiene como finalidad generar datos locales que permitan desarrollar estrategias específicas por parte de las autoridades sanitarias.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (*Citrus Sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivaron en el distrito de la Yarada de la ciudad de Tacna, 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar las características de producción de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024.
- b) Determinar si las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivaron en el distrito de la Yarada de la ciudad de Tacna, 2024 excede el LMP establecido por MERCOSUR.
- c) Determinar si las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que

se cultivaron en el distrito de la Yarada de la ciudad de Tacna, 2024 son diferentes según las características de producción.

1.5. HIPÓTESIS

Este estudio no lleva hipótesis principal, debido a que el objetivo primario propone describir y observar las concentraciones de arsénico en una muestra de frutos de naranjo (19). No obstante, para la evaluación de algunos objetivos secundarios, se realizarán contrastes de hipótesis específicas.

1.6. DETERMINACIÓN DE VARIABLES

1.6.1. Variable de interés

Concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo

1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de variable de interés

VARIABLE DE INTERÉS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA
Concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo	Cantidad de arsénico total en muestras del fruto del naranjo.	Medición a través de espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES)	Cantidad de arsénico total por Kg de muestra	mg As/Kg	Cuantitativa continua	Razón

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mehri et al. (20) realizaron un estudio en Irán con el título *“Evaluación de los riesgos para la salud y la contaminación por metales en naranjas (Citrus aurantium) de Pakistán: un estudio multivariado”* (2023). El objetivo de este estudio fue analizar metales pesados con potencial toxicológico, entre ellos el arsénico (As), en sesenta muestras de zumos de frutas tradicionales e industriales. Las muestras incluían diez muestras de varias marcas diferentes de manzana, naranja, uva, melocotón, mango y piña. El estudio se realizó en Hamadán, Irán. Además, se utilizó el modelo de simulación Monte Carlo (MCS) para identificar la evaluación de riesgos mediante el cociente de peligro objetivo (THQ) y el riesgo de cáncer (CR). Las conclusiones más importantes de este estudio fueron que las cantidades de metales pesados en los zumos de fruta

industriales eran mucho mayores que las de los zumos de fruta tradicionales ($p < 0,001$), y esto se observó en todas las muestras.

En el estudio de Rashid et al. (11) realizado en Pakistán con el siguiente título: *“Evaluación de los riesgos para la salud y la contaminación por metales en naranjas (Citrus aurantium) de Pakistán: un estudio multivariado”* (2023) evaluaron metales con potencial tóxico en trazas, como el As mediante “Técnicas de espectrofotometría de absorción atómica (EAA)” en muestras de naranjas procedentes de 11 explotaciones agrícolas de Sargodha (Pakistán). Respecto al arsénico determinado, se evidenció que la concentración promedio de este metal en las naranjas fue de 0,035 mg/Kg.

Fathabad et al. (2) desarrollaron en Irán la investigación: *“Determinación del contenido de metales pesados en productos de frutas procesadas del mercado de Teherán mediante ICP-OES: un estudio de evaluación de riesgos”* (2018), donde se analizaron metales pesados, incluyendo As, en jugos y frutas enlatadas de naranja, melocotón, cereza y piña comercializadas en Teherán. Utilizando ICP-OES, encontraron que el promedio de As en jugos de

frutas y frutas enlatadas fueron de 3,76 y 3,92 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente, ambas inferiores al LMP señalado por el Codex (20 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Sin embargo, el modelo de simulación de Monte Carlo (MCS) reveló que estas concentraciones de As podrían incrementar el riesgo cancerígeno y no cancerígeno, especialmente en niños. Este hallazgo subraya la necesidad de monitorear estrictamente los niveles de As en productos procesados como los de naranja, dado su impacto potencial en la salud infantil.

Ezeonyejiaku et al. (12) en Nigeria, desarrolló el estudio: *“Encuesta sobre la contaminación por arsénico y metales traza en cestas de frutas hortícolas del sudeste de Nigeria y sus posibles implicaciones para la salud”* (2017), en cual se analizaron los niveles de As y otros metales en frutas como naranjas, guayabas, piñas, papayas y manzanas. Los resultados mostraron las medias de As en estos alimentos (peso húmedo) eran entre 32 y 166 veces superiores a los LMP indicados por el Codex, lo que plantea serios riesgos para la salud. En particular, las naranjas, como parte de la canasta analizada, presentaron niveles alarmantes de As, indicando una contaminación significativa en estas frutas cultivadas localmente.

Este hallazgo resalta la necesidad urgente de monitorear y regular los contaminantes en productos agrícolas de la región.

Chen et al. (21) en China, desarrolló la investigación: *“Metales pesados en huertos de naranjas navel del condado de Xinfeng y su transferencia de los suelos a las naranjas navel”* (2015), en la cual evaluaron metales tóxicos en trazas en naranjas tipo navel y suelos de cultivo. Aunque el As promedio en los suelos de huertos excedieron los límites en un 7% de las muestras según los estándares chinos (GB15618-1995), las naranjas navel mostraron un promedio de As de 0,003 mg/kg, dentro del rango permitido por el Estándar Nacional de Seguridad Alimentaria de China (GB 2762-2012). Estos resultados destacan que, pese a la contaminación del suelo, las naranjas mantienen niveles seguros de As para el consumo humano, subrayando la importancia de monitorear la transferencia de contaminantes desde el suelo hacia los cultivos.

Aviles (22) en Ecuador desarrolló la investigación: *“Análisis de la concentración de metales pesados arsénico, cobre, plomo y estaño presentes en jugo de naranja”* (2016), mediante la cual analizó metales en trazas en zumo de naranja a lo largo de su

proceso de producción, encontrando que los niveles de As (0,2 mg/kg) cumplían con el LMP referido por la legislación ecuatoriana (INEN 437). Sin embargo, se detectaron excedencias en los niveles de plomo (0,5 mg/kg), pero los niveles de cobre (4 mg/kg) y estaño (240 mg/kg) se mantuvieron dentro de los límites permitidos. Estos resultados destacan que, aunque el arsénico está dentro de los valores aceptables, es necesario optimizar procesos para reducir la presencia de otros metales pesados que podrían representar riesgos para la salud.

Saleh et al. (3) realizaron una investigación en Irán titulada: *“Evaluación de la salud por contaminación por metales pesados (cadmio, plomo, arsénico) en cítricos comercializados en Teherán, Irán, 2015”* (2015), donde evaluaron la presencia de metales en trazas, incluido el As en la pulpa y cáscara de cítricos, incluidas naranjas, comercializados en Teherán. Los resultados mostraron concentraciones promedio de arsénico de 2,30 mg/kg en la pulpa y 2,12 mg/kg en la cáscara, superando los LMP señalados por la OMS. Estos hallazgos destacan la presencia significativa de As y otros metales pesados en cítricos, lo que implicaría en un aumento del

riesgo de presentar enfermedades derivadas de la exposición crónica de estos elementos.

Chen et al. (10) en China, llevaron a cabo la investigación titulada: *“Evaluación de la ingesta diaria de elementos tóxicos debido al consumo de verduras, frutas, carnes y mariscos por habitantes de Xiamen, China”* (2011), donde estimaron la ingesta dietética de elementos tóxicos, incluyendo As, a partir del consumo de alimentos como frutas, entre ellas naranjas. Aunque el promedio de As en naranjas fue de 0,004 mg/kg, el cual se mantienen dentro de los rangos del LMP por el Codex (20 µg/kg), el As representó el 62,2 % del índice de peligrosidad (HI) para exposiciones medias y el 67,9 % para el percentil 95. Además, se observó que el riesgo carcinogénico por ingesta de As superó el nivel aceptable (10^{-4}), lo que subraya una preocupación significativa por los riesgos a largo plazo asociados al consumo dietético de As, incluyendo el derivado de las naranjas.

En España, Ferré-Huguet et al. (23) realizaron la investigación: *“Evaluación de riesgos de metales por consumo de hortalizas, frutas y arroz cultivados en suelos regados con aguas del*

río Ebro en Cataluña, España” (2008), en la cual determinaron las concentraciones de distintos metales pesados, entre ellos el As, en muestras de varios vegetales comestibles como alcachofa, coliflor, lechuga, tomate, frutas como manzana, mandarina, naranja, pera y arroz cultivados en suelos regados con agua de un río que tienen elevadas cantidades de As. Es importante señalar que, el río Ebro que es uno de los más importantes de España, tiene en sus riveras, la presencia de varias industrias que están relacionadas a actividades ganaderas, agrícolas y mineras, de las cuales se sospecha que contaminan el río Ebro. Razón de ello, los autores decidieron determinar metales tóxicos en trazas en alimentos de origen agrícola que son regados con agua del río Ebro. No obstante, como principales resultados; específicamente sobre arsénico en naranja, no se pudieron cuantificar sus concentraciones en este fruto, por lo que se concluyó que su presencia es inferior a los valores referenciales. Por otra parte, en los únicos alimentos donde se evidenció la presencia de arsénico fue en las manzanas y arroz, con valores de 0,06 y 0,14 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Canchanya y Quinto (24) realizaron el estudio titulado: *“Cuantificación de plomo, cadmio y arsénico en jugos de naranja expendidos en forma ambulatoria en el paradero Puente Nuevo- El Agustino, periodo febrero 2022”* (2022), en el cual analizaron metales pesados en exprimidos de naranja que fueron comercializados ambulatoriamente en un punto de venta expuesto a la densidad vehicular de El Agustino. Los resultados evidenciaron valores de As por debajo de 1,23 ppm, pero superando el LMP fijado por el Codex Alimentarius. Esto evidenciaría un incremento en el riesgo de padecer enfermedades derivadas del mecanismo tóxico de esos elementos asociado al consumo de estos jugos. El estudio concluyó que las cantidades detectadas de As y Pb en los jugos de naranja supondría una problemática preocupante que requiere atención regulatoria.

Carbajal (25) en Lima, realizó el estudio: *“Determinación cuantitativa de cadmio y arsénico en el fruto de naranja en dos localidades del Perú; Huaral – Lima y Chanchamayo – Junín, en el 2018”* (2018), analizó las concentraciones de As en naranjas y jugos

de naranja de Huaral y Chanchamayo, Perú. Los resultados mostraron que los valores de As fueron inferiores al LMP establecido por el Reglamento Técnico del Mercosur (0,10 mg/kg en jugos y 0,30 mg/kg en frutas frescas). En naranjas frescas, las concentraciones promedio fueron de $0,009 \pm 0,001$ mg/kg en Huaral y $0,011 \pm 0,002$ mg/kg en Chanchamayo. En los jugos, los valores fueron de $0,009 \pm 0,005$ mg/kg en Huaral y $0,01 \pm 0,007$ mg/kg en Chanchamayo, evidenciando niveles aparentemente seguros de As en las situaciones anteriores.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Naranja

Considerando su elevado contenido en vitamina C, es una fruta muy popular y saludable. Su sabor es dulce y ácido. Los azúcares constituyen la parte restante de la fruta, que es aproximadamente un 90% agua. El naranjo dulce, también conocido como *Citrus sinensis*, es la fuente de esta fruta, que puede encontrarse simultáneamente en algunos países de Asia (26).

2.2.1.1. Características del fruto

“Estos frutos se clasifican en el orden «Geraniales», el suborden «Geraníneas», la familia «Rutáceas», la subfamilia «Aurantioideas» y la tribu «Citrea». La subtribu Citrina, que incluye 13 géneros, se distingue por el hecho de que los géneros Citrus, Poncirus y Fortunella tienen importancia comercial y se denominan comúnmente cítricos. La clasificación de Tanaka, que incluye ciento sesenta y dos especies, y la de Swingle, que incorpora dieciséis especies, son las dos clasificaciones que se utilizan con más frecuencia. La clasificación de Swingle es la que se reconoce con mayor frecuencia”.

Los productos de esta planta se evaluaron en el "Museo de Historia Natural" de la "Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)" con el propósito de realizar su identificación taxonómica. En este contexto, la naranja Washington Navel es una variedad subtropical que no soporta las heladas ni la saturación salina en el hábitat de cultivo.

Tabla 2. Características taxonómicas de la naranja de variedad Washington Navel

Característica taxonómica	Descripción
Categoría	Citrus Familia
Rutaceae Género	Citrus
Especie	Sinensis "Washington Navel"
Zona Geográfica de Origen	Europa mediterránea
Zonas Climáticas	Subtropical, sur de Italia e Islas
Porte	Árbol Hojas, siempreviva colore
Foglie	Verde
Periodo de Floración	Gennaio / Febbraio / Marzo / Diciembre
Flor	Simple colore
Fiori	Bianco
Suelo	Medianamente ácido / Media suelo
Necesidad hídrica	Media agua
Exposición a la luz	Sol / Media sombra
Forma	Fitocella / Árbol

Fuente: Extraído del estudio de Carbajal et al. (25)

2.2.1.2. Variedad Washington navel

La naranja de Washington navel es una variedad descubierta en 1935 en la región californiana de Lemon Cove. Tras su descubrimiento, se plantó rápidamente con fines comerciales. La naranja de ombligo Washington es el resultado de una mutación espontánea que se produjo en la variedad Washington. Se introdujo por primera vez en la población chilena en 1968, y es posible que se reintrodujera a principios de los años 90; por lo tanto, era una variedad muy conocida en el país antes del desarrollo de las exportaciones de naranjas. Además de ser compacto y vigoroso, el naranjo Washington navel también está muy desarrollado. Sus ramas llegan hasta el suelo y su copa tiene forma esférica. El hábito de crecimiento del árbol es abierto y algo caído. Su aptitud para el consumo, tanto de zumo como de fruta fresca, ha contribuido a que sea uno de los tipos más producidos en España. Existe una especie subtropical conocida como naranjo de ombligo Washington que no resiste las heladas ni los altos niveles de salinidad del suelo superficial. (25).

2.2.1.3. Propiedades nutricionales

Estudios sintetizan lo siguiente: “La naranja tiene un valor energético bajo porque posee una gran cantidad de agua y un alto nivel de vitamina C, además de folatos, potasio, magnesio y calcio. Además, la naranja contiene una cantidad significativa de agua. Además, contiene una cantidad significativa de betacaroteno, responsable de su característico color naranja y de las características antioxidantes que posee. Además, contiene ácido málico, oxálico, tartárico y cítrico, siendo el ácido cítrico el responsable de aumentar los niveles de actividad de la vitamina C” (26).

Además, posee una importante cantidad de fibra, presente en el revestimiento de la corteza de la naranja y de apariencia blanca. El consumo de esta fibra ayuda a mejorar los movimientos peristálticos que se producen en el intestino. Además de facilitar la producción de colágeno y eritrocitos, la vitamina C también interviene en la absorción del hierro y ayuda a prevenir las dificultades que pueden derivarse de los trastornos víricos. El

caroteno se produce a partir de la provitamina A cuando el organismo tiene necesidad de él.

Otros estudios enfatizan lo siguiente: “La naranja como alimento no solo contribuye en el funcionamiento eficiente del sistema inmunitario, sino también para el mantenimiento de los tejidos óseos, piel, cuero cabelludo y la visión. El ácido fólico es un nutriente que, además de potenciar la creación de material genético y anticuerpos, aumenta la producción de eritrocitos y leucocitos. El ácido fólico también favorece la producción de leucocitos, así como la conducción nerviosa y la actividad muscular. Además de la generación de impulsos y la conservación del equilibrio de los fluidos del interior al exterior de la célula, dependen del potasio. El potasio es necesario para todos estos procesos. La capacidad del magnesio para favorecer un funcionamiento saludable es beneficiosa para el tracto gastrointestinal, el sistema nervioso y el sistema muscular. Además de ser un componente de «huesos y dientes», el magnesio también posee una pizca de propiedades purgantes. Además de su capacidad para inhibir el crecimiento de bacterias, los ácidos málico y cítrico también tienen la capacidad de alcalinizar la orina” (26).

2.2.1.3. Propiedad bioadsorbente para la remoción de metales en trazas, como arsénico, en aguas contaminadas

Algunos estudios han evidenciado que la corteza de la naranja de especie *Citrus sinensis* tiene una capacidad bioadsorbente efectiva en la disminución de metales tóxicos, como el arsénico inorgánico en aguas subterráneas, debido a su alta composición en polisacáridos, proteínas y lípidos. Estos componentes contienen grupos funcionales como carboxilos, hidroxilos y aminos, que pueden unirse a metales pesados a través de procesos de intercambio iónico y adsorción superficial (27–29).

Adicionalmente, la pectina presente en la cáscara de la naranja tiene potencial de adsorción o captura de estos contaminantes (metales pesados como el arsénico), especialmente cuando se mejora químicamente el material para optimizar su capacidad adsorbente (27–29).

Un ejemplo de lo señalado anteriormente, incluye el secado, molienda y tratamiento químico con agentes como NaOH, que incrementa la propiedad de intercambio iónico de la corteza del fruto

y optimizando la exposición de aquellos grupos funcionales activos. Esto permite una mayor eficiencia en la captura de metales como arsénico, cromo y plomo, con un costo bajo y un impacto ambiental mínimo comparado con los métodos tradicionales (30,31).

Estudios específicos sobre la remoción de arsénico han indicado que tanto el arsenito (As^{3+}) como el arsenato (As^{5+}), presentes comúnmente en aguas contaminadas, pueden ser efectivamente eliminados mediante el uso de biomateriales como la cáscara de naranja, ayudando a reducir riesgos a la salud, tales como el cáncer y enfermedades cardiovasculares causadas por exposición prolongada a este metal pesado (30,31).

De acuerdo a lo señalado anteriormente, estudios como el de Abid et al. (30) evaluaron la capacidad de cáscaras de naranja naturales (NOP) y carbonizadas (COP) para adsorber arsenato (As(V)) en agua. Los experimentos demostraron que el COP, tratado con ácido sulfúrico, fue más eficiente, alcanzando una eliminación de As(V) del 98% frente al 68% de NOP, con una dosis óptima de 4 g/L y mayor capacidad de sorción (60,9 mg/g frente a 32,7 mg/g). La máxima sorción ocurrió a pH 6,5, y el modelo de Langmuir describió

mejor el proceso. Las características del COP, como su estructura porosa y grupos funcionales (-OH, -COOH, -NH), explicaron su mayor eficacia, con menor desorción (10% vs. 26% en NOP) tras tres ciclos de regeneración. Este método resalta el potencial de convertir biorresiduos en materiales de alta capacidad adsorbente.

Otra investigación, como la de Shehzad et al. (29) destacaron el potencial de las cortezas de naranja reforzadas o modificadas como adsorbentes para la disminución de arsénico inorgánico (As(III)) en medios acuosos, como el agua. Así, al manipular las cáscaras con nanopartículas magnéticas y someterlas a calcinación, se obtuvo un material (CMOPC) con propiedad adsorbente 10,3 mg/g, superior a otros adsorbentes similares. Esto se atribuye a su gran superficie, porosidad y abundancia de sitios activos. El mecanismo de adsorción incluyó el intercambio de ligandos y la oxidación parcial a As inorgánico V, con una adsorción rápida superficial. Además, CMOPC mostró buena resistencia a interferencias iónicas, capacidad de regeneración y efectividad en condiciones reales, posicionando las cáscaras de naranja como un adsorbente económico y eficiente para remediación de agua contaminada.

De igual manera, el estudio de Tabssum et al. (31) demostró la efectividad de la corteza de la naranja como bioabsorbente para la remediación de As en agua subterránea contaminada. En experimentos a escala de columna, la cáscara de naranja, junto con otros biosorbentes, logró una eliminación del 100% de As en agua subterránea con concentraciones de hasta 10 µg/L en una hora y del 90% para concentraciones más altas (50 µg/L). Después de 2 horas, eliminó completamente As de las soluciones, excepto en las de 100 µg/L. La FTIR reveló que los grupos funcionales en la superficie de los biosorbentes jugaron un papel clave en la remoción. Este enfoque posiciona a la cáscara de naranja como una solución económica y sostenible para reducir el As en agua potable a niveles seguros según la OMS (<10 µg/L).

A nivel nacional, el estudio de Quispe-Pampa et al. (32) analizó la efectividad de la corteza de naranja en forma pulverizada con actividad remediadora para disminuir el As en aguas contaminadas de origen subterráneo en Juliaca, Perú. Se identificó un valor inicial de As de 1.351 mg/L y se realizaron cinco tratamientos, descubriéndose que una combinación de 2.5 g de cáscara de naranja y 2.5 g de cáscara de plátano, aplicada durante

24 horas, disminuyeron las cantidades de As 0.0988 mg/L en el tratamiento más efectivo. El autor señala; como principal hallazgo, que la cáscara de naranja es un adsorbente económico y eficaz para la remediación de aguas contaminadas, con un gran potencial para su uso en diferentes áreas.

Finalmente, a nivel local, el estudio de Torres et al. (28) realizó lo siguiente: “Analizó la utilización de la cáscara de naranja como bioadsorbente para eliminar As del agua del río Locumba, en Tacna, Perú. Mediante un diseño experimental Box-Behnken, se optimizaron las variables de dosis de bioadsorbente, tiempo de contacto y temperatura. Los resultados indicaron que la dosis de cáscara de naranja y el tiempo de contacto fueron factores clave, alcanzando una remoción de arsénico de hasta el 98%. Esto demuestra el potencial de la cáscara de naranja como una opción económica para el tratamiento de aguas destinadas para el consumo humano con presencia elevada de As, aunque se sugieren más investigaciones para validar su uso a gran escala”.

2.2.2. La Yarada, Tacna

La Yarada está mayormente conformada por agricultores. No obstante, hay pobladores que se dedican a la pesca en menor escala en la región costera de la Playa de Los Palos (33).

Aproximadamente el ochenta por ciento de la población total está compuesto por residentes económicamente comprometidos que residen en la Yarada, Los Palos. Las siguientes agrupaciones sociales se han establecido en esta zona: - 80% de Agricultores – 9% de Pescadores – 6% Pescadores en la granja. El 4,4% de la población está compuesta por visitantes ocasionales, veraneantes y turistas. Inmigrantes e inmigrantes componen la población

El “Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)” describió que este distrito cuenta con una población estable de 16,245 residentes a lo largo del año, lo que equivale al 1,6% del total de la región de Tacna. Ello, considerando además que, la estimación de proporción de crecimiento demográfico para toda la región de Tacna es superior al 2% (33).



Gráfico 1. Distrito de la Yarada Los Palos, en la ciudad de Tacna

Fuente: *World map – Satellite*

2.2.2.1. Situación de la calidad de agua destinada para consumo

El suministro de agua potable proviene de un sistema de aguas subterráneas, que a su vez comparte las mismas fuentes que se utilizan para fines agrícolas. Estas fuentes no sólo sufren cloración domiciliaria, sino que no pasan por ningún tipo de preparación, lo que hace que no cumplan con los criterios de calidad que señala el “Decreto Supremo N° 031-2010: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.” (33).

2.2.3. Acuífero la Yarada en la cuenca Caplina

De acuerdo a estudios geográficos, los cuales señalan que: “Los acuíferos de la cuenca del río Caplina se localizan en laderas, montañas y el fondo del valle, y se clasifican en fisurados (rocas sedimentarias y volcánicas) y porosos no consolidados (depósitos cuaternarios). El área de estudio La Yarada Los Palos pertenece a los acuíferos porosos no consolidados, formados por gravas y arenas fluviales, en condición semiconfinada” (6,18).

El estudio realizado por la INRENA precisa que: “La Yarada y Viñani se extraen 63.03 m³ de agua subterránea, principalmente de pozos (62.78 m³) y en menor medida de afloramientos (0.25 m³). Los flujos subterráneos se mueven de noroeste a suroeste y son interceptados para uso agrícola y consumo humano” (6,18).

Por último, de acuerdo al informe señalado anteriormente: “Los acuitardos, de baja permeabilidad, regulan la dirección y almacenamiento del agua subterránea, destacando unidades como el Complejo Basal de la Costa y acuíferos Chocolate, Guaneros, Samanape, Tarata, Maure y rocas intrusivas” (6,18).

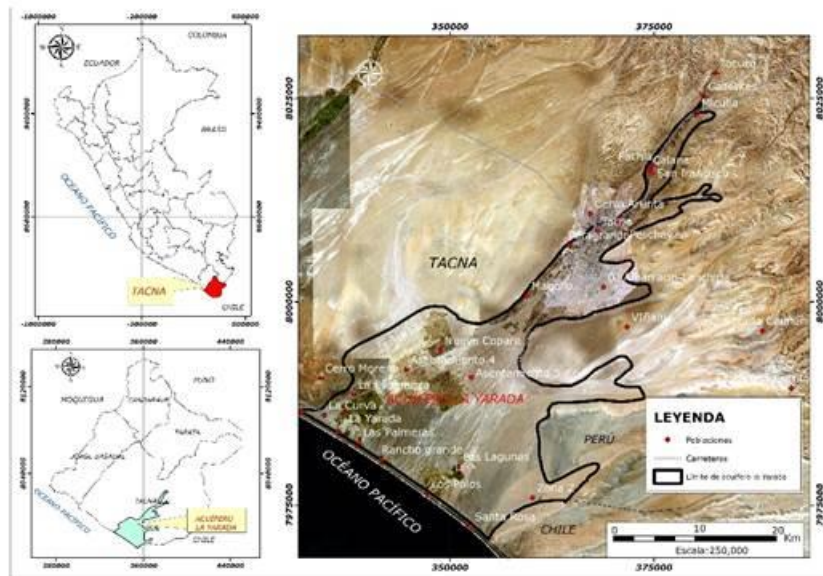


Gráfico 2. Acuífero la Yarada en la cuenca Caplina

Fuente: *World map – Satellite*

2.2.4. Arsénico

Es una sustancia sólida de color gris metálico utilizada en diversos procesos industriales, como el vidrio y producción de ciertas sustancias químicas. Algunas de ellas, con perfil tóxico reconocido. Asimismo, se ha señalado que el arsénico es cancerígeno y que daña la piel, los riñones, la vesícula biliar y los pulmones (9,13).

Fuentes bibliográficas indican que: “La cantidad de aproximadamente 2 partes por millón (ppm) que puede descubrirse

localizada en la superficie del planeta se distribuye de forma desigual. Esta sustancia puede encontrarse en las aguas naturales, que se crean como resultado de la erosión de los elementos rocosos de la superficie y de las rocas volcánicas. Las aguas naturales son una fuente de información. Además de su aplicación en la producción de semiconductores, láseres y transistores, el arsénico también se utiliza en la fabricación de vidrio, tintes, adhesivos metálicos, procesos de curtido, insecticidas y medicamentos. También se utiliza en la industria textil (9,13).

El arsénico, cuyas propiedades son comparables a las del fósforo, se encuentra en la naturaleza en los minerales cuproso, níquel, hierro, sulfuro y óxido. Forma enlaces covalentes con el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. Puede encontrarse en el agua en forma de arseniato y arsenito. Los compuestos derivados de él se utilizan en la producción de insecticidas, herbicidas, conservantes de la madera, suplementos para el ganado, fabricación de vidrio, cerámica, aleaciones de cobre y plomo y ciertos medicamentos antiparasitarios.

Las principales fuentes de contaminación atmosférica son la combustión del carbón y la fundición de metales, mientras que los alimentos marinos, como ostras y almejas, pueden contener altos niveles de arsénico, elevando el riesgo dietario” (9,13).

En el estado de oxidación +5, el arsénico es menos venenoso que en el estado +3, y las moléculas orgánicas son menos nocivas que los compuestos inorgánicos. En el ser humano, la dosis oral mortal de FeO (III) puede ser superior a 10 mg, encontrándose tolerancia biológica hasta 300 mg, mientras que los niveles sanguíneos que se consideran tolerables son inferiores a 5 µg/L (9,13).

Una de las formas de exposición más frecuente a este elemento es por medio del consumo de alimento contaminados. El arsénico orgánico, que suele encontrarse en estos, tiene una toxicidad menor en comparación con los compuestos inorgánicos, los cuales están presentes en menor proporción (9,13).

La inhalación y la aplicación tópica son otros dos métodos de exposición que podrían investigarse y considerarse. Como resultado

de su predilección por los radicales sulfhidrilos y su capacidad para unirse entre los grupos de cisteína y glutatión, es el principal responsable de su capacidad destructiva. Provoca la descomposición del tejido adiposo en diversas vísceras. Los efectos que provoca la toxicidad del arsénico difieren según se trate de una exposición aguda o crónica (9,13).

2.2.4.1. Exposición aguda

Estudios señalan que: “Existe la posibilidad de que los síntomas provocados por este tipo de intoxicación se manifiesten en cuestión de minutos u horas. El inicio de los síntomas se acelera si el arsénico está disuelto o si el afectado tiene el estómago vacío. Si la intoxicación se produce en el tubo digestivo, el paciente puede experimentar un dolor comparable al de los retortijones gástricos. Diarrea, regurgitación y dolor de estómago son algunos de los síntomas adicionales que pueden experimentarse. Las víctimas de una intoxicación aguda también pueden sufrir daños en el sistema cardiovascular, como vasodilatación y depresión miocárdica, entre otras posibles complicaciones. Además, existe un riesgo de que se generen lesiones en el sistema nervioso central, lo que puede

provocar locura, estado comatoso o convulsiones. Además, causa daños en los riñones que, si son lo suficientemente graves, pueden provocar la muerte. Daños en el hígado, insuficiencia renal y neuropatía periférica son otras de las enfermedades crónicas que pueden causar las complicaciones de este trastorno” (9,13).

2.2.4.2. Exposición crónica

Estudios han señalado las siguientes afecciones: “Las manifestaciones son de carácter multisistémico, destacándose síntomas como debilidad, degeneración muscular, cefaleas, neuropatía periférica, retención de líquidos, alteraciones cutáneas, así como afectaciones en los sistemas gastrointestinal, respiratorio, hepático, renal y daño en el sistema nervioso central. Además, existe una alta incidencia de desarrollar cáncer de pulmón, piel, hígado, riñones y vejiga, así como casos documentados de leucemia” (1,9,13).

2.2.4.3. Límite máximo permisible en frutas

La normativa internacional precisa que: “Los niveles de arsénico en la litosfera están comprendidos entre 1,5 y 2 partes por millón (ppm), y la mayor parte del arsénico se encuentra en forma de arseniatos (60%), sulfuros y sulfosales (20%) y diversos compuestos como arseniuros, arsenitos, óxidos y silicatos (20%). El arsénico puede encontrarse en diversos minerales, como la galena, la pirita, la asferalita y la calcopirita. Además, el arsénico puede encontrarse en depósitos de azufre, como la arsenopirita. Las cantidades de este elemento están en el rango de 0,2 y 40 mg/kg en la superficie, mientras que la cantidad en el aire urbano es de aproximadamente 0,02 µg/m³. La forma más común en que se ingiere el arsénico es a través del agua. Además, la contaminación puede producirse a través del suelo, el agua, la ingestión, la inhalación o el contacto con la piel, y también puede tener efectos en los cultivos que se realizan en lugares contaminados.” (1,9,13).

Tabla 3. LMP de arsénico en frutas según MERCOSUR

Categoría	Límite máximo (mg/Kg)
Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas	0.3

Fuente: MERCOSUR (34)

2.2.4.4. Toxicidad ecológica del arsénico

- **Persistencia:** Puede experimentar cambios, pero posee propiedades que le permiten mantenerse estable y persistir en el medio ambiente (7,9).
- **Bioacumulación-Biomagnificación:** En forma de compuestos orgánicos de arsénico, la vida marina puede contener niveles traza de arsénico que oscilan entre menos de uno y más de cien miligramos por kilogramo. Ejemplos de estos compuestos son los arsenoazúcares, que se encuentran en las arsenobetainas, y las macroalgas, que se encuentran en peces y criaturas no vertebradas. (7,9).

Sobre la bioacumulación, la bibliografía señala que: “Se refiere al proceso por el que el arsénico orgánico, procedente de compuestos inorgánicos de arsénico, se acumula en el interior de estos organismos. La acumulación de sustancias arsenicales es menor en los animales que no tienen columna vertebral y en los peces que viven en agua dulce; en cambio, la bioacumulación de arsénico orgánico es superior en la fauna marina. Al mismo

tiempo que el arsénico puede acumularse en la flora terrestre mediante mecanismos de absorción que se producen a través de las raíces de las plantas en el suelo, también puede acumularse mediante la adsorción de sustancias arsenicales que son transportadas y depositadas en las hojas de muchas plantas con la ayuda del viento. Las cantidades de arsénico que se detectan en la biota obtenida de suelos que han sufrido el impacto de la actividad humana o en regiones con actividad geotérmica son significativamente superiores” (7,9).

- **Presencia y liberación en el medio ambiente:** Como resultado de las altas temperaturas que generan las centrales eléctricas de carbón, se libera al medio ambiente, así como mecanismos de la ignición de vegetales y cortezas volcánicas. Una parte importante del arsénico que se libera a la atmósfera se encuentra en forma de As_2O_3 , que es dispersado por el viento y luego depositado de nuevo en la atmósfera a través de un proceso que puede ser húmedo o seco. Hay cuatro tipos diferentes de arsénico que pueden encontrarse disueltos en el agua. Se trata del: “arseniato, el arsenito, el ácido metilarsónico y el ácido dimetilarsónico”. Se ha descubierto que casi la mayoría del arsénico presente en

residuos y fluidos con altas concentraciones de oxígeno es arsénico con estado de valencia 5, lo que da lugar a la formación de arseniatos. El comportamiento de determinados compuestos de arsénico, que se caracterizan por su capacidad para adherirse fácilmente a las superficies arcillosas y a la materia orgánica, influye en la forma en que estas sustancias afectan al medio ambiente. Existen al menos tres procesos químicos distintos responsables de la biotransformación del arsénico en el medio ambiente. Estos mecanismos incluyen la «oxidación-reducción» entre moléculas conocidas como «arsenito» y «arsenato», la «reducción» y «metilación del arsénico» y la «biosíntesis de compuestos orgánicos» del «arsénico». (7,9)

2.2.4.5. Toxicocinética

- **Absorción.** Estudios han descrito que: “Las ingestas a través de la boca, el sistema respiratorio y la piel son las más comunes. Debido a la presencia de partículas en la atmósfera, éstas pueden absorberse de dos formas distintas: en primer lugar, a través de la deposición de partículas en los distintos órganos, como los que componen el sistema respiratorio; y en

segundo lugar, a través de la absorción de arsénico de las partículas que se han depositado”. Ambos métodos son posibles. El mecanismo de absorción a nivel pulmonar se ha establecido de la siguiente manera: “La absorción en los pulmones se ve influida por una serie de parámetros, como el tamaño de las partículas, la forma química del fármaco y la solubilidad del material. Las partículas con un diámetro superior a 10 μm se depositan en el tracto respiratorio superior, mientras que las partículas con un diámetro comprendido entre 5 μm y 10 μm se depositan en la tráquea. En virtud de su pequeño tamaño, las partículas con un diámetro inferior a 2 μm tienen el potencial de atravesar sin esfuerzo la estructura de los alvéolos. Debido a su capacidad para disolverse en agua, los compuestos orgánicos arsenicales son fácilmente absorbidos por el sistema respiratorio y luego asimilados por el sistema inmunitario. El hecho de que sean liposolubles facilita su migración a través de las membranas celulares, lo que explica este fenómeno.” Por otra parte, respecto al tracto gastrointestinal, este absorbe más del 90% de arsénico ingerido, y esto es cierto tanto para las personas como para los animales (1,9,13).

- **Distribución.** La bibliografía señala que: “Existe una mayor concentración de arsénico en el hígado y los riñones, pero también puede encontrarse en los músculos, huesos, corazón y el tejido pulmonar, así como en los órganos del sistema digestivo, como el páncreas y el bazo; en el sistema neurológico, como el cerebro; y en otras partes del cuerpo, como la piel, el cabello y las uñas. El fosfato es más similar en comportamiento al As+5. La producción de ADN y ATP es llevada a cabo por moléculas esterificadas de ácido fosfórico, las cuales son más estables que sus componentes originales” (1,9,13).

Los arseniatos, cuando se incorporan al ATP y crean moléculas comparables, sufren una hidrólisis rápida, lo que tiene un efecto deletéreo sobre el metabolismo oxidativo y, en consecuencia, sobre la creación de ATP. Esto es algo a tener en cuenta y se ha evidenciado que: “El arsénico de valencia 3, en cambio, tiene una gran afinidad por los radicales tiol que se encuentran en los polipéptidos. Enzimas como la piruvato deshidrogenasa y la 2-oxoglutarato deshidrogenasa se encuentran entre las que pueden quedar inactivas como consecuencia de este agente” (1,9,13).

Los compuestos conocidos como monometilarsenato (M.M.A.) y dimetilarsenato (D.M.A.) son capaces de formar interacciones débiles con moléculas biológicas humanas. Por esta razón, la toxicidad aguda provocada por estas especies de arsénico es menor en comparación con las especies inorgánicas. Además, se ha detectado arsénico en la leche materna, así como en el embrión o feto debido a que puede atravesar la barrera placentaria. (1,9,13).

- **Metabolismo.** “Las actividades de oxidoreducción que se producen en el arsenato y el arsenito van seguidas de reacciones de metilación que los convierten en monometilarsenato (MMA) y dimetilarsenato (DMA), respectivamente. Estas son las formas orgánicas de arseniato y arsenito menos tóxicas y que se eliminan por la orina. Existe una teoría que sugiere que la metilación y la excreción tienen menos éxito cuando el arsénico está expuesto durante un periodo de tiempo prolongado” (1,9,13).
- **Eliminación.** Se ha estudiado que: “El arsénico puede encontrarse en la leche materna, el pelo y las secreciones

biliares, además de eliminarse a través de la orina y las heces. El DMA, también conocido como dimetilarsenato, es el metabolito primario. En general, el porcentaje de DMA que se elimina oscila entre el cuarenta y el sesenta por ciento; en el caso del arsénico inorgánico, se elimina entre el veinte y el veinticinco por ciento, y en el caso del monometilarsenato (MMA), se elimina entre el quince y el veinticinco por ciento.” (1,9,13).

2.2.4.6. Toxicodinamia

Estudios señalan que: “La toxicidad del arsénico depende del tipo de contaminación, de su valencia y de su estructura química, ya sea orgánica o inorgánica, siendo los compuestos inorgánicos los más perjudiciales. Las formas $As+3$ son más lesivas que las de valencia $As+5$ ” (1,9,13).

- **Mecanismo de toxicidad:** En síntesis, diversos estudios han señalado que: “Debido al hecho de que los compuestos arsenicales trivalentes son extremadamente comparables a los radicales sulfhidrilos que se encuentran en las proteínas, las enzimas que contienen grupos -SH son particularmente

susceptibles a los efectos tóxicos de esta sustancia química. El As+5 tiene la capacidad de competir con los radicales fosfato, lo que puede repercutir en la producción de ATP y ADN. Sin embargo, comprender el alcance de su toxicidad es un reto debido al hecho de que se reduce a As+3 dentro del organismo. El arsénico es capaz de formar enlaces covalentes y enlazarse con un átomo de azufre mediante radicales conocidos como «sulfhidriltiol». Por lo tanto, el arsénico inorgánico con un estado de oxidación de tres entra en la ruta de la «piruvato oxidasa», donde se une a los radicales «sulfhidrilo» de los 35 polipéptidos. Además, el arsénico inorgánico compite con el «fosfato inorgánico», lo que provoca la supresión de la «fosforilación oxidativa y el desplazamiento del fósforo» (1,9,13).

- **Biotransformación.** “Las reacciones «oxidativas» y de «metilación» que tienen lugar en el tejido hepático son las responsables de su metabolismo. Una primera metilación da lugar a la síntesis de «ácido monometilarsónico», también conocido como A.M.M., y luego, en la metilación subsiguiente, se genera el «ácido dimetilarsónico», también conocido como A.D.M. Esto es lo que se conoce como «biotransformación» de

iAs+3. La S-adenosinmetionina es un dador de radicales que sirve como forma reductora y como desintoxicante porque cede electrones y transporta arsénico. Además, es un dador de radicales que se compone de metilo y glutatión” (1,9,13).

- **Síntomas gastrointestinales:** Respecto a lo siguiente, se ha evidenciado que: “Dado que el trióxido de arsénico es una sustancia cáustica que tiene el potencial de adherirse a la mucosa del estómago, se caracteriza por una gastroenteritis hemorrágica. Esta afección puede producir náuseas y vómitos, aliento con olor a ajo, dolor abdominal y diarrea acuosa. Es posible que las sustancias químicas inorgánicas del arsénico, principalmente los compuestos trivalentes, causen hiperemia esplácnica moderada cuando están presentes en niveles pequeños. Además, se produce un edema que provoca la formación de vesículas bajo la mucosa del estómago en los intestinos. Cuando estas vesículas se rompen, liberan diminutos trozos de piel y plasma que migran a los intestinos, donde se coagulan. Es la combinación del daño que se produce en estos tejidos y la acción de limpieza que provoca el movimiento del agua desde la región de mayor concentración de líquido hasta la

parte interna del intestino lo que da lugar a la hiperperistalsis y a la diarrea compuesta por agua. Es imposible que el epitelio se recupere con normalidad, lo que provoca más daños. En consecuencia, las heces se convierten en una sustancia sanguinolenta” (1,9,13).

- **Efectos sobre los riñones:** Como consecuencia de ello, se crea proteinuria a nivel renal, donde los glomérulos son los más dañados. La necrosis y la degradación de los túbulos también van a tener lugar en este punto. La presencia de sangre y polipéptidos en la orina, además de la oliguria, son síntomas que se asocian a la intoxicación por arsénico. (1,9,13).
- **Efectos sobre la piel:** En un corto periodo de tiempo, los productos químicos del arsénico inducen daños en la piel que no pueden repararse, lo que en última instancia provoca necrosis. La hiperqueratosis, que suele manifestarse en el interior de las manos y los pies, así como la hiperpigmentación en el tronco y las extremidades, son dos cosas que producen en el transcurso de un largo periodo de tiempo. Después de algún tiempo, estos

problemas pueden dar lugar a atrofia y degeneración, así como cáncer (1,9,13).

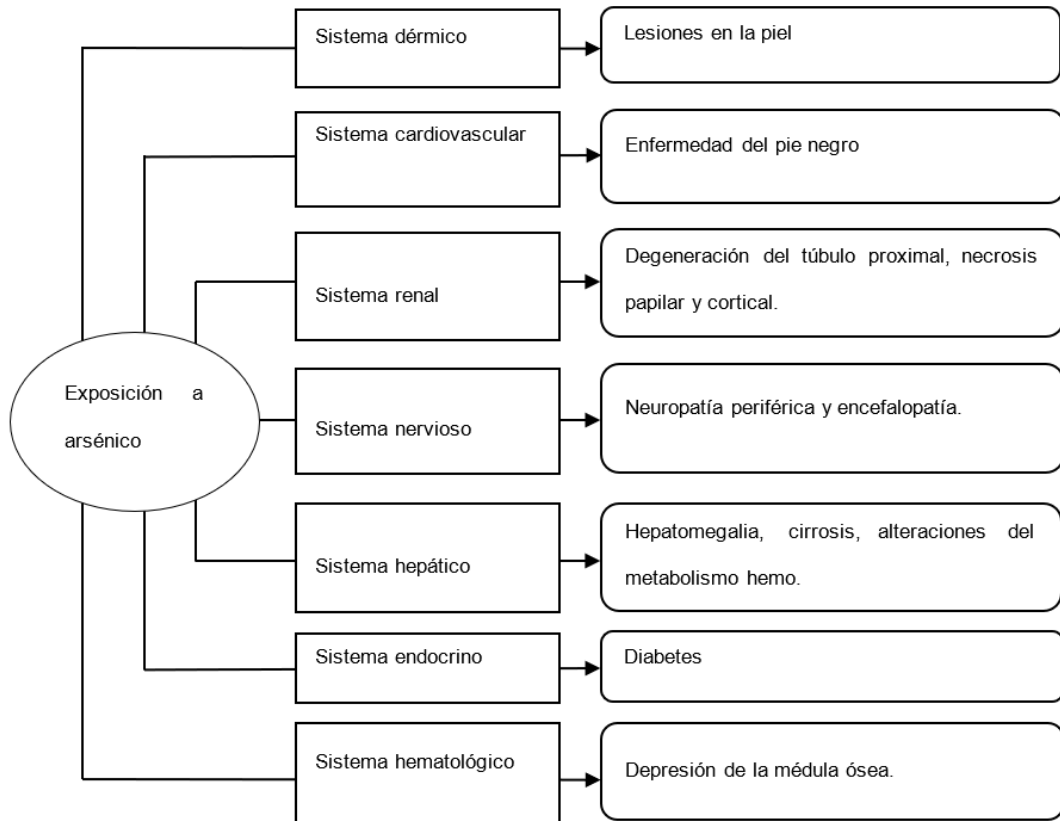
- **Efectos cardiopulmonares:** A este nivel, algunos autores explican que: “La cardiomiopatía congestiva, el alargamiento del intervalo QT que provoca taquicardia ventricular polimórfica, el edema pulmonar brusco cardiogénico o no cardiogénico, la disminución de la tensión arterial y, en casos graves, la mortalidad son síntomas que puede provocar la exposición al arsénico. Cuando el arsénico inorgánico está presente en bajas concentraciones, provoca una leve vasodilatación, que a su vez causa edema, sobre todo en la cara. Los capilares se dilatan cuando se administran dosis más altas, lo que también provoca la aparición de edema y una reducción significativa del volumen de los vasos sanguíneos. Un periodo prolongado de intoxicación puede provocar la aparición de gangrena en las extremidades, sobre todo en los pies” (1,9,13).
- **Efectos neurológicos:** Además del coma, también pueden observarse síntomas como delirio, confusión, agitación, encefalopatía, convulsiones, alteraciones sensoriales que

causan malestar agudo, astenia, parálisis y dificultad respiratoria. Además, la neuropatía periférica sensoriomotora puede manifestarse a lo largo de varios días tras una intoxicación grave. Es posible comparar este síndrome con el síndrome de Guillain-Barré (1,9,13).

- **Toxicidad Sanguínea:** Estudios han señalado que: “Los compuestos inorgánicos de arsénico afectan el tejido de la médula ósea y causan alteraciones en la estructura celular sanguínea. También se origina anemia, una disminución leve o moderada de leucocitos, así como eosinofilia” (1,9,13).
- **Toxicidad Hepática:** En cuanto a este tipo de toxicidad, estudios señalan que: “Los compuestos de arsénico, tanto inorgánicos como orgánicos, son en gran medida hepatotóxicos y provocan infiltración del tejido adiposo, necrosis y cirrosis. Los compuestos inorgánicos del arsénico también son hepatotóxicos. Los daños pueden ser desde relativamente leves hasta extremadamente graves e incluso mortales. En la mayoría de las situaciones, los efectos se manifiestan en el tejido parenquimatoso del hígado;

no obstante, en ciertos casos, esta enfermedad puede ser similar a una obstrucción típica del conducto biliar” (1,9,13).

- **Otros síntomas:** Transcurridos varios meses tras la intoxicación, comienzan a formarse líneas blanquecinas, también conocidas como líneas de Mees-Aldrich, en las uñas. Otros síntomas reportados son: “Disminución de glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas, así como rabdomiólisis, aplasia de médula ósea o calvicie. Sin embargo, el arseniuro de hidrógeno o arsina, que tiene cierta solubilidad en el agua, provoca daños en los tejidos sanguíneos, lo que en última instancia da lugar a una hemólisis rápida y grave. El arsénico elemental no es una sustancia muy peligrosa. Los efectos de este gas se manifiestan a las veinticuatro horas de haber estado expuesto a él.” (1,9,13).



Fuente: Extraído de la investigación de Ale-Mauricio (35)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Metales pesados:** Son sustancias propias de la Tierra, con peso molecular alto, y usados; por lo general, en actividades metalúrgicas (22).

- **Intoxicación:** Es una respuesta ocasionada por la exposición, inhalación o consumo de un xenobiótico o sustancia tóxica en organismos vivos (22).
- **Bioadsorbente:** Es un material de origen biológico que se utiliza para adsorber (retener en su superficie) metales presentes en concentraciones muy bajas (trazas) en soluciones acuosas, como aguas residuales, ríos o ambientes contaminados. Estos materiales son capaces de capturar y fijar metales pesados debido a la presencia de grupos funcionales en su estructura que interactúan químicamente con los metales (22).
- **Biotransformación:** Proceso mediante el cual los organismos vivos, principalmente en el hígado y otros tejidos, convierten el arsénico en diferentes formas químicas. Este proceso es parte del mecanismo de detoxificación, pero puede resultar en la formación de compuestos tanto menos como más tóxicos que el arsénico original (22).

- **Antídoto:** Sustancia o tratamiento que se utiliza para contrarrestar o neutralizar los efectos nocivos de un veneno o toxina en el organismo (22).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Cuantitativa: Porque se recopila información de variables numéricas y se emplea estadística descriptiva e inferencial para responder a las preguntas de investigación (19).

Básica: Porque se pretende generar y ampliar el conocimiento sobre la presencia de arsénico en los frutos de los árboles de naranjo, sin aplica una intervención específica para alterar la naturaleza de la variable de interés (19).

3.1.2. Diseño de investigación

Transversal: Porque la medición de la variable de interés se realizó en un momento puntual del tiempo (19).

3.1.3. Nivel de la investigación

Descriptivo: Porque la presente investigación observa y describe las características o fenómenos de la variable de interés y no se emplean métodos que manipulen su naturaleza (36).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población del estudio corresponde a la producción de 269 hectáreas del fruto de naranjo - variedad Washington Navel que se cultivan en el distrito de la Yarada, Tacna.

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 15 pares de naranjas recolectadas aleatoriamente en dos zonas de cultivo del distrito de la Yarada. El tamaño de muestra fue discrecional a criterio del investigador.

3.2.2.1. Criterios de inclusión

- Naranjas que permanecen en el árbol de naranjo
- Naranjas que se encuentran en las zonas de cultivo pertenecientes al distrito de la Yarada

3.2.2.1. Criterios de exclusión

- Naranjas almacenadas
- Naranjas en mal estado
- Naranjas que se encuentren en la base del árbol

3.3. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.3.1. Recolección de las muestras de los frutos de naranjo

El procedimiento fue el siguiente: “Se recogieron 15 pares de naranjas en las parcelas del distrito de La Yarada – Tacna. Las muestras fueron obtenidas los días 01 y 02 de mayo de 2024, en bolsas de polietileno seguras con cierre hermético, debidamente

etiquetadas de acuerdo con el origen del mercado. Estas fueron almacenadas y transportadas al “Laboratorio de análisis de Ensayo y Control de Calidad” de la “Universidad Católica de Santa María de Arequipa”, asegurando las condiciones adecuadas de conservación y transporte, garantizando en todo momento un rango óptimo de temperatura de 5 a 10°C.”

3.3.2. Técnica analítica para la determinación de arsénico en naranjas

Se utilizó la técnica de “Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES)” para medir la absorbancia y determinar el contenido de arsénico en las muestras de naranja. Esta técnica permite medir varios elementos a la vez con bajos límites de detección, aunque presenta desventajas como la pérdida de metales volátiles durante la incineración y posibles contaminaciones en el proceso. El procedimiento fue el siguiente: “Las muestras fueron secadas a 105°C, trituradas y pesadas con precisión, y luego digeridas con ácido nítrico. Los estándares fueron preparados con soluciones de 1000 mg/L de arsénico y diluidos con agua desionizada. El análisis se realizó usando un espectrómetro

ICP-OES Spectro Arcos (SPECTRO, Alemania), y las muestras fueron digeridas en un sistema de microondas.

Las muestras de 0.5 g fueron remojadas en HNO₃ concentrado durante la noche. Al día siguiente, se digirieron en dos etapas usando un microondas: primero a 180°C por 15 minutos, luego se añadió peróxido de hidrógeno y se repitió el proceso. Las muestras fueron digeridas por triplicado y una muestra adicional se trató con As (V) para calcular las recuperaciones. Para garantizar la precisión, se realizaron experimentos de recuperación y todo el proceso se realizó en un laboratorio especializado en metales tóxicos. Los blancos de reactivo se prepararon de igual forma que las muestras.”

3.2.2.1. Equipos, materiales y reactivos

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»

Materiales

- «Matraces volumétricos de vidrio “(10 ml y 100 ml)”
- Pipetas volumétricas “(5 ml y 10 ml).”
- Probeta de 100 ml
- Beakers de 150 m.
- Luna de reloj»

Reactivos para la cuantificación de arsénico

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

3.2.2.1. Preparación de las muestras

Se realizó lo siguiente: “La muestra se homogeneizó utilizando un procesador de alimentos y se pesaron 3 g en un vaso de precipitados de 150 ml. Se sometió a digestión con ácido utilizando 10 mL de HNO_3 (CC) (50:50), y se calentó a 70 °C,

agitando constantemente hasta que se secó por completo. Después, se añadieron 2 mL de ácido perclórico y se aplicó calor hasta que la muestra se secó. Luego, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se disolvió con agua purificada. Posteriormente, se trasvasó volumétricamente a una frasca de 50 mL, se completó hasta el volumen con diluyente y se homogenizó”.

3.2.2.1. Preparación de la curva de calibración

Se siguió este procedimiento: “Tras la transferencia volumétrica de 10 mililitros del patrón de cadmio a un matraz aforado que contenía 100 mililitros, se utilizó agua ultrapura para llevar el volumen hasta el nivel deseado.

Tras la transferencia volumétrica de 10 mililitros de la solución descrita a un matraz aforado de 100 mililitros, se completó el volumen con diluyente.

Tras trasvasar 10 ml de la solución descrita a un matraz aforado de 100 mL, se completa el volumen con diluyente.

Después de transferir 2 mililitros de la solución descrita anteriormente a un matraz aforado con capacidad de 100 mililitros y llevarla a su volumen con diluyente, utilícela inmediatamente. Para la calibración se utilizan concentraciones de cinco $\mu\text{g/L}$, diez $\mu\text{g/L}$, quince $\mu\text{g/L}$ y veinte $\mu\text{g/L}$. Estas concentraciones se crean usando el mismo equipo, utilizando el estándar de 20 $\mu\text{g/L}$ como punto de partida.”

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1. Estadística descriptiva:

Se utilizaron medidas de resumen, como de tendencia central (promedio y mediana), dispersión (desviación estándar) y posición (percentiles, asimetría y curtosis) para describir la información de las variables numéricas.

En cuanto a las variables cualitativas o categóricas, como dicotómicas y politómicas, se muestran mediante tablas de frecuencia relativas y absolutas.

3.4.1. Estadística inferencial

Se realizaron pruebas de hipótesis para evaluar los objetivos específicos. Para ello, primero se examinó la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y el análisis de los criterios de la variable de interés (concentraciones de arsénico en naranjas), con el objetivo de determinar si los datos seguían una distribución normal o no normal.

Se empleó estadística no paramétrica para la prueba de hipótesis, utilizando la prueba de U de Mann-Whitney y la prueba de correlación de Spearman.

Todos los análisis estadísticos se procesaron en el software estadístico STATA, versión 18. Asimismo, para todos los análisis bivariados y de contrastes de hipótesis se definió un valor p significativo de 0,05.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivos:

4.1.1. Objetivo principal: Determinar el contenido de arsénico en frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivan en la Yarada de Tacna, 2024.

Tabla 4. Concentraciones de arsénico de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024.

Código de muestra	Arsénico (mg/Kg)			Valor referencial MERCOSUR (0,3 mg/Kg)
	Muestra	Contramuestra	Valor final	
M-01	0.0003	0.0003	0.0003	Inferior
M-02	0.002	0.002	0.002	Inferior
M-03	0.0001	0.0001	0.0001	Inferior
M-04	0.0001	0.0001	0.0001	Inferior
M-05	0.0002	0.0002	0.0002	Inferior
M-06	0.0002	0.0002	0.0002	Inferior
M-07	0.0005	0.0005	0.0005	Inferior
M-08	0.0001	0.0001	0.0001	Inferior
M-09	0.0002	0.0002	0.0002	Inferior
M-10	0.0001	0.0001	0.0001	Inferior
M-11	0.0002	0.0002	0.0002	Inferior
M-12	0.0001	0.0001	0.0001	Inferior
M-13	0.001	0.001	0.001	Inferior
M-14	0.0002	0.0002	0.0002	Inferior
M-15	0.0001	0.0001	0.0001	Inferior

Fuente: Reporte de los análisis de las muestras realizados por el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la UCSM.

Interpretación:

Se recolectaron y analizaron 15 pares de muestras en total de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024. Para cada muestra, se realizaron dos lecturas (muestra y contramuestra) con la finalidad de tener mayor precisión y confiabilidad en los resultados. El valor final corresponde a las concentraciones de arsénico consideradas para los análisis estadísticos. En cuanto a los valores referenciales establecidos por MERCOSUR, todos los resultados de los análisis evidencian que las concentraciones de arsénico son inferiores.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de resumen de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024.

Descriptivos	Arsénico (mg/Kg)
Tamaño de muestra (N)	15
Promedio	0,0004
Mediana (Me)	0,0002
Desviación estándar (DS)	0,0005
Valor mínimo	0,0001
Valor máximo	0,002
Coficiente de asimetría	2,52
Curtosis	8,34

Fuente: Ficha de recolección de datos.
Elaboración propia.

Interpretación:

La concentración promedio de arsénico de las 15 muestras analizadas de los frutos de naranjo fue de 0,0004 mg/Kg, con una DS de 0,0005. Esto representa que los resultados de arsénico son muy próximos al promedio de la muestra (tienen poca variabilidad). Asimismo, el valor máximo encontrado fue de 0,002.

Por último, las medidas de posición, como el coeficiente de asimetría y curtosis, al ser mayores de 0 y 3, respectivamente, sugieren que el conjunto de datos, es decir las concentraciones de arsénico, tienen una distribución no normal.

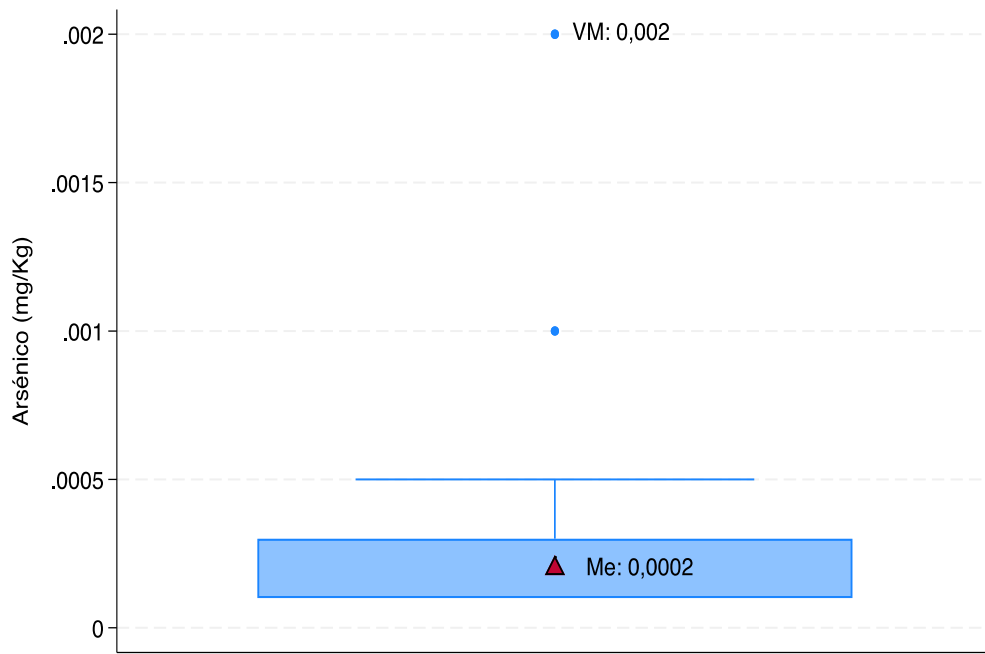


Gráfico 3. Diagrama de caja de los valores de arsénico de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024.

4.1.2. Objetivo específico a): Describir las características de producción de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivan en la Yarada de Tacna, 2024.

Tabla 6. Características de la producción de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivan en la Yarada, Tacna 2024.

Características	n	%
Plaguicida		
Usa	15	100
<i>Abamectina + Spiromesifen</i>	10	66,67
<i>Abamectina + Buprofezina</i>	5	33,33
Fuente de agua		
Subterránea	15	100
Zona de cultivo		
Asociación 28 - Las Casuarinas	5	33,33
Asociación Santa Rosa	10	66,67
Altitud (msnm)	71,47 ± 3,18 (*)	
Total	15	100

Fuente: Ficha de recolección de datos.

Elaboración propia.

(*) Media ± desviación estándar

Interpretación:

En todas las naranjas cosechadas y analizadas, se utilizaron plaguicidas durante la época de cultivo para el control de insectos, malas hierbas, hongos y otras plagas. La combinación de plaguicidas más usada

fue la de Abamectina y Spiromesifén (66,67%). Asimismo, todos los árboles de naranja de donde se extrajeron los frutos fueron regados con agua de origen subterránea, la cual es abastecida principalmente por el acuífero la Yarada de la cuenca Caplina.

En cuanto a la procedencia o zona de cultivo de los árboles de naranja, la mayoría de los frutos se recolectaron de la Asociación Santa Rosa (66,67%). Por último, la altitud promedio donde fueron cultivados los árboles fue de 71,47 msnm.

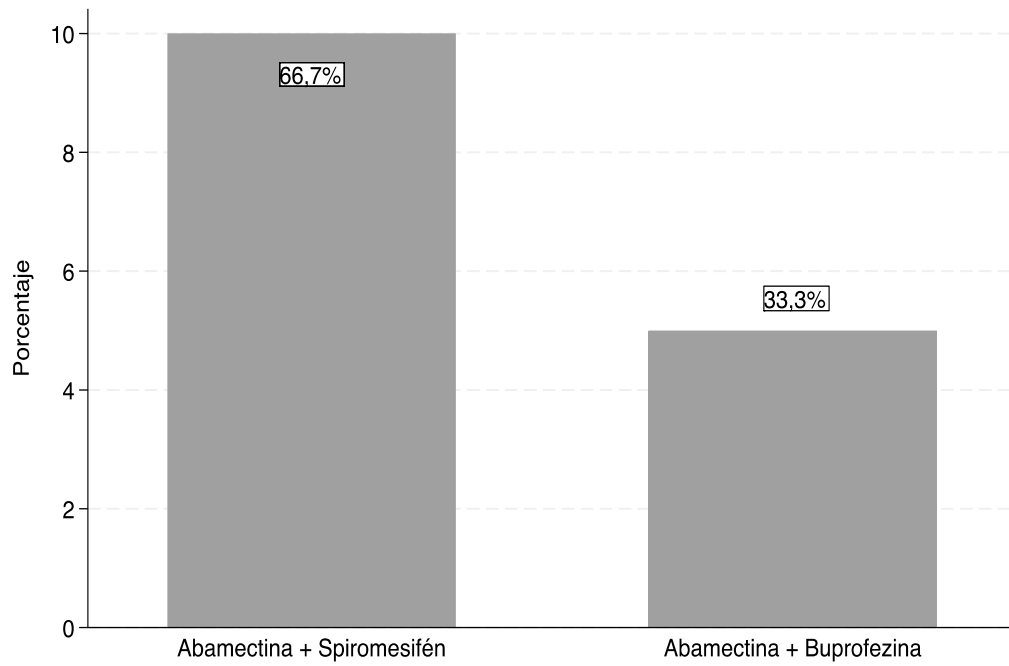


Gráfico 4. Porcentajes de los frutos de naranjo que son cultivados en la Yarada, Tacna 2024, según el nombre del plaguicida utilizado para su producción.

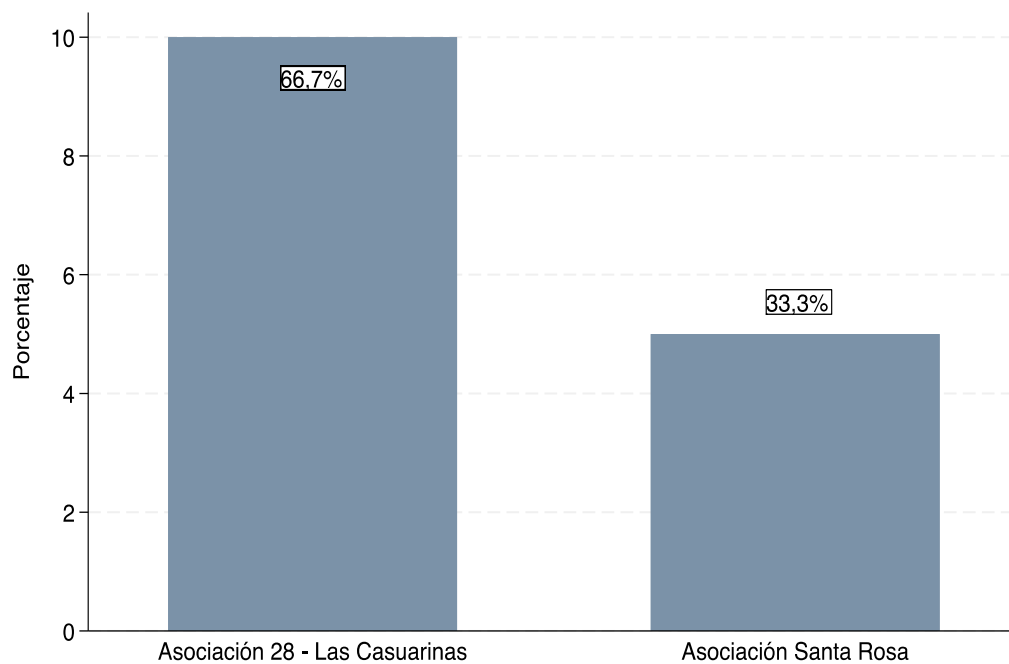


Gráfico 5. Porcentajes de los frutos de naranjo que son cultivados en la Yarada, Tacna 2024, según la zona de cultivo.

4.2. Análisis inferencial:

Antes de realizar el análisis estadístico inferencial correspondiente a los dos siguientes objetivos específicos, se evaluó la normalidad de los datos (concentraciones de arsénico). Según Montgomery et al. (37) y Pedraza et al. (38), evaluar la distribución de los datos es importante para determinar las pruebas estadísticas más apropiadas, ya sean paramétricas o no paramétricas, lo que permite obtener resultados más robustos al contrastar las hipótesis planteadas.

4.2.1. Análisis de normalidad:

a) Formulación de hipótesis:

- **Nula (H_0):** La distribución de las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivan en la Yarada de Tacna, es igual a una distribución normal.

- **Alternativa (H_1):** La distribución de las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad

Washington Navel) que se cultivan en la Yarada de Tacna, es diferente a una distribución normal.

b) Prueba estadística y nivel de significancia: Test de Shapiro Wilk con un nivel de significancia de 0,05.

c) Cálculo del valor p:

Tabla 7. Prueba de Shapiro Wilk para analizar la distribución normal de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna 2024.

Variable	n	W	V	z	Valor p
Arsénico (mg/Kg)	15	0,605	7,659	4,026	0,00003

Elaboración propia realizado de STATA v.18

d) Decisión e interpretación según el valor p:

Se obtuvo un valor p de 0,00003, que es inferior al nivel de significancia estadística de 0,05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la distribución de las concentraciones de arsénico en los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) cultivados en la Yarada de Tacna difiere de una distribución normal.

Por lo tanto, los contrastes de hipótesis para los objetivos específicos b) y c) se llevarán a cabo utilizando técnicas estadísticas no paramétricas.

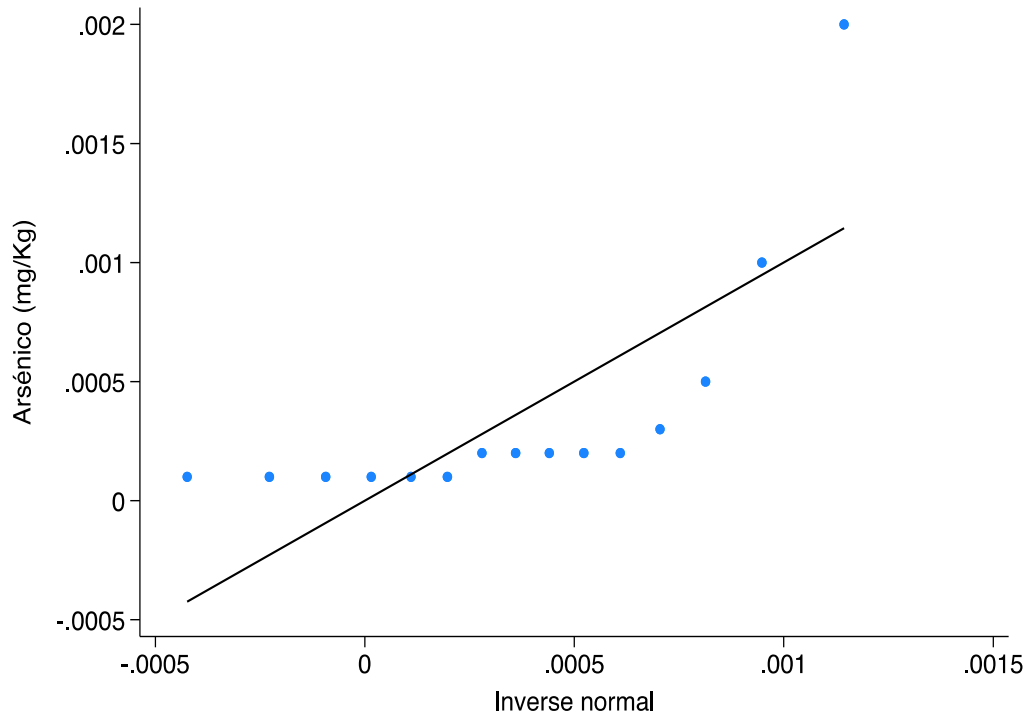


Gráfico 6. Gráfico cuantil-cuantil de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna 2024.

Interpretación:

El gráfico Q-Q plots (cuantil-cuantil), muestra que las concentraciones de arsénico no siguen la pendiente referencial de normalidad. Por lo que, junto al análisis realizado anteriormente, se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

4.2.2. Objetivo específico b): Comparar las concentraciones de arsénico de los frutos de naranja (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivan en la Yarada de Tacna, 2024 con el límite máximo permisible establecido por MERCOSUR.

a) Formulación de hipótesis:

- **Nula (H_0):** La mediana de las concentraciones de arsénico de los frutos de naranja (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) es igual al límite máximo permisible establecido por MERCOSUR.

- **Alternativa (H_1):** La mediana de las concentraciones de arsénico de los frutos de naranja (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) es diferente al límite máximo permisible establecido por MERCOSUR.

b) Prueba estadística y nivel de significancia: Test de rangos de Wilcoxon para una muestra con un nivel de significancia de 0,05.

c) Cálculo del valor p:

Tabla 8. Prueba de rangos de Wilcoxon para comparar los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna 2024.

Variable	N	Mediana	Rango intercuartílico (RIC)	Valor referencial	z	Valor p
Arsénico (mg/Kg)	15	0,0002	0,0001 - 0,0003	0,3 mg/Kg	-3,44	0,006

Elaboración propia realizado de STATA v.18

RIC: Percentil 25% - Percentil 75%

d) Decisión e interpretación según el valor p:

Se obtuvo un valor p de 0,006, que es menor al umbral de significancia estadística de 0,05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la mediana de las concentraciones de arsénico en los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad Washington Navel) es distinta e inferior al límite máximo permitido por MERCOSUR.

4.2.3. Objetivo específico c): Comparar las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) que se cultivan en la Yarada de Tacna, según las características de producción.

a) Formulación de hipótesis:

- **Nula (H_0):** La mediana de las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) es igual según las características de producción.
- **Alternativa (H_1):** La mediana de las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) es diferente según las características de producción.

b) Prueba estadística y nivel de significancia: Test de U de Mann-Whitney para las variables ***nombre de plaguicida*** y ***zona de cultivo***, y Test de correlación de Spearman para la variable ***Altitud***. Ambas pruebas con un nivel de significancia de 0,05.

c) Cálculo del valor p:

Tabla 9. Comparación de los valores de arsénico de los frutos del naranjo según las características del cultivo.

Características	Mediana	Rango intercuartílico (RIC)	Coefficiente	Valor p
Nombre del plaguicida				
Abamectina + Spiromesifen	0,0002	0,0001 - 0,0002	0,69*	0,76 ^β
Abamectina + Buprofezina	0,0002	0,0001 - 0,0003		
Zona de cultivo				
Asociación 28 - Las Casuarinas	0,0002	0,0001 - 0,0003	0,69*	0,76 ^β
Asociación Santa Rosa	0,0002	0,0001 - 0,0002		
Altitud (msnm)	71	69 - 74	-0,12**	0,64 ^α

Elaboración propia realizado de STATA v.18

RIC: Percentil 25% - Percentil 75%

* Coeficiente z

** Coeficiente rho

^β Mediante Test de U de Mann-Whitney

^α Mediante Test de correlación de Spearman

d) Decisión e interpretación según el valor p:

Los valores p obtenidos para las variables *nombre del plaguicida*, *procedencia* y *altitud* son 0,76, 0,76 y 0,64, respectivamente. Estos valores son superiores al nivel de significancia estadística de 0,05. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que las medianas de las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (*Citrus*

sinensis, variedad *Washington Navel*) no varían o no son diferentes según las características de la producción. En conclusión, ninguna de las características de la producción evaluadas influye en las concentraciones de arsénico de los frutos del naranjo.

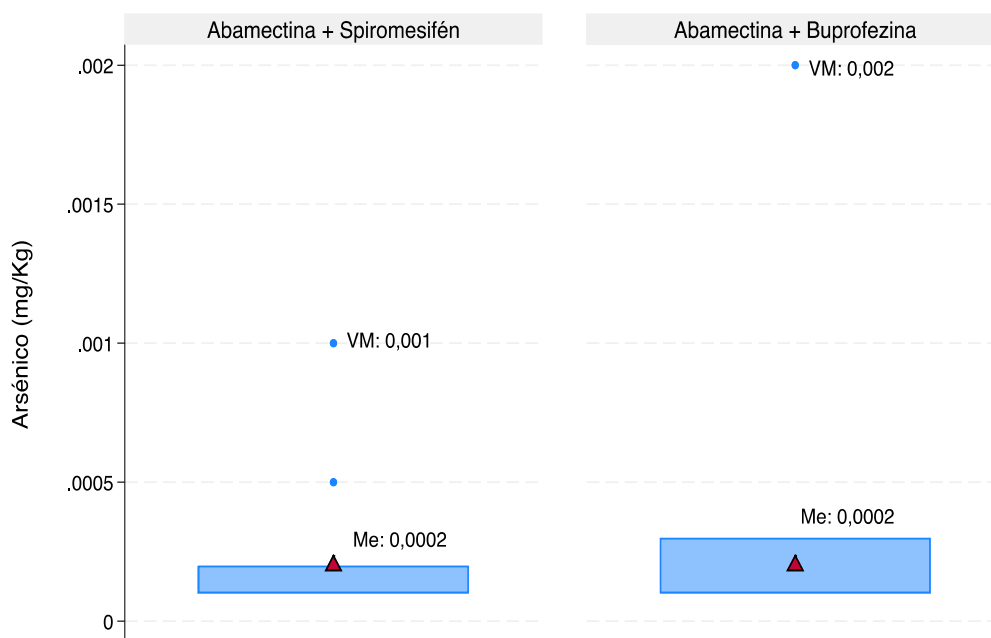


Gráfico 7. Comparación de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna, según el nombre de plaguicida que utilizan.

Interpretación:

Las medianas de las concentraciones de arsénico de los frutos de los árboles de naranjo que recibieron como plaguicida Abamectina + Spiromesifén y Abamectina + Buprofezina son semejantes. Por tanto, no hay diferencias en las concentraciones de arsénico según el tipo de plaguicida utilizado durante su cultivo.

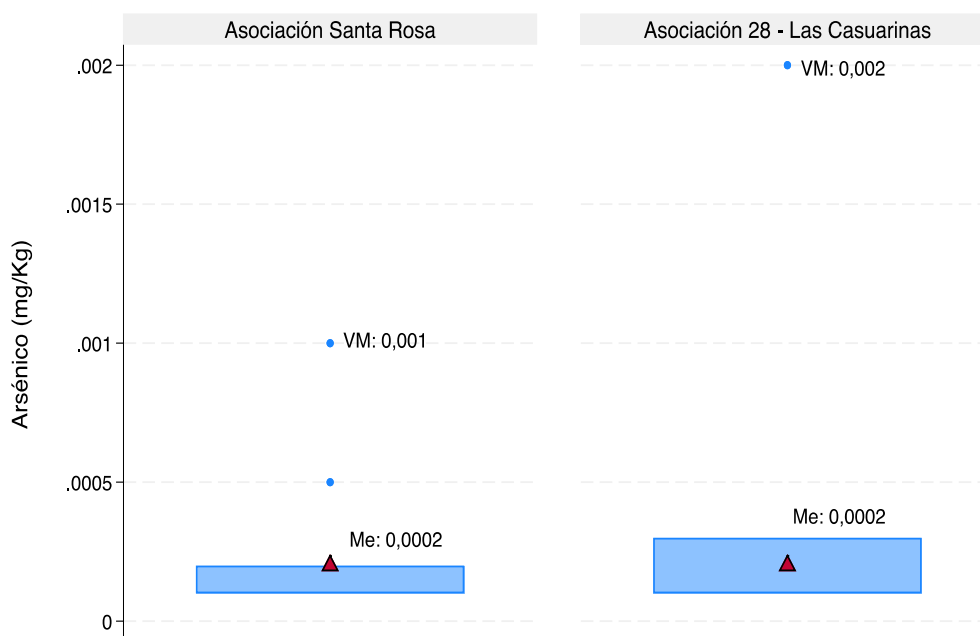


Gráfico 8. Comparación de los valores de arsénico de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna, según el lugar de procedencia.

Interpretación:

Las medianas de las concentraciones de arsénico de los frutos de los árboles de naranjo que fueron cultivados en la Asociación Santa Rosa y Asociación 28 – Las Casuarinas semejantes. Por tanto, no hay diferencias en las concentraciones de arsénico según el lugar donde fueron cultivados.

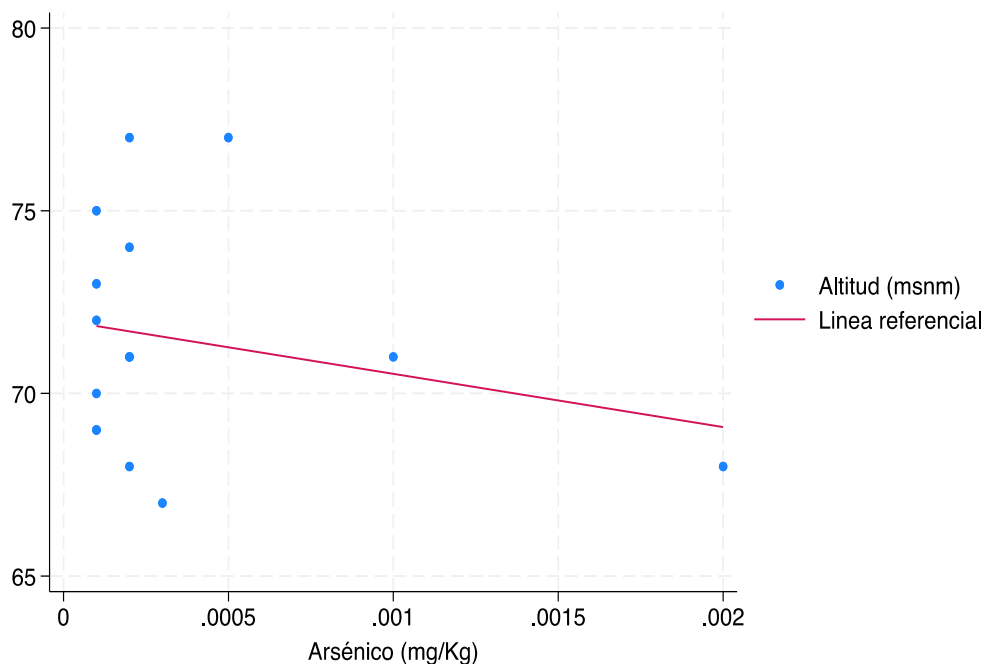


Gráfico 9. Relación entre los niveles de arsénico de las muestras de los frutos de naranjo que se cultivaron en la Yarada, Tacna, y la altitud donde se cultivaron.

Interpretación:

Las concentraciones de arsénico de los frutos de los árboles de naranjo no siguen una tendencia que evidencie influencia de la altitud durante su cultivo. Por tanto, no hay diferencias significativas de las concentraciones de arsénico de los frutos según la altura de las zonas de cultivo.

DISCUSIÓN

Como parte de la presente investigación, se midieron las concentraciones de arsénico en naranjas recolectadas directamente de los naranjos y destinadas al consumo humano en La Yarada, en la ciudad de Tacna. El propósito de esta investigación fue evaluar la calidad e inocuidad de estos productos. El análisis del metaloide se realizó mediante la “Técnica de espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES)” en el “Laboratorio de Ensayos y Control de Calidad” de la “Universidad Católica de Santa María” de Arequipa. Este laboratorio cuenta con la certificación ISO 17025, que garantiza que los resultados obtenidos son fiables y pueden reproducirse en ocasiones similares.

Entre los principales hallazgos, todas las muestras analizadas presentaron arsénico en trazas, cuyos valores estuvieron comprendidos entre 0,0001 y 0,002 mg/Kg. Asimismo, el promedio fue de $0,0004 \pm 0,0005$ mg/Kg, el cual es inferior al LMP referenciado por MERCOSUR (0,3 mg/Kg) (34). Es importante precisar que se consideró este límite referencial debido a que el Perú es un país suscrito a los acuerdos de MERCOSUR, por tanto,

los lineamientos que establece el mencionado tratado, son considerados como normativa nacional.

En la bibliografía peruana, la evidencia de estudios similares al presente es limitada. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio se asemejan a los de Carbajal (25), quien determinó un promedio de arsénico de $0,011 \pm 0,002$ mg/Kg en naranjas de una chacra de Chanchamayo y de $0,009 \pm 0,001$ mg/Kg en naranjas de una chacra de Huaral. En ese sentido, al igual que en la presente investigación, ambos parámetros son inferiores a lo establecido por MERCOSUR. Adicionalmente, en el mismo estudio también se determinaron las concentraciones de arsénico en jugos de naranja de los campos de cultivo mencionados anteriormente, siendo los valores promedio de arsénico de $0,008 \pm 0,001$ mg/kg y $0,015 \pm 0,002$ mg/Kg para los jugos de naranja provenientes de Huaral y Chanchamayo respectivamente.

En comparación con el estudio de Carbajal (25), la presente investigación no consideró evaluar la presencia de arsénico en zumos de frutas porque; de acuerdo a los estudios de Fathabad et al. (2) y Carbajal (25), no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de arsénico de pulpa y jugo de naranja. De igual manera, en el estudio de

Saleh et al. (3), que determinó arsénico en cáscara y jugo de naranja, tampoco se evidenciaron diferencias significativas entre ambos promedios (2,30 mg/Kg en pulpa vs 2,12 mg/kg en jugo). En esa línea, se puede inferir que la determinación de arsénico no varía significativamente según el tejido de la naranja de donde se extraiga la muestra para el análisis.

Un estudio nacional de resultados diferentes al presente es el de Canchanya y Quinto (24), que evidenció un promedio de 1,23 mg/Kg de arsénico en jugos de naranja comercializados ambulatoriamente en 12 puntos de venta del paradero Puente Nuevo, en la ciudad de Lima. El valor promedio estimado por el autor superó lo establecido por el Codex Alimentarius para arsénico (0,05 mg/Kg), así como lo señalado por MERCOSUR (0,3 mg/Kg). La diferencia de este parámetro respecto al encontrado en el presente estudio (1,23 mg/Kg vs 0,0004 mg/Kg) puede explicarse porque en la investigación de Canchanya y Quinto (24) las muestras de naranja se recolectaron de puntos de venta cercanos a avenidas de alto tránsito peatonal y vehicular. En ese sentido, la calidad del aire, del suelo y de los utensilios donde se manejan los frutos estarían contaminados por arsénico proveniente de la combustión del petróleo y del desprendimiento de residuos químicos de la mecánica de los vehículos (39). Ese escenario es distinto al contexto de esta investigación, porque las

naranjas fueron recolectadas directamente de los árboles, lo que disminuyó la exposición a arsénico por contaminantes ambientales y antropogénicos.

A nivel internacional, algunos estudios concuerdan con los resultados de la presente investigación. Por ejemplo, Ferré-Huguet et al. (23) en España, analizaron las concentraciones de arsénico en naranjas cultivadas en suelos contaminados con algunos metales cerca del río Ebro en Cataluña. Sin embargo, los niveles de arsénico en las naranjas fueron bajos y no superaron el límite de detección del equipo analítico, indicando que la pulpa de estas frutas contenía arsénico por debajo del umbral referencial. De manera similar, en el presente estudio, a pesar de que el agua subterránea de la Yarada es suministrada en parte por el acuífero y la cuenca Caplina, que tiene niveles elevados de arsénico (6,40), los niveles del elemento en las naranjas fueron bajos. Esto podría explicarse porque, según Bhatla et al. (41), las raíces del naranjo tienen la capacidad de filtrar o bioacumular mayores cantidades de arsénico en comparación con otros tejidos de la planta, ello resultaría en una cantidad inferior de arsénico en el fruto, a menudo conjugado en formas orgánicas. Además, la pulpa de la naranja, compuesta principalmente de agua y con características higroscópicas, podría reducir la concentración de arsénico al aumentar el medio de dilución.

Otros estudios como los de Mehri et al. (20) y Fathabad et al. (2), ambos en Irán, evaluaron en jugos y pulpa de naranja las concentraciones de arsénico, utilizando la misma técnica analítica que la presente investigación (“Espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado a inductividad [ICP-OES]”). Así, los mencionados autores estimaron que los promedios de arsénico fueron de 0,02 y 0,0037 mg/Kg, respectivamente, siendo inferiores al límite referencial establecido por Codex Alimentarius (0,05 mg/Kg). Ahora, si bien ambos estudios determinaron que los valores de arsénico en naranjas cumplían con los rangos permitidos señalados por la normativa internacional, la estimación del cociente de riesgo objetivo (THQ) que fue superior a 1, sugeriría que el consumo frecuente de esos alimentos podría significar un riesgo potencial para la salud.

Un estudio llevado a cabo en China por Chen et al. (10) obtuvo también hallazgos similares a los anteriores. En cuanto a la concentración promedio de arsénico en naranjas cultivadas en cinco distritos de Xiamen, esta fue de 0,004 mg/Kg que está dentro de lo permitido por el Codex. Sin embargo, al igual que los estudios descritos previamente, el THQ estimado por Chen et al. (10) fue superior a 1, lo que indicaría un riesgo significativo para la población que consume esas frutas.

Se hace necesario fundamentar que, la presente investigación no consideró el cálculo del THQ porque para su estimación, es indispensable contar con información de algunos parámetros nutricionales, como peso promedio corporal y frecuencia diaria de consumo de las naranjas adquiridas por una población específica, variables que no formaron parte del diseño de este estudio.

Por otro lado, existen estudios internacionales cuyos resultados difieren de los obtenidos en este trabajo y también contrastan con los hallazgos de Mehri et al. (20), Fathabad et al. (2) y Chen et al. (10) en relación con la estimación del THQ. Un ejemplo de ello es el estudio de Rashid et al. (11), quienes reportaron un promedio de arsénico de 0,035 mg/kg en naranjas cultivadas en 11 granjas de Sargodha, Pakistán. Este valor es superior al encontrado en la presente investigación (0,0004 mg/kg) y excede los límites establecidos por la normativa MERCOSUR, que es la referencia utilizada en este estudio. Sin embargo, a pesar de que la concentración de arsénico reportada por Rashid et al. (11) es mayor que la de Mehri et al. (20) y Fathabad et al. (2), el THQ calculado en su estudio es inferior a 1, lo que indica que la población de Sargodha que consume naranjas locales no presenta un riesgo significativo para la salud.

Una posible explicación para esta diferencia radica en que el THQ es un parámetro dependiente de la frecuencia de consumo diario de alimentos y del peso corporal promedio de la población objetivo. De este modo, se infiere que dichas variables varían de manera idiosincrática entre las poblaciones de Irán y Pakistán.

Otros antecedentes internacionales también han notificado niveles de arsénico en naranjas superiores a la presente investigación. Ezeonyejiaku et al. (12) en Nigeria, evidenció que el promedio de arsénico en naranjas cultivadas localmente fue de 43,68 mg/Kg, valor que supera en más de 87 veces el límite referencial establecido por el Codex. Un resultado similar fue encontrado por Saleh et al. (3) en Irán, quien obtuvo un promedio de arsénico de 2,30 mg/Kg en pulpas de naranjas comercializadas en diferentes mercados ubicados en Mirdamad Boulevard en Teherán. En ambos estudios se coincide que, los sitios de venta de las naranjas están expuestos a condiciones ambientales e industriales que provocarían el aumento de arsénico en trazas en la superficie de estas frutas. Asimismo, las especies de arsénico pueden bioacumularse en el tejido vegetal generando que sus niveles se incrementen (21,42,43). A diferencia de la presente investigación, las muestras de naranja cultivadas en la Yarada, no

están expuestas a actividades industriales que incrementen el riesgo de contaminación por arsénico.

En relación con lo anterior, estudios como los de Zhang et al. (44), Calero (39) y Oliveira et al. (45) han sugerido que la contaminación por metales, incluido el arsénico, en diversos frutos comestibles está asociada al uso de plaguicidas, fertilizantes, la calidad del suelo, la fuente de agua de riego y el tiempo de almacenamiento de los alimentos. Además, Singh et al. (46) señaló que la altitud también podría influir en la movilización de metales. En este contexto, el presente estudio consideró necesario evaluar si ciertas características de la producción de naranjas podrían influir en las concentraciones de arsénico. Por ello, se compararon las concentraciones de arsénico en función del uso y tipo de plaguicida, la zona de cultivo y la altitud.

En cuanto a la zona de cultivo, las naranjas fueron recolectadas de la Asociación 28 – Las Casuarinas y de la Asociación Santa Rosa, siendo de esta última la mayoría de las muestras (66,67%). Asimismo, las combinaciones de plaguicidas más usadas durante la época de cultivo fueron Abamectina + Spiromesifén (66,67%) y Abamectina + Buprofezina (33,33%). Sin embargo, no se evidenciaron diferencias estadísticamente

significativas entre las concentraciones de arsénico según estas características evaluadas (valores p en ambas comparaciones = 0,76). Esto puede explicarse debido a que; de acuerdo con el análisis de las fichas técnicas de los pesticidas mencionados, la abamectina perteneciente al grupo de la avermectina, el spiromesifén de tipo ketoenol y la bruprofezina, no contienen en sus estructuras moleculares, átomos de arsénico. Si bien estudios como el de Oliveira et al. (45), reportaron presencia de arsénico en pulpas de naranja que fueron almacenadas hasta 86 días, el autor señala que los plaguicidas que contengan en su estructura o composición arseniato de plomo o de calcio, aumentarían las concentraciones residuales de arsénico.

Por otra parte, también se evaluó si la altitud influía en las concentraciones de arsénico determinadas en las pulpas de naranja. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre estos niveles (valor p=0,64). Singh et al. (46) en una investigación señaló que el la altitud podría asociarse con la calidad del suelo y a la química ambiental del arsénico. No obstante, en el presente estudio, la desviación estándar de la altitud ($\pm 3,18$ msnm) demuestra que hay reducida variabilidad entre sus valores, lo que indicaría que el nivel del suelo donde se cultivan los árboles de naranja, estarían en un rango similar de altitud.

Los resultados del presente estudio muestran que las naranjas recién cosechadas en La Yarada, presentan arsénico por debajo LMP establecido por MERCOSUR. Además, es importante destacar que, aunque se utilizan pesticidas en su producción, estos no contribuyen al aumento de las concentraciones de arsénico. En consecuencia, las naranjas que se producen en la Yarada son seguras para el consumo humano.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El promedio de arsénico de los 15 pares de muestras analizadas de los frutos de naranjo fue de 0,0004 mg/Kg, con una desviación estándar de 0,0005. Asimismo, todos los valores de arsénico obtenido son inferiores al valor referencial establecido por MERCOSUR.

SEGUNDA: En todas las naranjas cosechadas y analizadas se utilizaron plaguicidas durante la época de cultivo. Así, la combinación de plaguicidas más usada fue la de Abamectina y Spiromesifén (66,67%). Por otra parte, todos los árboles de naranja de donde se extrajeron los frutos fueron regados con agua de origen subterránea, la cual es abastecida principalmente por el acuífero Caplina.

En cuanto a la procedencia o zona de cultivo de los árboles de naranjo, la mayoría de los frutos se recolectaron de la Asociación Santa Rosa (66,67%). Por último, la altitud promedio donde fueron cultivados los árboles fue de 71,47 msnm.

TERCERA: Las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad Washington Navel) no exceden el límite máximo permisible establecido por MERCOSUR (valor $p=0,006$), puesto que es inferior a dicho valor referencial.

CUARTA: No existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) según las características de producción, como nombre de plaguicida (valor $p=0,76$), procedencia (valor $p=0,76$) y altitud (valor $p=0,64$).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, dado que Tacna es una ciudad expuesta geológicamente a arsénico, se realicen mayores estudios de evaluación toxicológica y de seguridad a los alimentos que provienen de cultivos locales, puesto que, como se ha evidenciado en los antecedentes para realizar esta investigación, la bibliografía regional y nacional es muy escasa.
- Aunque en la presente investigación se determinó que las concentraciones de arsénico en las naranjas no superan el límite referencial establecido por el MERCOSUR, es importante considerar la realización de un estudio que evalúe el cociente de riesgo objetivo (THQ). Este enfoque podría proporcionar una evaluación más precisa sobre si la población que consume estas frutas está expuesta a un riesgo potencial, tomando en cuenta sus hábitos nutricionales, como la frecuencia de consumo de naranjas y el peso corporal.
- Se recomienda a las autoridades gubernamentales que presten mayor atención a los niveles de arsénico para asegurar la seguridad

alimentaria y salvaguardar la salud de los ciudadanos frente a los alimentos que puedan resultar perjudiciales.

- Se recomienda que las autoridades encargadas de las políticas se enfoquen en monitorear y regular de manera constante las concentraciones de metales pesados en las fuentes de agua de riego, para asegurarse de que no excedan los niveles permitidos. En consecuencia, las políticas y programas deben ajustarse para considerar las prácticas agrícolas y aplicar medidas locales adecuadas para reducir la absorción de metales pesados en las hortalizas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Resumen de Salud Pública: Arsénico (Arsenic) | PHS | ATSDR [Internet]. 2021 [citado 1 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html
2. Fathabad A, Shariatifar N, Moazzen M, Nazmara S, Fakhri Y, Alimohammadi M, et al. Determination of heavy metal content of processed fruit products from Tehran's market using ICP- OES: A risk assessment study. *Food Chem Toxicol Int J Publ Br Ind Biol Res Assoc*. mayo de 2018;115:436-46.
3. Saleh R, Cheraghi M, Lorestani B. Health Assessment of Heavy Metal Pollution (Cadmium, Lead, Arsenic) in Citrus Marketed in Tehran, Iran, 2015. *Arch Hyg Sci*. 10 de marzo de 2017;6(2):171-7.
4. Nava-Ruíz C, Méndez-Armenta M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). | Archivos de Neurociencias | EBSCOhost [Internet]. Vol. 16. 2011 [citado 1 de septiembre de 2024]. p. 140. Disponible en: <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:88923981?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:88923981>
5. Agraria.pe Agencia Agraria de Noticias [Internet]. [citado 1 de septiembre de 2024]. La naranja es el cultivo sensación en Tacna. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/la-naranja-es-el-cultivo-sensacion-en-tacna-32207>
6. Pino E, Tacora P, Steenken A, Alfaro L, Valle A, Chávarri E, et al. Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú. *Tecnol Cienc Agua*. diciembre de 2017;8(6):77-99.
7. Prieto-García¹ F, Callejas H. J, Lechuga M de los Á, Gaytán JC, Barrado E. E. Acumulación en tejidos vegetales de arsénico proveniente de aguas y suelos de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. *Bioagro*. septiembre de 2005;17(3):129-36.
8. Determinación de la cinética en conejos [Internet]. [citado 5 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/8250/J>

OSE%20ANGEL%20CASTRO%20GANDARILLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

9. Arsénico [Internet]. [citado 23 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
10. Chen C, Qian Y, Chen Q, Li C. Assessment of daily intake of toxic elements due to consumption of vegetables, fruits, meat, and seafood by inhabitants of Xiamen, China. *J Food Sci.* octubre de 2011;76(8):T181-188.
11. Rashid UA, Bhutto S, Jalbani N, Perveen F, Ismail S, Nazir F. Health Risk and Metal Contamination Assessment in Orange (*Citrus aurantium*) of Pakistan: a Multivariate Study. *Biol Trace Elem Res.* septiembre de 2023;201(9):4558-66.
12. Ezeonyejiaku CD, Obiakor MO. A Market Basket Survey of Horticultural Fruits for Arsenic and Trace Metal Contamination in Southeast Nigeria and Potential Health Risk Implications. *J Health Pollut.* 7 de septiembre de 2017;7(15):40-50.
13. Ale-Mauricio DA, Villa G, Gastañaga M del C. Concentraciones de Arsénico Urinario en Pobladores de dos Distritos de la Región Tacna, Perú, 2017. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* junio de 2018;35:183-9.
14. Astete J, Gastañaga M del C, Pérez D. Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en Las Bambas, Perú 2010. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2014;695-701.
15. Dávila Olano CE. DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN JUGOS DE NARANJA (*Citrus sinensis*) EXPENDIDOS DE FORMA AMBULATORIA EN EL PARADERO VILLA SOL - LOS OLIVOS – PERIODO OCTUBRE 2016 – ENERO 2017. Univ Priv Norbert Wien - Wien [Internet]. 2017 [citado 22 de agosto de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/531>
16. Herrera-Añazco P, Willer H, Taype-Rondan A. Exposición a arsénico como factor asociado a la alta mortalidad atribuida a insuficiencia renal en Puno. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* abril de 2016;33(2):381-2.
17. Castro MAT, Vasquez ET, Escobedo HYV. CONTAMINACIÓN DEL AGUA POTABLE CON ARSÉNICO Y FRECUENCIA DEL CÁNCER EN

LA CUIDAD DE TACNA 2010-2011. Rev Médica Basadrina. 2012;6(1):4-6.

18. Diagnóstico de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca Caplina e Intercuenca 13155 [Internet]. [citado 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/5465/AN_A0004032_2.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- 19.2. Hernandez, Fernandez y Baptista- Metodología Investigación Científica 6ta ed.pdf [Internet]. [citado 1 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
20. Mehri F, Heshmati A, Ghane ET, Mahmudiono T, Fakhri Y. Concentration of Heavy Metals in Traditional and Industrial Fruit Juices from Iran: Probabilistic Risk Assessment Study. Biol Trace Elem Res. 8 de enero de 2024;
21. Cheng J, Ding C, Li X, Zhang T, Wang X. Heavy metals in navel orange orchards of Xinfeng County and their transfer from soils to navel oranges. Ecotoxicol Environ Saf. diciembre de 2015;122:153-8.
22. Avilés Vera UT. Análisis de la concentración de metales pesados arsénico, cobre, plomo y estaño presentes en jugo naranja. 2016 [citado 22 de agosto de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7715>
23. Ferré-Huguet N, Martí-Cid R, Schuhmacher M, Domingo JL. Risk assessment of metals from consuming vegetables, fruits and rice grown on soils irrigated with waters of the Ebro River in Catalonia, Spain. Biol Trace Elem Res. 2008;123(1-3):66-79.
24. Canchanya Macha AL, Quinto Rosales MG. Cuantificación de Plomo, Cadmio y Arsénico en jugos de naranja expendidos en forma ambulatoria en el paradero Puente Nuevo- el Agustino, periodo febrero 2022. Univ Priv Huancayo Frankl Roosevelt [Internet]. 6 de agosto de 2022 [citado 22 de agosto de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.uroosevelt.edu.pe/handle/20.500.14140/1036>

25. 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 [Internet]. [citado 22 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/89d5a593-3bb6-4750-9c3e-a488d0dcaaca>

26. Guzmán D. Repositorio Institucional UIGV. [citado 20 de noviembre de 2024]. Determinación cuantitativa de plomo y cadmio en zumos de naranja de venta ambulatoria en Cercado de Lima marzo – julio 2015. Disponible en: <https://repositorio.uigv.edu.pe/item/61d32811-055f-49f4-8922-1b51c83e7d86>

27. Bazán Espinoza EY, Copaja Huamán SM. Eficiencia en la remoción de arsénico y plomo mediante material adsorbente a base de cáscara de naranja y maracuyá en aguas del Río Rímac, Corcona 2019. Repos Inst - UCV [Internet]. 2019 [citado 16 de diciembre de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60163>

28. Torres A, Mena RC, Coaquera GM, Quispe PT, Franco MS, Flores IG. Bioadsorción de arsénico del agua del río Locumba utilizando cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), Tacna. Cienc Desarro. 29 de junio de 2020;(26):41-7.

29. Shehzad K, Xie C, He J, Cai X, Xu W, Liu J. Facile synthesis of novel calcined magnetic orange peel composites for efficient removal of arsenite through simultaneous oxidation and adsorption. J Colloid Interface Sci. 1 de febrero de 2018;511:155-64.

30. Abid M, Niazi NK, Bibi I, Farooqi A, Ok YS, Kunhikrishnan A, et al. Arsenic(V) biosorption by charred orange peel in aqueous environments. Int J Phytoremediation. 3 de mayo de 2016;18(5):442-9.

31. Tabassum RA, Shahid M, Niazi NK, Dumat C, Zhang Y, Imran M, et al. Arsenic removal from aqueous solutions and groundwater using agricultural biowastes-derived biosorbents and biochar: a column-scale investigation. Int J Phytoremediation. 2019;21(6):509-18.

32. Quispe M. Uso de la cascara de plátano (*Musa Paradisiaca*) y naranja (*Citrus Cinensis*), para la reducción de arsénico en aguas subterráneas, de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Puno, 2021. Repos Inst - UCV [Internet]. 2021 [citado 16 de diciembre de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91048>

33. Pino V. E. El acuífero costero La Yarada, después de 100 años de explotación como sustento de una agricultura en zonas áridas: una revisión histórica. *Idesia Arica*. septiembre de 2019;37(3):39-45.
34. REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR SOBRE LÍMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES INORGÁNICOS EN ALIMENTOS [Internet]. [citado 29 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://normas.mercosur.int/public/normativas/2474>
35. Ale D. Determinación de la exposición crónica a arsénico por consumo de agua de origen subterránea en pobladores adultos de dos localidades de la provincia de Candarave, Tacna. 2017 [citado 20 de noviembre de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/1041>
36. Zacarías H, Supo J. Metodología de la Investigación Científica: Para Las Ciencias de la Salud y Las Ciencias Sociales. Amazon Digital Services LLC - Kdp; 2020. 338 p.
37. Douglas C. Montgomery, George C. Runger - Applied Statistics and Probability for Engineers-Wiley (2018).pdf [Internet]. [citado 23 de agosto de 2024]. Disponible en: https://kolegite.com/EE_library/books_and_lectures/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/Douglas%20C.%20Montgomery%2C%20George%20C.%20Runger%20-%20Applied%20Statistics%20and%20Probability%20for%20Engineers-Wiley%20%282018%29.pdf
38. Pedraza-Castillo M, Alcalá-Salinas CA, Castillo SI, Treviño-Urbe JJ. Criterio de validación de normalidad en muestras pequeñas; pruebas paramétricas o no paramétricas. (1).
39. Calero V. Paper review: contaminación de metales pesados en el Ecuador, un análisis químico, ambiental, toxicológico, normativo y analítico [Internet] [bachelorThesis]. 2023 [citado 29 de agosto de 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26409>
40. ANA0004032_2.pdf [Internet]. [citado 31 de agosto de 2024]. Disponible en: https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/5465/ANA0004032_2.pdf?sequence=2&isAllowed=y

41. Bhatla S, Lal MA. *Plant Physiology, Development and Metabolism*. Springer Nature; 2023. 906 p.
42. Rahman Z, Singh VP. The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: an overview. *Environ Monit Assess*. 8 de junio de 2019;191(7):419.
43. Laboni FA, Ahmed MW, Kaium A, Alam MK, Parven A, Jubayer MF, et al. Heavy Metals in Widely Consumed Vegetables Grown in Industrial Areas of Bangladesh: a Potential Human Health Hazard. *Biol Trace Elem Res*. febrero de 2023;201(2):995-1005.
44. Zhang T, Zhang Y, Li W, Wang L, Jiao Y, Wang Y, et al. Occurrence and dietary exposure of heavy metals in marketed vegetables and fruits of Shandong Province, China. *Food Sci Nutr*. 23 de julio de 2021;9(9):5166-73.
45. Oliveira N, Melo M, Lago L. Análise de pesticidas, aflatoxinas e análise de macro e microminerais de polpa cítrica peletizada comercial. *Arq Bras Med Veterinária E Zootec*. octubre de 2004;56:679-82.
46. Singh K, Kant P, Martín-Ramos P, Corns W, Varol S, Bhattacharya P, et al. A review on arsenic in the environment: contamination, mobility, sources, and exposure. *RSC Adv*. 2023;13(13):8803-21.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	TECNICAS INSTRUMENTOS
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿Tendrán arsénico los frutos del naranjo (<i>Citrus Sinensis</i>, variedad Washington Navel) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024?</p>	<p>OJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar las concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo (<i>Citrus Sinensis</i>, variedad Washington Navel) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024</p>	<p>La presente investigación no lleva hipótesis principal, debido a que el objetivo general del estudio propone describir y observar las concentraciones de arsénico en una muestra de frutos de naranjo (1). No obstante, para la evaluación de algunos objetivos secundarios, se realizarán contrastes de hipótesis específicas.</p>	<p>Variable de interés</p> <p>Concentraciones de arsénico en los frutos del naranjo</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Cuantitativa: Porque se recopila información de variables numéricas y se emplea estadística descriptiva e inferencial para responder a las preguntas de investigación.</p> <p>Básica: Porque se pretende generar y ampliar el conocimiento sobre la presencia de arsénico en los frutos de los árboles de naranjo, sin aplicar una intervención específica para alterar la naturaleza de la variable de interés.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Descriptivo: Porque la presente investigación observa y describe las características o fenómenos de la variable de interés y no se emplean métodos que manipulen su naturaleza.</p>	<p>La técnica empleada fue la analítica para las mediciones de absorbancia y se utilizó el método por Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES).</p>
<p>PROBLEMAS SECUNDARIOS</p> <p>a) ¿Cuáles son las características de producción de los frutos de naranjo (<i>Citrus</i></p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Evaluar las características de producción de los frutos de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>,</p>			<p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>Población</p>	

<p>sinensis, variedad Washington Navel) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024?</p>	<p>variedad <i>Washington Navel</i>) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024.</p>	<p>La población del estudio corresponde a la producción de 269 hectáreas del fruto de naranjo - variedad Washington Navel que se cultivan en el distrito de la Yarada, Tacna.</p> <p>Muestra</p> <p>La muestra estuvo conformada por 15 naranjas recolectadas aleatoriamente en dos zonas de cultivo del distrito de la Yarada. El tamaño de muestra fue discrecional a criterio del investigador.</p>
<p>b) ¿Existirán diferencias entre las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>, variedad Washington Navel) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024 con el límite máximo permisible establecido por MERCOSUR?</p>	<p>b) Determinar si existen diferencias significativas entre las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>, variedad <i>Washington Navel</i>) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024 con el límite máximo permisible establecido por MERCOSUR.</p>	
<p>c) ¿Existirán diferencias entre las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>, variedad Washington Navel) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024 según las características de producción?</p>	<p>c) Determinar si existen diferencias significativas entre las concentraciones de arsénico de los frutos de naranjo (<i>Citrus sinensis</i>, variedad <i>Washington Navel</i>) que se cultivaron en la Yarada de Tacna, 2024 según las características de producción.</p>	

Anexo 2. Procedimiento de recolección de muestras de naranjas



IMAGEN N°01: Recolección de muestra **M-1**-sector 28 de Agosto - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°02: Recolección de muestra **M-2**-sector 28 de Agosto - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°03: Recolección de muestra **M-3**-sector 28 de Agosto - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°04: Recolección de muestra **M-4**-sector 28 de Agosto - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°05: Recolección de muestra **M-5**-sector 28 de Agosto - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°06: Recolección de muestra **M-6**-SECTOR Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°07: Recolección de muestra **M-7**-SECTOR Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°08: Recolección de muestra **M-8**-SECTOR Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°09: Recolección de muestra **M-9-SECTOR** Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°10: Recolección de muestra **M-10-SECTOR** Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos

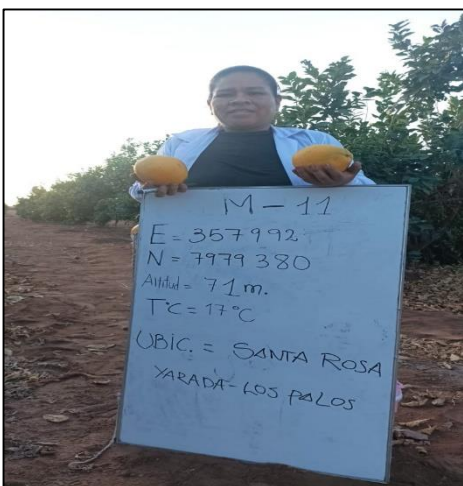


IMAGEN N°11: Recolección de muestra **M-11-SECTOR** Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°12: Recolección de muestra **M-12-SECTOR** Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos

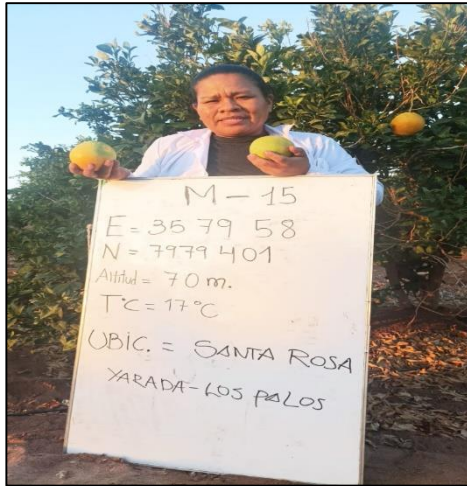


IMAGEN N°15: Recolección de muestra **M-15-SECTOR** Santa Rosa - Distrito La Yarada Los Palos



IMAGEN N°16: Coordinación con la propietaria en la recolección del fruto naranjo, *Variedad Washington Navel* del Sector 28 De agosto - Distrito La Yarada Los Palos.



IMAGEN N°16: Coordinación con la propietaria en la recolección del fruto naranjo, *Variedad Washington Navel* del Sector 28 santa rosa - Distrito La Yarada Los Palos.

Anexo 3. Resultados de las concentraciones de arsénico de las muestras de naranja



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO N° ANA05F24.005319

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Yessica Huarino Oscco
Dirección del cliente : Universidad Nacional Jorge Basadre Gromahnn
RUC : No declara
Identificación del contacto : Yessica Huarino Oscco
Descripción de la muestra : Naranja variedad Washington Navel

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 02 unidades por sub muestra
Fecha de recepción : 05/06/2024
Fecha de ejecución de ensayo : 05/06/2024 al 12/06/2024
Fecha de emisión de informe : 18/06/2024
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO	
		R1	R2
M01- Naranja	mg/kg	0,0003	0,0003
M02- Naranja	mg/kg	0,0020	0,0020
M03- Naranja	mg/kg	0,0001	0,0001
M04- Naranja	mg/kg	0,0001	0,0001
M05- Naranja	mg/kg	0,0002	0,0002
M06- Naranja	mg/kg	0,0002	0,0002
M07- Naranja	mg/kg	0,0005	0,0005
M08- Naranja	mg/kg	0,0001	0,0001
M09- Naranja	mg/kg	0,0002	0,0002
M010- Naranja	mg/kg	0,0001	0,0001
M011- Naranja	mg/kg	0,0002	0,0002
M012- Naranja	mg/kg	0,0001	0,0001
M013- Naranja	mg/kg	0,0010	0,0010
M014- Naranja	mg/kg	0,0002	0,0002
M015- Naranja	mg/kg	0,0001	0,0001

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFPA.00424
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



Código: LECC-15INF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-08-16 Aprobación por: DT

Anexo 4. Resolución de aprobación de plan de tesis

Escuelas Profesionales de: Obstetricia, Enfermería, Medicina Humana, Odontología,
E.P. FARMACIA Y BIOQUÍMICA - FACS Farmacia y Bioquímica

RECIBIDO

07 FEB 2024
222

RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 12693-2024-FACS-UNJBG
Tacna, 02 de febrero de 2024

VISTO: Hora: 14:30 Firma: [Firma]

El Oficio N° 028-2024-ESFB/FACS, el Director de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, solicita designación de Asesor para el Proyecto de tesis presentado por el(la) Bach. YESSICA HUARINO OSCCO;

CONSIDERANDO:

Que, el(la) BACH. YESSICA HUARINO OSCCO, de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica solicita se le asigne Asesor para el proyecto de tesis;

Que, mediante el Oficio N° 027-2024-ESFB/FACS, el Director de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, solicitando designación de Asesor para el proyecto de tesis titulado: DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN EL FRUTO DEL NARANJO (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) QUE SE CULTIVAN EN LA YARADA DE TACNA, 2024, presentado por el(la) BACH. YESSICA HUARINO OSCCO designando a la DRA. YEMILE DEL CARMEN BERRIOS ESPEJO, como asesora;

Que, teniendo opinión favorable de su Asesor se procede a dar continuidad de trámite;

De conformidad con el Art. 70° numeral 70.2 de la Ley Universitaria N° 30220, Art. 169 inc) b. del Estatuto de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, y en uso de las atribuciones conferidas a la Sra. Decana de la Facultad de Ciencias de la Salud;


SE RESUELVE:

ART. 1°: Oficializar la Designación como Asesora al DRA. YEMILE DEL CARMEN BERRIOS ESPEJO, para el Proyecto de Tesis titulado: DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN EL FRUTO DEL NARANJO (*Citrus sinensis*, variedad *Washington Navel*) QUE SE CULTIVAN EN LA YARADA DE TACNA, 2024, presentado por el(la) BACH. YESSICA HUARINO OSCCO, de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica.

ART. 2°: Autorizar la ejecución de Proyecto de Tesis presentado por el(la) BACH. YESSICA HUARINO OSCCO, de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Regístrese, comuníquese y archívese.


Dra. Fabiana Myriam Pilco Velásquez
DECANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD


Mtro. Vanessa Varleth Valle Cohaila
SECRETARÍA ACADÉMICA ADMINISTRATIVA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

DISTR. ESFB., Interesado., arch.

:PG/tr.-

Av. Miraflores s/n Ciudad Universitaria - Central Telefónica 583000 Anexo 2226 Casilla Postal 316.


Anexo 5. Ficha de caracterización de las muestras recolectadas


Ubicación : Distrito Yarada - Los Palos, provincia de Tacna, región de Tacna


Zona : Sector 28 De Agosto - Las Casuarinas y Santa Rosa


Responsable : Bach. Farmacia Yessica Huarino Oscoco

Muestra : fruto del naranjo, variedad: *Washington Navel*

Ítem	Código de muestra	Uso de plaguicida y/o insecticida (si o no)	Nombre del plaguicida y/o insecticida	Fuente de agua para riego	Ubicación	Coordenadas		Altitud	Temperatura
						ESTE	OESTE		
1	M - 01	si	EXTRALOX (Buprofezin) concentracion 250gr/kg	Agua Subterránea	Asociación 28 de agosto - las casuarinas, distrito La Yarada, Los Palos	341568	7993420	67 msnm	32°C
2	M - 02	si				341595	7993388	68 msnm	30°C

3	M - 03	si	<p>BAMECTIN® 1,8 EC (Abamectina) concentracion 18gr/l</p> 			341623	7993405	69 msnm	30°C
4	M - 04	si				341618	7993419	69 msnm	30°C
5	M - 05	si				341593	7993442	68 msnm	30°C
6	M - 06	si		Agua Subterránea	Asociación Santa rosa, distrito La Yarada, Los palos	357977	7979368	77 msnm	17°C

7	M - 07	si	<p>BAMECTIN® 1,8 EC (Abamectina) concentracion 18gr/l</p> 			357977	7979363	77 msnm	17°C
8	M - 08	si				357920	7979303	75 msnm	17°C
9	M - 09	si				357876	7979290	74 msnm	17°C
10	M - 10	si				357896	7979275	72 msnm	17°C

11	M - 11	si	<p>OBERON® 1,8 EC (spiromesif) concentracion 240gr/l</p> 			357992	7979380	71 msnm	17°C
12	M - 12	si				358003	7979389	73 msnm	17°C
13	M - 13	si				357976	7979379	71 msnm	17°C
14	M - 14	si				357968	7979392	71 msnm	17°C

15	M - 15	si				357958	7979401	70 msnm	17°C
----	--------	----	--	--	--	--------	---------	---------	------

Nota: cada muestra extraída, tiene su respetiva contramuestra. (M1= M1,1 y M1,2)