

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Medicina Humana

**PRESENCIA DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE Y SUS
EFECTOS EN NEONATOS DE MADRES GESTANTES
ATENDIDAS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD
DE LA PROVINCIA DE TACNA, 2019-2020**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. Diana Carolina Lloja Llanos

Para optar el Título Profesional de:

MÉDICO CIRUJANO

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Medicina Humana

**PRESENCIA DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE Y SUS EFECTOS
EN NEONATOS DE MADRES GESTANTES ATENDIDAS
EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DE LA
PROVINCIA DE TACNA, 2019-2020**

TESIS

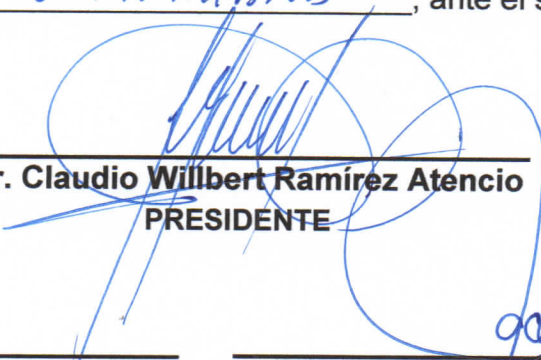
Presentada por:

Bach. DIANA CAROLINA LLOJA LLANOS


Para optar el Título Profesional de:

MÉDICO CIRUJANO

Aprobada por Unánimemente, ante el siguiente jurado:



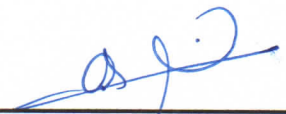
Dr. Claudio Willbert Ramirez Atencio
PRESIDENTE



Dr. Jaime Edgar Miranda Benavente
MIEMBRO



Dr. José Luis Pedro Gómez Molina
MIEMBRO



Dr. Julio Aguilar Vilca
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, a mi hermano y a todas aquellas personas que he conocido a lo largo de mi vida, las cuales han forjado mi carácter y han hecho de mí una persona empática, altruista, luchadora, resiliente, creativa y optimista.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Luis Lloja e Irene Llanos, los cuales me guiaron por el buen camino, me enseñaron con su ejemplo a ser una persona con valores y me dieron su apoyo y confianza para la realización de todas las metas que me he propuesto.

A mi hermano Adrian, que desde el momento en que nació se convirtió en mi mejor amigo, de quien espero ser un buen modelo en su vida y un apoyo en sus dificultades.

A mi abuelita Anastasia, por su amor, su comprensión y todos los bellos momentos que hemos compartido y que siempre guardaré en mi memoria.

Al MSc. Diego Fano Sizgorich, la Blga. Cinthya Vásquez Velásquez, al Dr. Julio Aguilar Vilca, a la Dra. Diana Huanco Apaza y a la Dra. Deysi Díaz Obregón por la ayuda que me han brindado en la realización de esta tesis.

A todas las gestantes que gustosamente participaron en este estudio, sin cada una de ellas este trabajo no hubiera sido posible.

A Lucas y Andy por darme felicidad y acompañarme todas las noches que me quedaba en vela estudiando para ser una buena profesional.

Finalmente, a todos los pacientes a los que he tenido el gusto de atender, gracias a todos por permitirme aprender un poco más del arte de la medicina, por recordarme por qué es que elegí esta profesión y por motivarme a seguir aprendiendo día a día un poco más para poder darles el mejor de los cuidados.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.4 OBJETIVOS	10
1.5 HIPÓTESIS	11
CAPÍTULO II	12
MARCO TEÓRICO	12
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	12
2.2 BASES TEÓRICAS	24
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	34
CAPÍTULO III	36
MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	46
3.4 TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	42
CAPÍTULO IV	47
DE LOS RESULTADOS	47
4.1 RESULTADOS	47
4.2 DISCUSIÓN.....	56

CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: FRECUENCIA DE GESTANTES QUE CONSUMEN AGUA POTABLE CON ARSÉNICO CON NIVELES NO PERMITIDOS POR LA OMS	48
TABLA N° 02: CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE.....	49
TABLA N° 03: CARACTERÍSTICAS GINECO OBSTÉTRICAS DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE.....	52
TABLA N° 04: CARACTERÍSTICAS PERINATALES DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE.....	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 01: GESTANTES QUE CONSUMEN AGUA POTABLE CON ARSÉNICO CON NIVELES NO PERMITIDOS POR LA OMS	88
GRÁFICO N° 02: EDAD/ GRUPO ETARIO DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE.....	89
GRÁFICO N° 03: GRADO DE INSTRUCCIÓN DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	90
GRÁFICO N° 04: ESTADO CIVIL DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	91
GRÁFICO N° 05: DEPENDENCIA ECONÓMICA DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	92
GRÁFICO N° 06: LUGAR DE RESIDENCIA DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	93
GRÁFICO N° 07: AÑOS VIVIENDO EN TACNA DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	94
GRÁFICO N° 08: LUGAR DE NACIMIENTO DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	95
GRÁFICO N° 09: ESTADO NUTRICIONAL DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	96
GRÁFICO N° 10: GRAVIDEZ DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	97
GRÁFICO N° 11: NÚMERO DE CONTROLES PRENATALES DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	98
GRÁFICO N° 12: SEXO DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE.....	99
GRÁFICO N° 13: PESO AL NACER DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE.....	100

GRÁFICO N° 14: EDAD GESTACIONAL DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	101
GRÁFICO N° 15: RELACIÓN PESO/EG DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE	102

RESUMEN

El agua con arsénico en niveles elevados se ha reportado en diversas partes del mundo, entre ellas se encuentra la ciudad de Tacna. Dentro de todos los daños que puede producir la exposición crónica a este metaloide, se encuentra una mayor incidencia de resultados perinatales adversos como: bajo peso, prematuridad y pequeño para la edad gestacional.

Objetivo: El objetivo de este estudio es determinar la presencia de arsénico en agua potable y sus efectos en neonatos de madres gestantes atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, 2019-2020.

Método: Estudio de tipo epidemiológico analítico de tipo observacional, de correlacional y prospectivo de 159 gestantes. Los valores de arsénico del agua que consumía cada gestante fueron determinados usando un kit comercial. Los datos de los neonatos fueron tomados de las historias clínicas de los centros de salud donde ocurrió el parto. La asociación de estos valores se realizó mediante la prueba de Chi- cuadrado. **Resultados:**

Se encontró que el 70.44% de las gestantes consumía arsénico con niveles no permitidos. Además, de todos los recién nacidos, 1 tenía bajo peso, 6 eran prematuros y 7 fueron pequeños para la edad gestacional.

Conclusiones: se concluyó que la provincia de Tacna tiene valores de arsénico que sobrepasan los límites de la OMS y que no existe un efecto sobre los neonatos.

Palabras clave: arsénico, agua potable, peso al nacer, edad gestacional, relación peso/ edad gestacional.

ABSTRACT

High levels of arsenic in water have been reported in various parts of the world, including the city of Tacna. Among all the damages that can be caused by chronic exposure to this metalloid, there is a higher incidence of adverse perinatal outcomes such as low weight, prematurity, and small for gestational age. **Objective:** The objective of this study is to determine the presence of arsenic in drinking water and its effects on neonates of pregnant mothers treated at health facilities in the province of Tacna, 2019-2020.

Method: Analytical epidemiological study of the observational, correlational, and prospective types of 159 pregnant women. The arsenic values of the water consumed by each pregnant woman were determined using a commercial kit. The data of the neonates were taken from the medical records of the health centers where the delivery occurred. The association of these values was performed using the Chi-square test. **Results:** It was found that 70.44% of pregnant women consumed arsenic with levels not allowed. In addition to all the newborns, 1 was underweight, 6 were premature, and 7 were small for gestational age. **Conclusions:** It was concluded that the province of Tacna has arsenic values that exceed the WHO limits and that there is no effect on neonates.

Keywords: arsenic, drinking water, birth weight, gestational age, weight/gestational age ratio.

INTRODUCCIÓN

El arsénico es omnipresente en la naturaleza, se encuentra en todos los medios ambientales y también en los cuerpos humanos. Los seres humanos están habitualmente expuestos a cantidades muy pequeñas de arsénico a través de los alimentos, el agua y el aire. (1)

La toxicidad de un compuesto con arsénico para los humanos depende en gran medida de su forma química, diferenciándose dos grupos de compuestos: los inorgánicos y los orgánicos. Los inorgánicos son los más tóxicos y aparecen sobre todo en aguas. (2)

La exposición humana al arsénico puede ocurrir mediante tres vías principales: por inhalación de aire, por ingestión de alimentos y agua, y por absorción dérmica. La principal forma de exposición no ocupacional al arsénico es a través de alimentos y agua. (3)

La cantidad excesiva de arsénico en el agua potable ha sido reportada en varias partes del mundo, como Argentina, Bangladesh, Chile, China, Hungría, India, México, Nepal, Taiwán y EE. UU. (1)

En algunos países de Latinoamérica como Argentina, Chile y Perú más de cuatro millones de personas beben a diario agua con arsénico en concentraciones superiores a 0,01 mg/L (límite que dictamina la OMS), lo cual es un serio problema de salud pública por sus consecuencias en la salud. (4)

El origen natural del arsénico en América Latina está relacionado con el volcanismo y la actividad hidrotermal asociada de la cordillera de los Andes que atraviesa de norte a sur muchos países, entre ellos, el Perú. (5)

En concentraciones $> 50 \mu\text{g/L}$, el arsénico inorgánico (iAs) se ha asociado con un riesgo elevado de cáncer (p. ej., vejiga, riñón, hígado, pulmón, piel, próstata), enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial, anemia en el embarazo, mortalidad por enfermedades respiratorias tanto en adultos como en niños, diabetes en adultos, y problemas de neurodesarrollo (6).

Los estudios han encontrado que la exposición al As en el útero puede tener efectos perjudiciales en los resultados del embarazo y el parto, con niveles más altos de exposición asociados con un mayor riesgo de abortos espontáneos y mortinatos, así como una mayor mortalidad infantil, parto prematuro, bajo peso al nacer y restricción del crecimiento fetal. (7)

La presente tesis abarca cuatro capítulos, en el primero se planteará el problema, en el segundo se describirán los antecedentes, así como también una breve revisión de las bases teóricas, en el tercero se explicará la metodología que se usó y, por último, en el cuarto se mostrarán los resultados y se procederá a la discusión.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación por arsénico del agua potable, el aire, los alimentos y las bebidas es uno de los principales problemas de salud global que afectan a más de 300 millones de personas en todo el mundo. (6)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2011, el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable es de 10 µg/l o 0,01 mg/l. (8)

En América Latina, varias regiones tienen una larga historia de contaminación generalizada por arsénico (As) de fuentes tanto naturales como antropológicas. Sin embargo, se sabe relativamente poco sobre el alcance de la exposición a As del agua potable y sus consecuencias para la salud en estos países. Se ha estimado que al menos 4.5 millones de personas en América Latina están crónicamente expuestas a altos niveles de As (> 50 µg/l), algunas hasta 2000 µg/l, 200 veces más que la OMS norma provisional para el agua potable. (8)

Además del agua potable, los alimentos son otra fuente de As en los países latinoamericanos. Algunos estudios de áreas endémicas de As en América Latina han indicado que los alimentos aportan hasta el 50% de la ingesta total de As. (9)

Según Bundschuh (10), en el año 2000, se estimó que en el Perú por lo menos 250 000 personas beben agua con concentraciones de arsénico superiores a 50 µg/L, valores por encima a lo establecido por la OMS.

Estudios recientes muestran la presencia de As en las aguas subterráneas alrededor del área de Puno y en los departamentos de Tacna y Moquegua. (9)

El Ministerio de Agricultura y Riego, a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó en 2018 la difusión de resultados del monitoreo de calidad de agua superficial en Tacna, reportándose que los niveles de arsénico en agua se encuentran por encima de lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para el agua en la cuenca Maure, la cuenca Caplina, la cuenca Locumba, la unidad hidrográfica Uchusuma e Intercuenca 13155. (11)

La municipalidad de Ite, distrito que se encuentra a una hora y media

de la ciudad de Tacna, realizó un informe sobre la calidad de agua en el 2019 y halló que más de 2 800 habitantes del distrito Ite recibió agua en el caño de sus casas con alta concentración de arsénico. Según este informe, se halló una concentración promedio de 0.43 mg/l de arsénico, valor que se encuentra por encima del límite que dicta la normativa. (12)

La DIRESA-Tacna, realizó un estudio sobre la calidad del agua en la provincia de Tacna en el año 2016 y reportó que el 63% de las comunidades/localidades evaluadas tienen un alto riesgo de contaminación de agua para el consumo humano. Entre los centros poblados/ localidades que tienen valores de Arsénico por encima del límite permitido por la OMS están: Vilavilani (0,45 mg/L), Miculla (0,01129 mg/L), Toquepala (0,02 mg/L), Caplina (0,07 mg/L), Coruca (0,3052 mg/L), Poquera- Chapi (0,274 mg/L), Tomasiri (0,2806 mg/L), La Esperanza/ Pueblo Libre (0,03 mg/L), Las Palmeras (0,02 mg/L), Balneario Los Palos (0,02 mg/L), Las Yaras (0,31 mg/L) , Inclán (0,15 mg/L), Tacna (0,06 mg/L), Pocollay (0,05 mg/L), Calana (0,06 mg/L), Ciudad Nueva (0,05 mg/L). (13)

Cabe resaltar que, en Tacna, específicamente en nuestra universidad, se han realizado múltiples tesis que han analizado esta problemática desde distintas perspectivas.

Entre estas se encuentran la de Pérez (14) que concluye que existen

niveles elevados de concentración de arsénico en orina (promedio: 36,4918 $\mu\text{g/g}$) en los pobladores de Ite, valores que se encuentran por encima de lo que dicta la Dirección General de Salud (20 $\mu\text{g/g}$ de creatinina).

Existe también otra tesis de la Escuela de Medicina Humana de nuestra Universidad que concluyó que el promedio del nivel de arsénico en orina de pobladores adultos del distrito de Candarave en diciembre del 2016 fue de 87,13 $\mu\text{g/g}$ de creatinina, valor que excede el Límite de Tolerancia Biológica (20 $\mu\text{g/g}$). (15)

Otra tesis cuyo autor es Ale (16), encontró que los niveles de arsénico en orina de pobladores adultos del distrito de Cairani excede 33 veces el valor referencial de toxicidad (659,506 $\mu\text{g/g}$ vs 20 $\mu\text{g/g}$), a su vez el distrito de Camilaca excede en 1,7 veces el valor referencial de toxicidad (34,041 $\mu\text{g/g}$ vs 20 $\mu\text{g/g}$).

Se han hallado también múltiples trabajos acerca de distintos métodos para la remoción del arsénico en las aguas del Río Sama de Tacna (17,18,19). Uno de estos trabajos reportó que este río contenía niveles de arsénico de 0,37mg/L, el cual claramente se encuentra incrementado (17).

Según el INEI, en 2016, (20) el departamento de Tacna cuenta con

una población de 329 332 habitantes y la provincia de Tacna cuenta con 306 363 habitantes, esto quiere decir un 94.3% de la población tacneña, lo que la convierte en el mayor grupo poblacional que se encontraría en riesgo a estar expuesta a la contaminación del agua con arsénico.

El arsénico cruza fácilmente la placenta humana y animal (9). Varios estudios han informado el vínculo entre la exposición prenatal al arsénico y los resultados adversos del nacimiento, incluido el aborto espontáneo, muerte fetal, bajo peso al nacer, parto prematuro, y la mortalidad neonatal. (21)

Hasta el momento no se ha determinado el mecanismo por el cual el arsénico provocaría estos resultados. Además de los efectos del metaloide sobre la función enzimática y su genotoxicidad, otro de los mecanismos por los cuales el arsénico, de manera dosis-dependiente, evitaría el adecuado desarrollo embrionario y fetal es mediante la restricción de la vascularización durante el proceso de placentación (22).

Los resultados adversos del parto, incluido el bajo peso al nacer (peso neonatal <2.500 g al término) y el parto prematuro (nacimiento vivo antes de las 37 semanas de gestación completa) se asocian con un mayor riesgo de mortalidad durante toda la vida. El bajo peso al nacer y el parto prematuro también están asociados con un mayor riesgo de diversas

morbilidades, incluidos trastornos del desarrollo neurológico, enfermedades cardiovasculares y trastornos endocrinos. (23)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Cuál es el nivel de arsénico en agua potable y sus efectos en neonatos de madres gestantes atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, 2019-2020?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Según la literatura, la región de Tacna está expuesta a niveles de arsénico inorgánico en agua por encima de los recomendados por la OMS, razón por la cual se han realizado múltiples trabajos de investigación que han estudiado esta problemática, sin embargo, no muchos de los trabajos estudiaron específicamente a la provincia de Tacna, la cual alberga el mayor porcentaje de la población.

Este estudio es importante desde el punto de vista científico y de salud pública, ya que vendría a ser el primer trabajo que evalúe los efectos en neonatos de las gestantes tacneñas que consumen de manera crónica agua con valores de arsénico por encima de los permitidos, además, también servirá para informar a las autoridades y entidades correspondientes a que, basándose en la evidencia científica presentada,

puedan formular medidas para brindarle a la población tacneña un agua más segura para su consumo.

Esta tesis pretende motivar la formulación de estudios más ambiciosos, donde no sólo se evalúe a la provincia de Tacna, sino, a todo el departamento de Tacna. También podría realizarse un seguimiento a los recién nacidos y evaluar su desarrollo cognitivo, el cual también es otro componente a tener en cuenta.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar la presencia de arsénico en agua potable y sus efectos en neonatos de madres gestantes atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, 2019-2020.

1.4.2 Objetivos específicos

- Conocer la frecuencia de gestantes que consumen agua potable con arsénico con niveles no permitidos por la OMS.
- Conocer las características sociodemográficas de las gestantes y su relación con los niveles de arsénico en agua potable.

- Conocer las características gineco obstétricas de las gestantes y su relación con los niveles de arsénico en agua potable.
- Conocer las características perinatales de los recién nacidos y su relación con los niveles de arsénico en agua potable.

1.5 HIPÓTESIS

H0: No existen efectos en los neonatos de las madres gestantes que consumen agua potable con arsénico con niveles superiores a los permitidos, las cuales son atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, durante el periodo 2019-2020

H1: Existen efectos en los neonatos de las madres gestantes que consumen agua potable con arsénico con niveles superiores a los permitidos, las cuales son atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, durante el periodo 2019-2020

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Almberg (24) realizó un estudio donde utilizó datos de las actas de los nacimientos que ocurrieron en el estado de Ohio, Estados Unidos, entre 2006 y 2008. Encontró que las concentraciones medias de arsénico por año en el condado variaron de 0.50 a 12,2 µg/L. Hubo 428,804 nacimientos únicos vivos, de los cuales el 51% fueron varones. Entre los nacidos vivos únicos, el 10,6 % fueron pequeños para la edad gestacional, el 1,2 % fueron de muy bajo peso al nacer, el 10,9 % fueron prematuros y el 1,8 % muy prematuros. Entre los nacimientos a término de feto único, el 2,9% eran de bajo peso al nacer. No se observó asociación significativa entre arsénico y pequeños para la edad gestacional, o nacimiento muy prematuro, pero se observó una asociación sugestiva entre arsénico y bajo peso al nacer. Concluyó que el 99 % de los nacimientos en este estudio estuvieron expuestos al arsénico en el agua potable por debajo del nivel máximo contaminante actual de 10 µg/L. Se encontró que el riesgo de muy bajo peso al nacer y parto prematuro aumentó con niveles crecientes de arsénico en el agua potable. Estos hallazgos sugieren que el nivel máximo contaminante actual puede no ser lo suficientemente protector contra estos resultados adversos del nacimiento.

Hopenhayn (25) realizó un estudio de cohorte prospectivo, en el año 2003, en dos ciudades chilenas con niveles contrastantes de arsénico en el agua potable: Antofagasta (40 µg/L) y Valparaíso (<1 µg/L). Los sujetos del estudio completaron entrevistas y proporcionaron muestras de orina para el análisis de exposición. Se obtuvo información sobre el embarazo y el nacimiento de los registros médicos. El análisis del peso al nacer se restringió a los bebés nacidos vivos y nacidos entre diciembre de 1998 y febrero de 2000. El grupo de estudio final consistió en 424 niños de Antofagasta y 420 de Valparaíso. Se encontró que los lactantes de Antofagasta tenían un peso medio al nacer más bajo (-57 g; intervalo de confianza del 95%= -123 a 9). Se concluyó que las exposiciones moderadas al arsénico del agua potable (<50 µg / L) durante el embarazo están asociadas con una reducción en el peso al nacer.

Xu (26) examinó a 142 recién nacidos (71 hombres y 71 mujeres), que nacieron en dos hospitales universitarios en Shanghai, China, y a sus padres. Se investigaron las relaciones entre el peso del recién nacido y la edad gestacional con las concentraciones de arsénico, plomo, cadmio, manganeso, zinc y cobalto en la sangre materna y del cordón umbilical. Se encontró que en el recién nacido masculino, el peso al nacer y la edad gestacional estaban inversamente relacionados con la concentración de arsénico logarítmico (4.13 +/- 3.21 µg/ l) en la sangre total de las madres. Concluyó que el arsénico podría tener una influencia negativa sobre el peso del recién nacido y la edad gestacional a un nivel de exposición

relativamente bajo. Este efecto se observó en bebés de sexo masculino, pero no femeninos, lo que sugiere una diferencia de sexo en la susceptibilidad al arsénico en una etapa temprana de desarrollo. Aunque se cree que el peso al nacer está relacionado con la edad gestacional, el arsénico puede afectar directamente tanto el peso al nacer como la edad gestacional.

Myers (27) realizó un estudio analítico prospectivo en Mongolia Interior desde diciembre de 1996 hasta diciembre de 1999 en 9890 gestantes y sus recién nacidos. Los resultados y los datos se extrajeron de los registros de atención prenatal. La exposición se basó en medidas de agua de pozo para la subaldea materna. Encontró que la edad materna media entre las mujeres era de 25 años, y la mayoría de las mujeres (71%) eran primigrávidas. En general, solo alrededor del 3 % de los partos fueron prematuros y menos del 1 % fueron de bajo peso al nacer. La mayoría de las mujeres embarazadas vivían en subaldeas con concentraciones promedio de arsénico por debajo de 20 µg/l; aproximadamente el 14% residía en subaldeas con agua potable con arsénico superior al estándar chino de 50 µg/l. Además, halló que el peso al nacer a término fue 0.05 kg más alto (IC 95% 0.02 a 0.08) en la categoría de exposición más alta (> 100 µg/l) en comparación con la referencia (debajo del límite de detección a 20 µg/l). El arsénico >50 µg/l se asoció con un mayor riesgo de muerte neonatal (OR 2.01, IC 95% 1.12 a 3.59). No se encontró relación entre la exposición materna al arsénico y el parto prematuro o la muerte fetal. Se concluyó que, a los niveles observados en el estudio, el arsénico no parece

contribuir a los resultados adversos del nacimiento. La exposición puede desempeñar un papel en la muerte neonatal; sin embargo, la tasa de mortalidad neonatal en esta población fue baja y esta asociación potencial merece más investigación.

Ahmad (28) en el año 2000 estudió en Bangladesh, a un grupo de mujeres en edad reproductiva (15-49 años) que estuvieron expuestas crónicamente al arsénico a través del agua potable, para identificar los resultados del embarazo en términos de nacidos vivos, mortinatos, abortos espontáneos y partos prematuros. Se compararon los resultados del embarazo de las encuestadas expuestas, con los resultados del embarazo de mujeres en edad reproductiva que no estuvieron expuestas a agua contaminada con arsénico. El tamaño total de la muestra fue 192, con 96 mujeres en cada grupo (es decir, expuestas y no expuestas). De las encuestadas en el grupo expuesto, el 98% había estado bebiendo agua que contenía $\geq 0,10$ mg/l de arsénico y el 43,8% había estado bebiendo agua contaminada con arsénico durante 5 a 10 años. Los resultados adversos del embarazo medidos como abortos espontáneos, mortinatos y tasas de parto prematuro fueron 68,8, 53,1 y 68,8 por 1000 nacidos vivos, respectivamente, entre el grupo expuesto y 23,7, 23,7 y 27,1 por 1000 nacidos vivos, respectivamente, entre el grupo no expuesto. Se concluyó que los resultados adversos del embarazo eran más comunes entre las mujeres que estaban expuestas crónicamente al arsénico a través del agua potable.

Kile (29) realizó un estudio de cohorte prospectivo en mujeres embarazadas en Bangladesh de 2008 a 2011. El arsénico se midió en el agua potable personal en el momento de la inscripción en 1140 gestantes y en las uñas de los pies recolectadas ≤ 1 mes después del parto en 624 gestantes, utilizando espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente. Se encontró que cada unidad de aumento en el logaritmo natural de arsénico en el agua se asoció indirectamente con una disminución del peso al nacer ($\beta = -19,17$ g, IC del 95%: $-24,64, -13,69$) después de ajustar por otros factores de riesgo. Esta asociación estuvo mediada completamente por la edad gestacional y el aumento de peso materno durante el embarazo. Cuando se modeló la exposición utilizando concentraciones de arsénico en las uñas de los pies, se observaron resultados similares. Cada aumento en el arsénico en las uñas del pie logarítmico natural se asoció indirectamente con una disminución del peso al nacer ($\beta = -15,72$ g, IC del 95%: $-24,52, -6,91$) que fue mediada por la edad gestacional y aumento de peso materno durante el embarazo. Se concluyó que la exposición al arsénico durante el embarazo se asoció con un peso más bajo al nacer. El efecto del arsénico sobre el peso al nacer parece estar mediado principalmente por la disminución de la edad gestacional y, en menor medida, por un menor aumento de peso materno durante el embarazo.

Howe (30) hizo un estudio prospectivo en una cohorte de embarazos que comenzó en noviembre de 2015, en Los Ángeles, California. Se

tomaron en total 383 muestras obtenidas de las participantes, repartidas en muestras de arsénico en cabello, sangre y orina. Se encontró que una duplicación del arsénico en el cabello se asoció con 72,2 g (IC del 95%: -144,3, -0,1, $P = 0,05$) de menor peso al nacer, después de ajustar por posibles factores de confusión y edad gestacional al nacer. Se observó una tendencia similar pero no significativa para el arsénico en sangre, pero no para el arsénico en orina. La asociación inversa entre el arsénico del cabello y el peso al nacer fue más pronunciada entre los bebés cuyas madres aumentaron más de peso durante el embarazo. Se concluyó que el arsénico en el cabello (que representa la exposición antes del embarazo y al comienzo del embarazo) se asoció inversamente con el peso al nacer, independientemente de la EG al nacer. Esta asociación fue más pronunciada entre las mujeres que aumentaron más de peso durante el embarazo, lo que requiere más investigación.

Claus (31) realizó un estudio de cohortes donde se recolectaron muestras de sangre materna y del cordón umbilical en el momento del parto de 622 parejas de madres e hijos que residen en el condado de Ottawa, Oklahoma. Se midieron el arsénico, el plomo y el manganeso en sangre total usando espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente. Encontró que la mediana de la concentración de arsénico en la sangre materna y el cordón umbilical fue respectivamente 1,4 y 2,4 $\mu\text{g/L}$. Se estimó asociaciones negativas entre las concentraciones de arsénico en sangre materna y los resultados del parto. En los modelos de regresión multivariable ajustados para plomo y manganeso, un aumento del rango

intercuartílico en el arsénico en sangre materna se asoció con un peso al nacer menor en 77,5 g (IC del 95%: -127,8, -27,3), con una edad gestacional menor en 0,13 semanas (IC del 95%: -0,27, 0,01), con un perímetro cefálico menor en 0,22 cm (IC del 95%: -0,42, -0,03) y con un peso al nacer menor en 0,14 kilogramos (IC del 95%: -0,24, -0,04). Se concluyó que el arsénico en la sangre materna se asoció negativamente con el crecimiento fetal.

Bloom (32) realizó un estudio prospectivo entre diciembre de 2011 y enero de 2013 en el Hospital Bega en Timisora, Rumania, en 122 mujeres con partos únicos. Encontró que la concentración promedio de arsénico inorgánico fue de 4,11 µg/l. La edad gestacional media al momento del parto fue de 38,7 semanas (desviación estándar (DE) = 1,4), con un rango de 34 a 42. El peso corporal medio fue de 3222,7 g (DE = 448,9) con un rango de 1800 a 4190; n = 6 (4,9%) tenían bajo peso al nacer y n = 10 (8,2%) eran pequeños para la edad gestacional. Se halló que el arsénico promedio más alto (10 µg/l) se asoció con una puntuación Z de -2,45 menor peso al nacer (P = 0,021) y una puntuación Z de -1,17 menor longitud al nacer (P = 0,029) entre las fumadoras. Se concluyó que la exposición a arsénico de agua potable residencial de bajo nivel tiene poco efecto sobre los resultados del parto. Sin embargo, los resultados también sugieren que el tabaquismo puede potenciar una exposición a arsénico que de otro modo sería benigna.

Wang (33) realizó un estudio de cohorte de nacimientos en China y Anhui. Se tomaron a 3194 mujeres embarazadas en el 2009. Se encontró que la incidencia de recién nacidos pequeños para la edad gestacional (PEG) fue elevada en el grupo H-As (nivel elevado de arsénico) en comparación con el grupo L-As (nivel bajo de arsénico) (9,9% frente a 7,6%). Después de controlar los factores de confusión y el análisis estratificado, el OR ajustado para PEG fue significativo solo en las niñas con H-As pero no en los niños. Además, la incidencia de parto prematuro fue elevada en el grupo H-As en comparación con el grupo L-As (7,0% frente a 4,8). Se concluyó que estos resultados indican que el nivel de arsénico en suero materno durante la gestación se asocia positivamente con resultados adversos en el embarazo.

Rahman (21) realizó un estudio de cohorte prospectivo en Bangladesh en 1183 gestantes y sus recién nacidos. El arsénico se midió en el agua potable del pozo entubado que cada mujer identificó como su principal fuente de agua potable en el momento de la inscripción. El arsénico también se midió en recortes de uñas de los pies maternos recolectados ≤ 1 mes después del parto. El matrimonio infantil se definió como el matrimonio formal antes de los 18 años de edad. La altura y el peso materno se midieron en la primera visita a la clínica y en las visitas domiciliarias mensuales posteriores a la inscripción en una báscula. Se encontró que, de 1183 nacidos vivos únicos incluidos en el análisis, 260 (21,9%) nacieron prematuros. Aproximadamente, el 70% de los bebés prematuros nacieron de mujeres que tenían antecedentes de matrimonio

infantil. La exposición al arsénico fue relativamente modesta con una concentración media de 2,2 µg/l y 1,2 µg/g respectivamente para el agua potable y la uña materna arsénico, pero abarcó una amplia gama. Casi el 22% de las mujeres incluidas en nuestro análisis estuvieron expuestas a concentraciones de arsénico en el agua potable por encima del estándar nacional de 50 µg/L, lo que contribuyó a más del 35 % de todos los partos prematuros en la cohorte. Concluyó que los resultados mostraron que la exposición prenatal al arsénico, el matrimonio infantil y el bajo aumento de peso materno durante el segundo y tercer trimestre están asociados con un mayor riesgo de parto prematuro en Bangladesh.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En el Perú el único estudio sobre la relación de los niveles de arsénico en agua y los resultados neonatales es el que se realizó en Tacna y del cual fui parte, por lo que como antecedentes nacionales y locales mencionaré otros estudios que han hallado niveles elevados de arsénico en agua.

Según **Juarez** (34), estudios de DIGESA y SEDAPAL encontraron niveles de arsénico en el río Rímac cerca al 50 µg/L en los años 1997-2004, salvo los años de 2000, 2001 y 2002, en que los promedios de arsénico en agua eran de 260 ug/L, 710 ug/L, y 780 ug/L.

George (35) realizó un estudio en el 2014 donde se midió la concentración de arsénico de 151 fuentes de agua en 12 distritos de Perú.

Encontró que en el 86% (96/111) de las muestras de agua subterránea, el arsénico excedió la pauta de concentración de arsénico de 10 µg/l dada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua potable. En los distritos de Juliaca y Caracoto, en el 96% (27/28) de las muestras de agua subterránea, el arsénico estaba por encima de la directriz de la OMS; y en las muestras de agua recolectadas de la sección del río Rímac que atraviesa Lima, todas tenían concentraciones de arsénico que excedían el límite de la OMS. Concluye que esto plantea una amenaza para la salud pública que requiere más investigación y acción.

De Meyer (36) realizó un estudio en 2017 donde se recolectó agua subterránea de las regiones de Iquitos y Pucallpa para analizar las características hidro químicas, incluidos los oligoelementos. Se hallaron altas concentraciones de arsénico (hasta 700 µg/l) y manganeso (hasta 4 mg/L). Se concluyó que las altas concentraciones de elementos tóxicos resaltan la necesidad urgente de evaluar la calidad del agua subterránea en toda la Amazonía occidental.

Mamani (37) realizó un trabajo de investigación en el 2015, en Juliaca, Perú, donde se estudiaron 20 pozos de agua. Encontró concentraciones de arsénico con una media de 73.5 µg/l. el cual supera el límite máximo de 10 µg/L, establecido por la directriz de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Concluyó que las aguas subterráneas en la ciudad de Juliaca son consideradas no aptas para consumo humano por contener altas concentraciones de As, que en lo posterior pueden traer

consecuencias graves y efectos adversos en la salud de los pobladores que las consumen diariamente.

2.1.3 Antecedentes locales:

Según **Bundschuh** (10), de diciembre de 2004 a septiembre de 2006, se estudiaron los contenidos en muestras de las cuencas de los ríos Sama y Quebrada de la Yarada. Aquí, en las localidades de Amopaya, Sama e Inclán, se encontraron concentraciones de arsénico en el rango de 140-230 µg/l en el agua del río.

Ticona (38) realizó un estudio donde se tomaron muestras de piletas domiciliarias de los distritos de la ciudad de Tacna durante marzo del 2011 a febrero del 2012. Se encontró que el nivel medio de arsénico en las piletas de agua potable de la ciudad de Tacna es de 0,056 mg/l (rango: 0,047 – 0,064), lo cual representa más de cinco veces el valor permitido por OMS y la legislación peruana (0,01 mg/l). También se halló que los distritos de la ciudad con mayor nivel de contaminación del agua potable con arsénico son Pocollay, Ciudad Nueva y Tacna cercado.

Según **Ale-Mauricio** (39), un informe institucional realizado por la Dirección Regional de Salud de Tacna en 2014 reportó que 19 de 27 distritos (70 %) exceden los límites máximos permisibles de As en agua de consumo humano establecido por la OMS y la legislación peruana. Asimismo, un estudio ejecutado en 2015 por la Dirección de Salud Ambiental de Tacna reportó concentraciones de 270 µg/l a 680 µg/l de As

en aguas subterráneas del distrito de Cairani en la provincia de Candarave.

Según la **mesa de concertación para la lucha contra la pobreza Tacna** (13), en el año 2016, se realizó un estudio en 82 localidades / comunidades dentro de las cuatro provincias de la región Tacna. Para la provincia de Tacna, de las 27 comunidades / localidades evaluadas, el 63% presentan alto riesgo por contaminación de agua para el consumo humano. Es necesario resaltar, que en el caso de Tacna provincia, concentra al 93% del total de la población de la región.

Morales (40) determinó las concentraciones de arsénico total ante valores de pH en el agua superficial de la cuenca hidrográfica-Sama, Región Tacna-Perú. Durante agosto y noviembre del 2016, así como abril y junio del 2017, se realizó un muestreo probabilístico en cuatro puntos referenciales correspondientes a la estación de muestreo Sama Bocatoma-Tranca. Existieron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las concentraciones promedio de arsénico total en cada mes (0.0731; 0,29835; 0,287 y 0.711 mg/l) donde se superó el valor permisible por la norma ambiental de regulación utilizada (0,01 mg/l). Se concluyó que debe limitarse el valor de uso sobre las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica, ya que presentaron concentraciones de arsénico total no deseadas, lo cual podría ser perjudicial, si fueron destinadas al consumo sin tratamiento eficiente para el ser humano y/o riego de cultivo en el desarrollo agrícola.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Arsénico en agua:

El arsénico es un elemento metaloide, que existe principalmente en su forma inorgánica en el agua. El impacto tóxico del arsénico en la salud humana ha sido documentado en numerosos estudios; en la medida en que ha sido clasificado por la Agencia Internacional para la Investigación de Carcinógenos (IARC) y el Programa Nacional de Toxicidad (NTP) como un carcinógeno humano conocido. (41)

La toxicidad del arsénico depende de su valencia (cero, trivalente o pentavalente), de su forma (orgánica o inorgánica), y de los aspectos fisiológicos que regulan su absorción (edad, peso, genética, cantidad del agua ingerida por kilogramo de peso y eliminación). El arsénico inorgánico y con valencia trivalente es más tóxico que los otros. (42)

Las fuentes de arsénico en el medio ambiente pueden ser naturales o antropogénicas. Las fuentes naturales son mucho más grandes que las antropogénicas, principalmente de la actividad volcánica y la volatilización a baja temperatura. También se encuentra en el agua potable de los pozos. Por otro lado, las fuentes antropogénicas de arsénico se originan por el uso de plaguicidas, fundiciones de cobre, actividad minera, rellenos sanitarios por vertimiento de escorias, aguas residuales de fundiciones y refinерías, que contribuyen indirectamente a la contaminación de suelos y aguas. (43)

El arsénico se absorbe por vía digestiva, respiratoria e incluso por la piel. Cabe señalar que podemos encontrar el tóxico en las uñas o el pelo. Los compuestos inorgánicos pueden atravesar la barrera placentaria dando lugar a recién nacidos de bajo peso, con malformaciones o toxicidad fetal. (44)

El tiempo de vida media del arsénico en el ser humano es de 10 horas, se excreta la mayor parte por vía urinaria, heces, sudor y piel (descamación). El riñón elimina rápida y completamente el arsénico pentavalente y arsénico orgánico. Al revés de otros metales, la fracción tóxica es la inorgánica, pues las formas orgánicas son de excreción muy rápida. (44)

El arsénico es extremadamente tóxico para el organismo humano; no solo en concentraciones altas, donde la exposición causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales, sino también en concentraciones relativamente bajas en la exposición durante un largo período de arsénico, por ejemplo, por ingestión de agua, esta tiene efectos negativos crónicos para la salud. Por eso, el arsénico en las aguas (acuíferos) susceptibles a ser utilizadas para consumo, constituye una gran amenaza para la salud. (45)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido un límite máximo de concentración de arsénico en agua potable de 10 µg/l o 0,01 mg/l. (30) Este valor es así desde el 2001, ya que antes era 50 µg/l. Se cree

que esto permitirá disminuir el número de varios tipos de cáncer y de otras enfermedades entre ellas diabetes e hipertensión. (46)

El Estado Peruano estableció en el pasado el límite máximo permisible de arsénico en el agua potable el valor de 50 µg/l o 0,05 mg/l hasta el año 2010 en que se aprobó el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, estableciéndose como valor de referencia máximo para arsénico el valor establecido por la OMS de 0,01 mg/l. (38)

En por lo menos 14 países de América del Sur se han detectado niveles elevados en relación con las normas y directrices internacionales. (8)

Perú tiene muchas regiones ricas en minerales con alta contaminación de arsénico en sus aguas subterráneas naturales y agua potable superficial, lo que puede deberse tanto a actividades volcánicas (contaminación natural) como mineras provocadas por el hombre (contaminación antropomórfica). (47) En la mayoría de los casos, el arsénico es de origen geogénico y se libera predominantemente en la región andina por la meteorización natural y por las actividades mineras. Desde la región andina, el arsénico es transportado predominantemente por el agua y los sedimentos de los ríos a las zonas bajas semidesérticas, más densamente habitadas. (27) Se ha evaluado que hay aproximadamente 1,6 millones de peruanos que residen en regiones con agua potable de mala calidad dentro de los 5 km de operaciones mineras

activas o históricas. (47)

Perú tiene un importante potencial geotérmico porque se encuentra dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde ocurre el proceso de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana. En el Perú se pueden distinguir dos regiones geotérmicas, el primer sistema en el norte del Perú, que está controlado por el gradiente geotérmico y el segundo sistema en el sur del Perú, que está relacionado con una serie de centros volcánicos. Los campos geotérmicos del sur peruano descritos están relacionados con cinco áreas volcánicas activas del Pleistoceno: el Sabancaya, (región de Arequipa), el Ubinas, el Huaynaputina y Ticsani (región de Moquegua) y Yucamane (región de Tacna). Las aguas termales relacionadas con estos volcanes tienen un As promedio de 0.17 -10.8 mg/l, con un pH de 2.7 -7.6 y temperaturas de 27-94°C. Yucamane y otras estructuras volcánicas en la región de Tacna tienen una concentración promedio de arsénico variable, entre 0.34 a 11.1 mg/l con un pH entre 2.6 a 7.7 y temperaturas de 46 a 87°C. (48)

El Ministerio de Salud de Perú informó que las regiones de Tacna, Arequipa y Moquegua, en especial los distritos de Candarave, Inclán y Jorge Basadre, presentan un alto nivel de contaminación por arsénico, hasta 1100 µg/l, 110 veces superior que el límite de agua potable de la OMS. (48)

En un estudio de monitoreo de la concentración de metales pesados en las principales fuentes de aguas superficiales de la Ciudad de Tacna del 2007 al 2009, se han determinado niveles exorbitantes de contaminación por arsénico en los ríos Uchusuma y Caplina, de hasta 300 µg/l (0,30 mg/l), y 330 µg/l (0,33 mg/l), respectivamente. (38)

Asimismo, un estudio ejecutado en 2015 por la Dirección de Salud Ambiental de Tacna reportó concentraciones de 270 µg/l a 680 µg/l de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Cairani, en la provincia de Candarave. (39)

De 27 distritos de la Región Tacna, 19 distritos (70%) exceden los límites máximos permisibles para los parámetros de arsénico y boro. El distrito de Inclán no fue estudiado en este periodo. Dentro de los distritos que no cumplen con los límites de arsénico potable según la OMS se encuentran: Tacna, Pocollay, Calana, Ciudad Nueva, Alto de la Alianza, Sama, Ite, Locumba e Ilabaya. El único distrito de la provincia de Tacna que sí cumple con la normativa fue Gregorio Albarracín Lanchipa. (49)

En la región Tacna, en Perú, la presencia de As en el agua de consumo humano es un problema condicionado esencialmente por su ubicación geográfica, en suelos volcánicos que generan la contaminación natural de aguas geogénicas por la disolución del As. (39)

El río Caplina presenta un comportamiento fluvial de extrema

escasez en los meses de estiaje (entre abril a diciembre) e incremento de caudal en los meses de máximas avenidas (enero - marzo); la EPS Tacna S.A. capta de la fuente hasta 120 l/s aproximadamente y esta es conducida a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Alto Lima. En cuanto a la calidad de agua, predomina la relativa acidez debido a los drenajes de rocas con minerales sulfurosos, además de la presencia de arsénico y boro debido a la mineralización de origen ígneo. Además, las actividades antrópicas que incorporan mercurio en la cuenca alta del río Caplina por la presencia de pasivos mineros, contaminación bacteriológica por las descargas de aguas residuales de las poblaciones ubicadas en la parte alta y media de la cuenca. Esta cuenca de Caplina recibe un aporte de agua desde la cabecera este de la cuenca de Sama (Cordillera del Barroso) que incrementa la dotación a partir de un pequeño trasvase. (50)

De igual manera, el río Uchusuma tiene un comportamiento fluvial de extrema escasez en los meses de estiaje (entre abril a diciembre) y caudaloso en los meses de máximas avenidas (enero – marzo). La calidad de agua en la parte alta de la cuenca presenta aluminio, y en la parte media y baja aparecen valores altos de arsénico, boro, aluminio y hierro. Este río abastece con la mayor proporción del agua que llega a la localidad de Tacna, tanto para consumo poblacional como agrícola. La contaminación de naturaleza antrópica es debido a actividades agrícolas menores y la crianza de camélidos sudamericanos en la parte alta lo cual incorpora una importante carga bacteriológica. Una parte del curso del canal Uchusuma se encuentra fuera del territorio peruano, bordeando el Volcán Tacora

(Región de Arica y Parinacota, Chile), para regresar al suelo peruano por la Intercuenca 13155. Dentro de la Intercuenca 13155 por donde continua el río Uchusuma hacia la ciudad de Tacna, es en la captación de Cerro Blanco donde la EPS Tacna se abastece con 400 l/s en promedio para la PTAP Calana. La cuenca de Uchusuma recibe una dotación adicional de agua proveniente de un trasvase desde la cuenca del Maure. (50)

La cuenca del río Sama no corresponde a la cuenca de aporte de la EPS Tacna S.A.; sin embargo, constituye una cuenca importante pues surca los territorios de la provincia de Tarata hacia la provincia de Tacna (distrito Inclán y distrito Sama Las Yaras). Cuenta con el trasvase del Barroso que deriva hacia la cuenca de Caplina y otro trasvase del túnel Kovire que trae agua procedente del río Maure. Esta condición de trasvases permite revertir las condiciones de pluviosidad propias de las cuencas de Tacna, permitiendo reducir el déficit hídrico para el uso agrario y poblacional. Entre sus aportantes, como el río Salado se advierte la presencia de arsénico, boro, calcio y litio; mientras en el río Estique, coliformes termotolerantes. La presencia de los elementos químicos antes mencionados se debe principalmente a las aportaciones de fuentes hidrotermales y la disolución de rocas volcánicas y sedimentarias; en tanto, la presencia de fosfatos y coliformes tienen una influencia antrópica. (50)

El consumo de alimentos y bebidas contaminados con arsénico como parte de la dieta diaria y la inhalación de arsénico ha sido la principal fuente de exposición al arsénico para la mayoría de las personas afectadas

a lo largo de los años. (8)

El arsénico se encuentra en la dieta, particularmente en pescados y mariscos, en los que se encuentra principalmente en la forma orgánica menos tóxica. Solo hay datos limitados sobre la proporción de arsénico inorgánico en los alimentos, pero estos indican que aproximadamente el 25% está presente en forma inorgánica, según el tipo de alimento. (8)

Otros autores, han señalado que, en poblaciones expuestas a agua contaminada con arsénico, las determinaciones de este metal en cereales como el arroz y vegetales como el tomate, regados con esta agua, fueron altas las concentraciones. Estos hallazgos suponen que también se estén concentrando en alimentos donde se utiliza el agua para preparar sopas y caldos; así mismo, podría estar involucrada la leche al dar de beber a los animales. (42) En circunstancias donde las sopas o platos similares son una parte básica de la dieta, la contribución del agua potable a través de la preparación de los alimentos será aún mayor. (8)

2.2.2 Efectos del arsénico en el recién nacido:

El desarrollo fetal es un período marcado por la rápida división celular, la diferenciación y el crecimiento de los tejidos y, por lo tanto, es muy sensible a los efectos negativos de las exposiciones tóxicas. (51)

Los estudios en animales han mostraron toxicidad reproductiva y de

desarrollo debido a la exposición al arsénico inorgánico. Además, la dosis y la duración de la exposición al arsénico influye de manera decisiva en el retraso del crecimiento y la muerte del feto. (52)

La calidad del ambiente intrauterino tiene un efecto de por vida en la salud y está mediada por la placenta, un órgano temporal que juega un papel crítico en el crecimiento y desarrollo fetal. La placenta asegura un suministro óptimo de nutrientes y gases respiratorios, elimina los productos de desecho y regula hormonalmente la progresión del embarazo. (53)

El arsénico inorgánico atraviesa la placenta humana y se acumula en los órganos y sistemas en desarrollo del feto, lo que presenta un mayor riesgo potencial. (23) Los niveles de arsénico en la sangre del cordón umbilical son casi tan altos como en la sangre materna, lo que demuestra la plausibilidad biológica de una asociación entre la exposición y el desarrollo fetal. (24) La evidencia experimental y observacional sugiere que el arsénico inorgánico se acumula y altera la función placentaria y altera la metilación de la sangre del cordón umbilical. (23)

Se desconoce la ventana de exposición específica durante el embarazo en la que el feto es más susceptible a los efectos del arsénico, pero un estudio de mujeres embarazadas en Bangladesh encontró una disminución significativa en el peso al nacer entre las mujeres con mayor exposición al arsénico al principio del embarazo. (24)

No se comprende bien el mecanismo por el cual la exposición prenatal al arsénico puede afectar el parto prematuro, aunque existe un fuerte vínculo con la inflamación y la infección. Los estudios han encontrado que la exposición al arsénico durante el embarazo está asociada con un aumento de los marcadores inflamatorios en la sangre del cordón umbilical del recién nacido y una expresión alterada de los μ ARN de la sangre del cordón umbilical que son parte integral de la inflamación y las respuestas inmunitarias. Además, la exposición al arsénico se ha asociado con angiogénesis alterada que conduce al desarrollo displásico de la placenta, que se considera un factor de riesgo importante para el parto prematuro. (21)

La disminución del suministro de nutrientes como consecuencia de la vasoconstricción provocada por el arsénico se ha sugerido como un mecanismo para el peso relativamente bajo al nacer. La metilación relativamente ineficiente por parte de la madre también se ha sugerido como una posible causa de peso relativamente bajo al nacer. (54)

Recientemente, un estudio de mediciones de ultrasonido sugirió un crecimiento restringido en el útero con una mayor exposición de iAs entre los fetos masculinos. (23)

Ya está documentado que la alta concentración de arsénico en el agua potable tiene un efecto en la población adulta, pero recientemente ha afectado gravemente a los recién nacidos y los niños y su función cognitiva.

(55)

Las etapas fetales y postnatales tempranas del desarrollo son particularmente sensibles al impacto de la exposición ambiental al arsénico. Dichas exposiciones pueden comprometer los procesos de desarrollo temprano y predisponer al feto a riesgos de salud adversos más adelante en la vida. (56)

Crece la preocupación con respecto a un mayor riesgo de resultados adversos al nacer asociados con la exposición crónica al agua potable contaminada con arsénico inorgánico, incluido un menor peso al nacer, un parto más temprano y un tamaño neonatal más pequeño en las madres expuestas y sus fetos. (23)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

2.3.1 Efectos neonatales:

2.3.1.1 Recién nacido de bajo peso:

Recién nacido que tiene un peso al nacer de menos de 2500 g (5.5 lb), pero también se puede consultar recién nacido de muy bajo peso, para los recién nacidos que tienen un peso al nacer de menos de 1500 g (3.3 lb). (57)

2.3.1.2 Recién nacido pretérmino:

Niño nacido antes de las 37 semanas de gestación. (57)

2.3.1.3 Recién nacido pequeño para la edad gestacional:

Recién nacido que tiene un peso al nacer más bajo del esperado para su edad gestacional. (57)

2.3.2 Gestante:

Mujeres humanas embarazadas, como entidades culturales, psicológicas o sociológicas. (58)

2.3.3 Agua potable:

Agua que es destinada para ser ingerida. (58)

2.3.4 Arsénico:

Un elemento gris brillante de símbolo atómico As, número atómico 33 y peso atómico 75. Existe en todo el universo, la mayor parte en la forma de arsenitos metálicos. La mayoría de las formas son tóxicas. (31) De acuerdo al Décimo Cuarto Reporte Anual sobre Carcinógenos (2016), el arsénico y ciertos compuestos arsenicales han sido incluidos en la lista de carcinógenos conocidos en base a evidencia suficiente de carcinogenicidad en humanos. (59)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es epidemiológico analítico de tipo observacional, correlacional y prospectivo.

3.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO:

La población consistió en 159 gestantes atendidas de manera regular en uno de los siguientes 16 establecimientos de salud de la provincia de Tacna: Centro de Salud Bolognesi, Centro de Salud Ciudad Nueva, Centro de Salud Viñani, Centro de Salud La Esperanza, Centro de Salud San Francisco, Centro de Salud Metropolitano, Centro de Salud Alto de la Alianza, Centro de Salud La Natividad, Centro de Salud Leoncio Prado, Puesto de Salud Vista Alegre, Centro de Salud Leguía, Centro de Salud Pocollay, Puesto de Salud 5 de noviembre, Puesto de Salud Cono Norte, Centro de Salud 28 de agosto y Puesto de Salud Hábitat.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de inclusión:

- Mujeres embarazadas con una edad mayor o igual a 16 años.
- Vivir al menos 1 año en el área de estudio.
- Tiempo de embarazo <24 semanas.

Criterios de exclusión:

- Gestación múltiple (gemelos, trillizos, etc.).
- Mujeres embarazadas con fetos con malformaciones congénitas.
- Mujeres que fuman durante su embarazo
- Mujeres que consumen alcohol durante su embarazo
- Mujeres embarazadas que migran de manera constante, o por tiempo prolongado fuera de la provincia de Tacna.
- Mujeres con enfermedades crónicas previamente existentes

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable dependiente

- Efectos neonatales

Variable independiente

- Niveles de arsénico en agua potable
- Características maternas

Definiciones operacionales:

- Efectos neonatales: en este estudio está dado por 3 variables las cuales fueron medidas en los recién nacidos: el peso al nacer (primera medida de peso de los recién nacidos obtenida luego del nacimiento), la edad gestacional (duración completa de la gestación medida desde el primer día de la última menstruación hasta el momento del nacimiento) y la relación peso/ edad gestacional (la relación que tiene el peso respecto a la edad gestacional, el cual se mide en percentiles).
- Niveles de arsénico en agua potable: Valor de arsénico en mg/L en muestras de agua potable obtenidas de los grifos de las mujeres gestantes participantes de este estudio, los cuales son clasificados de acuerdo a la normativa de la OMS en niveles permitidos ($As < 0,01$ mg/l) y niveles no permitidos ($As \geq 0,01$ mg/l).
- Estado nutricional: condición del organismo que es resultado de la relación entre las necesidades nutritivas individuales y la ingestión, absorción y utilización de los nutrientes contenidos en los alimentos. El índice de masa corporal (IMC) es el indicador internacional que evalúa el estado nutricional y está dado por el resultado de la división del peso en kilogramos entre la estatura en metros elevado al cuadrado.

- Gravidéz: indica el número de veces que una mujer ha estado embarazada (incluyendo un embarazo actual), independientemente de si los embarazos se interrumpieron o resultaron de un nacimiento vivo.
- Número de controles prenatales: es el número de atenciones de una gestante realizadas por personal de salud, según el MINSA las gestantes deben recibir por lo menos 6 atenciones durante el periodo de gestación para tener un embarazo sin complicaciones y un bebé saludable.
- Edad/Grupo etario: La edad son los años cumplidos hasta la fecha de evaluación, en gestantes es categorizada en grupos etarios en adolescente (según la OMS incluye la adolescencia temprana de 10 a 14 años y la adolescencia tardía de 15 a 19 años), adulta (periodo comprendido entre la adolescencia y la edad avanzada) y edad avanzada (la cual es definida por la Federación Internacional de Ginecólogos y Obstetras como aquella mujer que se embaraza a partir de ≥ 35 años de edad)
- Grado de instrucción: Nivel más alto de estudios alcanzados.
- Estado civil: es la situación de convivencia administrativamente reconocida de las personas en el momento en que se realizó el

cuestionario.

- Dependencia económica: es la condición en la que se tiene que depender de otra persona para tener solvencia económica. En el presente estudio se caracterizó de acuerdo a si la gestante trabajaba o no, siendo dependiente económicamente si no trabajaba y viceversa.
- Lugar de residencia: representa la zona geográfica de la ciudad de Tacna en la que vive la gestante. En este estudio el lugar de residencia ha sido dividido en 3 zonas dependiendo del distrito en que vivía la gestante. En Cono Norte tenemos a los distritos de Pocollay, Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. El cercado corresponde al distrito de Tacna. Por último, en Cono Sur están los distritos de Gregorio Albarracín y Viñani.
- Años viviendo en Tacna: está dado por el número de años que la mujer gestante ha permanecido viviendo en la ciudad de Tacna.
- Lugar de nacimiento: representa la ciudad en la cual se ha nacido.

VARIABLES			TIPO DE VARIABLE	ESCALA	CATEGORÍA
Variable dependiente	Efectos neonatales	Peso al nacer	Cualitativo	Ordinal	- Bajo peso - Peso adecuado - Macrosómico
		Edad gestacional	Cualitativo	Ordinal	- Prematuro - Adecuado
		Relación peso/EG	Cualitativo	Ordinal	- PEG - AEG - GEG
Variables Independientes	Niveles de arsénico en agua potable		Cualitativo	Ordinal	- Permitido (<0,01 mg/l) - No permitido (≥0,01 mg/l)
	Características Gineco obstétricas	Estado nutricional	Cualitativo	Ordinal	- Desnutrida (<,18,5) - Normal (IMC: 18,5 -24,9) - Sobrepeso (IMC: 25 - 29.9) - Obeso (IMC: ≥ 30)
		Gravidez	Cualitativo	Ordinal	- Primigesta (0) - Multigesta (1-4)
		Nº de controles prenatales	Cualitativo	Discreta	- < 6 - ≥ 6
	Características sociodemográficas	Grupo etario/edad	Cualitativo	Ordinal	- Adolescente (10-19 años) - Adulta (20- 34 años) - Edad avanzada (≥ 35 años)
		Grado de instrucción	Cualitativo	Ordinal	- Primaria - Secundaria - Superior
		Estado civil	Cualitativo	Nominal	- Soltera - Conviviente - Casada
		Dependencia económica	Cualitativo	Nominal	- Sí (no trabaja) - No (trabaja)
		Lugar de residencia	Cualitativo	Nominal	- Cercado - Cono sur - Cono norte
		Años vividos en Tacna	Cualitativo	Discreta	- < 10 años - 10– 20 años - > 20 años
		Lugar de nacimiento	Cualitativo	Nominal	- Tacna - Puno - Otro

3.4 TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las gestantes de los 16 establecimientos de salud de la provincia de Tacna fueron reclutadas a través de una llamada telefónica o en su defecto, mediante una visita domiciliaria. Los datos personales de las gestantes, entre los cuales se encuentran el nombre completo, dirección y número de teléfono, fueron proporcionados por cada establecimiento de salud al presentarse una autorización que fue realizada por el director de la Red de Salud de Tacna. Con este permiso, se pudo obtener el Libro de Seguimiento de Gestantes y Puérperas de cada establecimiento. En el libro mencionado además se logró constatar la edad, fecha de última menstruación y la edad gestacional de cada mujer, datos que fueron útiles para seleccionar a las gestantes que participarían en el estudio, de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

Teniendo los datos de cada gestante, lo siguiente que se hizo fue llamarlas a sus respectivos números de celular para informales acerca de este estudio, explicándoles brevemente acerca de los objetivos, la importancia y los procedimientos que se llevarían a cabo. Una vez que la gestante accediera a participar, se acordaría con ella la fecha adecuada para hacer una visita a su domicilio, según su disposición. En los casos en que, al llamar a la gestante, esta no contestara la llamada o si el celular estaba fuera de servicio, se procedió a hacer la visita domiciliaria, explicando en ella los detalles del estudio para poder reclutar a la gestante,

si esta otorgaba su consentimiento.

En la primera visita domiciliaria, la cual se efectuó de febrero a abril del 2019, se proporcionó un consentimiento informado para la participación en el estudio de investigación (anexo n°1), el cual fue explicado a cada una de las participantes, además que se resolvieron todas las dudas que presentaron. Posterior a esto, se utilizó un cuestionario (anexo n°2) para recopilar información acerca de la historia sociodemográfica y obstétrica de la participante. Dicho cuestionario tuvo una duración aproximada de 20 minutos en total y la gestante tenía la decisión libre de responder o no alguna pregunta en especial.

La muestra de agua potable también fue recolectada durante la primera visita, luego de haber completado el cuestionario, y para ello se utilizaron frascos de plástico estériles. La muestra fue tomada de la fuente de mayor uso por la gestante para preparar los alimentos, como, por ejemplo, el grifo de la cocina. En la gran parte de casos la muestra fue tomada por el investigador, pero en algunas ocasiones, por decisión de la gestante, ella era la que realizaba la recolección del agua, luego de que se le indicaba el procedimiento y se le otorgaba el frasco estéril.

Para recolectar la muestra, se desenroscó el frasco en el momento del muestreo. Se dejó el grifo de agua abierto durante 10 segundos para

descartar cualquier residuo de las tuberías. Se recolectaron 100 ml de agua potable, se cerró el frasco y se procedió a rotularlo con el código asignado a la gestante. Las muestras se almacenaron en un cooler junto a geles refrigerantes y fueron transportadas al laboratorio de biología de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG), en donde fueron almacenadas a una temperatura de -20°C .

Más adelante, cuando se calculó que la participante se encontrara en su tercer trimestre de embarazo, se hizo una segunda visita domiciliaria, esta vez sólo para tomar una segunda muestra de agua, utilizando el procedimiento anteriormente descrito, con el fin de hacer un seguimiento a la gestante y ver si existía alguna variación entre los niveles de arsénico con respecto a la primera visita.

El arsénico inorgánico total fue medido en un laboratorio proporcionado por la Escuela de Biología de la UNJBG. Como la muestra fue almacenada a una temperatura de -20°C , se dejó descongelar durante un aproximado de 2 horas antes de realizar el análisis, a temperatura ambiente. Para el análisis se usó un kit comercial (MQuant Arsenic Kit, Merck, EE. UU), el cual representa un método sensible, rápido y de casi nula generación de desechos químicos de laboratorio. Se procedió a verter 60 ml de agua en la botella de reacción y después fueron añadidas 2 gotas del reactivo As-1 y se agitó la botella de reacción. Luego de conseguir un color homogéneo, se añadió una cuchara llena de reactivo As-2 y se

disolvió por completo, seguido del reactivo As-3. El frasco de reacción se cerró de manera inmediata con la tira reactiva previamente puesta y se dejó reposar por unos 20 minutos. Luego, se abrió el frasco de reacción y se retiró la tira, la cual fue limpiada con agua destilada. Finalmente, se hizo una comparación entre el color que mostró la tira con las referencias del kit, las cuales variaban de un color amarillo claro a marrón. Cabe mencionar que el kit detecta la concentración total de arsénico inorgánico, dando un resultado cualitativo basado en colores que correspondían a concentraciones de 0, 5, 10, 25, 50, 100, 250 y 500 ug/L de arsénico.

Para recolectar los datos perinatales se tuvo en cuenta que, en la provincia de Tacna, los únicos centros de salud del sector público con capacidad resolutive para atender partos son: el Centro de Salud San Francisco, el Centro de Salud La Esperanza, el Centro de Salud Ciudad Nueva y el Hospital Hipólito Unanue de Tacna; siendo este último, de acuerdo a su nivel de complejidad, el lugar donde son atendidos los partos de alto riesgo o que requieren cesárea. Los datos de interés fueron el sexo, el peso al nacer, la edad gestacional y la relación peso/ edad gestacional. Estos datos fueron recopilados a través de las historias clínicas perinatales del centro de salud u hospital, de acuerdo a donde se produjo el parto. En ciertos casos, la atención se hizo en algún centro privado, para lo cual se realizó una entrevista a la participante, consultándole sobre el sexo de su hijo, su peso, edad gestacional y tipo de parto.

3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Todos los datos encontrados fueron recolectados en nuestros instrumentos, el cuestionario (anexo n°2) y la ficha de recolección de datos (anexo n°3), de forma anónima, para su posterior análisis.

Para la codificación, el proceso y análisis de datos se utilizó el programa estadístico STATA versión 16.0. Primero, se realizó un análisis descriptivo el cual está representado mediante tablas (univariadas y bivariadas) y gráficos (circulares y de barras). Para evaluar la relación de las características sociodemográficas y gineco obstétricas de las gestantes y las características perinatales de los recién nacidos con los niveles de arsénico en agua potable, se usó la prueba de Chi cuadrado y los resultados se presentaron en tablas. Para la redacción final se usaron las normas Vancouver.

CAPÍTULO IV

DE LOS RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

En la investigación, se reclutaron un total de 161 gestantes durante los meses de febrero, marzo y abril del 2019, estas mujeres se atendían de manera regular en 16 centros de salud de la provincia de Tacna, los cuales fueron mencionados anteriormente. Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión y hacer todo el seguimiento, 159 fueron las participantes de esta investigación. A continuación, se presentan los resultados del estudio, los cuales están plasmados en tablas y gráficos, respondiendo así a los objetivos de esta investigación.

TABLA N° 01

**FRECUENCIA DE GESTANTES QUE CONSUMEN AGUA POTABLE
CON ARSÉNICO CON NIVELES NO PERMITIDOS POR LA OMS**

Nivel de Arsenico	GESTANTES	
	N°	%
Permitido	47	29.56
No permitido	112	70.44
TOTAL	159	100.00

Mediana

Fuente: Ficha de recolección de datos

INTERPRETACIÓN:

En la Tabla N°01, se aprecia que el mayor porcentaje de gestantes de este estudio consumían agua potable con arsénico con niveles no permitidos por la OMS (70.44%).

El promedio de arsénico hallado fue 0.038 mg/l. El rango de valores que se encontró fue de 0.005 mg/l a 0.25 mg/l. Sólo dos gestantes tenían el valor más alto de arsénico, lo cual representa el 1.25% de la población de este estudio. Además, se observó que estas dos gestantes eran atendidas en los centros de salud de Hábitat y Cono Norte.

TABLA N° 02

**CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LAS GESTANTES Y
SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**

Características sociodemográficas	NO PERMITIDO		PERMITIDO		p
	N°	%	N°	%	
Edad/ grupo etario					
Adolescente (10-19)	9	75.00	3	25.00	
Adulta (20-34)	83	70.94	34	29.06	0.844
Edad avanzada (35 a+)	20	66.67	10	33.33	
Grado de instrucción					
Primaria	8	80.00	2	20.00	0.535
Secundaria	59	67.05	29	32.95	
Superior	45	73.77	16	26.23	
Estado civil					
Soltera	28	80.00	7	20.00	
Conviviente	65	65.66	34	34.34	0.224
Casada	19	76.00	6	24.00	
Dependencia económica					
Si (No trabaja)	64	80.00	16	20.00	0.008
No (Trabaja)	48	60.76	31	39.24	
Lugar de residencia					
Cercado	38	62.30	23	37.70	
Cono sur	35	72.92	13	27.08	0.178
Cono norte	39	78.00	11	22.00	
Años viviendo en Tacna					
<10 años	32	71.11	13	28.89	
10-20 años	29	60.42	19	39.58	0.149
>20 años	51	77.27	15	22.73	
Lugar de nacimiento					
Tacna	59	83.10	12	16.90	
Puno	34	58.62	24	41.38	0.006
Otro	19	63.33	11	36.67	

Prueba de Chi2
Fuente: Cuestionario

En la Tabla N°02, se observa que, según el grupo etario, de las gestantes adolescentes, el 75% consume niveles no permitidos de arsénico en agua (NNPAsA).

En cuanto al grado de instrucción, se nota que hasta un 80% de las gestantes que tienen estudios sólo hasta primaria, consumen NNPAsA.

Con respecto al estado civil, el 80% de las mujeres que son solteras consumen NNPAsA.

Referente a la dependencia económica, el 80% de las mujeres que no trabajan, es decir que dependen económicamente de otra persona, consumen NNPAsA. Al aplicar la prueba de Chi cuadrado, con un grado de libertad (g.l.) de 1 y un nivel de significación (α) de 0.05, se puede establecer que se acepta la hipótesis nula ya que $p= 0.008$, por consiguiente, se puede concluir que existe relación entre la dependencia económica de la gestante con los valores de arsénico en agua.

Según el lugar de residencia, se puede observar que el 78% de las gestantes que viven en Cono Norte consumen NNPAsA.

Con respecto a los años viviendo en Tacna, el 77.27% de las mujeres que han residido por más de 20 años en la provincia de Tacna consume

NNPAsA.

De acuerdo al lugar de nacimiento, el 83.10% de las mujeres que nacieron en Tacna consume NNPAsA. Al aplicar la prueba de Chi cuadrado, con un g.l. de 2 y un nivel de significación (α) de 0.05, se puede establecer que se acepta la hipótesis nula ya que $p= 0.006$, por consiguiente, se puede concluir que existe relación entre el lugar de nacimiento de la gestante con los valores de arsénico en agua.

TABLA N° 03

**CARACTERÍSTICAS GINECO OBSTÉTRICAS DE LAS GESTANTES Y
SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**

Características ginecoobstétricas	NO PERMITIDO		PERMITIDO		p
	N°	%	N°	%	
Estado nutricional					
Desnutrida	3	100.00	0	0.00	
Normal	40	68.97	18	31.03	0.723
Sobrepeso	41	70.69	17	29.31	
Obesa	28	70.00	12	30.00	
Gravidez					
Primigesta (0)	44	74.58	15	25.42	0.359
Multigesta (1-4)	67	67.68	32	32.32	
Número de controles prenatales					
<6	15	65.22	8	34.78	0.553
>=6	97	71.32	39	28.68	

Prueba de Chi²

Fuente: Ficha de recolección de datos

INTERPRETACIÓN:

En la Tabla N°03, se observa que, según el estado nutricional, de las mujeres desnutridas, el 100% consume niveles no permitidos de arsénico en agua (NNPAsA).

En cuanto a la gravidez, se nota que hasta un 74.58% de las primigestas consume NNPAsA.

Con respecto al número de controles prenatales, el 71.32% de las mujeres que tuvieron 6 o más controles durante todo su embarazo consume NNPAAs.

Al aplicar la prueba de Chi-cuadrado para cada una de las variables no se encontró ninguna relación significativa entre las características gineco obstétricas y su relación con los niveles de arsénico en agua.

TABLA N° 04

CARACTERÍSTICAS PERINATALES DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE

Características del RN	NO PERMITIDO		PERMITIDO		p
	N°	%	N°	%	
Sexo					
Masculino	59	71.95	23	28.05	0.667
Femenino	53	68.83	24	31.17	
Peso al nacer					
Bajo peso	1	100	0	0	
Peso adecuado	88	70.40	37	29.60	0.807
Macrosomico	23	69.70	10	30.30	
Edad gestacional					
Prematuro	4	66.67	2	33.33	0.836
Adecuada	108	70.59	45	29.41	
Relación Peso / EG					
PEG	6	85.71	1	14.29	
AEG	74	69.81	32	30.19	0.663
GEG	32	69.57	14	30.43	

Prueba de Chi2

Fuente: Ficha de recolección de datos

INTERPRETACIÓN:

En la Tabla N°04, se observa que, según el sexo del recién nacido, el 71.95% de los neonatos de sexo masculino estuvo expuesto a niveles no permitidos de arsénico en agua (NNPAsA).

En cuanto al peso al nacer, se nota que hasta un 100% de los neonatos con bajo peso estuvo expuesto a NNPAAsA.

Con respecto a la edad gestacional, el 66.67% de los recién nacidos prematuros estuvo expuesto a NNPAAsA.

Según la relación peso/EG, en el grupo de los pequeños para la edad gestacional (PEG), el 85.71% estuvo expuesto a NNPAAsA.

Al aplicar la prueba de Chi-cuadrado para cada una de las variables no se encontró ninguna relación significativa entre las características del recién nacido y su relación con los niveles de arsénico en agua.

4.2 DISCUSIÓN

El arsénico en niveles elevados en agua destinada al consumo humano es un problema mundial y un tema relevante de Salud Pública ya que afecta a millones de personas. Nuestro país no es la excepción, en especial Tacna donde la bibliografía ha mostrado que nuestra región cuenta con niveles que sobrepasan por mucho el límite que plantea la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, nuestra ciudad tiene niveles muy variables de arsénico, muy pocos trabajos han investigado esta problemática específicamente en la provincia de Tacna, que es la que alberga el mayor porcentaje de los habitantes del departamento de Tacna.

El arsénico es un metaloide tóxico que puede dañar al ser humano provocando una diversidad de manifestaciones cuando su exposición se da de manera crónica en concentraciones no letales. La investigación sobre la relación que tiene con los resultados perinatales en aquellos hijos de madres que consumen agua contaminada con este elemento es limitada, en especial en nuestro país.

Con esta tesis se pretende actualizar y ampliar el conocimiento de esta problemática en nuestra ciudad, revelando datos propios y actuales sobre la cantidad de arsénico en agua en la provincia de Tacna y analizando si es que existe una relación entre este y los resultados

neonatales en las gestantes que están expuestas al consumo de este metal en el agua, además de conocer las características sociodemográficas y gineco obstétricas de cada gestante.

A continuación, se discutirán los resultados que se obtuvieron:

Respecto a la frecuencia de gestantes que consumen agua potable con arsénico con niveles no permitidos por la OMS, se observó que el 70.44% de las gestantes estaban expuestas a agua potable con arsénico con niveles no permitidos, es decir casi 3/4 de la población estudiada. Además, el promedio de arsénico encontrado fue de 0.038 mg/l, el cual es hasta 3 veces el límite recomendado. El mínimo valor hallado fue de 0.005 mg/l y el máximo valor fue 0.25 mg/l.

Según Almberg (24) las concentraciones medias en el estado de Ohio, EEUU varían de 0.005 mg/l a 0.012 mg/l, lo que muestra que la provincia de Tacna tiene valores más altos que los hallados en este estudio.

Bloom (32) encontró que la concentración de arsénico inorgánico promedio en Tlmisora, Rumania fue de 0.004 mg/l, esto quiere decir que tiene niveles menores que los de Tacna.

Juarez (34) muestra que el río Rímac, el cual queda ubicado en Lima, Perú, presentó valores de 0.26 mg/l, 0.71 mg/l y 0.78 mg/l en los años 2000, 2001 y 2002, respectivamente. De Meyer (36) encontró en 2017 que el agua subterránea de las regiones de Iquitos y Pucallpa tenían valores de hasta 0.7 mg/l de arsénico. Esto demuestra que en otras regiones del Perú se encontraron niveles superiores a los de este estudio, lo que denota que en varias ubicaciones de nuestro país el arsénico es un problema que debería ser estudiado.

Mamani (37) encontró en 2015 en Juliaca, Perú concentraciones de arsénico con una media de 0.073 mg/l. Este valor es inferior al promedio encontrado en la provincia de Tacna, sin embargo, sigue siendo superior al límite permitido por la OMS.

Ticona (38) estudió las piletas domiciliarias de los distritos de la ciudad de Tacna y encontró un nivel medio de 0.056 mg/l (rango: 0,047 – 0,064). Nuestro estudio que fue más actual y abarcó una mayor población y área geográfica mostró resultados superiores, sin embargo, en ambos trabajos los niveles de arsénico se encuentran incrementados.

Un estudio ejecutado por la Dirección de Salud Ambiental de Tacna (39) reportó concentraciones de 0.27 mg/l a 0.68 mg/l de arsénico en aguas

subterráneas del distrito de Cairani en Candarave. Estos se muestran en aproximadamente 10 veces más elevados a los resultados obtenidos en esta tesis, podría jugar un factor importante la ubicación geográfica y los ríos que suministran el agua para las distintas provincias que conforman Tacna.

Es importante mencionar que, en este estudio, si bien fueron tomadas dos muestras de agua para su determinación de arsénico, tanto al inicio como al tercer trimestre de embarazo, estas no se recolectaron en su totalidad en la segunda visita porque no se pudo encontrar a la gestante en su domicilio o porque algunas no accedieron a otro estudio. En las muestras de agua donde teníamos los 2 valores, tanto del inicio como del final, no se encontraron variaciones entre estos resultados de ambas muestras, por lo que se consideró solo los resultados del agua de la primera visita para evitar que se redujera la población a estudiar y se infirió que estos resultados se mantendrían similares hasta el final del embarazo.

Respecto a las características sociodemográficas de las gestantes y su relación con los niveles de arsénico en agua potable, se encontró que la edad materna media fue 28 años, lo cual es cercano a lo encontrado por Myers (27), quien realizó un estudio en Mongolia Interior de 1996 a 1999 y encontró que la edad materna media era 25 años.

Rahman (21) encontró que, de 1183 nacidos vivos únicos incluidos en el análisis, 260 (21,9%) nacieron prematuros. Aproximadamente, el 70% de los bebés prematuros nacieron de mujeres que tenían antecedentes de matrimonio infantil. Las mujeres con antecedentes de matrimonio infantil tenían más probabilidades de tener un bajo nivel educativo, bajos ingresos familiares, un IMC bajo, pero una edad cronológica alta y múltiples embarazos anteriores en comparación con las mujeres sin antecedentes de matrimonio infantil. Esto denota que la mayor parte de los bebés prematuros tuvo como madre a una mujer que se casó antes de los 18 años con todas las características que esto conlleva. Esto es comparable a este estudio en el que, si bien no se tomó en cuenta la edad de matrimonio, si se incluyeron otras características sociodemográficas. Por ejemplo, la mayoría de las gestantes que estaban expuestas a niveles de arsénico no permitido eran adolescentes (75%), tenían estudios solo hasta primaria (80%), eran solteras (80%) y dependían económicamente de otra persona (80%).

La Dirección Ejecutiva de Epidemiología de Tacna (49) en el 2015 expuso que dentro de los distritos que no cumplen con los límites de arsénico potable según la OMS se encuentran: Tacna, Pocollay, Calana, Ciudad Nueva, Alto de la Alianza, Sama, Ite y Locumba e Ilabaya. Locumba e Ilabaya. El único distrito de la provincia de Tacna que sí cumplía con la normativa fue Gregorio Albarracín Lanchipa. Esto se refleja en nuestro estudio donde se encontró que de las mujeres que vivían en Cono Norte, el

78% de ellas tenía valores elevados de arsénico en agua.

Otros hallazgos que llamaron la atención en este trabajo son el lugar de nacimiento y los años viviendo en Tacna, los cuales mostraron que las mujeres que nacieron en Tacna y las que han vivido por más de 20 años en esta provincia, el 83.10% y 77.27% respectivamente, presentaron niveles no permitidos de arsénico en su fuente de agua habitual para el consumo.

Cabe resaltar que al realizarse la prueba de Chi-cuadrado para analizar si es que había alguna relación entre las características sociodemográficas y los niveles de arsénico, se encontró que las dos características que tenían una fuerte asociación fueron la dependencia económica y el lugar de nacimiento.

Respecto a las características gineco obstétricas de las gestantes y su relación con los niveles de arsénico en agua potable, se encontró que la mayoría de gestantes eran multigrávidas (62.2%), esto difiere con Myers (27) que realizó un estudio en Mongolia Interior de 1996 a 1999 y encontró que la mayoría de gestantes eran primigrávidas. (71%)

Kyle (29) realizó un estudio de cohorte donde encontró que el efecto del arsénico sobre el peso al nacer parece estar mediado principalmente por la disminución de la edad gestacional y, en menor medida, por un menor aumento de peso materno durante el embarazo. En este estudio no se midió el aumento de peso materno durante la gestación, pero si se tomó en cuenta el estado nutricional de la gestante antes de quedar embarazada. Se encontraron resultados algo llamativos, como por ejemplo que de entre todas las mujeres desnutridas (n=3), el 100% tenía arsénico en agua potable con valores no permitidos. También se observó que 58 gestantes iniciaron su embarazo con sobrepeso y 30 lo hicieron con obesidad, esto significaría que en total 88 mujeres tuvieron un peso por encima del normal, lo que equivale a 55.3% de la población estudiada.

Se observó también que la mayoría de estas mujeres (n=136) tuvo 6 o más controles prenatales, esto es 85.5%, lo cual vendría a ser un factor protector para eventos adversos durante el embarazo.

Cabe resaltar que al realizarse la prueba de Chi-cuadrado para analizar si es que había alguna relación entre las características gineco obstétricas y los niveles de arsénico, no se encontró ninguna asociación significativa.

Respecto a las características perinatales de los recién nacidos y su relación con los niveles de arsénico en agua potable, en cuanto al

sexo del recién nacido, se encontró que no hubo mucha diferencia entre ambos, siendo el sexo predominante el masculino con 51.5%.

Con respecto al peso al nacer se notó que la mayoría (n=125) tenía un peso adecuado y solo 1 de los recién nacidos tuvo bajo peso, sin embargo, era hijo de una madre con niveles elevados de arsénico en agua.

En cuanto a la edad gestacional, tan solo 6 bebés nacieron prematuros, pero el 66.67%, es decir 4, tenían niveles incrementados de arsénico en agua.

Finalmente, si se analiza la relación peso/EG se puede notar que la mayoría (n=106) era adecuado para la edad gestacional (AEG). Solo 7 fueron pequeños para la edad gestacional (PEG), pero nuevamente se vio que de estos el 85.71% tenían niveles elevados de arsénico en agua potable.

Es importante señalar que al realizarse la prueba de Chi-cuadrado para analizar si es que había alguna relación entre las características perinatales de los recién nacidos y los niveles de arsénico, no se encontró ninguna asociación significativa. Por el contrario, Almberg (24) expone que

en su estudio no se encuentra asociación significativa entre arsénico y pequeños para la edad gestacional, o nacimiento muy prematuro, pero se observó una asociación sugestiva entre arsénico y bajo peso al nacer.

Otro es el caso de Hopenhayn (25), quien realizó un estudio en Chile donde encontró que las exposiciones moderadas al arsénico del agua potable (<0.05 mg/l) durante el embarazo están asociadas con una reducción en el peso al nacer. En nuestro estudio la concentración promedio fue de 0.038 mg/l y, aun estando muy cercana al valor que se mencionó, no se encontró relación con el bajo peso, esto puede ser explicado por diversos factores como por ejemplo que nuestra muestra no fue muy significativa así que los resultados pueden ser equívocos, además la mayoría de gestantes tenían sobrepeso u obesidad al momento de quedar embarazadas, lo cual puede afectar también el peso del bebé al nacer.

En contraste, Myers (27) hizo un estudio en Mongolia Interior y halló que el peso al nacer a término fue 0.05 kg más alto en la categoría de exposición más alta (> 0.1 mg/l) en comparación con la referencia (debajo del límite de detección a 0.02 μ g/l). Este parece ser uno de los pocos resultados que es equivalente al hallado en este estudio, sin embargo, deben estudiarse más otros factores que puedan producir esta tendencia discordante con lo que la mayoría de la bibliografía muestra.

Bloom (32) encontró que la exposición a arsénico de agua potable residencial de bajo nivel tiene poco efecto sobre los resultados del parto. Sin embargo, los resultados también sugieren que el tabaquismo puede potenciar una exposición a arsénico que de otro modo sería benigna. En este trabajo fueron excluidas las mujeres que fumaban por el temor a que pueda influir en los resultados perinatales.

CONCLUSIONES

1. En la provincia de Tacna se halló que un 70.4% de madres gestantes consumen agua potable con niveles de arsénico no permitidos.
2. Dentro de las características sociodemográficas se encontró asociación entre la dependencia económica y el lugar de nacimiento con los niveles de arsénico en agua.
3. No existe relación de la presencia de arsénico en las características gineco obstétricas de las gestantes.
4. No existe relación de la presencia de arsénico en las características perinatales de los recién nacidos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que en investigaciones futuras se pueda medir el arsénico sérico en los neonatos para conocer su posible efecto tóxico.
2. Se debe fomentar la investigación sobre los problemas de la contaminación de arsénico en el agua potable y el efecto que produce su toxicidad crónica en las personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akhtar AS, Haque Khan M, Haque M. Arsenic contamination in groundwater in Bangladesh: implications and challenges for healthcare policy. *Risk Manag Healthc Policy*. 2018; 11: 251–261. doi: 10.2147/RMHP.S153188
2. Aragonés N, Palacios M, Avello de M, Gómez P, Martínez M, Rodríguez M. Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. *Rev. Esp. Salud Publica* .2001; 75 (5): 421-432.
3. Medina-Pizzali M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2018; 35 (1). Doi: <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
4. Villa-Gonzales G, Huamaní-Pacsi C, Chávez-Ruiz M, Huamaní-Azorca J. Evaluación de la remoción de arsénico en agua superficial utilizando filtros domiciliarios. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2018; 35 (4).
5. Chávez Quijada ML, Miglio Toledo M. Remoción de arsénico por oxidación solar en agua para consumo humano. *Revista de la sociedad química del Perú*. 2011; 77(4).
6. Quansah R, Armah F, Essumang D, Luginaah I, Clarke E, Marfoh K, et al. Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2015; 123(5):412-421. doi:10.1289/ehp.1307894
7. Farzan SF, Karagas MR, Chen Y. In utero and early life arsenic

- exposure in relation to long-term health and disease. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2013 15;272(2):384-90. doi: 10.1016/j.taap.2013.06.030.
8. World Health Organization. (2011). *Guidelines for drinking-water quality*, 4th ed. World Health Organization
 9. McClintock T, Chen Y, Bundschuh J, Oliver J, Navoni J, Olmos V, et al. Arsenic exposure in Latin America: biomarkers, risk assessments and related health effects. *Sci Total Environ.* 2012; 429:76-91. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.08.051
 10. Bundschuh J, Litter M, Parvez F, Román G, Nicolli H, Shuh J, et al. One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. *Sci Total Environ.* 2012; 429:2-35. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.06.024
 11. Autoridad Nacional del agua. Autoridad Nacional del agua difunde resultados de calidad de agua en Tacna. ANA, 12 de julio de 2018.
 12. Municipalidad distrital de Ite. Informe sobre la calidad del agua. 2019
 13. Mesa de concertación para la lucha contra la pobreza Tacna (2017) Alerta: situación de la calidad de agua para consumo humano en la región Tacna – 2017
 14. Pérez Vásquez PA. Evaluación de arsénico en orina de pobladores adultos del distrito de Ite. Tacna 2012 [Tesis de pregrado]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2013. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2399>
 15. Ticona Mamani WR. Niveles de arsénico en orina de pobladores adultos del distrito de Candarave en diciembre del 2016. [Tesis de pregrado]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 2018. Recuperado a partir de:

<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3278>

16. Ale Mauricio DA. 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. [Tesis de pregrado]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 2017. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3119>
17. Polo Bravo CA, Choque Chacolla JA, Cuevas Choque NR, Flores Cotrado N, Espinoza Tapia J. Adaptación de la tecnología RAOS aplicando el calentamiento solar en las aguas del río Sama- provincia de Tacna. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 2017. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1549>
18. Zapana Quispe RN. Estudios de remoción de arsénico del agua del río Sama – Tacna, empleando Fe⁰ y ácido cítrico, 2014. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 2017. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2501>
19. Larico Mamani PL. Estudio de la remoción de arsénico del Río Sama a nivel domiciliar utilizando lana de acero complementado con aireación y propuesta de diseño de un reactor batch. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 2019. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3737>
20. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Tacna. Resultados Definitivos Tomo I. Lima, octubre de 2018.
21. Rahman M, Kile M, Rodrigues E, Valeri L, Raj A, Mazumdar M, et al. Prenatal arsenic exposure, child marriage, and pregnancy weight gain: Associations with preterm birth in Bangladesh. *Environ Int.* 2018; 112:23-32. doi:10.1016/j.envint.2017.12.004

22. He W, Greenwell RJ, Brooks DM, Calderón-Garcidueñas L, Beall HD, Douglas Coffin J. Arsenic Exposure in Pregnant Mice Disrupts Placental Vasculogenesis and Causes Spontaneous Abortion. *Toxicol Sci* [Internet]. 2007 ;99(1):244–53.
23. Bloom M, Surdu S, Neamtiu I, Gurzau E. Maternal arsenic exposure and birth outcomes: a comprehensive review of the epidemiologic literature focused on drinking water. *Int J Hyg Environ Health*. 2014;217(7):709-719. doi:10.1016/j.ijheh.2014.03.004
24. Almborg K, Turyk M, Jones R, Rankin K, Freels S, Graber J, et al. Arsenic in drinking water and adverse birth outcomes in Ohio. *Environ Res*. 2017; 157:52-59. doi:10.1016/j.envres.2017.05.010
25. Hopenhayn C, Ferreccio C, Browning S, Huang B, Peralta C, Gibb H, et al. Arsenic exposure from drinking water and birth weight. *Epidemiology*. 2003;14(5):593-602. doi:10.1097/01.ede.0000072104.65240.69
26. Xu L, Yokoyama K, Tian Y, Piao F, Kitamura F, Kida F, et al. Decrease in birth weight and gestational age by arsenic among the newborn in Shanghai, China. *Japanese Journal of Public Health*. 2011 Feb;58(2):89-95.
27. Myers S, Lobdell D, Liu Z, Xia Y, Ren H, Li Y, et al. Maternal drinking water arsenic exposure and perinatal outcomes in inner Mongolia, China. *J Epidemiol Community Health*. 2010;64(4):325-329. doi:10.1136/jech.2008.084392
28. Ahmad S, Sayed M, Barua S, Khan M, Faruquee M, Jalil A, et al. Arsenic in drinking water and pregnancy outcomes. *Environ Health Perspect*. 2001;109(6):629-631. doi:10.1289/ehp.01109629

29. Kile M, Cardenas A, Rodrigues E, Mazumdar M, Dobson C, Golam M, et al. Estimating Effects of Arsenic Exposure During Pregnancy on Perinatal Outcomes in a Bangladeshi Cohort. *Epidemiology*. 2016;27(2):173-181. doi:10.1097/EDE.0000000000000416
30. Howe C, Farzan S, Garcia E, Jursa T, Iyer R, Berhane K, et al. Arsenic and birth outcomes in a predominately lower income Hispanic pregnancy cohort in Los Angeles. *Environ Res*. 2020; 184:109294. doi:10.1016/j.envres.2020.109294
31. Claus B, Ettinger A, Hopkins M, Jim R, Amarasiriwardena C, Christiani D, et al. Prenatal Arsenic Exposure and Birth Outcomes among a Population Residing near a Mining-Related Superfund Site. *Environ Health Perspect*. 2016;124(8):1308-1315. doi:10.1289/ehp.1510070
32. Bloom M, Neamtii I, Surdu S, Pop C, Anastasiu D, Appleton A, et al. Low level arsenic contaminated water consumption and birth outcomes in Romania-An exploratory study. *Reprod Toxicol*. 2016; 59:8-16. doi:10.1016/j.reprotox.2015.10.012
33. Wang H, Li J, Zhang X, Zhu P, Hao J, Tao F, et al. Maternal serum arsenic level during pregnancy is positively associated with adverse pregnant outcomes in a Chinese population. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2018; 356:114-119. doi:10.1016/j.taap.2018.07.030
34. Juarez H. Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana. Tesis para obtener el grado de Magister en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina: Lima, Perú. 2006.
35. George C, Sima L, Arias M, Mihalic J, L, Danz, D, et al (2014). Arsenic exposure in drinking water: an unrecognized health threat in Peru. *Bulletin of the World Health Organization*, 92(8), 565–572.

<https://doi.org/10.2471/BLT.13.128496>

36. de Meyer C, Rodríguez J, Carpio E, García P, Stengel C, Berg M. Arsenic, manganese and aluminum contamination in groundwater resources of Western Amazonia (Peru). *Sci Total Environ.* 2017;607-608:1437-1450. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.07.059
37. Mamani Navarro W. Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico (As) el caso del distrito de Juliaca – Perú. *ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica.* 2019; 1(4): 31-36
38. Ticona M, Tejada E, Vargas H. Contaminación del agua potable con arsénico y frecuencia del cáncer en la ciudad de Tacna 2010-2011. *Revista Médica Basadrina.* 2019; 6(1), 4-6. <https://doi.org/10.33326/26176068.2012.1.461>
39. Ale D, Villa G, Gastañaga M. Concentraciones de arsénico urinario en pobladores de dos distritos de la región Tacna, Perú, 2017. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2018;35(2):183-9. doi: 10.17843/rpmesp.2018.352.3693.
40. Mesa de concertación para la lucha contra la pobreza Tacna (2017) Alerta: situación de la calidad de agua para consumo humano en la región Tacna – 2017
41. Morales D, Avendaño E, Zevallos D, Fernández J, Mendoza Z, Torres A. Arsénico total no deseado ante valores referenciales de ph en agua superficial, cuenca hidrográfica sama, Región Tacna-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas,* 19(3), 305-312. doi:10.18271/ria.2017.295
42. Monroy-Torres R, Ramírez-G XS, Macías-Hernández AE. Accesibilidad a agua potable para el consumo y preparación de alimentos en una comunidad expuesta a agua contaminada con

arsénico. Rev Med UV; 2009. 9 (1).

43. Sáñez J. Arsenic geochemistry and its impact in public health: The Bangladesh case. 2008 repositorio PUCP-Institucional; 2018. Recuperado a partir de: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/2590/258>
44. Ministerio de Salud. Guía técnica: guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por arsénico. R.M. N° 389-2011/ MINSA [Internet]. Lima: MINSA; 2011. 32 p. Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/2109.pdf>
45. Sáñez J. Arsenic geochemistry and its impact in public health: The Bangladesh case. 2008. Repositorio PUCP-Institucional; 2018. Recuperado a partir de: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/2590/258>
46. Galetovic Carabantes A, de Fernicola N. Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. Rev. Bras. Cienc. Farm; 2013, 39(4). Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>
47. Bolisetty S, Rahimi A, Mezzenga R. Arsenic removal from Peruvian drinking water using milk protein nanofibril-carbon filters: a field study. 2021. Environmental Science: Water Research & Technology. 2021,7, 2223-2230 Doi: <https://doi.org/10.1039/D1EW00456E>
48. Morales-Simfors, N.; Bundschuh, J.; Herath, I.; Inguaggiato, C.; Caselli, A., et al. Arsenic in Latin America: A critical overview on the geochemistry of arsenic originating from geothermal features and volcanic emissions for solving its environmental consequences. Science of the Total Environment. 2020; 716: 135564. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135564>

49. Dirección Ejecutiva de Epidemiología. Análisis de situación de Salud Región Tacna. Región de Salud Tacna; 2015.
50. Determinación del área de prestación de servicios del departamento de Tacna. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. 2021.
51. Tapia J, Murray J, Ormachea M, Tirado N, Nordstrom D. Origin, distribution, and geochemistry of arsenic in the Altiplano-Puna plateau of Argentina, Bolivia, Chile, and Perú. *Sci Total Environ.* 2019; 678:309-325. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.084
52. Sarkar A, Paul B. The global menace of arsenic and its conventional remediation - A critical review *Chemosphere.* 2016; 158:37-49. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.05.043
53. Gilbert D, Emond J, Baker E, Korrick S, Karagas M. Relation between in Utero Arsenic Exposure and Birth Outcomes in a Cohort of Mothers and Their Newborns from New Hampshire. *Environ Health Perspect.* 2016;124(8):1299-1307. doi:10.1289/ehp.1510065
54. Milton A, Hussain S, Akter S, Rahman M, Mouly T, Mitchell K. A Review of the Effects of Chronic Arsenic Exposure on Adverse Pregnancy Outcomes. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(6):556. Published 2017 May 23. doi:10.3390/ijerph14060556
55. Rahman M, Sohel N, Hore SK, Yunus M, Bhuiya A, Streatfield PK. Prenatal arsenic exposure and drowning among children in

Bangladesh. *Glob Health Action*. 2015 27;8:28702. doi: 10.3402/gha.v8.28702.

56. Martinez VD, Lam WL. Health Effects Associated With Pre- and Perinatal Exposure to Arsenic. *Front Genet*. 2021. 29;12:664717. doi: 10.3389/fgene.2021.664717.
57. Abdul K, Jayasinghe S, Chandana E, Jayasumana C, De Silva P. Arsenic and human health effects: A review. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2015;40(3):828-846. doi:10.1016/j.etap.2015.09.016
58. Punshon T, Li Z, Jackson B, Parks W, Romano M, Conway D, et al. Placental metal concentrations in relation to placental growth, efficiency and birth weight. *Environ Int*. 2019; 126:533-542. doi:10.1016/j.envint.2019.01.063
59. National Toxicology Program U.S. Department of Health and Human Services. 14 th Report on Carcinogens 2016. Obtenido de: <http://ntp.niehs.nih.gov/go/roc>

ANEXOS

ANEXO 01: INSTRUMENTO – CONSENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN ESTUDIO DE INVESTIGACION

Título de estudio: Presencia de arsénico en agua potable y sus efectos en neonatos de madres gestantes atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, 2019-2020

Investigadora: Diana Carolina Lloja Llanos

Institución: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna

Propósito del estudio:

Se la está invitando a participar en un estudio para evaluar si el consumo de arsénico que se encuentra presente en el agua potable afecta negativamente el nacimiento de su bebé.

El arsénico es un metal que se encuentra ampliamente distribuido en la tierra, el cual se ha encontrado en niveles peligrosos en distintos países del mundo incluido el Perú, siendo Tacna una de las regiones más afectadas. Se ha comprobado que el consumo de elevadas cantidades de arsénico durante mucho tiempo conlleva a alteraciones del desarrollo del bebé en el vientre, lo cual lo predispone a nacer con bajo peso y/o prematuro. Es por ello que queremos saber si el consumo de agua potable de Tacna está afectando a los nacimientos.

Se usarán técnicas modernas para evaluar el efecto de consumir el agua potable con niveles elevados de arsénico sobre el nacimiento de los bebés.

La información que se le está proporcionando le permitirá decidir de manera informada si desea participar o no.

Procedimientos:

Si desea participar en este estudio, se realizará lo siguiente:

1. Deberá completar un cuestionario sociodemográfico que contiene 18 ítems. Este cuestionario tiene una duración aproximada de 20 minutos. Usted es libre de no responder las preguntas que desee.
2. Adicionalmente, se recolectará 1 muestra de agua proveniente de su fuente más usual, como agua de caño. La recolección de agua se realizará en 2 oportunidades. En la primera visita domiciliar y cuando usted se encuentre en su tercer trimestre de gestación, próxima a dar a luz.

Beneficios:

Se beneficiará al conocer cuánta es la cantidad de este metal (arsénico) que consume en el agua. Los resultados serán comunicados de manera confidencial y personal. Los

costos de los análisis serán cubiertos por el estudio.
Los resultados no influenciarán de manera alguna sobre el control de su embarazo.

Confidencialidad

Le garantizamos que la información que usted brinde es absolutamente confidencial, ninguna persona, excepto la persona que manejará la información obtenida, codificará las encuestas. Nosotros no manejaremos la información empleando nombres personales, sino que se le asignará un código que permita identificarla. En caso se publiquen los resultados del estudio, su identidad no figurará.

Usted puede hacer todas las preguntas que desee antes de decidir si desea participar o no, las cuales serán respondidas gustosamente. Si una vez que usted ha aceptado participar, luego se desanima o ya no desea continuar, puede hacerlo sin ninguna preocupación, no se realizarán comentarios, ni habrá ningún tipo de acción en su contra.

Derechos de la Participante:

Si decide participar en el estudio, puede retirarse de este en cualquier momento, o no participar en una parte del estudio sin daño alguno.

Una copia de este consentimiento informado le será entregada.

DECLARACION Y/O CONSENTIMIENTO

Acepto voluntariamente participar en este estudio, comprendo de las actividades en las que participaré si decido ingresar al estudio, también entiendo que puede decidir no participar y que puedo retirarme del estudio en cualquier momento.

Nombres y apellidos
Participante

Fecha y hora

ANEXO 02: INSTRUMENTO – CUESTIONARIO

CUESTIONARIO

Título de estudio: Presencia de arsénico en agua potable y sus efectos en neonatos de madres gestantes atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, 2019-2020

Investigadora: Diana Carolina Lloja Llanos

Institución: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Entrevistador

Fecha: **Código de la participante:**

DATOS DE LA PARTICIPANTE:

Nombres:

Apellidos:

Dirección:

1. ¿En qué distrito queda ubicado su domicilio?:
2. ¿Cuántos años ha vivido en la provincia de Tacna?:
3. ¿En qué departamento ha nacido?:
4. Fecha de nacimiento (día/mes/año): Edad: años
5. Peso: kg. Talla: m. IMC: kg/m²
6. Historia personal de enfermedades: (Marque con una X donde corresponda)
Diabetes () Hipertensión arterial () Tuberculosis ()
Asma () Infección urinaria () Otros:.....
7. ¿Ha tenido usted hijos? (Marque con una X donde corresponda)
1) Sí ()
2) No ()
8. Número de embarazos previos:
9. Fecha de última menstruación (día/mes/año):
10. Fecha de último parto (día/mes/año):

11. ¿Usted fuma o ha fumado durante este embarazo? (Marque con una X donde corresponda)

1) Sí ()

2) No ()

12. ¿Usted consume o ha consumido alcohol durante este embarazo? (Marque con una X donde corresponda)

1) Sí ()

2) No ()

13. ¿Usted viaja constantemente fuera de Tacna? (Marque con una X donde corresponda el nivel de estudio alcanzado)

1) Sí ()

2) No ()

14. Grado de Instrucción: (Marque con una X donde corresponda)

1. Sin instrucción ()

2. Primaria ()

3. Secundaria ()

4. Superior ()

15. Estado civil: (Marque con una X donde corresponda)

1. Soltera ()

2. Conviviente ()

3. Casada ()

4. Viuda ()

16. ¿Usted trabaja? (Marque con una X donde corresponda)

1) Sí ()

2) No ()

17. Material de la vivienda: (Marque con una X donde corresponda)

1) Concreto ()

2) Madera ()

18. Servicios básicos: (Marque con una X donde corresponda)

1) Ninguno ()

2) Al menos uno (luz, agua y desagüe) () Mencionar cuál:

3) Al menos dos (luz, agua y desagüe) () Mencionar cuáles:

4) Luz, agua y desagüe ()

ANEXO 03: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Código de la participante:

1) Nivel de arsénico obtenido en las muestras de agua (mg/L):

1.1. Muestra obtenida en la primera visita:

1.2. Muestra obtenida en la segunda visita:

2) Datos del recién nacido obtenidos por la Historia Clínica Perinatal:

2.1. Sexo: Masculino () Femenino ()

2.2. Peso: gr.

2.3. Edad gestacional: semanas

2.4. Relación peso/edad gestacional: Adecuado () Pequeño ()
Grande ()

2.5. APGAR: 1° minuto 5° minuto:

3) Datos de la madre obtenidos por la Historia Clínica Perinatal:

3.1. Número de controles prenatales:

3.2. Número de gestaciones previas:

3.3. Fecha del parto:

3.4. Peso habitual: kg.

3.5. Talla: m.

3.6. IMC: kg/m²

ANEXO 04: FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO SEGÚN JUICIO DE EXPERTOS

INDICADORES		Puntaje			
		1	2	3	Sumatoria
1	Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (Visión General)	5	4	5	14
2	Coherencia entre dimensión e indicadores (Visión General)	5	5	5	15
3	El número de indicadores, evalúan las dimensiones y por consiguiente la variable seleccionada (Visión General)	5	5	5	15
4	Los ítems están redactados en forma clara y precisa sin ambigüedades (claridad y precisión)	5	5	5	15
5	Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables (coherencias)	5	5	5	15
6	Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)	5	4	4	13
7	Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez del contenido (validez)	5	4	4	13
8	Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)	5	4	4	13
9	Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular (orden)	5	5	5	15
10	Los ítems del instrumento son coherentes en términos de cantidad (extensión)	5	5	5	15
11	Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado (inocuidad)	5	5	5	15
12	Calidad de la redacción de los ítems (Visión General)	5	5	5	15
13	Grado de objetividad del instrumento (visión General)	5	5	5	15
14	Grado de relevancia del instrumento (Visión General)	5	4	5	14
15	Estructura técnica básica del instrumento (Organización)	5	4	4	13
Puntaje vigesimal:		75	69	71	215
Puntaje porcentual:		100%	92%	95%	96%

Los expertos que colaboraron con la validación fueron:


- Juez 1 Biólogo de la Universidad Peruana Cayetano Heredia e investigador RENACYCT, con maestría en Fisiología
- Juez 2 Obstetra de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann e investigadora RENACYCT, con doctorado en Salud Pública
- Juez 3 Pediatra del Hospital Hipólito Unanue de Tacna, con doctorado en Salud Pública



MSc. Diego Fano Sizgorich



Obst. Diana Huanco Apaza
Doctora en Salud Pública
Investigadora RENACYCT



DR. JULIO AGUILAR VILCA
MEDICO PEDIATRA
HOSPITAL HIPOLITO UNANUE
CNP: 25208 RNE: 31526

Firma del Juez

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
GUÍA DEL JUICIO DEL EXPERTO**

1. Identificación del Experto

Nombres y apellidos:

Centro laboral:

Título profesional:

Grado y/o especialidad:

Institución donde la obtuvo:

Otros estudios:

2. Instrucciones

Estimado (a) especialista, a continuación, se muestran un conjunto de indicadores, el cual debe evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto (Véase Anexo N° 01).

Para evaluar dicho instrumento, marca con aspa (X) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1 = Inferior al básico

2 = Básico

3 = Intermedio

4 = Sobresaliente

5 = Muy sobresaliente

3. Juicio del experto

INDICADORES		CATEGORÍA				
		1	2	3	4	5
1	Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (Visión General)					
2	Coherencia entre dimensión e indicadores (Visión General)					
3	El número de indicadores, evalúan las dimensiones y por consiguiente la variable seleccionada (Visión General)					
4	Los ítems están redactados en forma clara y precisa sin ambigüedades (claridad y precisión)					
5	Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables (coherencias)					
6	Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)					
7	Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez del contenido (validez)					
8	Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)					
9	Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular (orden)					
10	Los ítems del instrumento son coherentes en términos de cantidad (extensión)					
11	Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado (inocuidad)					
12	Calidad de la redacción de los ítems (Visión General)					
13	Grado de objetividad del instrumento (visión General)					
14	Grado de relevancia del instrumento (Visión General)					
15	Estructura técnica básica del instrumento (Organización)					
Puntaje parcial:						
Puntaje total:						

Nota: Índice de validación del juicio del experto = $(\text{Puntaje obtenido} / 75) \times 100 =$

4. Escala de validación

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy alta
00-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación esta observado			El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación	El instrumento de investigación está apto para su aplicación

5. Conclusión general de la validación y sugerencia (en coherencia con el nivel de validación alcanzado)

6. Constancia de juicio de experto

El que suscribe, _____

Identificado con DNI N° _____ certifica que realicé el juicio de experto al instrumento señalado por la bachiller:

Tacna, _____ de _____ del 2022.

ANEXO 05: MATRIZ DE CONSISTENCIA

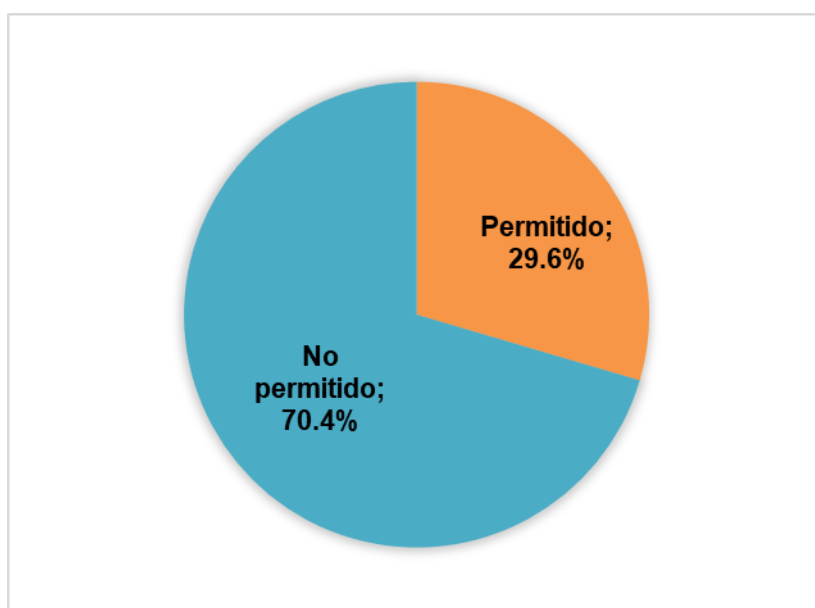
AUTOR: DIANA CAROLINA LLOJA LLANOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Título de la investigación	Pregunta de la investigación	Objetivo general y objetivos específicos	Variables	Metodología	Instrumento
PRESENCIA DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE Y SUS EFECTOS EN NEONATOS DE MADRES GESTANTES ATENDIDAS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DE LA PROVINCIA DE TACNA, 2019-2020	¿Cuál es el nivel de arsénico en agua potable y sus efectos en neonatos de madres gestantes atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, 2019-2020?	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la presencia de arsénico en agua potable y sus efectos en neonatos de madres gestantes atendidas en establecimientos de salud de la provincia de Tacna, 2019-2020.</p>	<p>V. de respuesta:</p> <p>Efectos neonatales (peso al nacer, edad gestacional y relación peso/EG)</p>	<p>Tipo y diseño de la investigación:</p> <p>Estudio de tipo epidemiológico analítico, observacional, de cohorte y prospectivo.</p> <p>Población:</p> <p>Todas las gestantes que llevaron su control prenatal en distintos centros de salud de la provincia de Tacna, en el 2019, siendo un total de 159 gestantes</p>	<p>CONSENTIMIENTO INFORMADO</p> <p>CUESTIONARIO SOCIODEMOGRÁFICO</p> <p>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.</p>
		<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocer la frecuencia de gestantes que consumen agua potable con arsénico con niveles no permitidos por la OMS. - Conocer las características sociodemográficas de las gestantes y su relación con los niveles de arsénico en agua potable. - Conocer las características gineco obstétricas de las gestantes y su relación con los niveles de arsénico en agua potable. - Conocer las características perinatales de los recién nacidos y su relación con los niveles de arsénico en agua potable. 	<p>Factor de estudio:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Niveles de arsénico en agua potable -Características gineco obstétricas de la madre (estado nutricional, gravidez, n° de controles prenatales) - Características sociodemográficas de la madre (grupo etario/ edad, grado de instrucción, estado civil, dependencia económica, lugar de residencia, años vividos en Tacna, lugar de nacimiento) 		

ANEXO 06: GRÁFICOS DE RESULTADOS

GRÁFICO N° 01:

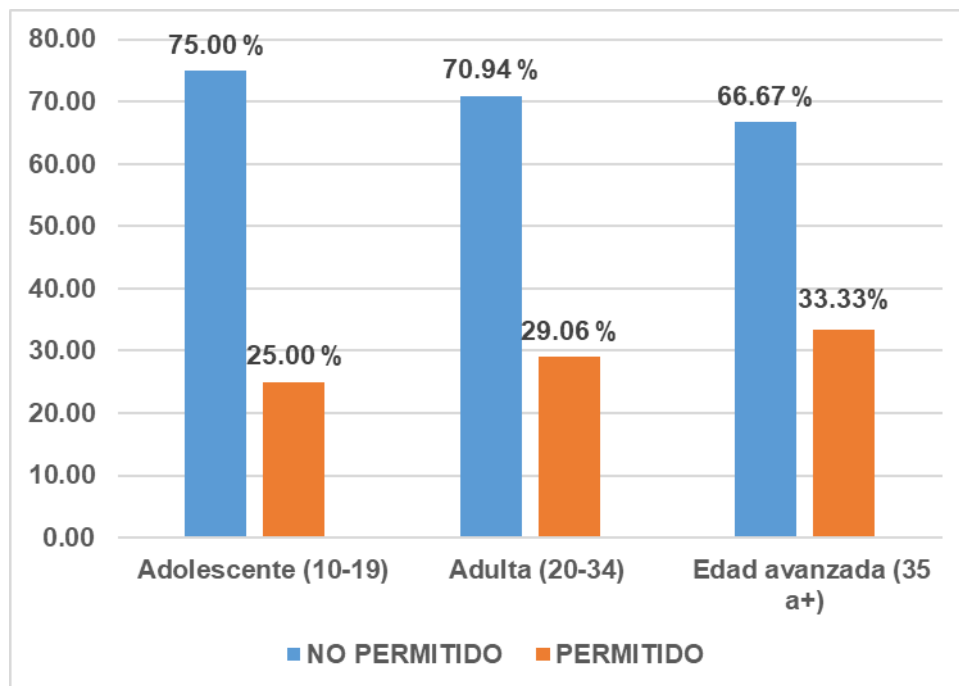
**GESTANTES QUE CONSUMEN AGUA POTABLE CON
ARSÉNICO CON NIVELES NO PERMITIDOS
POR LA OMS**



Fuente: Tabla 01

GRÁFICO N° 02:

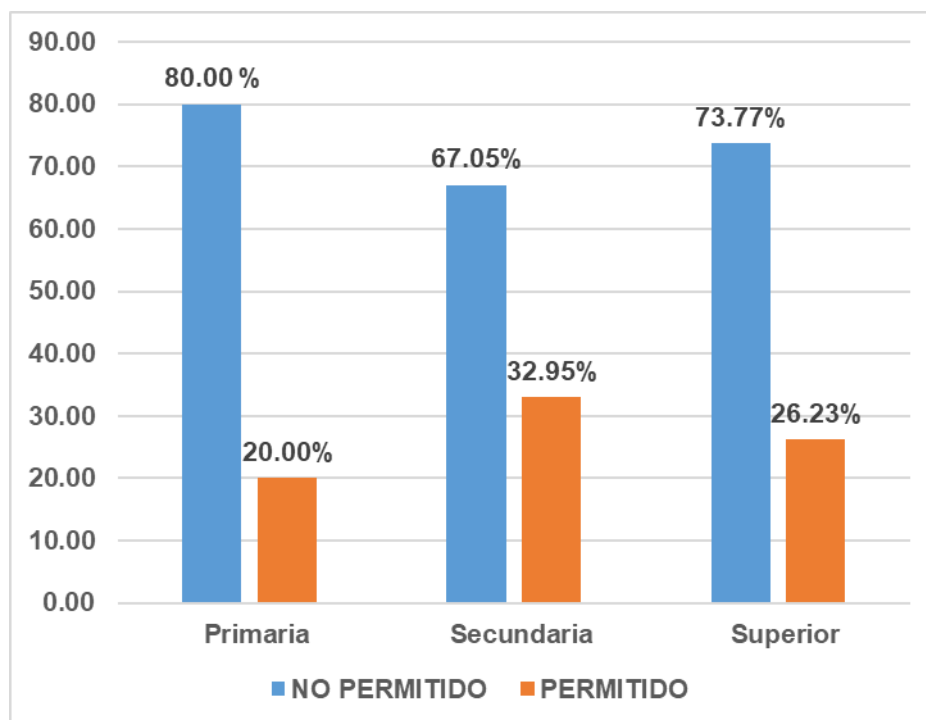
**EDAD/ GRUPO ETARIO DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN
CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 02

GRÁFICO N° 03:

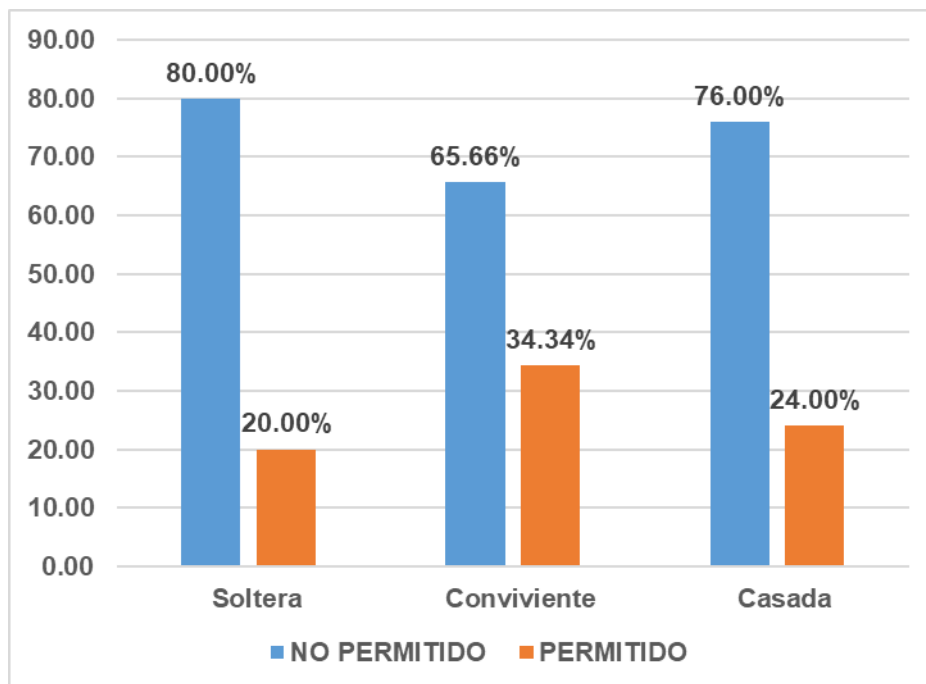
**GRADO DE INSTRUCCIÓN DE LAS GESTANTES Y SU
RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 02

GRÁFICO N° 04:

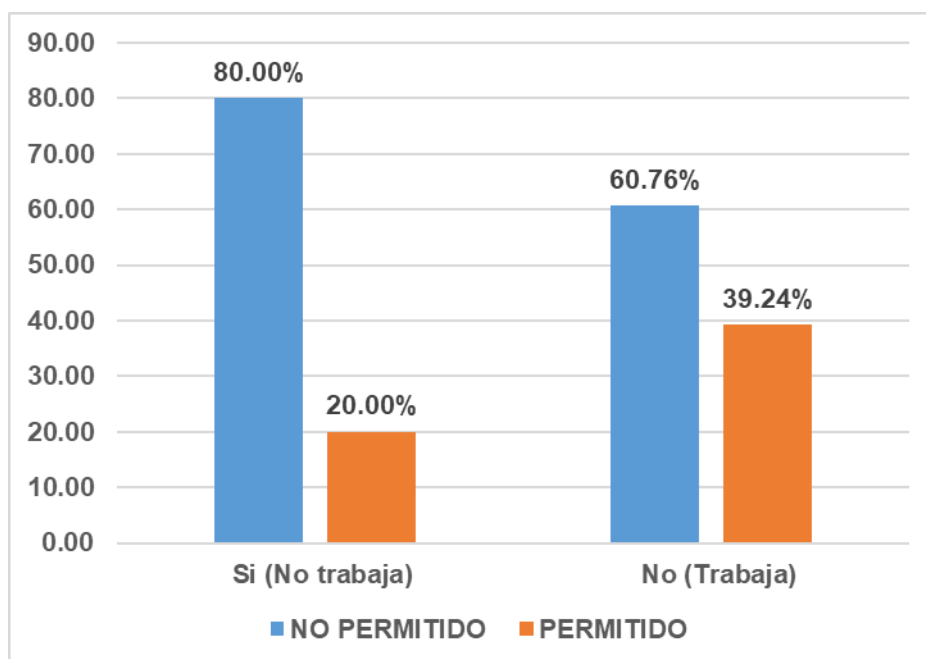
**ESTADO CIVIL DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN
CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 02

GRÁFICO N° 05:

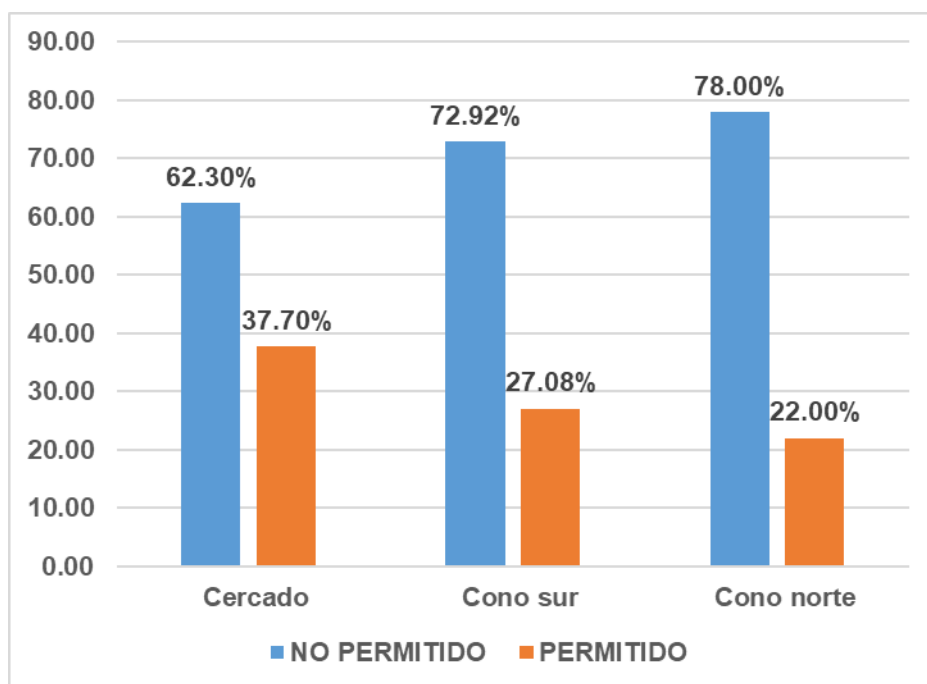
**DEPENDENCIA ECONÓMICA DE LAS GESTANTES Y SU
RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 02

GRÁFICO N° 06:

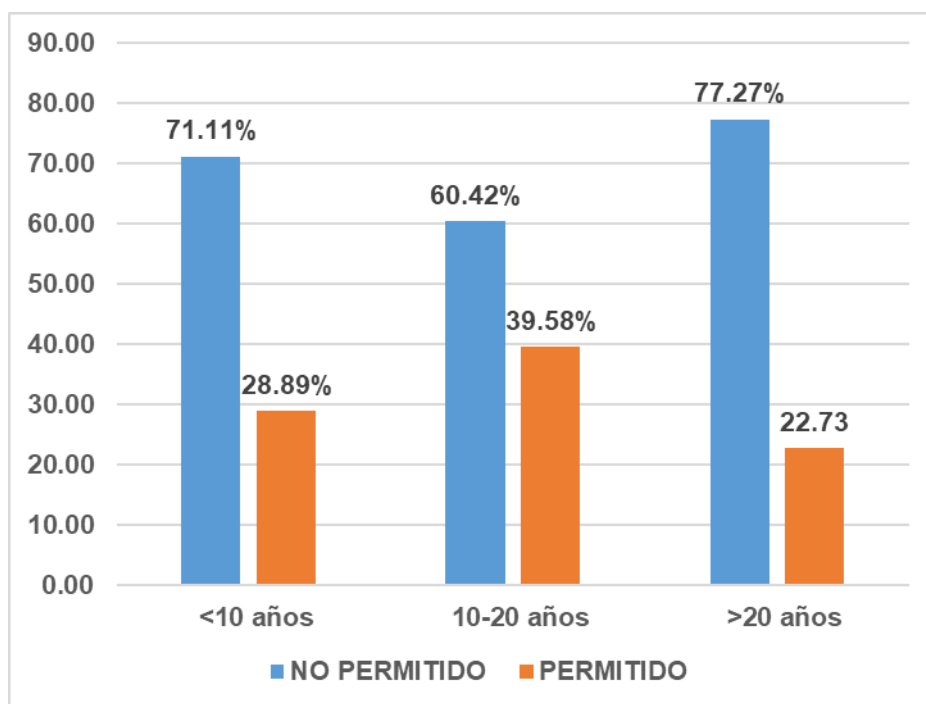
**LUGAR DE RESIDENCIA DE LAS GESTANTES Y SU
RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 02

GRÁFICO N° 07:

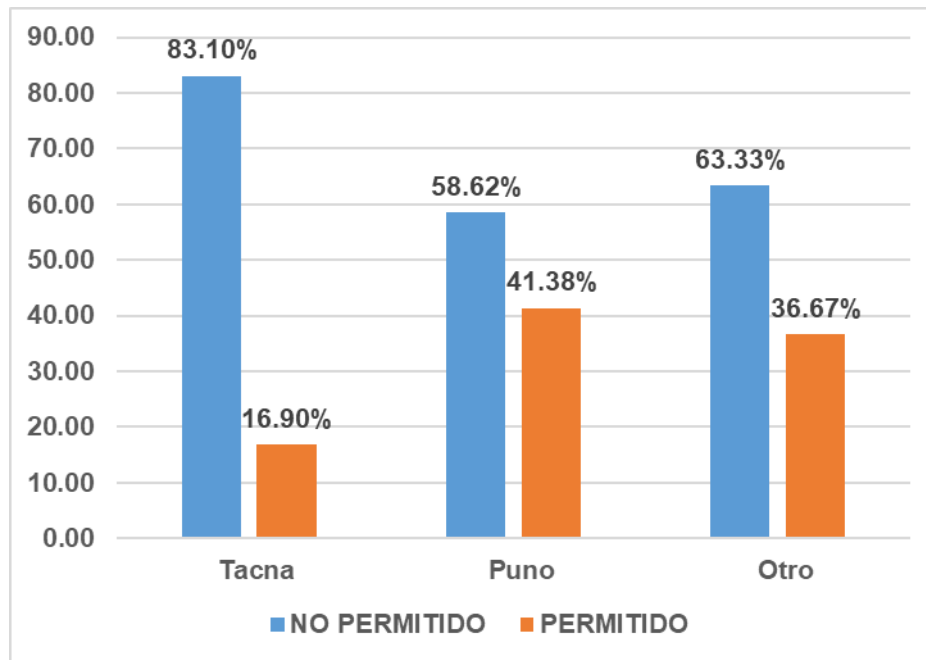
**AÑOS VIVIENDO EN TACNA DE LAS GESTANTES Y SU
RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 02

GRÁFICO N° 08:

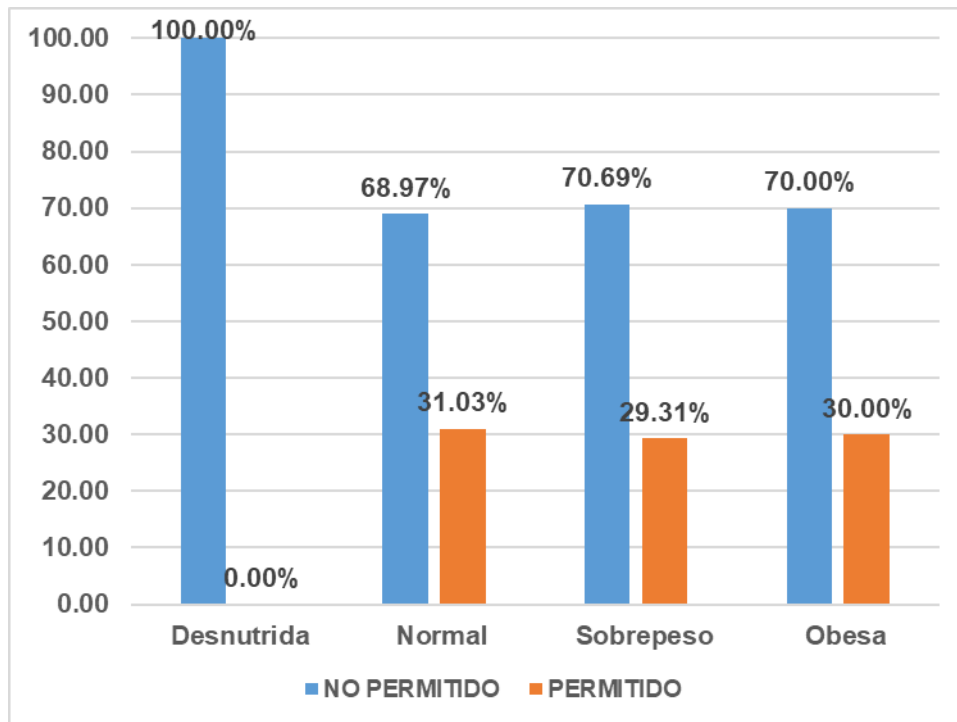
**LUGAR DE NACIMIENTO DE LAS GESTANTES Y SU
RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 02

GRÁFICO N° 09:

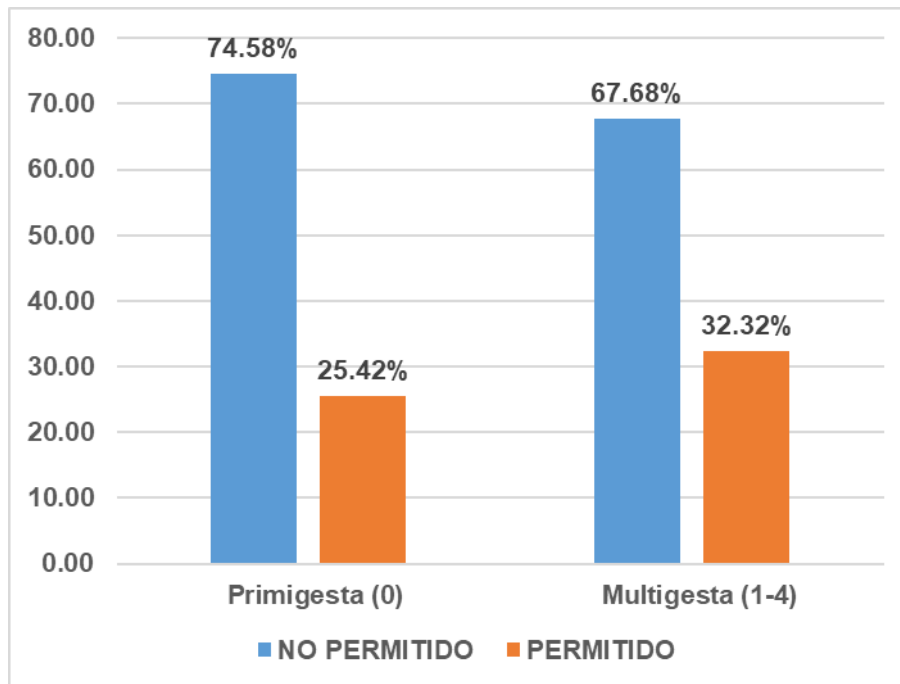
**ESTADO NUTRICIONAL DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN
CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 03

GRÁFICO N° 10:

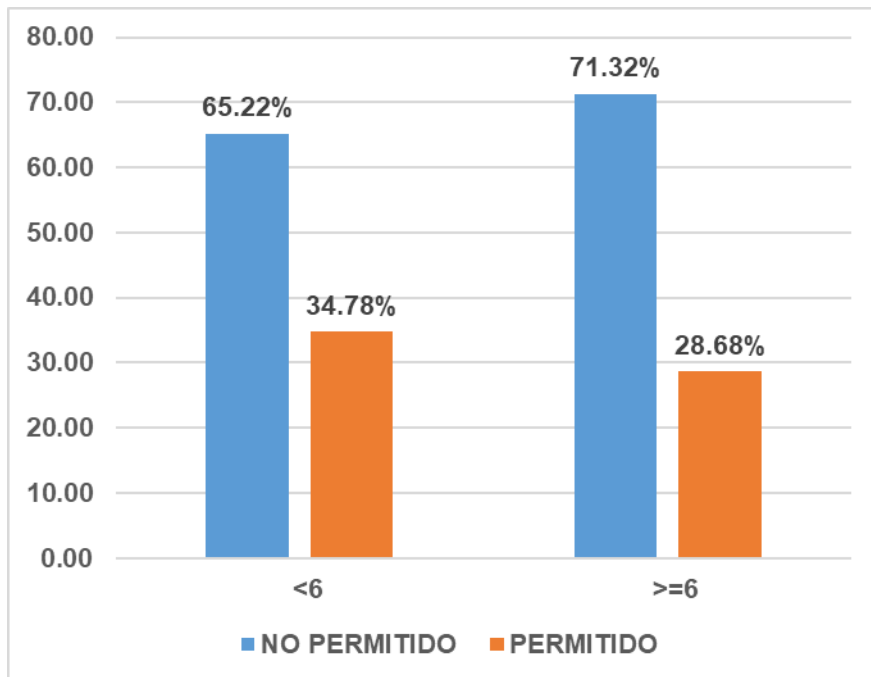
**GRAVIDEZ DE LAS GESTANTES Y SU RELACIÓN CON
LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN
AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 03

GRÁFICO N° 11:

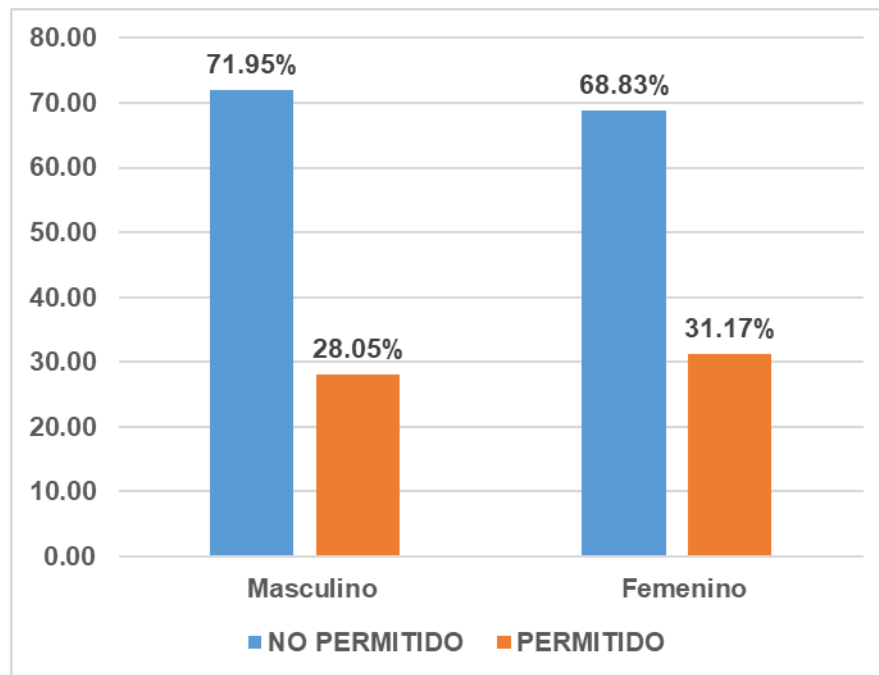
**NÚMERO DE CONTROLES PRENATALES DE LAS GESTANTES
Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 03

GRÁFICO N° 12:

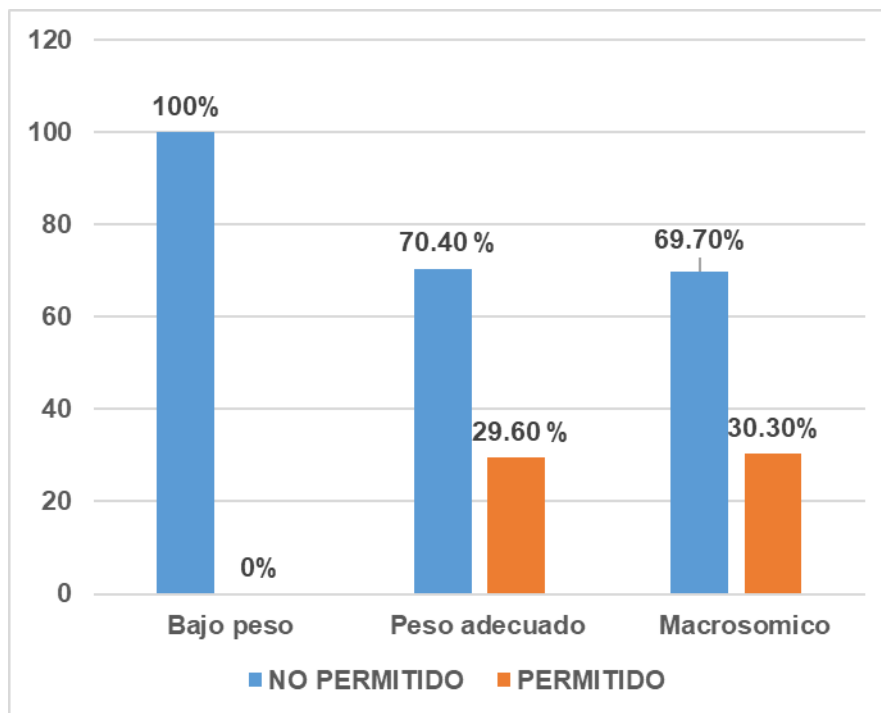
**SEXO DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN CON
LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN
AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 04

GRÁFICO N° 13:

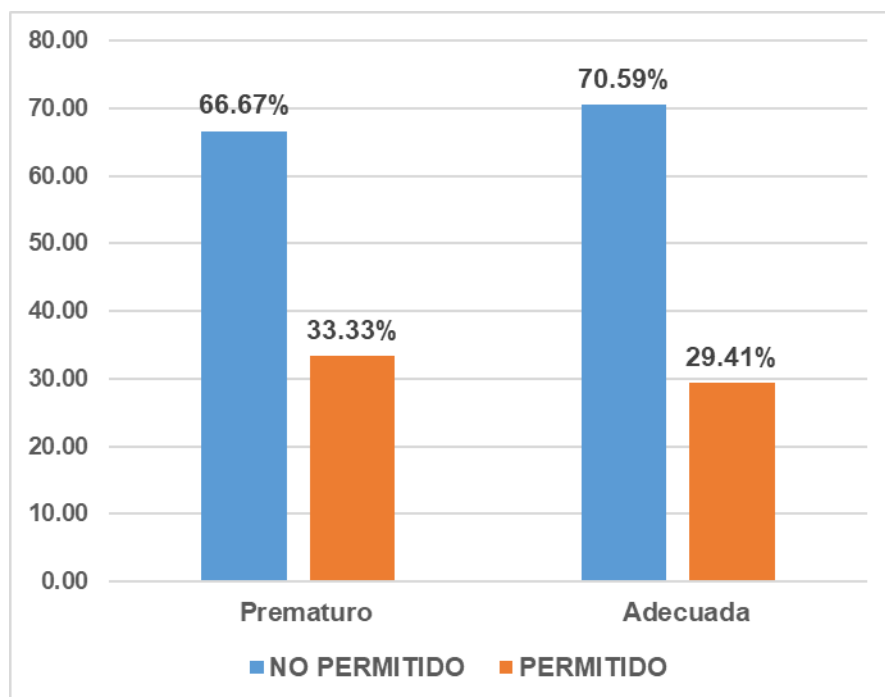
**PESO AL NACER DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU RELACIÓN
CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO EN
AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 04

GRÁFICO N° 14:

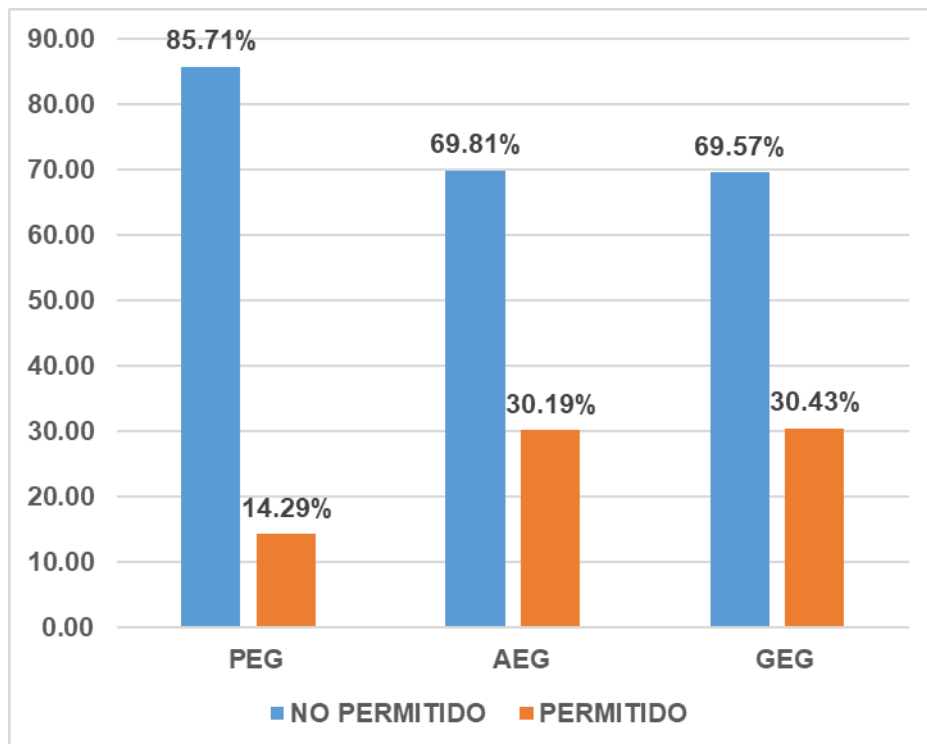
**EDAD GESTACIONAL DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU
RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 04

GRÁFICO N° 15:

**RELACIÓN PESO/EG DE LOS RECIÉN NACIDOS Y SU
RELACIÓN CON LOS NIVELES DE ARSÉNICO
EN AGUA POTABLE**



Fuente: Tabla 04

ANEXO 07: GALERÍA DE FOTOS DEL TRABAJO DE CAMPO Y DE LABORATORIO



Fotografía N°01: Junto a biólogos de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, Diego Fano y Cinthya Vasquez, e investigadores de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.



Fotografía N°02: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°03: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°04: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°05: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°06: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°07: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°08: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°09: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°10: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°11: Entrega de recipiente estéril a participante para toma de muestra de agua.



Fotografía N°12: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°13: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°14: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°15: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°16: Realización de encuesta a participante.



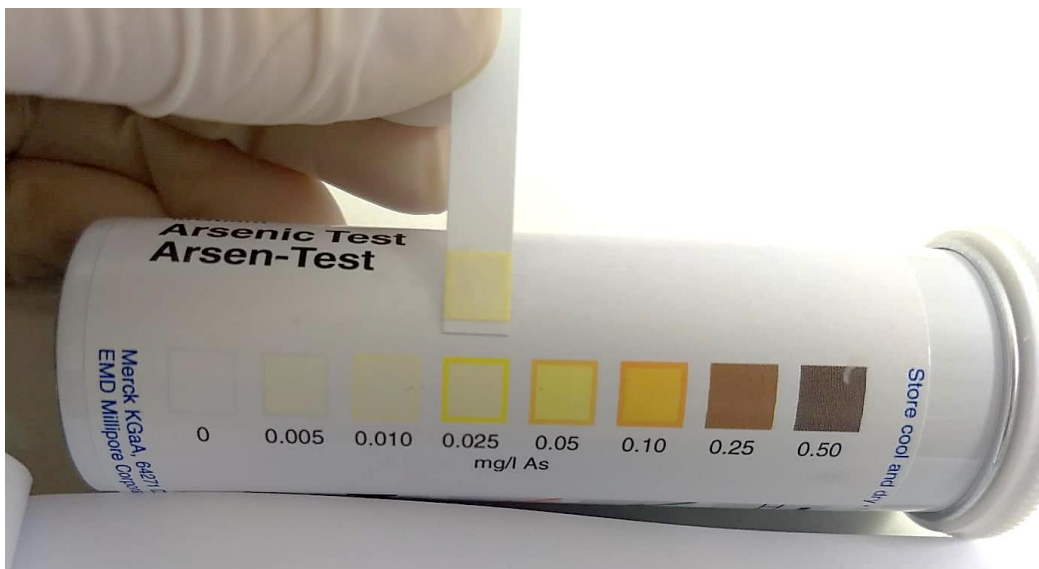
Fotografía N°17: Realización de encuesta a participante.



Fotografía N°18: Cuantificación de niveles de arsénico en muestras de agua de las participantes.



Fotografía N°19: Cuantificación de niveles de arsénico en muestras de agua de las participantes.



Fotografía N°20: Uso de kit comercial para medición cualitativa de la concentración total de arsénico inorgánico en agua.



Fotografía N°21: Uso de kit comercial para medición cualitativa de la concentración total de arsénico inorgánico en agua.



Fotografía N°22: Uso de kit comercial para medición cualitativa de la concentración total de arsénico inorgánico en agua.

