

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS BIOQUÍMICAS Y BIOTECNOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



“DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES SÉRICOS DE Pb, Cd, As, Al y Cr POR ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ÓPTICA CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP-OES) EN POBLADORES ADULTOS DE LAS LOCALIDADES DE TORATA ALTA Y YACANGO, DISTRITO DE TORATA. MOQUEGUA - 2014”

Tesis presentada por las Bachilleres:

Segura Lajo, Milena Arelis

Soto Baldárrago, Lizzet Flor de María

Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

Asesor: José A. Villanueva Salas, Ph.D.

**AREQUIPA – PERÚ
2015**

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser nuestro creador,
amparo y fortaleza, cuando más lo
necesitamos, y por hacer palpable su
amor a través de cada uno de los que
nos rodea.

A nuestros familiares. Gracias por
habernos fomentado el deseo de
superación y el anhelo de triunfar en la
vida. Mil palabras no bastarían para
agradecerles su apoyo su comprensión
y sus consejos en los momentos
difíciles.

Al PhD. José Villanueva Salas, por ser
nuestro guía y apoyo.

Nuestro especial agradecimiento a las
doctoras María Elena Guillen y Liliana
Delgado por confiar en nosotras y
brindarnos su apoyo incondicional en
todo momento.

MILENA

Y

LIZZET

DEDICATORIA

A Dios, Por haberme acompañarme y
guiado a lo largo de mi carrera, por ser
mi fortaleza en los momentos de
debilidad y por brindarme una vida
llena de aprendizaje

A mis padres Irene y Sabino por
apoyarme en todo momento, creer en mí,
por los valores que me han inculcado, y
por haberme dado la oportunidad de tener
una excelente educación en el transcurso
de mi vida. Sobre todo por ser el ejemplo
para salir adelante y por los consejos que
han sido de gran ayuda para mi vida y
crecimiento.

A mi hermano Víctor por su apoyo y
cariño incondicional

A mi hermanito Dieguito y mi abuelita
Juanita por su inmenso amor, cariño y
compresión, quienes desde el cielo guían
e iluminan mi camino.

Y a toda mi familia a quienes quiero y
amo profundamente les dedico esta
tesis

LIZZET

A Dios Por estar siempre presente en todo los momentos de mi vida, por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

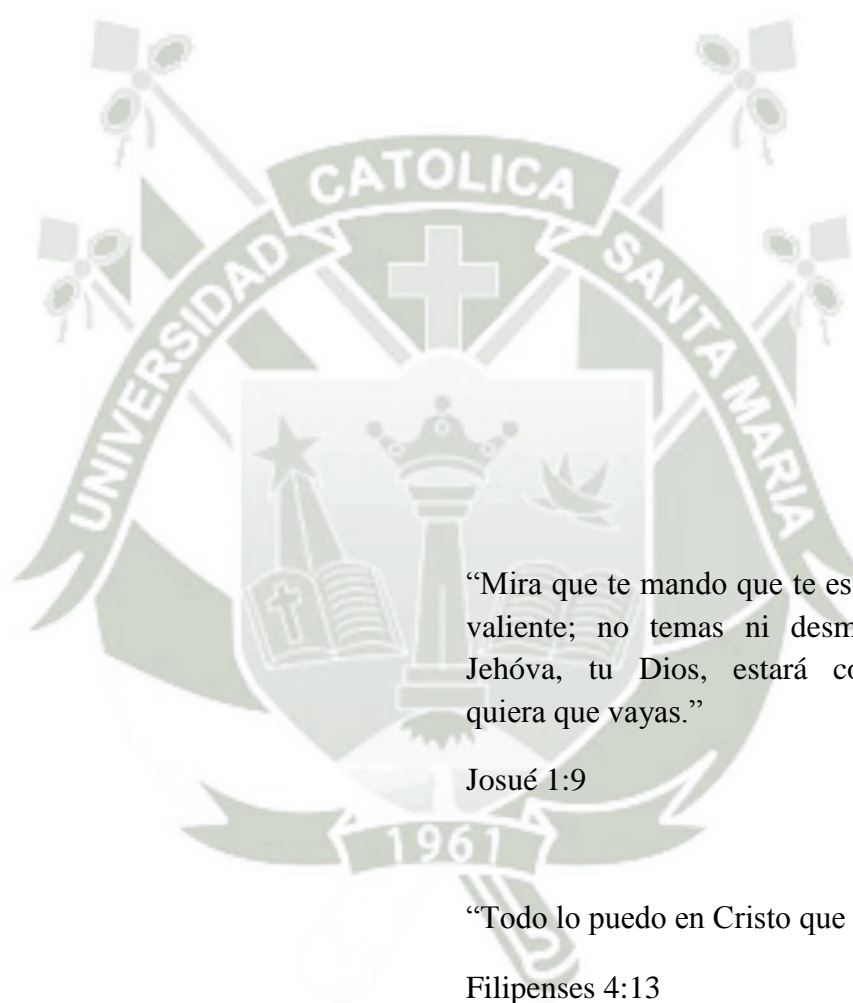
Con eterna gratitud a mis padres Roxana y Julio Cesar y a mis tios Rita y Hernan, por ser ejemplo de sacrificio y creer en mí constantemente en mi formación diaria, quienes me dieron siempre su apoyo y los mejores consejos.

A mi hermano Darwin por brindarme su apoyo.

A toda mi familia por creer en mí y guiarme hacia adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ellos hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles y eso fue lo que me hizo ir hasta el final.

Y a mis ángeles que con su amor y cariño desde el cielo guían mi camino

MILENA



“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehóva, tu Dios, estará contigo donde quiera que vayas.”

Josué 1:9

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”

Filipenses 4:13

ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO | Pág. |
|--|-------------|
| RESÚMEN | I |
| ABSTRACT | III |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVOS | 3 |
| HIPÓTESIS | 4 |
| CAPÍTULO I | 5 |
| MARCO TEÓRICO | 5 |
| 1.Contaminación ambiental | 5 |
| 2.Metales pesados | 6 |
| 2.1 Plomo | 7 |
| 2.2.1.Generalidades | 7 |
| 2.2.2.Fuentes y vías de exposición | 8 |
| 2.2.3.Toxicocinética..... | 9 |
| 2.2.4.Cuadro clínico..... | 11 |
| 2.2.5.Tratamiento..... | 13 |
| 2.3 Cromo | 13 |
| 2.3.1.Generalidades | 13 |
| 2.3.2.Fuentes de exposición..... | 14 |
| 2.3.3.Toxicocinética..... | 14 |
| 2.3.4.Cuadro clínico..... | 14 |
| 2.3.5.Diagnóstico | 15 |
| 2.3.6.Tratamiento..... | 15 |
| 2.4. Aluminio | 15 |
| 2.4.4.Generalidades | 15 |
| 2.4.5.Fuentes de exposición..... | 16 |
| 2.4.6.Toxicocinética..... | 16 |
| 2.4.7.Cuadro clínico..... | 17 |
| 2.4.8.Diagnóstico | 17 |
| 2.4.9.Tratamiento..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.5. Arsénico | 18 |
| 2.5.4.Generalidades | 18 |
| 2.5.5.Fuentes de exposición..... | 19 |
| 2.5.6.Toxicocinética..... | 19 |
| 2.5.7.Cuadro clínico..... | 19 |
| 2.5.8.Diagnóstico | 20 |
| 2.5.9.Tratamiento..... | 21 |
| 2.6. Cadmio..... | 21 |
| 2.6.4.Generalidades | 21 |
| 2.6.5.Fuentes de exposición..... | 22 |
| 2.6.6.Toxicocinética..... | 22 |
| 2.6.7.Cuadro clínico..... | 23 |
| 2.6.8.Diagnóstico | 24 |
| 2.6.9.Tratamiento..... | 25 |
| 3. Espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). | 26 |
| CAPÍTULO II..... | 33 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 33 |
| 1. Muestra: | 33 |
| 1.1.Muestra de estudio | 33 |
| 1.2.Criterios de selección:..... | 33 |
| 2. Estrategia para la recolección de las muestras | 34 |
| 3. Materiales, reactivos y equipo | 34 |
| 3.1. Material de vidrio..... | 34 |
| 3.2. Otros materiales | 35 |
| 3.3. Reactivos..... | 35 |
| 3.4. Equipos | 35 |
| 4. Método | 35 |
| 5. Criterios para manejo de resultados | 43 |
| CAPÍTULO III | 44 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 44 |
| CAPÍTULO IV: | 76 |

| | |
|----------------------|----|
| CONCLUSIONES | 77 |
| RECOMENDACIONES..... | 78 |
| BIBLIOGRAFÍA | 79 |
| ANEXOS | 89 |



RESÚMEN

La toxicología ambiental de los metales pesados es un problema frecuente asociado a la contaminación ambiental de manera directa o indirecta. Debido a esto, el presente trabajo de investigación está relacionado a la determinación de los niveles séricos de Pb, Cd, As, Al y Cr en pobladores adultos de las localidades de Torata Alta y Yacango, distrito de Torata.

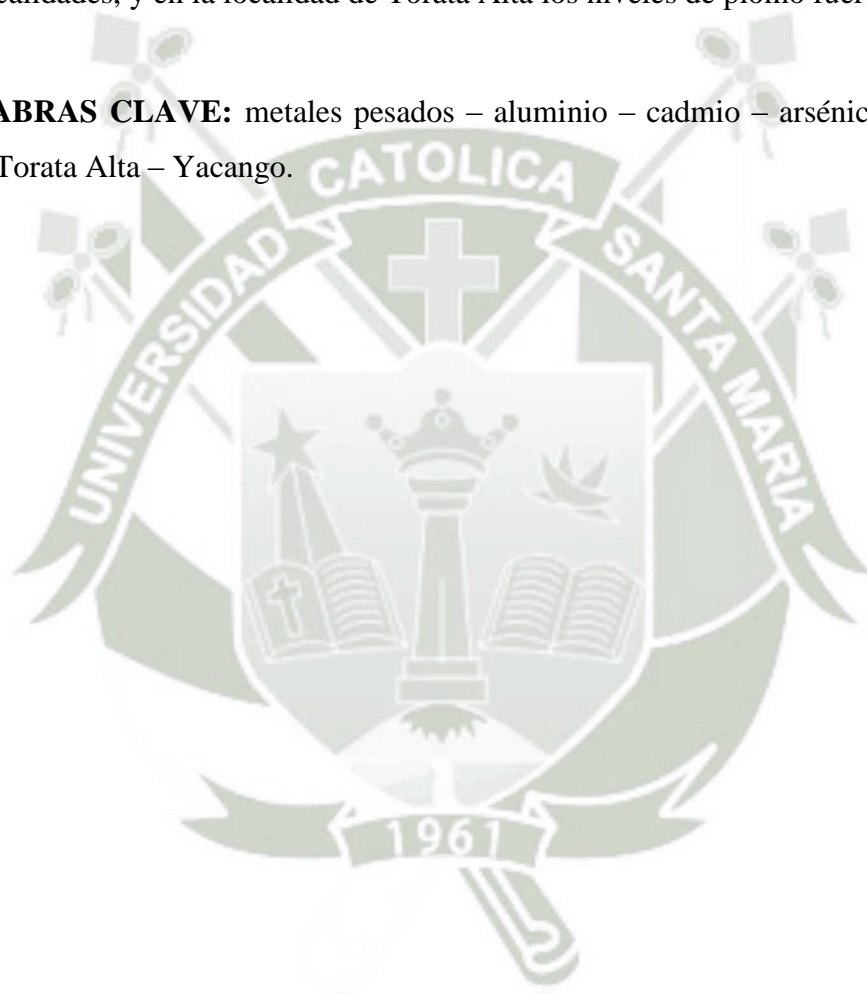
Se estudió una muestra no probabilística de 50 pobladores de la localidad de Torata Alta y 50 de Yacango. Se realizó determinación de Pb, Cd, As, Al y Cr en sangre mediante equipo ICP-OES. Se compararon resultados mediante prueba *t* de Student y Chi cuadrado.

La edad promedio fue de 60.62 ± 11.71 años para pobladores de Torata Alta y de 58.32 ± 12.01 años para pobladores de Yacango ($p > 0.05$); 58 % de pobladores de Torata Alta fueron mujeres y en Yacango el 52 % fueron varones ($p > 0.05$). Los niveles promedio de metales pesados en la localidad de Torata Alta fueron: aluminio 27.31 $\mu\text{g/L}$; arsénico 0.51 $\mu\text{g/dL}$; cadmio 33.53 $\mu\text{g/L}$, cromo 0.05 $\mu\text{g/mL}$ y plomo 20.39 $\mu\text{g/dL}$. En Yacango fueron: aluminio 23.23 $\mu\text{g/L}$; arsénico ND; cadmio 39.16 $\mu\text{g/L}$, cromo ND

$\mu\text{g/mL}$ y plomo $0.82 \mu\text{g/dL}$. Los niveles séricos de aluminio y cadmio fueron similares entre ambas localidades, mientras que los valores de arsénico y plomo fueron mayores en Torata Alta. Los niveles de aluminio, cadmio y plomo en sangre de pobladores de la localidad de Torata Alta estuvieron elevados por encima de los niveles normales establecidos por la OMS, y en el caso de la localidad de Yacango los resultados de aluminio y cadmio revelaron valores por encima del nivel normal.

Se concluye que existen valores elevados de cadmio y aluminio en pobladores de ambas localidades, y en la localidad de Torata Alta los niveles de plomo fueron mayores.

PALABRAS CLAVE: metales pesados – aluminio – cadmio – arsénico – cromo – plomo – Torata Alta – Yacango.





ABSTRACT

Environmental toxicology of heavy metals is a Common Problem Associated with Environmental Pollution directly or indirectly. Because of this, the present research esta related to the determination of serum levels of Pb, Cd, As, Al and Cr in adult residents of the villages of Upper and Yacango Torata, Torata district.

A non- probabilistic sample of 50 residents of the town of Alta Torata Yacango and 50 were studied. Determination of Pb, Cd, As, Al and Cr was performed in blood by ICP-OES equipment. Results were compared using Student's t test and chi-square

The average age was 60.62 ± 11.71 years for residents of Torata High and 58.32 ± 12.01 years for residents of Yacango ($p > 0.05$); 58% of residents of Torata High Yacango were women and 52% were male ($p > 0.05$). The average levels of heavy metals in the town of Alta Torata were: aluminum 27.31 mg / L; Arsenic 0.51 mg / dL; Cadmium 33.53 mg / L, chrome 0.05 g / mL and lead 20.39 mg / dL. In Yacango they were: aluminum 23.23 mg / L; Arsenic ND; Cadmium 39.16 mg / L, chrome ND g / mL and lead 0.82 mg / dL. Serum levels of aluminum and cadmium were similar between the two locations, while values of arsenic and lead were higher in Torata Alta. Levels of

aluminum, cadmium and lead in blood of residents of the town of Alta Torata were elevated above normal levels established by the OMS, and in the case of the town of Yacango results revealed aluminum and cadmium values above the normal level.

It is concluded that there are high values of cadmium and aluminum in people of both towns, and in the town of Torata High lead levels were higher.

KEYWORDS: Heavy Metal - aluminum - cadmium - arsenic - lead - chrome - Torata Alta - Yacango.



INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados es en la actualidad un serio problema para la salud del medio ambiente y de las personas. Metales pesados como mercurio, arsénico, plomo, entre otros, pueden ocasionar alteraciones a nivel del Sistema Nervioso Central, alteraciones dérmicas, cardiovascular, respiratorio, gastrointestinal y renal, así como alteraciones citogenéticas e inmunológicas y en el sistema reproductor. El cromo y el cadmio son considerados cancerígenos por la Agencia de Investigación sobre el Cáncer de la OMS, mientras que el plomo y el mercurio preocupan especialmente por su neurotoxicidad. El cadmio produce afectación pulmonar y renal, osteomalacia y osteoporosis. El plomo, a su vez, produce daño renal y anemia.

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre; sin embargo cuando se liberan en el ambiente por las actividades humanas pueden llegar a convertirse en contaminantes en el aire, agua superficial, subterránea, otros ambientes acuáticos y suelo.

Aunque es de interés de las entidades gubernamentales vigilar el impacto de las actividades extractivas sobre las personas y el medio ambiente, debemos considerar que no existen en nuestros medios estándares nacionales para todos los contaminantes, por lo que se suelen adoptar estándares o parámetros internacionales. Considerando las diferencias geográficas, raciales y de desarrollo, es posible que los parámetros para otros países no puedan detectar problemas en la salud en poblaciones vulnerables.

Es así que durante los años de estudio hemos desarrollado un interés por los efectos tóxicos de diversos agentes ambientales y por las manifestaciones subjetivas posiblemente relacionadas a exposición crónica a metales, es que centramos nuestra atención en el Pb, Cd, Al, Cr y As, debido a sus efectos negativos sobre el sistema nervioso, digestivo y renal, con serias consecuencias a largo plazo.

Al no haber encontrado estándares que puedan permitir establecer el impacto negativo de la presencia ambiental de estos metales, que por la zona de estudio pone más interés en

el cobre, puede dejar de lado metales más peligrosos, por lo que desarrollamos el proyecto para la presente investigación, cuyos resultados nos permitirán realizar además de un diagnóstico de la situación poblacional, contar con valores de referencia locales para estudios futuros.



OBJETIVOS

- 1) Determinar los niveles promedio de Pb, Cd, As, Al y Cr en sangre de pobladores adultos de la localidad de Torata Alta del distrito de Torata.
- 2) Determinar los niveles promedio de Pb, Cd, As, Al y Cr en sangre de pobladores adultos de la localidad de Yacango del distrito de Torata.
- 3) Establecer diferencias en los niveles séricos de Pb, Cd, As, Al y Cr entre ambas localidades del distrito de Torata.
- 4) Relacionar si los niveles séricos de Pb, Cd, As, Al y Cr encontrados se encuentran dentro de los rangos permisibles por OMS.



HIPÓTESIS

“Dado que la contaminación por metales pesados en la actualidad es un serio problema para la salud humana y la Organización Mundial de Salud (OMS) no presenta estudios sobre los niveles séricos de metales pesados en población de las localidades de Torata Alta y Yacango, es probable que existan niveles séricos elevados de Pb, Cd, As, Al, y Cr en dichas localidades.”



CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas) y actividades de la vida diaria, causando efectos adversos en el hombre, animales y vegetales; problemática a la que el Perú no es ajeno. (22, 53,61)

En nuestro país entre los principales agentes contaminantes identificados tenemos: el plomo, mercurio, aluminio, arsénico, magnesio, manganeso, hierro, cobre, cianuro. Agregándose a estos metales pesados el dióxido de azufre, y el ácido sulfúrico (R.M. N° R.M. N° 525-2005/MINSA).⁽²²⁾

Las distintas actividades industriales que lleva a cabo el ser humano, tales como las de transformación (química, metalúrgica, petrolera, etc) y extractivas como la minería arrojan al ambiente cantidades considerables de metales tóxicos, mismo que son dañinos para cualquier organismo vivo y pueden alterar el equilibrio natural de un ecosistema. Los productos contaminantes de éstas fuentes antropogénicas se encuentran en la atmósfera como materia suspendida, la cual puede entrar por distintas vías a nuestro organismo. Por otra parte, las aguas residuales no tratadas que provienen de corredores industriales, fábricas y minas, llegan a los ríos, donde los desechos contaminan las aguas subterráneas. ⁽⁵³⁾

2. METALES PESADOS

Los metales pesados son extraños en los sistemas biológicos y afectan los niveles de minerales, lo cual puede disminuir los procesos antioxidantes y desintoxicantes, entre otros perjuicios. Cuando nuestro organismo no puede desintoxicarse adecuadamente aparecen síntomas relacionados con el envejecimiento prematuro: dolores de las articulaciones, pérdida de la visión, falta de memoria y concentración. A menudo, los metales pesados desplazan los nutrientes, interrumpiendo los procesos metabólicos. Así pues, los metales pesados pueden activar la producción de radicales libres y provocar la destrucción de las membranas celulares y sus componentes. ^(10,12,22, 40,55)

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante varios años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación ⁽¹⁸⁾

Cuando esto ocurre, los tejidos pierden elasticidad y agua, lo cual puede disminuir su vitalidad y la de los órganos. Aun en bajas concentraciones, estos metales pueden presentar problemas, ya que alteran los mecanismos de señalización de las células, afectando las funciones celulares, como la diferenciación y la proliferación, además de afectar directamente los tejidos (incluido el cerebro, riñones, la médula ósea y el sistema cardiovascular) en los cuales queda acumulado. ^(55,68)

La presencia de metales pesados en el organismo desgasta las reservas de ciertos nutrientes en el proceso de desintoxicación, a la vez que inhibe la entrada de minerales esenciales a las células. ⁽¹²⁾

Los metales pesados tienen una naturaleza antagonista y una distribución electrónica en la capa de valencia similar a los metales fisiológicos, lo cual les proporciona ventaja para habitar los espacios destinados a estos metales ligeros, dejando al organismo expuesto a una desnutrición mineral. ^(10, 11, 55)

Así pues, el mercurio es antagonista del cobre, del hierro, del selenio, del zinc y del anión sulfuro. El plomo es antagonista del anión sulfuro, del calcio, del selenio, del cromo, del hierro, del cobre, del manganeso y del magnesio. El cadmio, del manganeso, del sulfuro, del cobre, del hierro y del selenio. El arsénico, del selenio, del aluminio y del hierro. ^(10,11)

2.1 PLOMO

2.2.1. Generalidades

El plomo es un metal blando, gris azulado, estable y resistente a la corrosión, es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha causado un problema muy extendido de contaminación del medio y trastornos de salud en muchas partes del mundo. ^(8, 15, 29) Se trata de una sustancia tóxica que se acumula y afecta a numerosas partes del organismo, entre ellas los sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y renal. ⁽⁴⁵⁾

Los niños son particularmente vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo, e incluso niveles relativamente bajos de exposición pueden causar lesiones neurológicas graves y en algunos casos irreversibles. Se estima que la exposición al plomo explica el 0,6% de la carga mundial de morbilidad, que se concentra en las regiones en desarrollo. Se estima que la exposición infantil al plomo contribuye a unos 600 000 nuevos casos de niños con discapacidad intelectual cada año. ^(24,56)

Este metal existe en forma inorgánica y orgánica: La forma inorgánica puede encontrarse en las pinturas, tierra, polvo y en otros productos de manufactura. Los gases de la combustión de la gasolina, a la que se le ha agregado plomo, contiene la forma orgánica del metal (plomo tetra etilo); nuestro cuerpo absorbe esta forma más fácilmente, por lo que resulta más tóxica que la forma inorgánica. Con la eliminación del plomo de la gasolina en la mayoría de países la contaminación con la forma orgánica de plomo se limita a casos de contaminación ocupacional. ^(15, 29, 38)

El Perú es uno de los cinco mayores productores de plomo en el mundo, con un volumen de exportación que continúa aumentando en los últimos años. Las minas de las que se extrae plomo, las fundiciones y sus alrededores naturalmente sufren una mayor contaminación. A los servicios de salud pública y a los profesionales les corresponde un papel activo en la educación de políticos, empresarios y del público en general, para así disminuir la posibilidad de efectos adversos asociados con la presencia, uso y comercio de este metal. ^(60, 62)

La OMS ha incluido el plomo dentro de una lista de diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública que exigen la intervención de los Estados Miembros para proteger la salud de los trabajadores, los niños y las mujeres en edad fecunda. ^(60,62)

2.2.2. Fuentes y Vías de exposición

Las personas pueden verse expuestas al plomo en su puesto de trabajo o en su entorno, principalmente a través de:

- La inhalación de partículas de plomo generadas por la combustión de materiales que contienen este metal (por ejemplo, durante actividades de fundición, reciclaje en condiciones no seguras o decapado de pintura con plomo, o al utilizar gasolina con plomo). ^(11, 12)
- La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados (por ejemplo, agua canalizada a través de tuberías de plomo o alimentos envasados en recipientes con

esmalte de plomo o soldados con este metal). Otra posible fuente de exposición al plomo es el uso de determinados productos cosméticos y medicamentos tradicionales.^(11,17)

Los niños de corta edad son particularmente vulnerables porque, según la fuente de contaminación de que se trate, llegan a absorber una cantidad de plomo entre 4 y 5 veces mayor que los adultos. Por si esto fuera poco, su curiosidad innata y la costumbre, propia de su edad, de llevarse cosas a la boca, los hace más propensos a chupar y tragar objetos que contienen plomo o que están recubiertos de este metal (por ejemplo, tierra o polvos contaminados o escamas de pintura con plomo). Esta vía de exposición es aún mayor en los niños con pica (ansia persistente y compulsiva de ingerir sustancias no comestibles), que pueden arrancar, y luego tragar, por ejemplo, escamas de pintura de las paredes, los marcos de las puertas o los muebles. En el Senegal y Nigeria, la exposición a tierra y polvo contaminados por plomo debido al reciclaje de baterías y a actividades mineras ha provocado intoxicaciones masivas por plomo en niños de corta edad, que se han cobrado ya numerosas vidas.^(21, 22,33)

Una vez dentro del cuerpo, el plomo se distribuye hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos, y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. El plomo almacenado en los huesos puede volver a circular por la sangre durante el embarazo, con el consiguiente riesgo para el feto. Los niños con desnutrición son más vulnerables al plomo porque sus organismos tienden a absorber mayores cantidades de este metal en caso de carencia de otros nutrientes, como el calcio. Los grupos expuestos a mayor riesgo son los niños de corta edad (incluidos los fetos en desarrollo) y los pobres.⁽¹⁷⁾

2.2.3. Toxicocinética

El plomo inorgánico se absorbe por la vía respiratoria y la digestiva. Los compuestos orgánicos se absorben, además, vía cutánea. Generalmente, la absorción gastrointestinal está en torno al 10 por ciento de la dosis ingerida, pero en niños puede llegar al 50 por ciento, y aumenta aún más si hay déficit de hierro, calcio o zinc. La absorción pulmonar

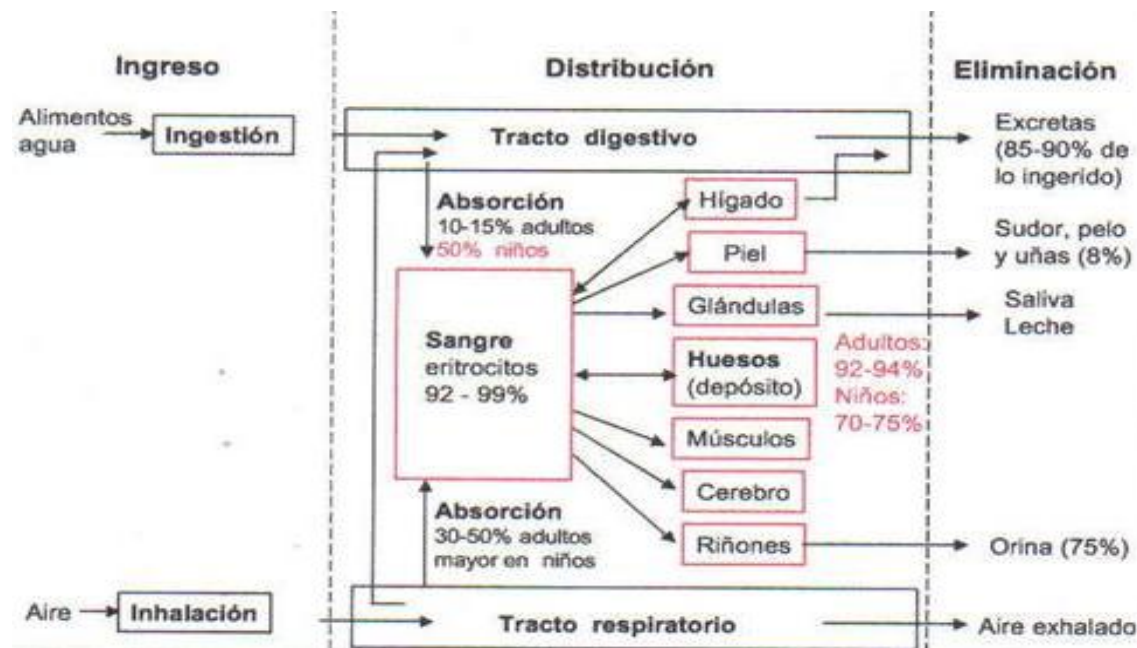
varía con la dimensión de las partículas y volumen corriente respiratorio. Las partículas menores que $1 \mu\text{g}$ pueden absorberse si llegan al alveolo.^(11,12,15)

Un adulto sin riesgo profesional, puede ingerir hasta $100 \mu\text{g}$ /día de plomo, procedentes de la comida y agua potable. Años atrás, en los Estados Unidos de Norteamérica, se han medido dosis ingeridas diarias de hasta $300 \mu\text{g}/\text{día}$. Dado que la capacidad de excreción de plomo es limitada, se calcula que con una dosis superior a $100 \mu\text{g}/\text{día}$, se puede producir un acumulo continuo de plomo. Sin embargo, para que se lleguen a producir síntomas, el acumulo debe ser mayor, y se han de ingerir $500 \mu\text{g}$ o más cada día de plomo. En los niños, dada su mayor absorción, este balance positivo, se producirá con ingestiones superiores a los $5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$. Para un adulto, la dosis letal en intoxicación aguda, es de $0,5 \text{ gramos}/\text{kg}$.⁽⁵¹⁾

Una vez absorbido, el plomo circula en sangre periférica, transportado por los hematíes en un 95%. Se distribuye con lentitud y se deposita en un 90% en los huesos, donde es relativamente inactivo. El 10 % restante se distribuye por otros órganos, especialmente cerebro, hígado y riñones.^(4,7, 9)

Del 85 al 90 % del plomo se elimina por las heces. El restante 10 % se elimina por orina, por un proceso de filtración y posiblemente de excreción activa por los túbulos renales. Pequeñas cantidades de plomo se eliminan con el pelo, las uñas, sudor, y saliva. El plomo puede atravesar la placenta, la barrera hemato-encefálica y puede encontrarse en la leche humana.^(7,9)

Se considera que la vida media del plomo circulante es de unos 2 meses, pero la del depositado en los huesos puede aproximarse a los 30 años. El plomo orgánico (tetraetilo) es metabolizado a trietilo (un potente neurotóxico) y plomo inorgánico, el cual sigue la cinética antes mencionada.



2.2.4. Cuadro clínico

El saturnismo es un cuadro muy proteiforme que puede pasar desapercibido durante años. Se distingue un cuadro agudo, muy raro, y un cuadro crónico, con una fase subclínica y una fase clínica. A su vez la presentación difiere algo entre el adulto y el niño. (4,17,33)

La ingesta aguda es excepcional pero posible ("pica", masticar perdigones, ingesta accidental o suicida de minio, etc.); produce vómitos, dolores abdominales y diarrea, pudiendo objetivarse hemólisis, citólisis hepática y afectación tubular renal. En casos graves puede producirse depresión del SNC y el paciente puede fallecer en pocos días.

En la intoxicación crónica hay una fase subclínica o de impregnación, en la cual el paciente se encuentra asintomático, pero puede tener alteraciones biológicas si los niveles de plomo en sangre están entre 35 y 60 ug/dL. Esta forma es especialmente importante en niños, ya que sus tejidos, en fase de crecimiento, se van impregnando de plomo, y a nivel del SNC se van produciendo déficits (retraso mental, alteraciones del lenguaje, del

comportamiento, etc.). Estas secuelas son definitivas. En esta fase se puede observar el depósito gris azulado de sulfuro de plomo en el borde libre de las encías, que se conoce como ribete de Burton.

La fase clínica se caracteriza inicialmente por astenia, debilidad, mialgias e irritabilidad. En sangre hay niveles de plomo de 70-90 ug/dL, y suele aparecer anemia normocítica y ligeramente hipocromica, acompañada de sideroblastos, reticulocitosis e hipersideremia.

Como signos digestivos el paciente tiene anorexia y estreñimiento y, en casos graves, dolores abdominales (cólico saturnino) y vómitos alimentarios. Es relativamente frecuente el hallazgo de alteraciones biológicas hepáticas.

Desde el punto de vista neurológico hay alteraciones en el SNC, en forma de irritabilidad, alteraciones de la memoria, dificultades de concentración y cefaleas, que puede evolucionar con signos de hipertensión endocraneal, convulsiones, coma y, eventualmente, la muerte. También hay alteraciones de los nervios periféricos, en forma polineuropatías de predominio motor y en extremidades superiores, de las cuales la más significativa es la parálisis radial.

Las lesiones renales no son específicas. Hay atrofia y pérdida de túbulos que se asocia a fibrosis intersticial. Los glomérulos pueden mostrar esclerosis focal o global. Cuando las lesiones renales se hallan muy evolucionadas puede aparecer insuficiencia renal, hipertensión arterial, hiperuricemia y gota.

La forma clínica del niño tiene una preponderancia de síntomas neurológicos, junto con anemia y dolor abdominal. En la forma del adulto predominan, junto a los dolores abdominales y la anemia, la afectación renal y la polineuropatía periférica.

Los derivados orgánicos tienen afinidad prioritaria por el SNC y causan cefalea, insomnio, síndrome maníaco y agitación y, en casos graves, convulsiones, coma y muerte. Producen, además, una dermatitis irritativa y, si la exposición ha sido intensa y

prolongada, afectación hepática, renal y muscular. No suele haber anemia ni alteraciones en las porfirinas, y los niveles de plomo en sangre y orina son relativamente bajos.

2.2.5. Tratamiento

En general, el tratamiento dependerá del tipo de exposición (aguda, crónica), de la magnitud del compromiso del paciente y del nivel de plumbemia. Tanto en la intoxicación aguda como en la crónica el tratamiento se basa en las siguientes medidas principales:

- Medidas de soporte vital.
- Alejar al paciente de la fuente de exposición.
- Tratamiento de los cuadros clínicos acompañantes (cólicos saturnino, encefalopatía, insuficiencia renal, etc.).
- Tratamiento quelante.

2.3. CROMO

2.3.1. Generalidades

El cromo es un elemento natural que se encuentra en rocas, animales, plantas, suelo, polvo y gases volcánicos. El cromo está presente en el medio ambiente en varias formas diferentes. Las formas más comunes son el cromo (0), el cromo (III) y el cromo (VI). El cromo (III) ocurre en forma natural en el ambiente y es un elemento nutritivo esencial. El cromo (VI) y el cromo (0) son producidos generalmente por procesos industriales. ^(14, 30,36)

El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa para fabricar acero. El cromo (VI) y el cromo (III) se usan en cromado, en tinturas y pigmentos, curtido de cuero y para preservar madera. ^(30,36)

2.3.2. Fuentes de exposición

El cromo entra al aire, al agua, y al suelo principalmente en las formas de cromo (III) y cromo (VI). En el aire, los compuestos de cromo están presentes principalmente como partículas de polvo finas las que eventualmente se depositan sobre la tierra o el agua. El cromo puede adherirse firmemente al suelo y solamente una pequeña cantidad puede disolverse en el agua y así pasara suelo más profundo y al agua subterránea.

2.3.3. Toxicocinética

La toxicidad de los compuestos de cromo está relacionada con su acción irritante y sensibilizante. Los compuestos hexavalentes se absorben por vía digestiva, cutánea y respiratoria. Penetra con facilidad en el interior de los eritrocitos, combinándose con la fracción globínica de la hemoglobina, reduciéndose posteriormente a estado trivalente; en esta forma tiene gran afinidad por las proteínas plasmáticas, principalmente a la transferrina. La principal vía de eliminación es la renal (80%). La semivida de eliminación de 15-41 h.⁽⁵³⁾

2.3.4. Cuadro clínico

Cuadro agudo

La ingesta de una sal de cromo produce un cuadro gastrointestinal en forma de vómitos, dolores abdominales, diarreas, y hemorragias intestinales. Se han descrito casos de muerte, por colapso cardiocirculatorio; si el paciente sobrevive, puede aparecer una insuficiencia renal aguda debido a necrosis tubular aguda. También puede ocasionar un fallo hepático, coagulopatía, o hemólisis intravascular.^(53,54)

Cuadro crónico.

El contacto cutáneo con compuestos hexavalentes de cromo puede producir úlceras de 5 a 10 mm, no dolorosas, a veces pruriginosas, que suelen afectar al dorso de las manos y de los dedos, reciben el nombre de úlceras en "nido de paloma" También pueden ocasionar dermatitis de contacto (irritativas y alérgicas). La exposición a los compuestos hexavalentes de cromo se les relaciona con cuadros de bronquitis y de asma. También pueden producir ulceraciones y perforaciones del septum nasal. A diferentes compuestos

de cromo y procesos industriales donde se utiliza cromo, se les relaciona con una mayor incidencia de cáncer de pulmón y de senos paranasales.

2.3.5. Diagnóstico

- Historia de exposición.
- Presencia de manifestaciones clínicas tales como quemaduras o lesiones irritativas en piel o mucosas, gastroenteritis, falla renal, shock.
- La detección en la orina puede confirmar la exposición.
- Los niveles normales son menos de 1 ug/L de orina.
- Niveles séricos no se usan en el manejo de urgencias.
- Niveles de cromo en el suero normalmente van desde 0.05 hasta 0.5 (ug/mL)

2.3.6. Tratamiento

- Contacto con piel y mucosas: En piel lavar localmente con abundante agua y jabón. Retirar la ropa contaminada, curación en caso de presentar lesiones.
- En caso de accidente ocular: Lavar abundantemente y realizar valoración oftálmica.
- En caso de inhalación: Trasladar al paciente fuera del área contaminada. Observación hospitalaria y monitorizar mínimo por 72 horas, especialmente, si se presentó exposición a ácido crómico, dar suplemento de oxígeno.
- En las intoxicaciones agudas por sales hexavalentes de cromo se debe de administrar ácido ascórbico (1-3 g/IV/hora, durante 5 a 10 horas).

2.4. ALUMINIO

2.4.4. Generalidades

El aluminio es un metal no ferroso, y es el más abundante de los metales, constituye cerca del 8 % de la corteza terrestre. Sus propiedades han permitido que sea uno de los

metales más utilizados en la actualidad. Es de color blanco y es el más ligero de los metales producidos a gran escala. La alúmina, que es extraída de la bauxita y mezclada con la criolita es la fuente del aluminio. El aluminio puro es demasiado blando, debidamente aleado se obtiene resistencias comparables al acero, por lo cual es útil para toda industria, desde la construcción, decoración, minería, iluminación hasta la industria aeronáutica. El aluminio es el único metal que proporciona dureza con bajo peso, es sumamente fácil de pulir, tenaz, dúctil y maleable, posee una gran resistencia a la corrosión, decoración, minería y alta conductividad térmica y eléctrica, teniendo la mejor relación de beneficios-costos que cualquier otro metal común. La exposición al aluminio por lo general no es dañina, pero la exposición a altos niveles puede causar serios problemas para la salud. (27, 28,30)

2.4.5. Fuentes de exposición

El aluminio es liberado al medio por procesos naturales, procesos de erosión del suelo y erupciones volcánicas, y por acciones antropogénicas. La fuente más importante de obtención del metal es la bauxita, que contiene un 55% de óxido de aluminio. Las actividades industriales, como la fundición, son el origen principal de los vertidos al ambiente, sin embargo, el uso de aluminio también está extendido en la industria alimentaria y en el tratamiento del agua de bebida

- ✓ Exposición por los alimentos
- ✓ Exposición a través del agua de consumo
- ✓ Exposición a través del aire
- ✓ Exposición a través de medicamentos y cosméticos
- ✓ Exposición laboral

2.4.6. Toxicocinética

El aluminio, generalmente, se absorbe poco, aunque sus formas hidrosolubles se absorben mejor. Las vías de entrada pueden ser la inhalatoria, oral y dérmica, aparte de la diálisis. La biodisponibilidad de las sales de aluminio ingerida es del 12%. El aluminio se distribuye bien por todo el cuerpo, libre en el plasma y unido a proteínas. Atraviesa la

barrera hematoencefálica. Se acumula en hígado, glándulas adrenales, hueso y cerebro. Se elimina principalmente por el riñón, y parte por bilis y heces. Su vida media es de 8 horas.

2.4.7. Cuadro clínico

Los efectos tóxicos del aluminio en el organismo están relacionados con la afectación neurológica en encefalitis, pérdidas de memoria, el Alzheimer y otros trastornos mentales propios de la degeneración neuronal, con la debilidad de la mucosa digestiva. Asimismo, reduce la absorción de selenio y fósforo.^(16,27)

Intoxicación aguda

Es difícil encontrar un cuadro de intoxicación aguda por aluminio. La ingestión aguda masiva de hidróxido de aluminio usado como medicamento antiácido suele producir náuseas, vómitos y estreñimiento. La forma soluble de cloruro, fluoruro y sulfato de aluminio son potencialmente tóxicas, no provocan toxicidad a las formas insolubles. Algunas sales de aluminio pueden ser irritantes. Creando irritación en la piel y mucosas (ocular respiratoria y digestiva)

Intoxicación Crónica

La exposición crónica, tanto en el ambiente laboral como en las personas sometidas a diálisis, o consumidores crónicos de antiácidos con aluminio, puede provocar alteración del metabolismo mineral por inhibición de absorción de fosfatos, lo que lleva a osteomalacia (con dolor óseo, fracturas, deformidad), tos, disnea, fibrosis pulmonar, asma, irritación dérmica, hipertrofia cardíaca, estreñimiento, hipersensibilidad y anemia microcítica.

2.4.8. Diagnóstico

- ✓ Prueba de infusión de deferoxamina
- ✓ Radiografías de huesos largos
- ✓ Exámenes de sangre en busca de anemia
- ✓ Biopsia ósea para medir los niveles de aluminio

2.4.9. Tratamiento

Suprimir al máximo las fuentes de exposición, a la vez que remover los depósitos tisulares de aluminio. En el momento actual se usa como antídoto en intoxicación por Aluminio la Deferoxamina mesilato (DFO)

Deferoxamina: Pertenece al grupo de los preparados quelantes del hierro. Se utiliza para eliminar el exceso de hierro y aluminio de la sangre. Esto puede ser necesario en pacientes con ciertos tipos de anemia que necesiten frecuentemente transfusiones sanguíneas y en pacientes con insuficiencia renal grave sometidos a diálisis de mantenimiento (pudiendo llevar a un exceso de aluminio).

2.5. ARSÉNICO

2.5.4. Generalidades

El arsénico (As) se encuentra ampliamente distribuido por la naturaleza en forma natural y no es un metal sino un metaloide. Los derivados inorgánicos (trióxido o arsénico blanco, pentóxido, etc) se usan como pesticidas, raticidas, en productos para preservar la madera y como herbicidas. También se emplean en la fabricación de cristales. Las formas orgánicas, que tuvieron un uso medicinal a principios de siglo para la sífilis, amebiasis, etc., se consideran, en general, menos tóxicas. ^(1,3)

Existe un gas de arsénico, denominada arsina o hidrógeno arseniado, que es un subproducto de la fundición de metales y que es sumamente tóxico. Actualmente la mayoría de las intoxicaciones, tanto agudas, como crónicas, se ven en el medio laboral, aunque pueden darse casos de intoxicación no industrial, a partir de la contaminación de productos domésticos o alimenticios por desechos industriales con arsénico o derivados. También pueden darse intoxicaciones con fines suicidas e incluso criminales. ^(3,38,40)

La dosis tóxica de arsénico inorgánico en el adulto es de 0,5 mg/kg y la potencialmente mortal de 2 mg/kg, aunque existe un amplio margen de variabilidad individual. ^(1,3)

2.5.5. Fuentes de exposición

Además de ser un contaminante de metales como plomo, cobre y zinc, se utiliza en plaguicidas, rodenticidas, pinturas (como colorante), vidrios, cerámica e incluso, en algunas formas, como preparados homeopáticos. Puede además contaminar aguas, vinos y alimentos

2.5.6. Toxicocinética

El arsénico se absorbe bien por vía oral, respiratoria e incluso por la piel. Circula unido a la globina del hematíe y a otras proteínas, y en unas 24 h se distribuye por todo el organismo, especialmente hígado, bazo, pulmones, intestino y piel. En esos órganos se fija a los grupos sulfhidrilo de las proteínas tisulares e inhibe diversos mecanismos enzimáticos, en particular la fosforilación oxidativa. La mayoría de la dosis absorbida se excreta por vía renal (de forma muy lenta), pero podemos encontrar el tóxico en las uñas o el pelo, lo que tiene cierto interés médico-legal. ^(40,43)

El arsénico no atraviesa la barrera hemato-encefálica, pero los compuestos inorgánicos pueden atravesar la barrera placentaria, la arsina afecta particularmente los hematíes al inhibir el glutatión, que es necesario para mantener su integridad, por lo que característicamente produce hemólisis. ⁽⁴⁹⁾

2.5.7. Cuadro clínico

La ingestión aguda produce síntomas gastrointestinales a los pocos minutos, aunque el cuadro puede diferirse un poco si el arsénico va disuelto en los alimentos. Se produce dolor abdominal, vómitos y diarrea copiosa (como agua de arroz). Se puede notar un olor parecido al ajo en las heces y en aliento. Aparece hipotensión y en casos más graves shock, debido a la hipovolemia por las pérdidas intestinales, pero también por afectación de la contractilidad miocárdica y por la aparición de una vasodilatación generalizada. El cuadro se completa con manifestaciones neurológicas, como letargia y convulsiones. Los casos más graves suelen fallecer secundariamente al colapso circulatorio. ^(40,43,49)

Los casos que sobreviven a esta fase presentan una segunda fase dominada por las lesiones renales, que pueden llegar al fracaso renal, y la polineuropatía periférica.⁽⁴³⁾

La inhalación de arsina se manifiesta clínicamente tras un periodo de latencia de unas 24 horas; aparece entonces un cuadro de náuseas, vómitos, dolor abdominal, cefalea y dificultad para respirar. Posteriormente se pueden desarrollar anemia hemolítica y fallo renal.^(43,49)

La intoxicación crónica por arsénico es un cuadro tórpido, con crisis de dolor abdominal, diarrea, estomatitis y neuropatía de predominio sensitivo. También se puede desarrollar una encefalopatía parecida a la de Wernicke. Otros hallazgos que se pueden encontrar en esta intoxicación crónica incluyen lesiones de hiperpigmentación e hiperqueratosis, especialmente en plantas y palmas. En las uñas son típicas las líneas de Aldrich-Mess, que son unas estrías blancas horizontales. Puede aparecer toxicidad hepática, que puede llegar incluso a la cirrosis⁽⁴⁰⁾.

Por último parece demostrado que determinados cánceres, especialmente en la piel, pulmón y angiosarcomas, están relacionados con la intoxicación crónica por arsénico.^(40,43)

2.5.8. Diagnóstico

- ✓ Se basa en la historia clínica y pruebas complementarias (hemograma, Rx de torax, etc).
- ✓ La radiografía de abdomen puede visualizar restos de arsénico en el tubo digestivo.
- ✓ Determinación de niveles en sangre de arsénico pueden confirmar el Diagnóstico en intoxicación aguda: mayores de 5 ug/dL son tóxicos
- ✓ Niveles de arsénico en orina mayores de 200 ug/día se considera grave y requiere tratamiento quelante.

2.5.9. Tratamiento

Tras la ingestión aguda hay que realizar lavado gástrico con una suspensión de carbón activado; después administrar carbón activado y un catártico salino (sulfato sódico). Como antídoto se utiliza el dimercaprol (BAL) a dosis de 3-4 mg/Kg/4h, durante 5 días, vía IM. Realizar tratamiento sintomático: corregir la deshidratación administrando sueros glucosados y salinos, junto con los electrolitos necesarios para evitar la hipovolemia y la hipotensión; corregir el equilibrio ácido-base; alcalinizar la orina; aumentar la diuresis en caso necesario; para el dolor se darán analgésicos; la polineuritis se trata con vitamina B y con rehabilitación fisioterapéutica; transfusiones si lo requiere el paciente, hemodiálisis si hubiera insuficiencia renal, etc.

En caso de intoxicación crónica, aunque se puede dar el BAL o penicilamina como quelante, actualmente se prefiere el ácido 2,3-dimecaptosuccínico (DMSA) a dosis de 10 mg/kg/8h durante 5 días, y después cada 12 h durante dos semanas.

2.6. CADMIO

2.6.4. Generalidades

Su símbolo químico es Cd. Es un metal blanco-plateado, de estructura cristalina hexagonal, brillante, dúctil y blanda, es estable al aire, su punto de fusión es de 321,07 °C.⁽¹²⁾ El cadmio es un elemento poco abundante en la naturaleza que se obtiene como subproducto de la minería y de la extracción de zinc y de plomo. Es uno de los contaminantes metálicos de los alimentos más peligrosos debido no solo a su elevada toxicidad y capacidad de acumulación en la cadena alimentaria sino también a su amplia distribución derivada de sus numerosas aplicaciones industriales. La producción comercial de cadmio y su utilización en distintas actividades como la galvanoplastia, la estabilización del PVC, la fabricación de pigmentos para esmaltes, la fabricación de pilas de Ni-Cd o la obtención de diferentes aleaciones, pueden contaminar aire, suelos y aguas. El cadmio está también presente en pequeñas cantidades en los fertilizantes fosfatados, desde donde puede cederse al suelo y de éste a los vegetales. La ingesta de alimentos constituye la fuente más importante de exposición a cadmio de la población general. Sin embargo, en zonas no contaminadas, la absorción debida al consumo de tabaco en los

fumadores de más de 1 cajetilla diaria puede igualar la ingesta de cadmio a partir de los alimentos. Sólo en caso de exposición laboral, la absorción pulmonar de cadmio por inhalación en el lugar de trabajo es la vía de exposición mayoritaria⁽³²⁾

2.6.5. Fuentes de exposición

Usos tan diversos y su larga vida media no permiten el reciclaje, por lo que se acumula progresivamente en el ambiente. El cadmio también se libera en combustiones de aceites, carbones y en las plantas incineradoras. Además se encuentra en la dieta y el tabaco.⁽³⁸⁾

Las fuentes antropogénicas son:

- Lodos residuales y estiércol
- Fertilizantes fosfatados y nitrogenados
- Industria de plateado y galvanizado
- Minería de zinc, cobre, plomo y otros metales
- Industria de fundición de metales
- Incineración
- Industria de alimentos fosfatados para animales

Las fuentes naturales:

- Actividades volcánica
- Rocas

2.6.6. Toxicocinética

Alrededor del 5-10 % del ingerido se absorbe, pero la principal vía de entrada es respiratoria en el ambiente laboral; sólo 5 % de cadmio se absorbe por la vía intestinal. Una vez en la sangre es transportado por los hematíes hacia el pulmón, el riñón y el hígado, donde se almacena el 75 % de los 30 mg que suele haber en el cuerpo humano. Las posibilidades de eliminación son escasas y la vida media es mayor de 30 años^(28 29).

2.6.7. Cuadro clínico

Las manifestaciones clínicas de la exposición al cadmio pueden clasificarse, de acuerdo con el tiempo y modo de dicha exposición, en agudas y crónicas y en las debidas a inhalación y a ingestión, respectivamente. Las intoxicaciones que afectan a la población general, salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas, por ejemplo de alimentos, suelen ser de carácter crónico; sin embargo, en la población ocupacional es frecuente encontrar intoxicaciones agudas y crónicas muy características. La clínica de las intoxicaciones por cadmio es variable y sus efectos en la salud son como los de cualquier sustancia peligrosa y dependen de la dosis, la duración y el tipo de exposición, la presencia de otras sustancias químicas, así como de las características y los hábitos de la persona. ^(38,9)

Manifestaciones agudas

- **Inhalación** La inhalación de altas cantidades de cadmio puede determinar la aparición de una sintomatología no muy bien definida al principio, pero luego se presentan fiebre, alteraciones digestivas, dolor torácico, disnea y edema agudo de pulmón, el que puede determinar la muerte por insuficiencia respiratoria. Pueden también aparecer anemia, albuminuria, hepatitis y anuria; éstas pueden determinar la muerte por hepatonecrosis.
- **Ingestión** Los síntomas son náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. En muchos casos hay una diarrea intensa con colapso. Estos síntomas aparecen con la presencia del cadmio en agua o en alimentos en concentraciones de alrededor de 15 ppm.

Manifestaciones crónicas

La inhalación prolongada del cadmio por trabajadores expuestos puede determinar la aparición de un síndrome que incluye enfisema pulmonar y enfermedad de los túbulos renales, con proteinuria. En estos casos se han observado también otros efectos como anemia, alteraciones hepáticas y cambios en el metabolismo de los minerales ⁽¹⁾. La ingestión prolongada del cadmio, aunque no es muy frecuente, se puede presentar en la

población general. El ejemplo más conocido es el de Japón, donde se observó una grave enfermedad ósea, problemas gastrointestinales, anemia, daño renal y trastornos hepáticos (enfermedad itai-itai).⁽¹²⁾

2.6.8. Diagnóstico

En un programa de vigilancia de las intoxicaciones por cadmio se pueden desarrollar tanto actividades de monitoreo biológico como de monitoreo ambiental.

Monitoreo

Los indicadores más utilizados en las evaluaciones de exposición al cadmio, son las determinaciones de los niveles de concentración en sangre y orina. Otros parámetros que pueden ser usados como indicadores son: la medición de la proteinuria global y la determinación en la orina de los niveles de beta-2-microglobulina. En personas no expuestas los valores de beta-2-microglobulina son habitualmente inferiores a 0,1 mg/L. Se puede efectuar también la determinación del cadmio en riñones e hígado obtenidos por autopsia ⁽¹⁾. Las concentraciones usuales de cadmio encontradas en el organismo humano son, tanto en sangre como en orina, menores de 1 ug/L en no fumadores y menores de 2 ug/L en fumadores.

Desde un punto de vista preventivo la OMS establece como límites biológicos los siguientes:

- En orina: 10 ug/g creatinina
- En sangre total: 10 ug/L

No obstante, OMS recomienda aplicar medidas de control cuando estos valores exceden de 5 ug/g creatinina y 5 ug/L sangre total respectivamente. Es importante tener presente que en el uso de pruebas biológicas, tanto específicas para el metal como otras para detectar modificaciones fisiopatológicas asociadas, existe el riesgo de que aparezcan resultados falsos positivos y resultados falsos negativos. Estos pueden ser causados tanto por factores asociados al control de calidad en el análisis de laboratorio (manipulación de muestras, sensibilidad de técnicas, etc.), como por enfermedades o estados biológicos no asociados.⁽¹²⁾

2.6.9. Tratamiento

En caso de inhalación:

- a) Trasladar al paciente desde el área contaminada hacia una donde exista aire limpio.
- b) Administrar sulfato de codeína para la tos, si esto es necesario.
- c) Si existieran signos de edema pulmonar, iniciar el tratamiento de urgencia indicado.
- d) Administrar antibiótico como profiláctico de posible infección secundaria.
- e) Hacer pruebas de las funciones renales y hepáticas, para evaluar posibles daños.

En caso de ingestión:

- a) Administrar leche o huevos crudos y revueltos, varias veces y en intervalos cortos, para tratar la irritación gastrointestinal.
- b) Hacer lavado gástrico con leche, agua o solución de albúmina, si el paciente no presenta vómito.
- c) Administrar 15 a 30 g de sulfato de magnesio o de sodio disuelto en agua.
- d) Hacer pruebas de las funciones del riñón y del hígado para evaluar posibles daños a estos órganos.

Uso de vitamina D, calcio y fósforo: El uso de gran cantidad de vitamina D por largo tiempo resultó en una disminución de los síntomas dolorosos y de las fracturas óseas espontáneas. El uso de calcio y de fósforo en las dosis habitualmente utilizadas para tratar insuficiencias vitamínicas, ha tenido efectos favorables en el tratamiento de los casos crónicos de intoxicación por cadmio ^(31,32)

3. ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ÓPTICA CON PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE (ICP-OES)

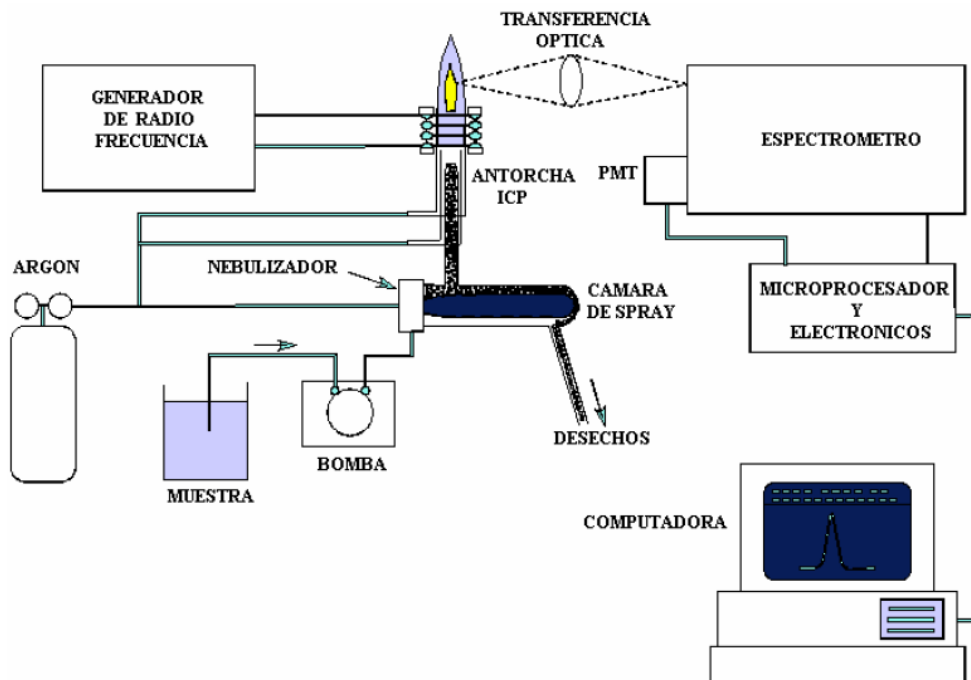
Espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente, por sus siglas en inglés, como la técnica de ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry); es un proceso en el que se mide la luz emitida por átomos e iones excitados en el plasma para obtener información de la composición de la muestra. La emisión de la luz se produce cuando una cantidad suficiente de energía, eléctrica o térmica, actúa sobre un átomo libre o ion excitado hasta un estado energéticamente inestable, cuando el átomo o ion retorna a su configuración estable o estado fundamental emiten en forma de luz de una longitud de onda específica de cada elemento ^(10, 25,26).

Es una técnica de análisis multielemental ya que puede leer 70 muestras al mismo tiempo, posible de identificar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica, a niveles de traza (ppm o $\mu\text{g/g}$) y ultratrazas (ppb o ng/g), partiendo de muestras en disolución acuosa ⁽³⁹⁾; a excepción de tres grupos:

- En el primer grupo se encuentran los elementos que se introducen al equipo de una fuente diferente e independiente de la muestra original, como son el Argón (Ar), Dióxido de carbono (CO_2).
- En el segundo grupo se encuentran los elementos cuyos átomos requieren de altos niveles de energía para su excitación, como son los halógenos (Flúor, Cloro, Bromo, Iodo, Astatto), esto elementos podrían ser determinados por el equipo, pero sus límites de detección son insignificantes comparados con la mayoría de los elementos que son determinados por ICP.
- El último grupo se encuentran los elementos que fueron creados por el hombre, los cuales son radioactivos y tienen un tiempo de vida corto, dichos elementos es mejor estudiarlos con Espectroscopia de Rayos Gamma.

El espectrofotómetro de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente está compuesto de los siguientes elementos como se muestran en la (Figura 1)

Figura 1 Instrumentación del ICP-OES ^(39,73)



La instrumentación del equipo se divide a su vez en:

- Equipo de introducción de la muestra (bomba peristáltica, nebulizador, cámara de nebulización o de spray y sistema de desagüe).
- Equipo de producción de la emisión (antorcha).
- Equipo de colección y detección de la emisión (elementos de transferencia óptica, espectrómetro y detector).⁽¹⁰⁾

La muestra, en forma líquida, es transportada por medio de una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador donde es transformada en aerosol gracias a la acción de gas argón. Dicho aerosol es conducido a la zona de ionización que consiste en un plasma generado al someter un flujo de gas argón a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 8000 K. En estas condiciones, los átomos presentes en la muestra son ionizados/excitados. Al volver a su estado fundamental, estos iones o átomos excitados emiten radiaciones de una longitud de onda que es característica de cada elemento. Esta radiación pasa a través de un sistema óptico que separa la radiación según

su longitud onda. A continuación un detector mide la intensidad de cada una de las radiaciones relacionando ésta con la concentración de cada elemento en la muestra⁽¹³⁾.

Los plasmas trabajan en forma de Plasma Axial Y Plasma Radial, de acuerdo a como se detecta la luz emitida:

Los Plasmas Radiales se caracterizan por analizarla luz desde su parte lateral, y ofrecen la posibilidad de analizar elementos en concentraciones altas (ppm o mayores). Los Plasmas Axiales observan la luz desde una posición frontal con la cual se contienen límites de detección entre 5 y 10 veces mejores a los contenidos por los plasmas radiales (ppb)⁽²⁴⁾.

3.1. PLASMA

Considerado el cuarto estado de la materia; es un gas altamente ionizado con temperaturas muy altas (6000 - 10000 °K), en el que los átomos se han roto, está formado por electrones (negativos) y por iones (positivo), átomos que han perdido electrones y quedan con una carga eléctrica positiva y están moviéndose libremente.⁽⁵⁾

En la naturaleza podemos encontrarlos en el espacio, en el fuego, la aurora boreal, entre otras cosas. Cuando un elemento está en estado de plasma crea un patrón de ondas electromagnéticas, haciéndolo identificable. Gracias a esto, se pueden identificar los elementos que componen algún cuerpo o gas.⁽¹⁷⁾

Dos características de los plasmas son que pueden conducir la electricidad, y son afectados por un campo magnético. Los plasmas eléctricos usados en espectrometría Atómica analítica son gases ionizados de alta energía. Se generan a partir de gases inertes, aunque también es posible emplear gases reactivos tales como el oxígeno. Las descargas de plasma son considerablemente más calientes que los hornos y las llamas. Se usan, por lo tanto, no solo para atomizar la muestra, sino también para excitar e ionizar los átomos con la finalidad de medir emisión iónica y atómica. Entre las fuentes de plasma utilizadas en Espectrometría de Emisión, la de Plasma Acoplado Inductivamente

(ICP) es la más eficiente. Otros tipos de plasma también usado son el Plasma de Corriente Directa (DCP) y el Plasma Inducido por Microondas (MIP) ⁽²⁶⁾.

Plasma acoplado por inducción (ICP)

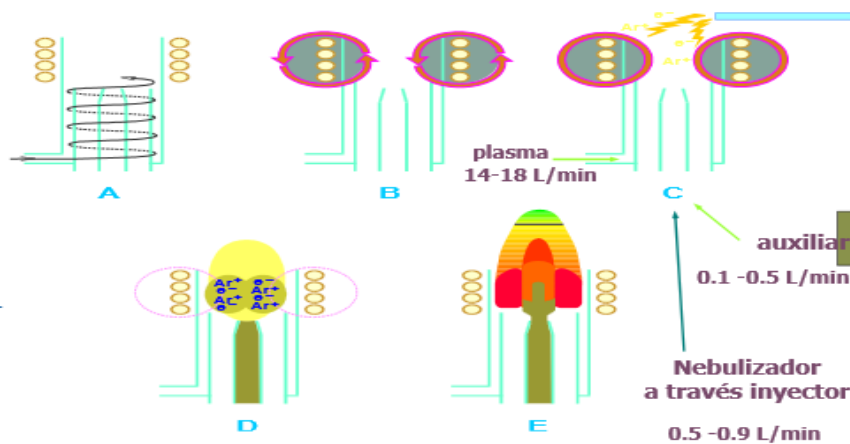
El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) surgió como fuente de excitación en espectroscopia de emisión atómica (OES). Este plasma es generado cuando se dirige la energía de un generador de frecuencia de radio hacia un gas apropiado, generalmente Argón, aunque también se puede utilizar otros gases como son Helio y Nitrógeno, es importante que estos gases sean puros ya que si tuvieran algún contaminante pueden apagar la antorcha.⁽¹⁰⁾

Para lograr el acoplamiento, se introduce gas Argón (Ar) a través de una antorcha que consiste en tres tubos concéntricos de cuarzo u otro material apropiado. Una bobina de cobre, llamada “bobina de carga” rodea la parte final de la antorcha y se encuentra conectada a un generador de radiofrecuencia (RF), (A). Cuando se aplica energía de radiofrecuencia a la bobina de carga (normalmente de 700 a 1500 W), se produce una corriente altamente que se mueve hacia abajo u oscila a la velocidad correspondiente a la frecuencia de generador (de 27 a 40 Hz). esta oscilación de RF de la corriente de la bobina causa campos eléctricos y magnéticos en el área de la parte superior de la antorcha, (B). Cuando el Ar fluye a través de la antorcha, se aplica una chispa al gas, que permite arrancar algunos electrones de los átomos de argón. Estos electrones son atrapados en el campo magnético y son acelerados, (C) ^(10,36).

Los iones resultantes y los electrones asociados interactúan con el campo magnético fluctuante, esto genera energía suficiente para ionizar átomos de Argón por excitación de choque. Los electrones generados en el campo magnético son acelerados perpendicularmente hacia la antorcha. A altas velocidades, los cationes y electrones conocidos como corriente turbulenta, colisionan con los átomos de Argón para producir mayor ionización, lo que produce un gran aumento de temperatura, por lo que en 2ms, se crea un estado estable con alta densidad de electrones y se produce el plasma en la parte superior de la antorcha (D).⁽¹⁰⁾

La temperatura en el plasma varía entre 6000- 10000K, una larga y bien definida cola emerge desde la parte superior de la antorcha; es aquí en donde se encuentran todos los átomos del analito y los iones que fueron excitados por el calor del plasma (E).⁽⁸⁾ Esta secuencia de generación de plasma se puede observar en la Figura 2

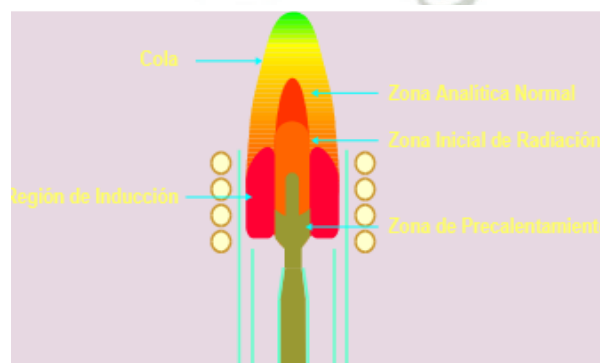
Figura 2: Secuencia de generación de plasma acoplado por inducción.⁽³⁹⁾



El plasma está compuesto de diferentes regiones las cuales se pueden observar en la Figura 3, y son las siguientes:

- Zona de precalentamiento (PHZ)
- Región de inducción (IR)
- Zona de radiación inicial (IRZ)
- Zona normal de análisis (NAZ)

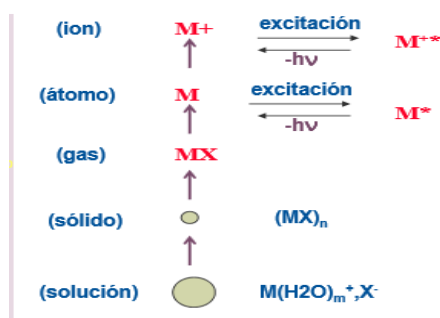
Figura 3: Regiones de Plasma⁽³⁹⁾



La base de la fuente del plasma es de forma toroidal o con forma de dona, porque la muestra acarreada por el flujo nebulizador atraviesa por el centro de esta. El cuerpo de la dona es llamado región de inducción (IR), esta es la región en donde la energía inducida transfiere la carga al espiral para formar el plasma, y es en esta área en donde la mayor parte de luz blanca, llamada Argón continuo, es emitida. Al permitir que la muestra sea introducida a través de la región de inducción y en el centro del plasma se obtiene muchas de las cualidades analíticas del plasma por acoplamiento inductivo. La mayoría de las muestras entran como líquido y son convertidos en un aerosol dejando la muestra como partículas sólidas microscópicas, después las partículas se descomponen en un gas de moléculas individuales originándose el fenómeno de vaporización, y a su vez las moléculas se disocian en átomos (atomización). Este proceso ocurre en la zona de precalentamiento del plasma (PHZ). Una vez que la muestra ha sido desolvatada, vaporizada y atomizada, puede realizar dos funciones que son excitación y la ionización; para que un átomo o ion emitan radiación uno de sus electrones debe pasar a un nivel mayor de energía a través del proceso de excitación, sin embargo muchos elementos requieren del proceso de ionización para poder excitar a los iones y emitir radiación. Los procesos de ionización y excitación ocurren en la zona de radiación inicial (IRZ) y en la zona de análisis normal (NAZ). La zona normal de análisis es la región en donde la emisión del analito es medida. El proceso de ionización y excitación en el plasma es el resultado del choque de los átomos del analito con los electrones. ^(10,46)

A continuación se presenta una gráfica (Fig.4) de los procesos ocurridos en el plasma, como son la desolvatación, vaporización, atomización, ionización y excitación.

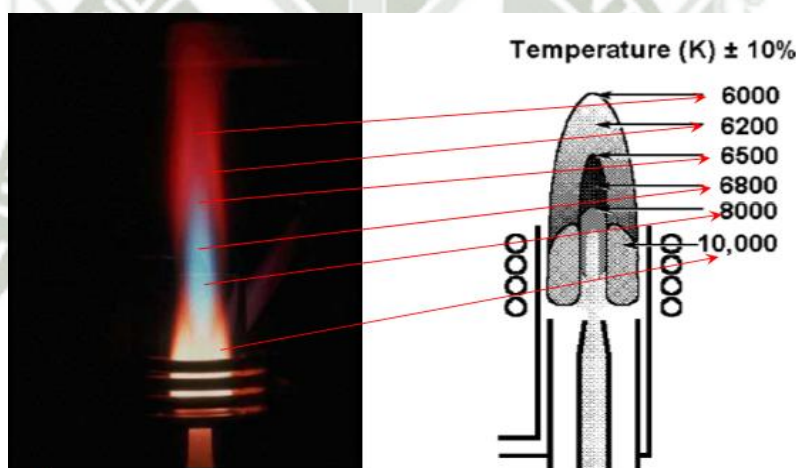
Figura 4: Procesos ocurridos en el Plasma



Las ventajas del ICP sobre otras fuentes utilizadas en medidas de emisión se basan en su capacidad para vaporizar, atomizar, excitar e ionizar de forma eficiente y reproducible un gran número de elementos ⁽¹⁰⁾.

Una de las razones más importantes de la superioridad del ICP con respecto a la flama y el horno son los altos rangos de temperatura que maneja, porque mientras la flama y el horno alcanzan una temperatura máxima de 3300K, la temperatura del gas en el centro del ICP es de 6800K (fig.5), esto hace que la vaporización, atomización, excitación y ionización sea más eficiente y tenga mayor repetitividad en los elementos presentes en diferentes tipos de muestra.

Figura 5: Temperatura de las regiones del plasma ⁽³⁹⁾



CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

1. MUESTRA:

1.1. Muestra de estudio

El Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú muestra que la localidad de Torata Alta consta con un aproximado de 400 pobladores y la localidad de Yacango un aproximado de 1000 pobladores.⁽⁵⁷⁾ Se estudió una muestra no probabilística de tipo intencional, el tamaño de la muestra fue de 100 individuos; 50 de la localidad de Torata Alta y 50 de Yacango.

Además los integrantes de la muestra cumplieron los criterios de selección.

1.2. Criterios de selección:

1.2.1. Criterios de inclusión

Personas de ambos géneros entre 40 y 80 años de edad, habitantes de las localidades de Torata Alta y Yacango del distrito de Torata–Moquegua, con una residencia mayor a 10 años, pobladores sanos dispuestos a firmar la hoja de consentimiento informado.

1.2.2. Criterios de exclusión

Trabajadores en grifos y trabajadores en soldaduras actualmente.

2. ESTRATEGIA PARA LA RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS

Primero se establecieron coordinaciones con la Municipalidad de Torata y los tenientes gobernadores de cada localidad de estudio para obtener la autorización para acceder a las unidades de investigación.

Se contactó a los representantes políticos de cada localidad así como a los jefes de los establecimientos de salud, para coordinar una campaña Médica, durante la cual se realizó la determinación de Pb, Cd, As, Al, Cr en sangre a los adultos que accedan a la determinación sérica, previo consentimiento informado.

Se tomó una muestra de sangre en ayunas, de vena periférica basílica antecubital, extrayendo 5cc de sangre venosa con tubos Vacutainer de tapa verde con anticoagulante de Heparina. Para el transporte y el almacenamiento de las muestras se congelaron en coolers a una refrigeración de 4 °C, luego de lo cual fueron transportadas para sus respectivos análisis en el laboratorio de control de calidad H-204 de la Universidad Católica Santa María – Arequipa.

3. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO

3.1. Material de vidrio

- Tubos Vacutainer con anticoagulante de Heparina 4 mL
- Embudo de vidrio
- Fiola de 25 mL
- Micropetas de 10 y 25 uL
- Pipetas 1, 5 y 10 mL
- Tubos de ensayo con tapa

3.2. Otros materiales

- Algodón
- Barbijo
- Guantes de nitrilo
- Guantes de látex
- Alcohol yodado
- Torniquete de plástico
- Jeringa de 5 mL
- Cooler
- Papel filtro
- Tubos de ensayo falcon con tapa

3.3. Reactivos

- HNO_3 : HClO_4 (20:1)
- Agua Ultrapura (18,2 M Ω).
- Estándares de calibración ICP
- Argón

3.4. Equipos

- Baño de aceite Memmert
- Refrigeradora
- ICP-OES Optima 8000, Perkin Elmer

4. MÉTODO

4.1. Preparación de la muestra:

Culminada la extracción sanguínea de las localidades de Yacango y Torata Alta se transportó la muestra al laboratorio de control de calidad de la Universidad Católica Santa María para su respectivo análisis.

Para ello se tomó 2.5 mL de sangre de cada muestra y se depositó en tubos de ensayo con tapa, posteriormente se agregó 1 mL de la solución HNO_3 : HClO_4 (20:1) para continuar con la digestión como se describe a continuación.

4.2. Digestión de la muestra:

Se colocó los tubos de ensayo en el equipo de baño de aceite 100 °C a 1 hora. Concluida la digestión de las muestras el contenido de cada tubo se traspasó a una fiola de 25 mL y se enrazó con agua ultra pura. Se filtró las muestras en tubos de plástico con tapa, para su posterior medición en el equipo ICP-OES.

FUNDAMENTO

Espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente ICP-OES; es un proceso en el que se mide la luz emitida por átomos e iones excitados en el plasma para obtener información de la composición de la muestra. La emisión de la luz se produce cuando una cantidad suficiente de energía, eléctrica o térmica, actúa sobre un átomo libre o ion excitado hasta un estado energéticamente inestable, cuando el átomo o ion retorna a su configuración estable o estado fundamental emiten en forma de luz de una longitud de onda específica de cada elemento ^(10, 25,39).

4.3. Determinación en el equipo ICP-OES

El método usado para la determinación de metales pesados por ICP- OES se encuentra validado por la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (US EPA) por lo cual se tomó como referencia.

Se procedió a preparar el blanco y las soluciones estándares. La solución estándar primario está certificado y es multielemental, la cual presenta las siguientes concentraciones: Cd 20 µg/mL, As 100 µg/mL, Pb 100 µg/mL, Cr 50 µg/mL y Al 100 µg/mL.

Preparación del Blanco:

En una fiola de 25 ml se añadió una solución de agua ultra pura con ácido nítrico 3 %.

Preparación de soluciones patrón:

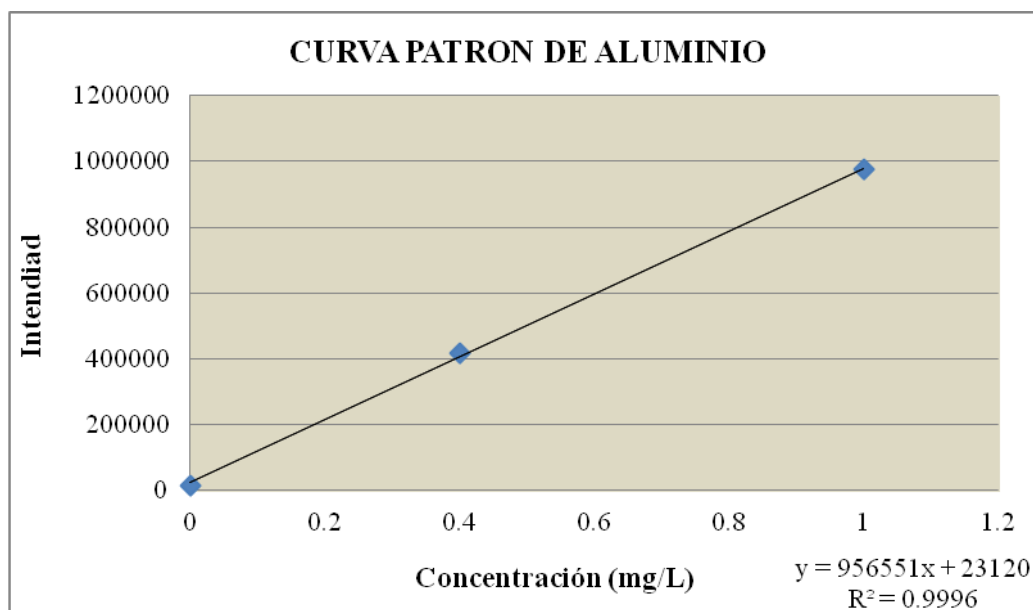
A partir de la solución estándar (patrón primario) se preparó una primera dilución (1/100) agregando 0.5 mL del estándar primario en un a fiola de 50 mL, luego se enrazó con ácido nítrico 3% en agua ultra pura, de esta dilución se preparó una segunda dilución (40/100) tomando una alícuota de 10 mL de la primera solución en una fiola de 25 mL y luego se enraza con ácido nítrico 3% en agua ultra pura.

Calibración de aluminio

De acuerdo a los anteriores datos se obtuvo para determinación de aluminio una curva de calibración con un coeficiente de correlación (r^2) de 0.9996, una pendiente de 956551 y un intercepto de 23120, el Limite de Detección (LOD) correspondiente a 0.0159 ppm y el Límite de Cuantificación (LOQ) a 0.0208 ppm

Curva estándar de Al

| Concentración (mg/L) | Promedio Intensidad | D.S |
|-------------------------|---------------------|---------|
| 0 | 16804.0 | 268.98 |
| 0.4 | 416266.6 | 5028.31 |
| 1 | 975461.2 | 6739.79 |

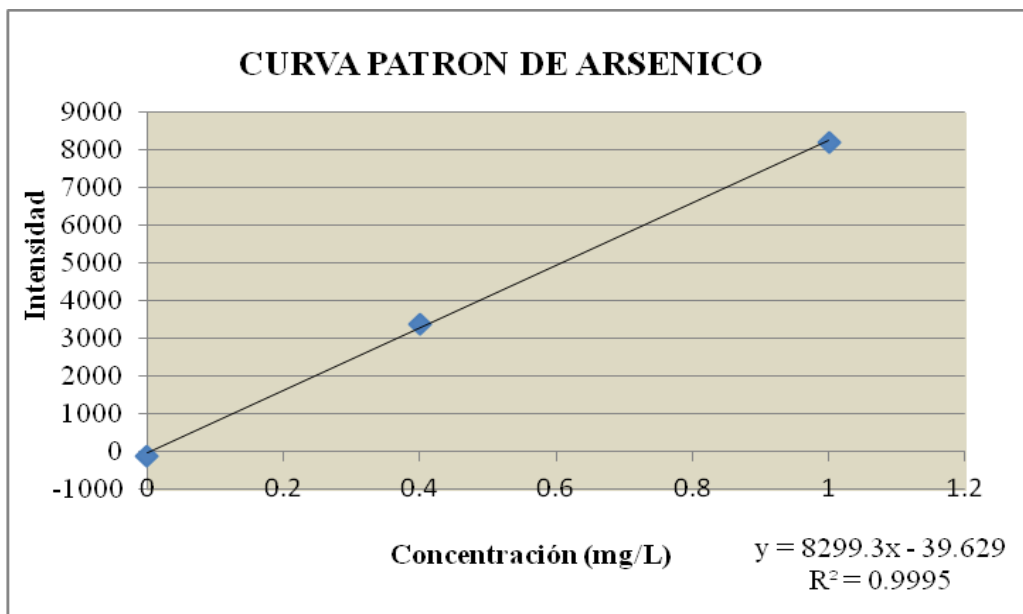


Calibración de arsénico

Se obtuvo para la determinación de arsénico una curva de calibración con un coeficiente de correlación (r^2) de 0.9995, una pendiente de 8299.3 y un intercepto de -39.629, el Límite de Detección (LOD) correspondiente a 0.0033 ppm y el Límite de Cuantificación (LOQ) a 0.0048 ppm

Curva estándar de As

| Concentración (mg/L) | Promedio Intensidad | D.S |
|-------------------------|---------------------|-------|
| 0 | -106.6 | 13.01 |
| 0.4 | 3391.7 | 1.84 |
| 1 | 8215 | 48.51 |

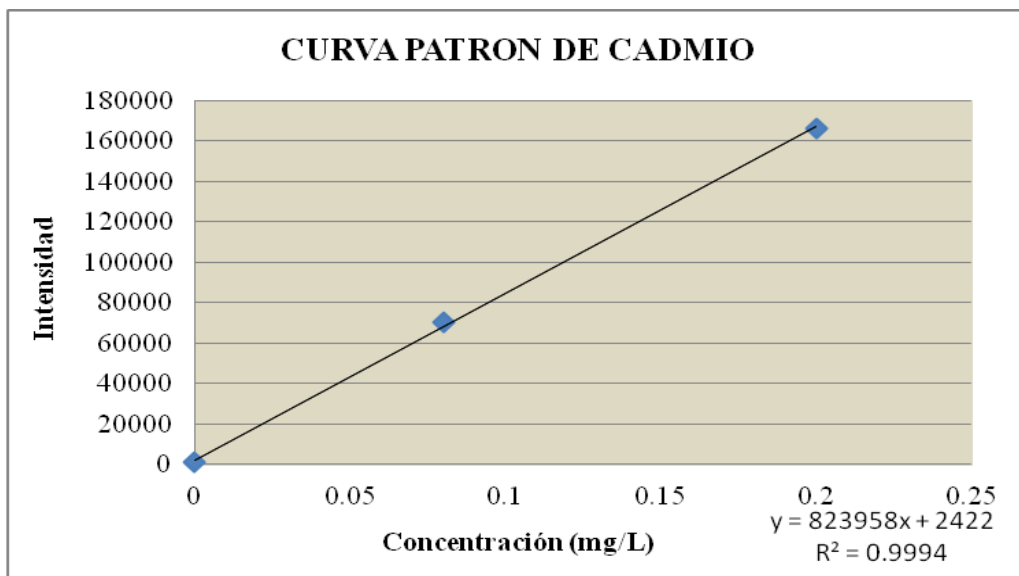


Calibración de cadmio

Para determinación de cadmio se obtuvo una curva de calibración con un coeficiente de correlación (r^2) de 0.9994, una pendiente de 823958 y un intercepto de 2422, el Límite de Detección (LOD) correspondiente a 0.0017 ppm y el Límite de Cuantificación (LOQ) a 0.0019 ppm

Curva estándar de Cd

| Concentración (mg/L) | Promedio Intensidad | D.S |
|-------------------------|---------------------|---------|
| 0 | 1062.7 | 15.34 |
| 0.08 | 70604 | 383.39 |
| 0.2 | 166307.3 | 1302.84 |

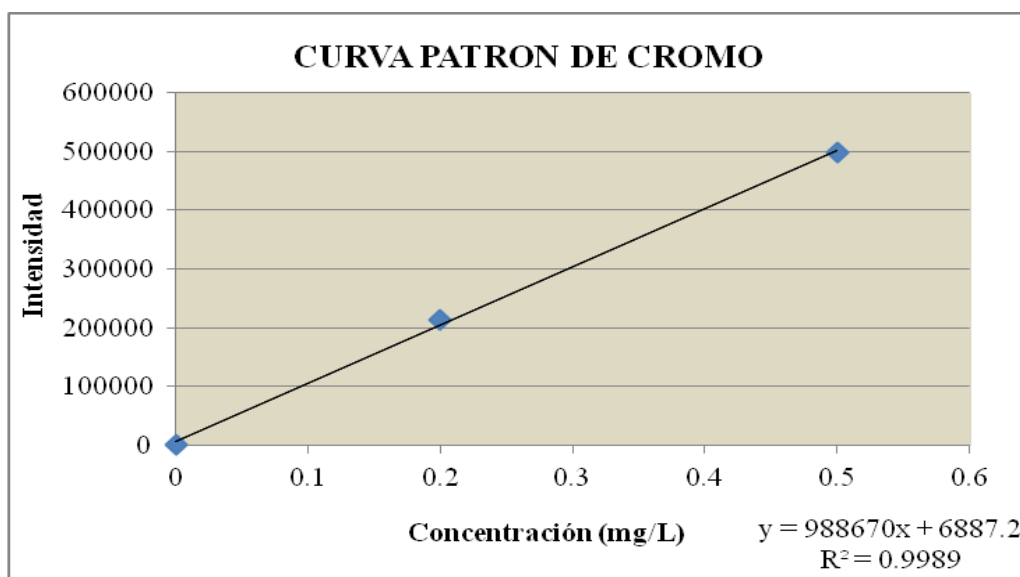


Calibración de cromo

Para determinación de cromo se obtuvo una curva de calibración con un coeficiente de correlación (r^2) de 0.9989, una pendiente de 988670 y un intercepto de 6887.2, el Limite de Detección (LOD) correspondiente a 0.0052 ppm y el Límite de Cuantificación (LOQ) a 0.0079 ppm

Curva estándar de Cr

| Concentración (mg/L) | Promedio Intensidad | D.S |
|-------------------------|---------------------|---------|
| 0 | 1136.9 | 226.91 |
| 0.2 | 214204.9 | 1770.10 |
| 0.5 | 497388.5 | 1302.84 |

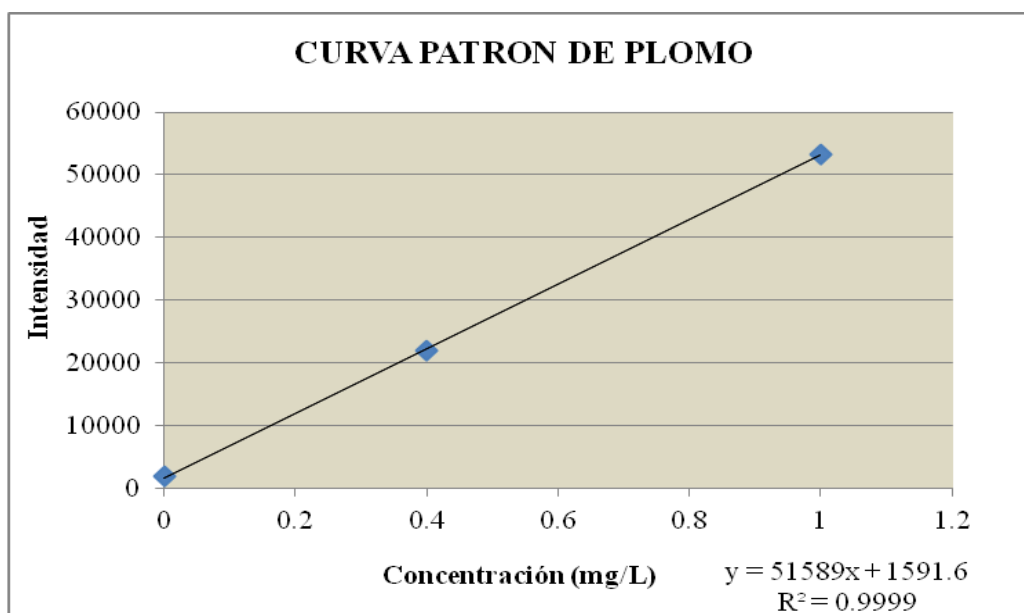


Calibración de plomo

Para determinación de cromo se obtuvo una curva de calibración con un coeficiente de correlación (r^2) de 0.9999, una pendiente de 51589 y un intercepto de 1591.6, el Limite de Detección (LOD) correspondiente a 0.0206 ppm y el Límite de Cuantificación (LOQ) a 0.0271 ppm

Curva estándar de Pb

| Concentración (mg/L) | Promedio Intensidad | D.S |
|-------------------------|---------------------|--------|
| 0 | 1806.4 | 29.42 |
| 0.4 | 21869.2 | 171.97 |
| 1 | 53323.7 | 45.89 |



Una vez terminado la preparación de las soluciones se procedió a llevar al ICP-OES para su lectura correspondiente, luego se ingresan los datos de los metales que se busca analizar usando la tabla de longitud de onda de cada metal, comprendiendo así las siguientes longitudes de ondas óptimas recomendadas por la Agencia de Protección Medioambiental (EPA); Al: 396.153, As: 193,696, Cd: 226,502, Cr: 267.716 y Pb: 220,53.

Luego se ingresaron los parámetros del ICP-OES del método: Gas de purga normal; parámetros de lectura automático. Una vez programado el equipo procede analizar las muestras.

5. CRITERIOS PARA MANEJO DE RESULTADOS

- **Plan de Procesamiento**

El procesamiento se realizó en cuadros estadísticos y computarizados, de acuerdo a las siguientes operaciones:

- **Plan de Clasificación:**

Se empleó una matriz de sistematización de datos del programa Excel 2010.

- **Plan de Codificación:**

Se procedió a la codificación de los datos que contenían indicadores en la escala nominal y ordinal para facilitar el ingreso de datos.

- **Plan de Recuento.**

El recuento de los datos fue electrónico, en base a la matriz diseñada en la hoja de cálculo.

- **Plan de análisis**

Se empleó estadística descriptiva con medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (rango, desviación estándar) para variables continuas; las variables categóricas se presentan como frecuencias (absolutas y relativas). La comparación de valores numéricos continuos entre grupos independientes se realizó mediante prueba t de Student, y para variables categóricas la prueba chi cuadrado, considerando significativa una diferencia de $p < 0,05$. Para el análisis de datos se empleó la hoja de cálculo de Excel 2010 con su complemento analítico y el paquete estadístico SPSS v.20.0.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación buscó establecer los niveles séricos de Pb, Cd, As, Al y Cr en pobladores adultos de las localidades de Torata Alta y Yacango, distrito de Torata – Moquegua; debido a la frecuente contaminación ambiental.

Para la realización del estudio se analizó una muestra no probabilística de tipo intencional, 50 pobladores de la localidad de Torata Alta y 50 de Yacango número que fue escogido debido a los pobladores que asistieron a la campaña realizada por el establecimiento de salud del distrito de Torata, los cuales aceptaron participar en el presente estudio de investigación. Se realizó la determinación de Pb, Cd, As, Al, Cr en sangre en el laboratorio de control de calidad H-204 de la Universidad Católica Santa María – Arequipa mediante el equipo ICP-OES. Se compararon resultados mediante prueba t de Student para variables numéricas y con prueba chi cuadrado de Pearson para variables categóricas.

Según el Ministerio del Ambiente en su estudio de indicadores ambientales en Moquegua 2013⁽⁵⁰⁾. Indica que las fuentes de contaminación en la región Moquegua según los distritos son originado por la crianza de animales domésticos sin control, seguido por la acumulación y quema clandestina de la basura, por las aguas servidas, entre las principales.

1. DISTRIBUCIÓN DE POBLADORES SEGÚN EDAD Y LOCALIDAD DE ESTUDIO

Con la finalidad de conocer los niveles séricos de Pb, Cd, As, Al y Cr en pobladores de dichas localidades, se tuvo en cuenta los criterios de inclusión reflejando uno de estos la edad. Se realizó el estudio en pobladores adultos con un rango de edad entre 40 a 80 años cuyos resultados se muestran en la tabla 1.

Según los resultados obtenidos se observa en Torata Alta que la población predominante se encuentra entre 50 y 59 años de edad y la población mayor o igual a 80 años representa un 6 % del total.

En la localidad de Yacango al igual que en Torata Alta la población predominante está entre 50 y 59 años de edad, del mismo modo ocurre con la población mayor de 80 años en la que se observa un 4% del total. No se observan diferencias significativas en los grupos de edad de los pobladores de las dos localidades ($p > 0.05$).

Tabla 1: Distribución de pobladores según edad y localidad de estudio

| Edad (años) | Torata Alta | | Yacango | |
|-------------|-------------|-----|---------|-----|
| | N° | % | N° | % |
| 40-49 | 9 | 18 | 13 | 26 |
| 50-59 | 15 | 30 | 18 | 36 |
| 60-69 | 12 | 24 | 7 | 14 |
| 70-79 | 11 | 22 | 10 | 20 |
| ≥ 80 | 3 | 6 | 2 | 4 |
| Total | 50 | 100 | 50 | 100 |

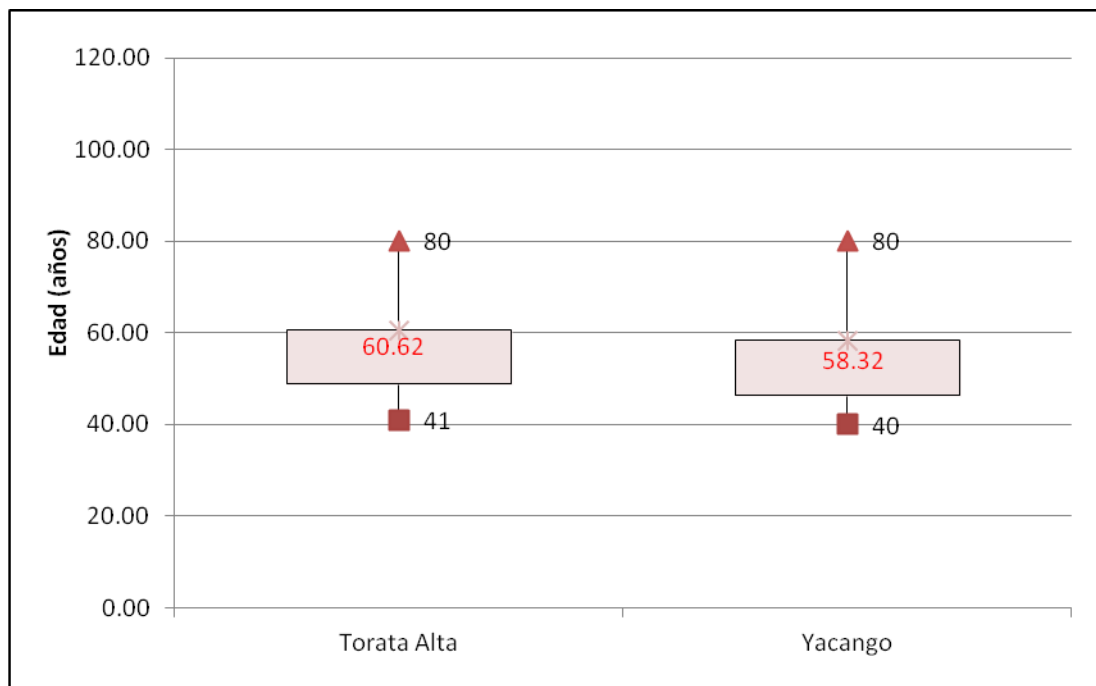
Fuente: Base de datos de las investigadoras

$$\text{Chi}^2 = 2.56$$

$$\text{G. libertad} = 4$$

$$p = 0.63$$

En la Figura 6 se muestra la distribución de edad de los pobladores según las localidades de estudio; la edad promedio fue de 60.62 años para los pobladores de Torata Alta y de 58.32 años para los pobladores de Yacango, sin diferencias significativas en las edades promedio entre ambas localidades ($p > 0.05$).



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 6: Distribución de pobladores según edad y localidad de estudio

Edad promedio \pm D. estándar (mín – máx)

1) Torata Alta: 60.62 \pm 11.71 años (41 – 80 años)

2) Yacango: 58.32 \pm 12.01 años (40 – 80 años)

$$\text{Prueba } t = -0.97$$

$$\text{G. libertad} = 98$$

$$p = 0.33$$

2. DISTRIBUCIÓN DE POBLADORES SEGÚN GÉNERO Y LOCALIDAD DE ESTUDIO

La distribución según el género en ambas localidades se observa en la tabla 2 y figura 7. En la localidad de Torata Alta predominó el género femenino con 58 %, de participación frente a un 42 % de género masculino, lo cual difiere en Yacango siendo el género masculino el dominante con un porcentaje de 52 %, y el femenino en un 48 %

Tabla 2: Distribución de pobladores según género y localidad de estudio

| Género | Torata Alta | | Yacango | |
|-----------|-------------|-----|---------|-----|
| | N° | % | N° | % |
| Femenino | 29 | 58 | 24 | 48 |
| Masculino | 21 | 42 | 26 | 52 |
| Total | 50 | 100 | 50 | 100 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

$\chi^2 = 1.00$

G. libertad = 1

$p = 0.32$

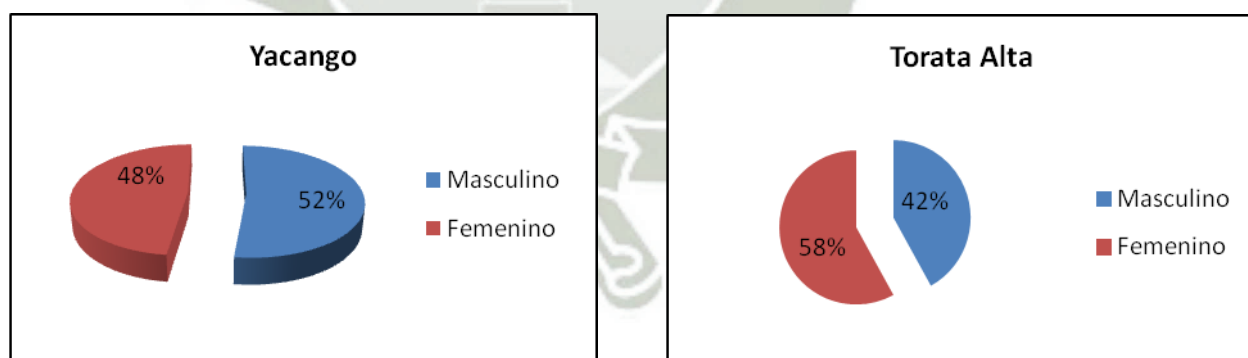


Figura 7: Distribución de pobladores según género y localidad de estudio

3. DISTRIBUCIÓN DE VALORES DE ALUMINIO SEGÚN LOCALIDAD DE ESTUDIO

El Aluminio es uno de los metales ampliamente usados y también uno de los más frecuentemente encontrados en los compuestos de la corteza terrestre, a su vez el aluminio es comúnmente conocido como un compuesto inocuo. Pero sin embargo, cuando una persona está expuesta a altas concentraciones, este puede causar problemas de salud. ⁽²¹⁾

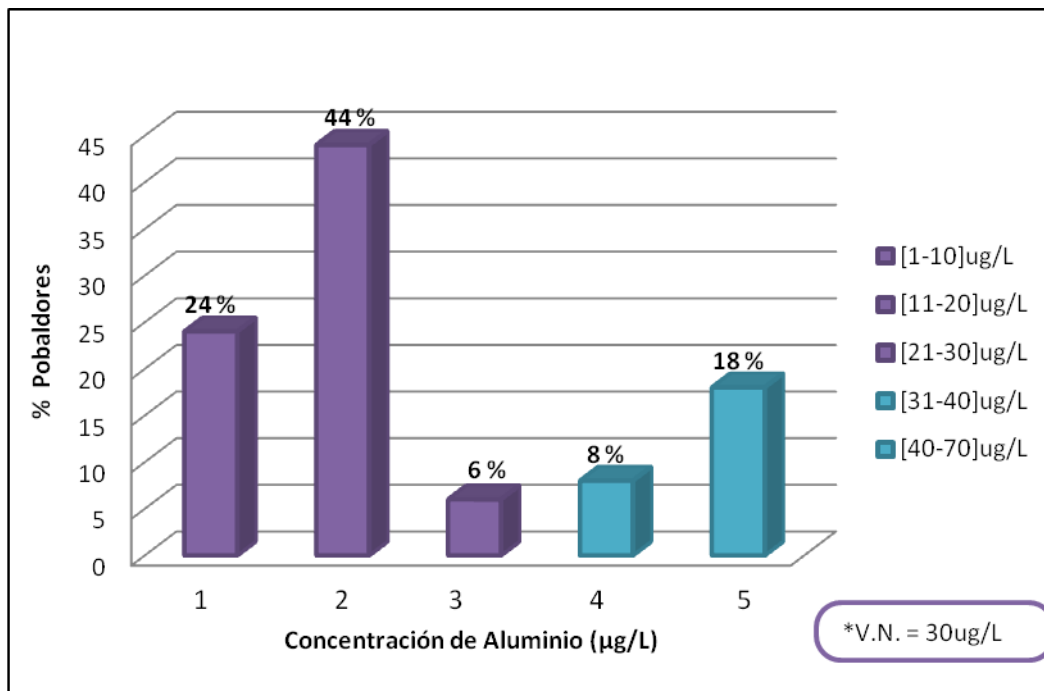
Es por ello que los efectos del Aluminio han atraído la atención para el desarrollo de este proyecto, por lo que se decidió analizar los niveles séricos de este metal en las localidades de Torata Alta y Yacango del distrito de Torata-Moquegua. Se compararon los niveles séricos de aluminio con los valores establecidos según la OMS (30 $\mu\text{g/L}$). ⁽²⁸⁾

La tabla 3 y figura 8 muestra el porcentaje de pobladores según la concentración de aluminio establecido; un 24 % presenta la concentración de 1-10 $\mu\text{g/L}$, 44 % están en concentración de 11-20 $\mu\text{g/L}$ y 6 % en concentraciones de 21-30 $\mu\text{g/L}$, lo cual indicaría que este porcentaje de pobladores están dentro de lo valores normales; sin embargo, el 8% tienen una concentración de 31-40 $\mu\text{g/L}$ y un 18 % una concentración de 41 a 70 $\mu\text{g/L}$, que constituyen niveles elevados en 26 %, afectando así la salud de estos pobladores.

Tabla 3: Concentración de niveles de aluminio en la Población de Yacango.

| Concentración Al ($\mu\text{g/L}$) | [1-10] | [11-20] | [21-30] | [31-40] | [41-70] |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|
| Pobladores (%) | 24 | 44 | 6 | 8 | 18 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 8: Determinación de niveles de aluminio en los pobladores de la localidad de Yacango

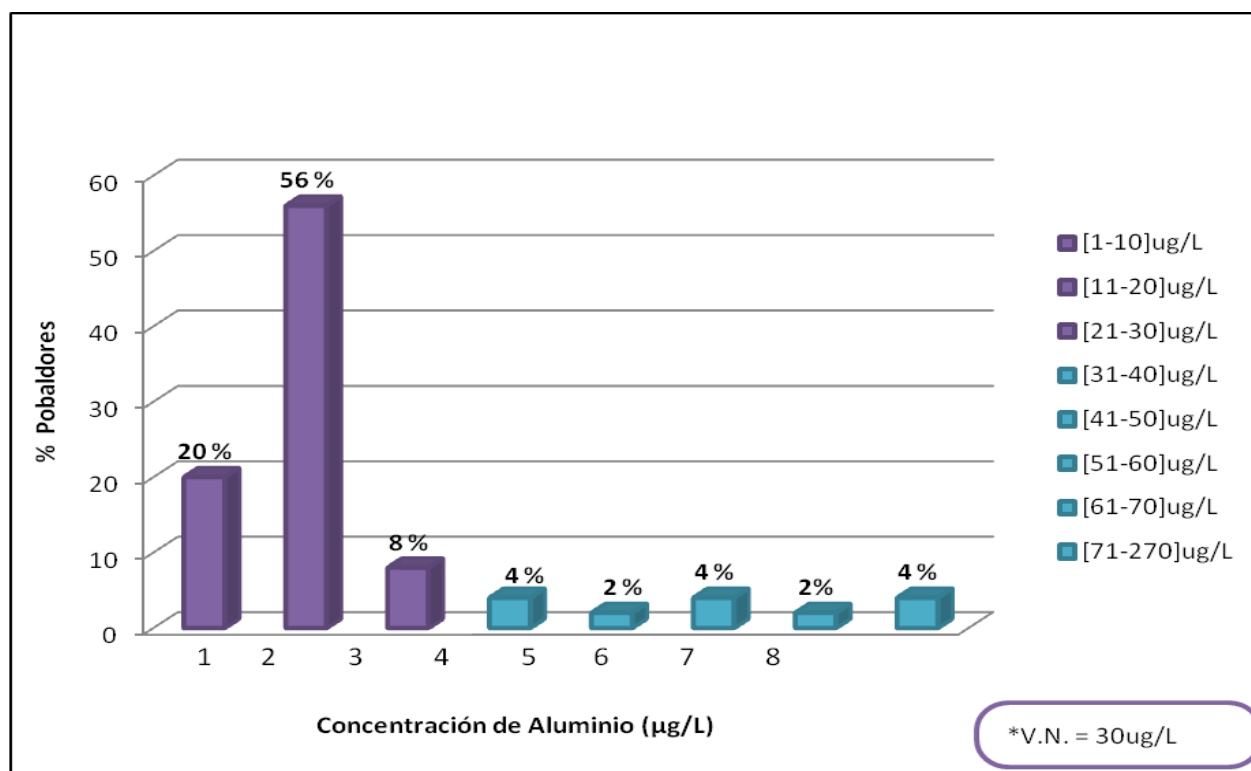
La evaluación de niveles de aluminio realizada en pobladores de Yacango, se realizó también en Torata Alta, cuyos resultados se muestran en la tabla 4 y figura 9; los resultados obtenidos se compararon con el valor normal establecido que es 30 µg/L.

Se encontró que un 20 % de pobladores tienen una concentración de 1 a 10 µg/L, 56 % tienen una concentración de 11 a 20 µg/L, 8 % muestran concentraciones de 21 a 30 µg/L y a partir de la concentración 31 a 40 µg/L va superando el valor normal establecido, provocando una intoxicación aguda de aluminio, encontrándose ello en un 4 % de la población, 2 % se encuentran en concentraciones de 41 a 50 µg/L, un 4 % se encuentra en concentración de 51 a 60 µg/L, en 2 % se encuentran entre 61 a 70 µg/L y un 4 % muestra concentraciones de 71 a 270 µg/L, siendo este último dato preocupante por su evidente elevación de aluminio, lo cual podría estar causando un mayor severo daño en la salud.

Tabla 4: Concentración de niveles de aluminio en la población de Torata Alta

| Concentración Al (ug/L) | [1-10] | [11-20] | [21-30] | [31-40] | [41-50] | [51-60] | [61-70] | [71-270] |
|----------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Pobladores (%) | 20 | 56 | 8 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 9: Niveles de aluminio en los pobladores de la localidad de Yacango

Después de medir los niveles de aluminio hallados en las dos localidades en relación al valor normal establecido, se compararon dichos niveles en ambas localidades así como se muestra en la tabla 5 y figura 10.

Considerando los valores promedio, fueron ligeramente más altos en Torata Alta (27.31 µg/L) que en Yacango (23.23 µg/L), siendo las diferencias no significativas ($p > 0.05$).

Tabla 5: Análisis estadísticos de niveles de aluminio en las Localidades de Torata Alta y Yacango.

| | Torata Alta | Yacango |
|---------------------|-------------|---------|
| N° Pobladores | 50 | 50 |
| Promedio (µg/L) | 27.31 | 23.23 |
| D. estándar | 49.46 | 19.99 |
| Valor Mínimo (µg/L) | 3.45 | 3.61 |
| Valor Máximo (µg/L) | 262.90 | 69.11 |
| Coef. Variación | 181.10% | 86.04% |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

Prueba t = 0.540

G. libertad = 98

p = 0.589

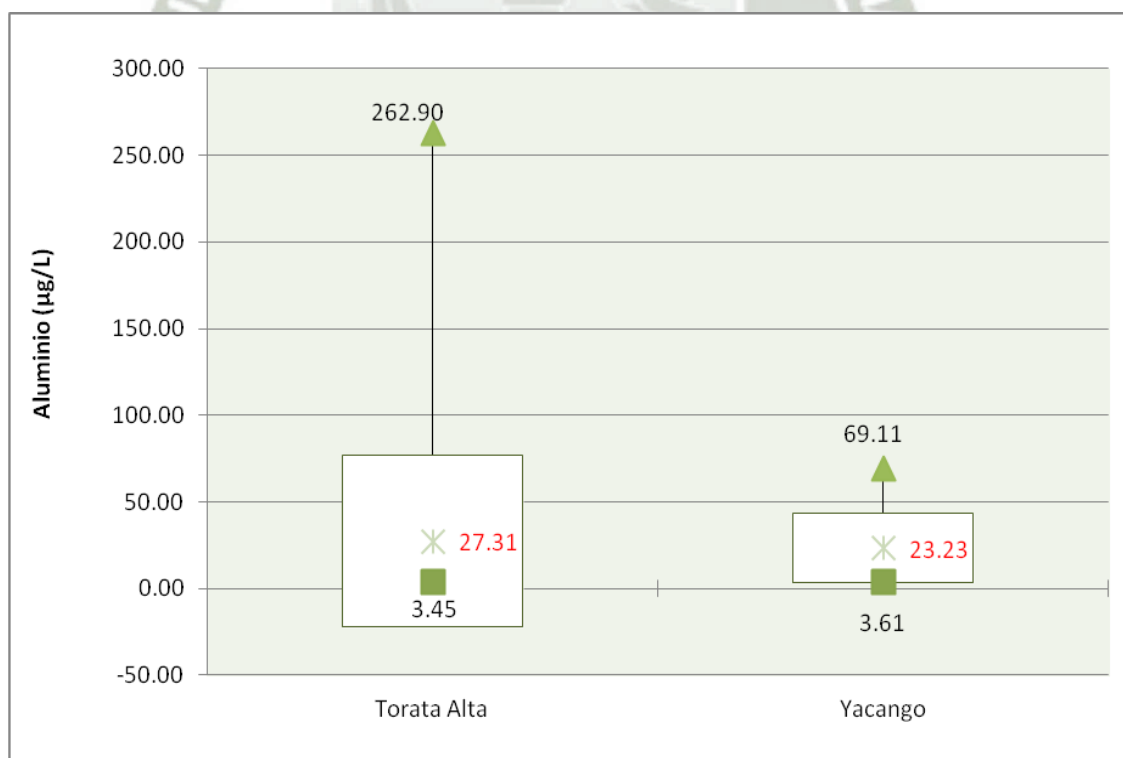


Figura 10: Distribución de niveles de aluminio según localidad de estudio.

En la tabla 6 y figura 11 se observa la distribución de los niveles séricos de aluminio en las localidades de Torata Alta y Yacango, siendo así que en el 16% de los pobladores de Torata Alta se encuentran elevados, comparándolos con el 26 % de Yacango. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

Tabla 6: Comparación de niveles de aluminio de ambas Localidades.

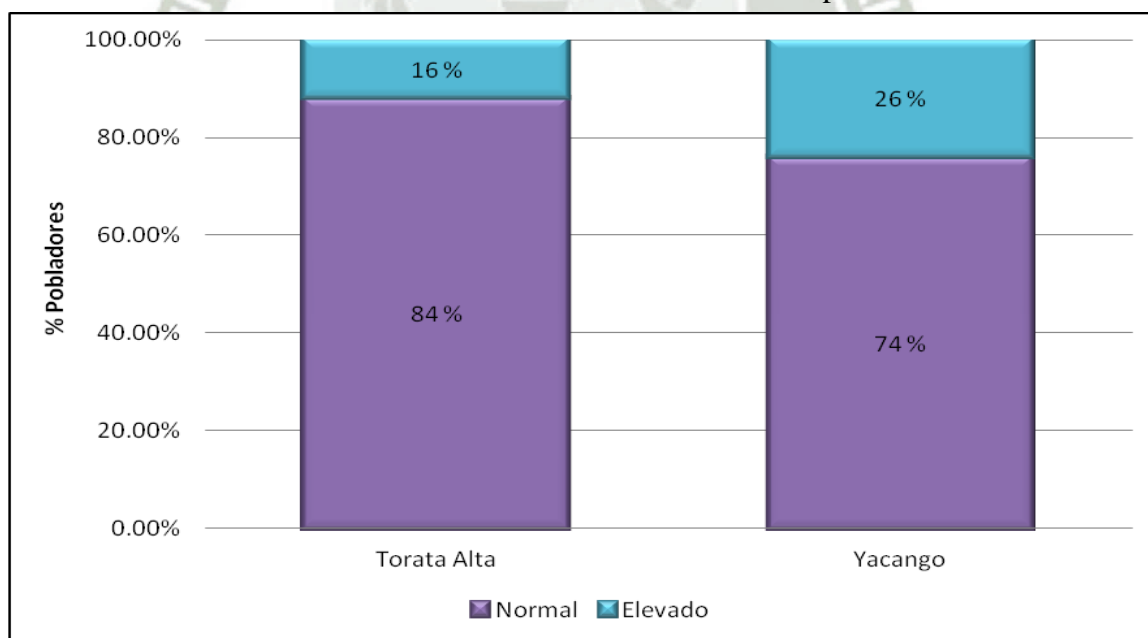
| Aluminio | Torata Alta | | Yacango | |
|------------------------|-------------|-----|---------|-----|
| | N° | % | N° | % |
| Normal (30 µg/L) | 42 | 84 | 37 | 74 |
| Elevado (>30 µg/L) | 8 | 16 | 13 | 26 |
| Total | 50 | 100 | 50 | 100 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

$\chi^2 = 0.96$

G. libertad = 1

$p = 0.33$



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 11: Distribución de niveles de aluminio según localidad de estudio

Al determinar los niveles promedios de aluminio en los pobladores de las localidades de Yacango y Torata Alta presentaron (23.23 ug/L y 27.31 ug/L) lo cual en ambas localidades están dentro del valor normal establecido por la OMS que es: 30 ug/L de aluminio que puede estar presente en el cuerpo humano. Pero cabe mencionar que en la localidad de Yacango un 26 %, y en Torata Alta un 16 % de la población supera el valor normal establecido lo cual indica que hay un porcentaje menor de población afectada por aluminio.

En un estudio realizado por Ljunggren K. et al ⁽⁴²⁾. Se observó que trabajadores expuestos a aluminio en la ciudad de Solna, Suecia mostraron que un 7 % se encontraron por encima de los valores normales siendo un menor porcentaje de contaminación, ya que cuentan con equipamiento de protección así como el uso de máscaras para respirar al momento de tener contacto con dicho metal y control de los niveles de polvo en fábricas.

Al analizar dicho estudio; las personas que trabajan directamente con aluminio aun teniendo equipo de protección personal presentan una contaminación menor de aluminio, pero en nuestro estudio realizado los pobladores no están expuestos directamente a la presencia de este metal; sin embargo, presentan un valor superior al 7 % y esto se puede deber por su variabilidad biológica de estos pobladores y/o tipo de alimentación.

4. DISTRIBUCIÓN DE VALORES DE ARSÉNICO SEGÚN LOCALIDAD DE ESTUDIO

El arsénico es una sustancia tóxica liberada tanto por ciertas actividades humanas como de forma natural por la corteza terrestre, por lo que las personas pueden verse principalmente expuestas al arsénico a través de los alimentos y el agua, sobre todo en ciertas zonas en las que las aguas subterráneas entran en contacto con minerales que contienen arsénico.

Debido a estos incidentes de impacto ambiental, se evaluó los niveles séricos en pobladores de las localidades de Torata Alta y Yacango.

En Diciembre del 2005, los miembros de la Comisión de recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Consejo Regional del Gobierno Regional de Moquegua solicitó iniciar un proceso de Fiscalización realizando un Examen Especial, sustentándose principalmente que el cauce del río seco es utilizado como botadero de desmonte de mina, material que podría generar presencia de metales pesados en el agua. Los parámetros analizados de As cumplen con los valores límites para aguas de riego de vegetales, consumo crudo, y bebida de animales. ⁽¹⁾Lo cual despertó interés de analizar el arsénico en pobladores de Yacango, teniendo como base la investigación de la Comisión de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Consejo Regional del Gobierno Regional de Moquegua.

No se encontraron niveles de arsénico elevados en los pobladores de Yacango. Como se puede observar en la tabla 7 y figura 12, el 100 % de pobladores analizados se encuentran dentro del valor normal, que es 5 µg/dL.

Tabla 7: Concentración de niveles de arsénico en la población de Yacango

| Concentración As (µg/dL) | [0 -1.5) | [1.5 -3) | [3 -4.5) | [4.5 -6) | [6 -7.5) |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pobladores (%) | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

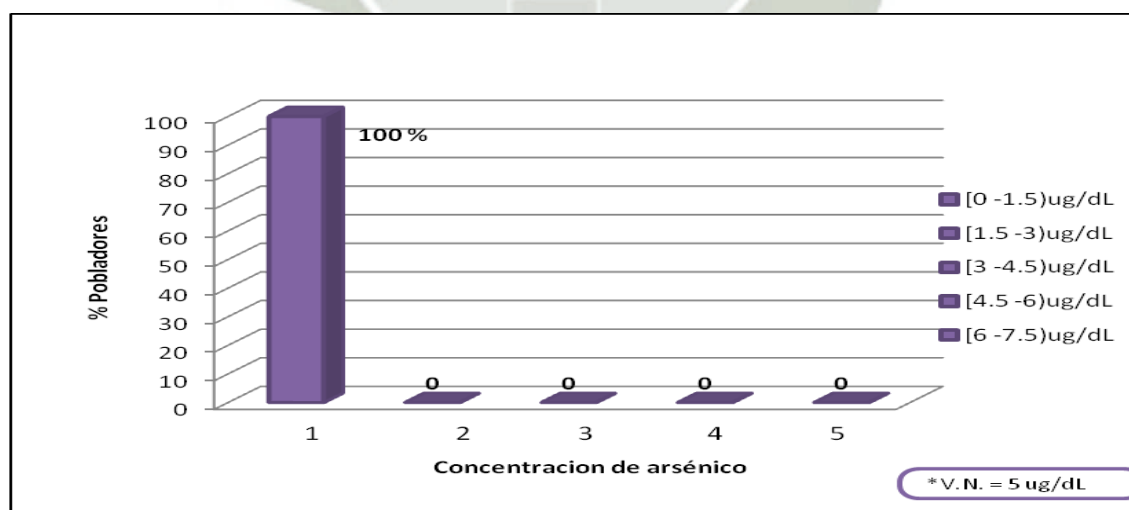


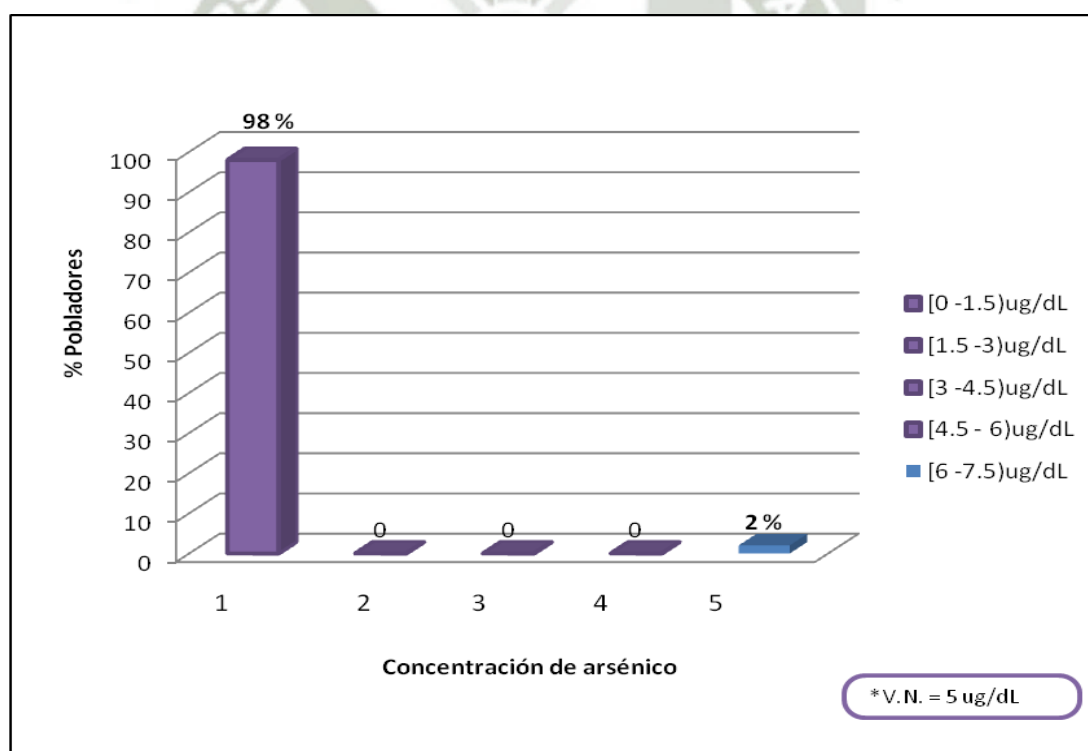
Figura 12: Determinación de niveles de arsénico en los pobladores de la localidad de Yacango

En la localidad de Torata Alta, que se muestra en la tabla 8 y figura 13, se observa que de los 50 pobladores analizados, uno de ellos, siendo el 2 % de la población, presenta un nivel de concentración de arsénico que supera los 5 $\mu\text{g/dL}$ definido como valor límite para considerar la muestra como contaminada por arsénico, mientras que el 98 % se encontró dentro del valor límite.

Tabla 8: Concentración de niveles de arsénico en la población de Torata Alta

| Concentración As ($\mu\text{g/dL}$) | [0 -1.5) | [1.5 -3) | [3 -4.5) | [4.5 -6) | [6 -7.5) |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pobladores (%) | 98 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 13: Determinación de niveles de arsénico en los pobladores de la localidad de Torata Alta

Considerando los valores promedio de arsénico tabla 9 y figura 14, fueron significativamente mayores en Torata Alta, teniendo un promedio de 0.51 $\mu\text{g/dL}$, en comparación con los de Yacango, que fueron normales, habiendo una diferencia significativa ($p < 0.05$).

Para ver la variabilidad de los resultados de la localidad de Torata Alta se calculó el coeficiente de variación, siendo este mayor al 30 %, por lo que indica que existe un poblador con valores de arsénico elevado. Esto puede deberse a la variabilidad biológica de dicho poblador.

Tabla 9: Distribución de valores de arsénico según localidad de estudio

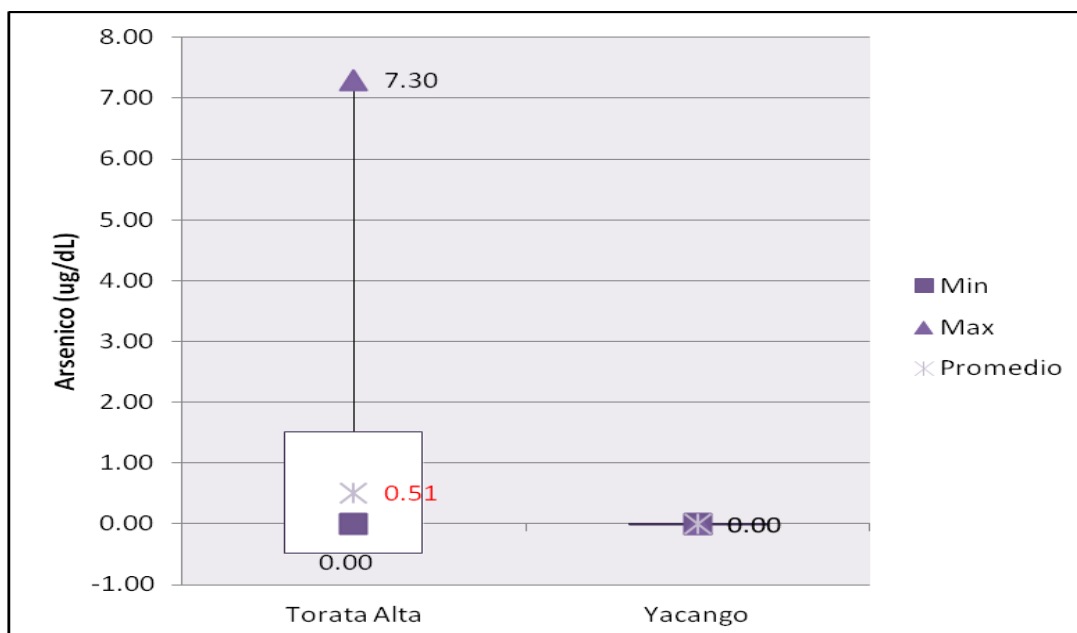
| | Torata Alta | Yacango |
|----------------------------------|--------------------|----------------|
| N° Pobladores | 50 | 50 |
| Promedio ($\mu\text{g/L}$) | 0.51 | 0.00 |
| D. estándar | 1.00 | 0.00 |
| Valor Mínimo ($\mu\text{g/L}$) | 0.00 | 0.00 |
| Valor Máximo ($\mu\text{g/L}$) | 7.30 | 0.00 |
| Coef. Variación % | 195.84 | - |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

Prueba t = -3.61

G. libertad = 98

p = 0.00



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 14: Distribución de valores de arsénico según localidad de estudio

La distribución de niveles de arsénico según las localidades de estudio se muestran en la tabla 10 y figura 15, considerando el valor límite de normalidad de 5 $\mu\text{g/dL}$, se encontró que la mayor parte de la población de las dos localidades no tuvo valores por encima de lo normal, con excepción del 2 % en la localidad de Torata Alta.

Tabla 10: Distribución de niveles de arsénico

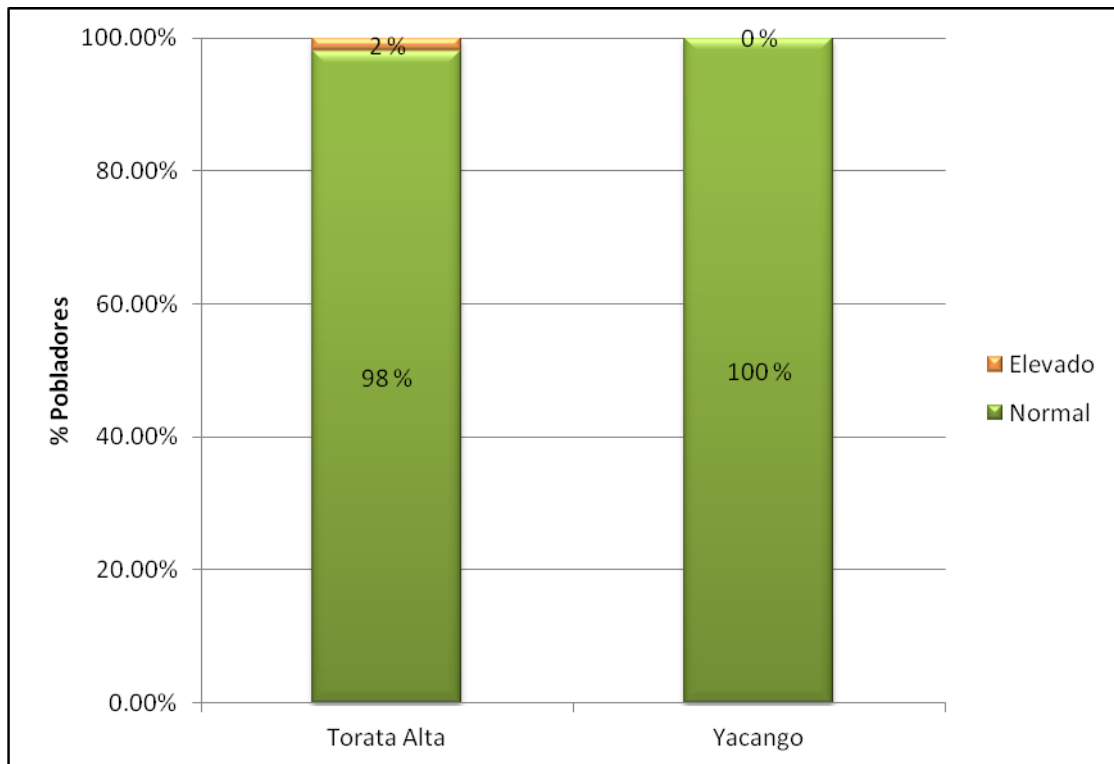
| Arsénico | Torata Alta | | Yacango | |
|-----------------------------------|-------------|-----|---------|-----|
| | N° | % | N° | % |
| Normal (5 $\mu\text{g/dL}$) | 49 | 98 | 50 | 100 |
| Elevado (>5 $\mu\text{g/dL}$) | 1 | 2 | 0 | 0 |
| Total | 50 | 100 | 50 | 100 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

$$\chi^2 = 1.010$$

$$G. \text{ libertad} = 1$$

$$p = 0.315$$



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 15: Distribución de niveles de arsénico en ambas localidades

5. DISTRIBUCIÓN DE VALORES DE CADMIO SEGÚN LOCALIDAD DE ESTUDIO

Se evaluó los niveles séricos de Cadmio en las dos localidades, debido que el Cadmio es un tóxico que produce contaminación ambiental e industrial, así mismo reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico: efectos adversos para el hombre y el medio ambiente, bioacumulación, persistencia en el medio ambiente y “Viaja” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua. Por lo que en el ser humano, causa alteraciones a nivel enzimático, renal, respiratorio y digestivo, con el agravante de tener una vida media muy prolongada

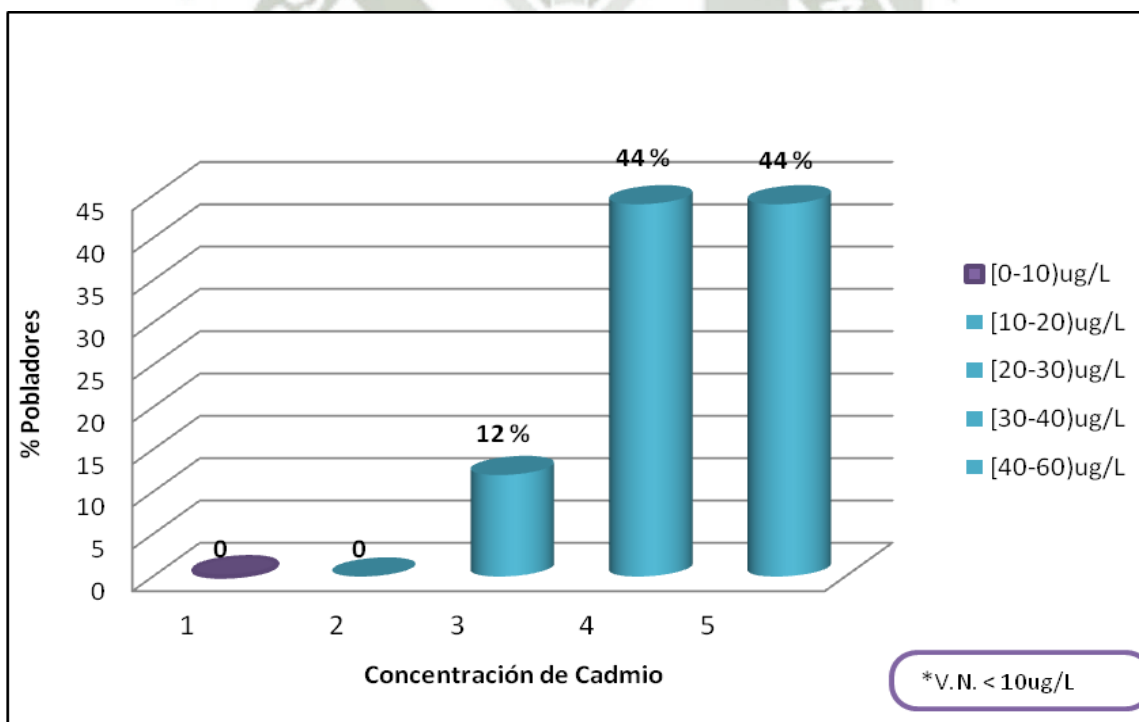
Se valoró la posibilidad de hallar niveles elevados de cadmio en la localidad de Yacango, comparándolo así con su valor normal establecido por la OMS de $< 10 \mu\text{g/L}$

La tabla 11 y figura 16 muestran el porcentaje de pobladores de la localidad de Yacango afectados por las diferentes concentraciones. Todos los pobladores de dicha localidad muestran valores por encima de los valores normales, un 12 % presenta concentraciones de 20 a 30 $\mu\text{g/L}$, en 44 % la concentración es de 30 a 40 $\mu\text{g/L}$ y también en 44 % se encontró concentraciones de 40 a 60 $\mu\text{g/L}$

Tabla 11: Concentración de niveles de cadmio en la población de Yacango.

| Concentración Cd ($\mu\text{g/dL}$) | [0-10) | [10-20) | [20-30) | [30-40) | [40-60) |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|
| Pobladores (%) | 0 | 0 | 12 | 44 | 44 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 16: Determinación de niveles de cadmio en los pobladores de la localidad de Yacango

En la tabla 12 y figura 17 se observa que un 28 % de la población de Torata Alta presentan una concentración de 0 a 10 $\mu\text{g/L}$, lo que está dentro de los valores normales, mientras que un 8 % de pobladores muestran una concentración de 10 a 20 $\mu\text{g/L}$, otro 8 % tiene concentraciones de 20 a 30 $\mu\text{g/L}$, 24 % tienen concentraciones de 30 a 40 $\mu\text{g/L}$, en un 8% la concentración es de 40 a 50 $\mu\text{g/L}$, y en 14 % se encuentra concentraciones de 60 a 70 $\mu\text{g/L}$. Un 4 % de pobladores mostró concentraciones de 70 a 80 $\mu\text{g/L}$ y un 2 % de pobladores mostró concentración de 100 a 110 $\mu\text{g/L}$.

Las concentraciones elevadas de cadmio son muy preocupantes para la salud de estos pobladores; se sabe que el cadmio se encuentra presente en suelos contaminados, en algunas tuberías antiguas, en algunos plásticos, etc. por lo cual puede ser adquirido por el polvo contaminado, por el uso de utensilios de plástico en la alimentación, por inhalar humo de tabaco y por ingerir agua contaminada.

Todo esto produce daños en la salud como: osteoporosis, enfisema pulmonar, cáncer de pulmón, cáncer de próstata, hipertensión, diversas cardiopatías y retraso en la habilidad verbal de los niños.

Tabla 12: Concentración de niveles de cadmio en la población de Torata Alta

| | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|----------|-----------|---------|
| Concentración Cd ($\mu\text{g/dL}$) | [0-10) | [10-20) | [20-30) | [30-40) | [40-50) | [50-60) |
| Pobladores (%) | 28 | 8 | 8 | 24 | 8 | 2 |
| Concentración Cd ($\mu\text{g/dL}$) | [60-70) | [70-80) | [80-90) | [90-100) | [100-110) | |
| Pobladores (%) | 14 | 4 | 0 | 2 | 2 | |

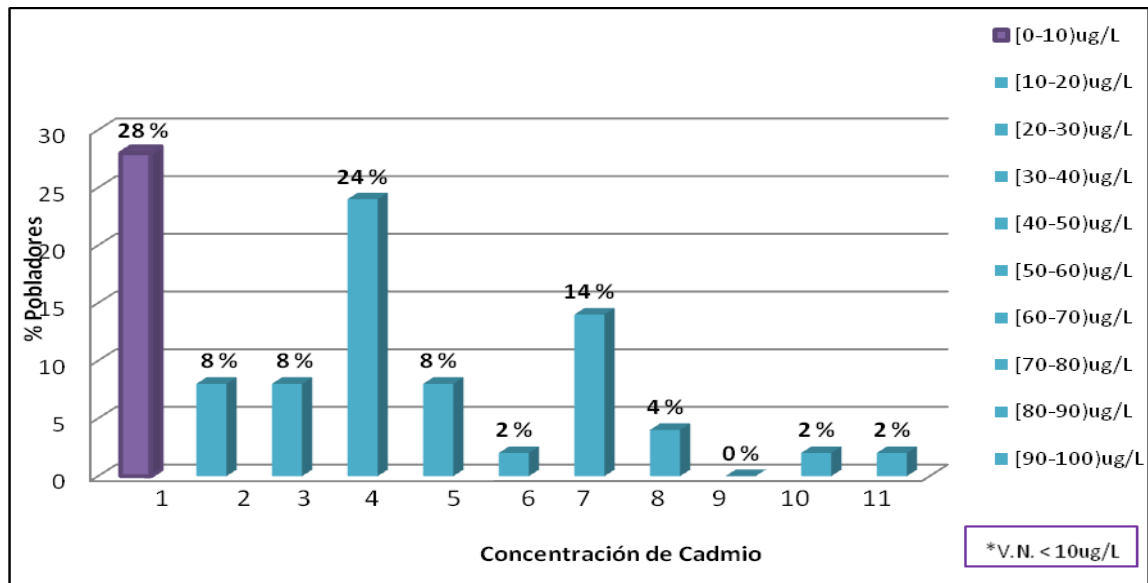


Figura 17: Determinación de niveles de cadmio en los pobladores de la localidad de Torata Alta

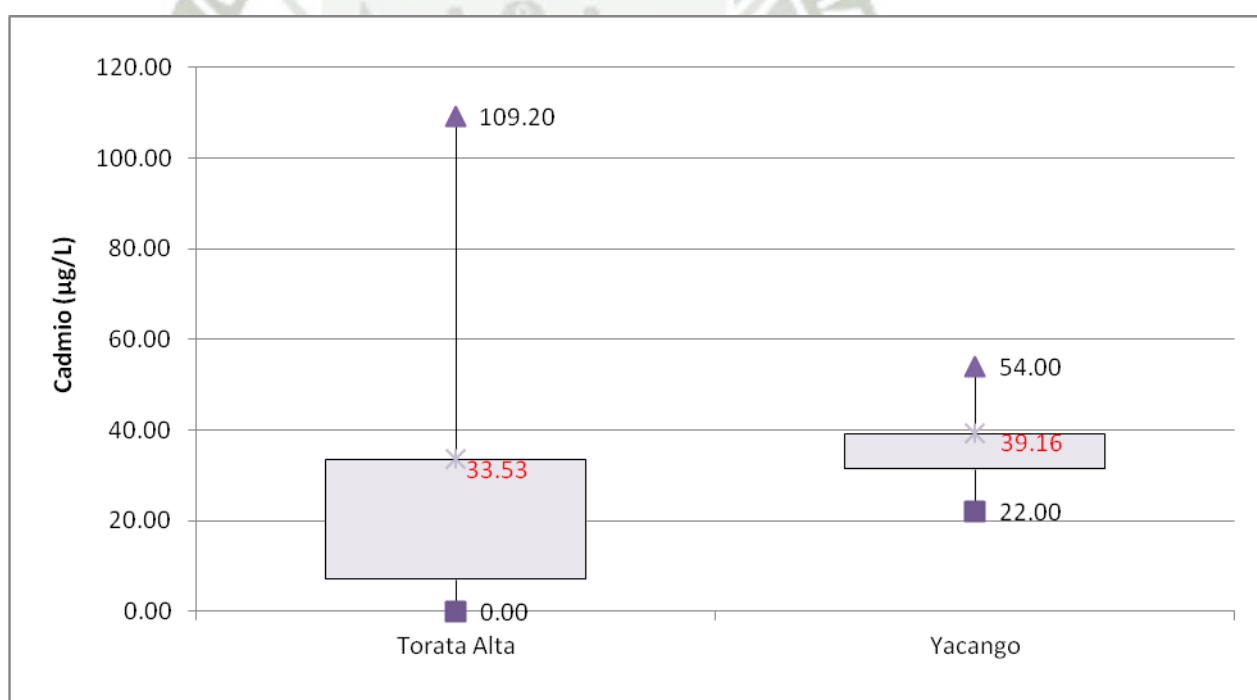
Se comparó los niveles de cadmio en ambas localidades de Yacango y Torata Alta tabla 13 y figura 18 considerando los valores promedio, siempre fueron más elevados en Yacango, que tiene un promedio de 39.16 µg/L, en Torata Alta se obtuvo un promedio de 33.53 µg/L, siendo los valores promedio estadísticamente similares ($p > 0.05$).

Pero existe una discrepancia entre los niveles de cadmio encontrados en ambas localidades ya que hay una distribución más variable de los valores de cadmio en la localidad de Torata Alta, esto lo podemos comprobar cómo se muestra en la tabla 13 por medio del coeficiente de variación, que resultó un 78.18 %, mientras que en Yacango resultó un 19.16 %, lo cual demuestra que en la localidad de Torata Alta existe una mayor variación entre la distribución de los niveles encontrados de cadmio, esto es debido a que existe un grupo pequeño de pobladores que tienen valores más altos, ello se observó mejor en la figura 17 anterior ya que existió un 2 % de pobladores que se encontraban con niveles muy elevados de cadmio.

Tabla 13: Distribución de valores de cadmio

| | Torata Alta | Yacango |
|---------------------|-------------|---------|
| N° Pobladores | 50 | 50 |
| Promedio (µg/L) | 33.53 | 39.16 |
| D. estándar | 26.21 | 7.50 |
| Valor Mínimo (µg/L) | 0.00 | 22.00 |
| Valor Máximo (µg/L) | 109.20 | 54.00 |
| Coef. Variación (%) | 78.18 | 19.16 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Prueba t = 1.46

G. libertad = 98

p = 0.15

Figura 18: Distribución de valores de cadmio según las localidades de estudio

En la tabla 14 y figura 19 se aprecia los niveles de cadmio en relación al patrón de normalidad de 10 µg/L; el 72 % de pobladores de Torata Alta tuvieron niveles elevados de Cadmio, sin embargo en Yacango estuvieron un 100 %, diferencia que resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Existe en ambas localidades la presencia de cadmio sobrepasando los límites permisibles esto puede deberse a múltiples factores uno de ellos puede ser el asentamiento minero cercano por lo que pueden estar sumamente expuestos al polvo y a vapores de cadmio, pero en la mayoría de los casos la exposición se da a través de la ingestión de alimentos contaminados y de la inhalación activa o pasiva del humo de tabaco. Se ha calculado que más del 80% de la ingesta de cadmio proviene de cereales (especialmente arroz y trigo), verduras (en especial las verduras de hoja) y raíces (especialmente papas y zanahorias); los moluscos y crustáceos también pueden acumular altas concentraciones de cadmio.⁽⁸⁾ En las plantas contaminadas, las hojas son las que suelen presentar las concentraciones más altas de cadmio; les siguen las raíces/tubérculos, las semillas/granos y, por último, las frutas carnosas.

Tabla 14: Distribución de niveles de cadmio según localidad de estudio

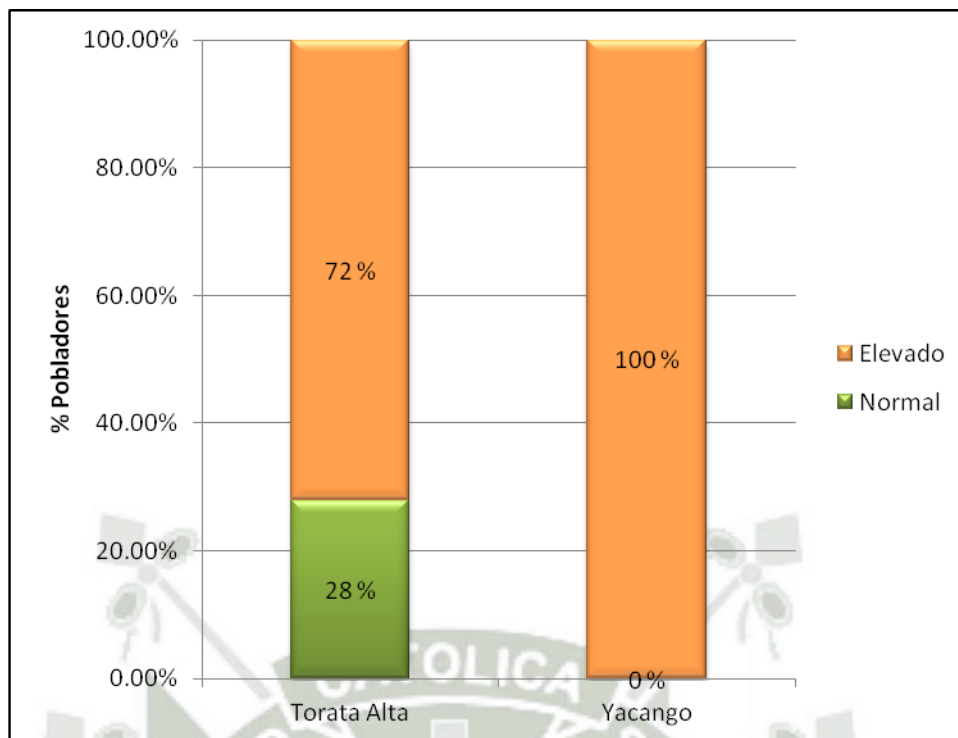
| Cadmio | Torata Alta | | Yacango | |
|------------------------|-------------|-----|---------|-----|
| | N° | % | N° | % |
| Normal (10 µg/L) | 14 | 28 | 0 | 0 |
| Elevado (>10 µg/L) | 36 | 72 | 50 | 100 |
| Total | 50 | 100 | 50 | 100 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

$$\text{Chi}^2 = 16.28$$

$$\text{G. libertad} = 1$$

$$p = 0.00006$$



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 19: Distribución de niveles de cadmio según localidad de estudio

6. DISTRIBUCIÓN DE VALORES DE CROMO SEGÚN LOCALIDAD DE ESTUDIO

Para la mayoría de la gente, el consumo de alimentos que contenga Cromo (III) es la mayor ruta de entrada de Cromo, ya que el Cromo III ocurre naturalmente en muchos vegetales, frutas, carnes, levaduras y granos. Varias maneras de preparación de la comida y almacenaje pueden alterar el contenido de Cromo en la comida. Cuando la comida es almacenada en latas, las concentraciones de Cromo pueden aumentar. El Cromo (III) es un nutriente esencial para los humanos pero la ingesta de mucho Cromo (III) puede causar efectos sobre la salud también

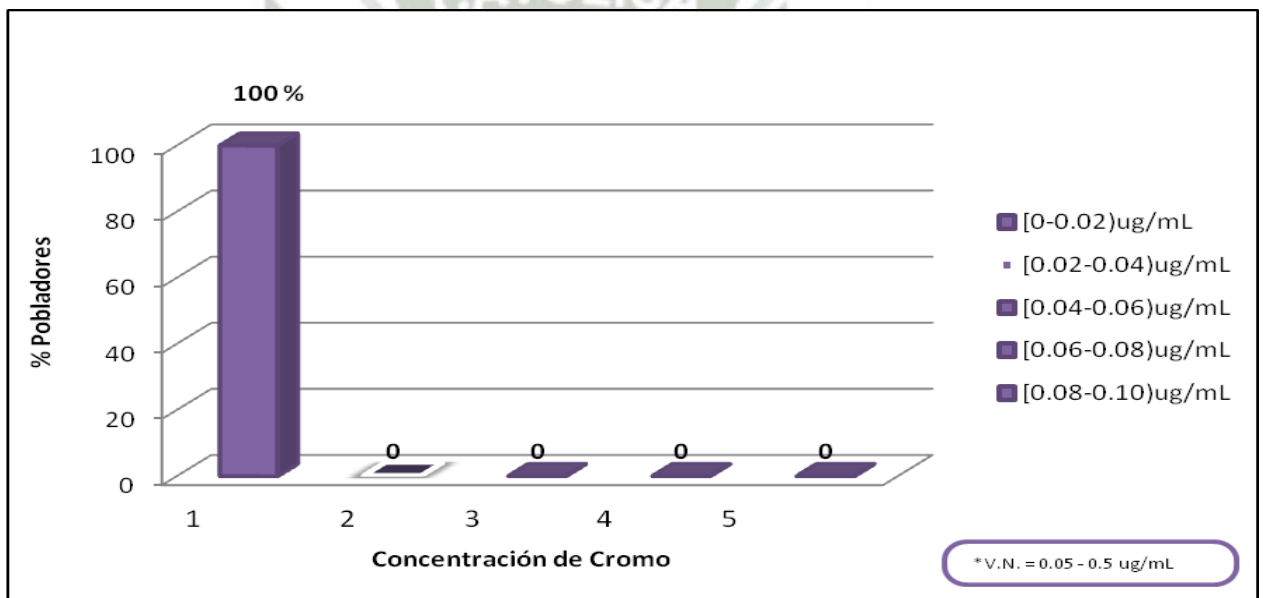
Se buscó hallar niveles de cromo elevados en los pobladores de la localidad de la Yacango por los anteriores datos mencionados. Se comparó los niveles de cromo con el valor normal establecido por la OMS; los niveles de cromo en el suero normalmente van desde 0.05 hasta 0.5 ($\mu\text{g}/\text{mL}$). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 15 y

figura 20; se puede observar que no existen valores elevados de cromo en el 100 % de los pobladores de Yacango, ya que el cromo se encuentra dentro del límite permisible

Tabla 15: Concentración de niveles de cromo en la población de Yacango.

| Concentración Cr (µg/dL) | [0-0.02) | [0.02-0.04) | [0.04-0.06) | [0.06-0.08) | [0.08-0.10) |
|--------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Pobladores (%) | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 20: Determinación de niveles de cromo en los pobladores de la localidad de Yacango

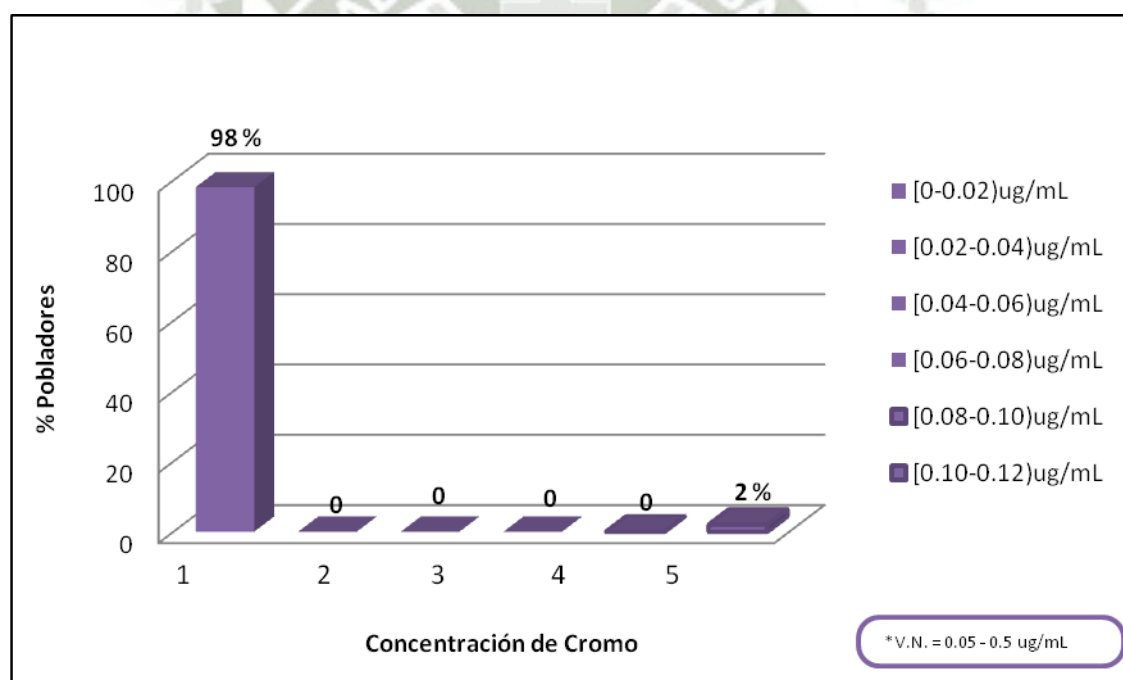
Se determinaron los niveles de cromo en los pobladores de la localidad de Torata Alta, comparandolo con el valor normal establecido por la OMS, menos de 0.05 hasta 0.5 (µg/mL). Se puede observar que todos los pobladores se encuentran dentro del valor límite permisible.

Sin embargo a diferencia de los niveles de cromo en la localidad de Yacango, en Torata Alta existió un 2 % de pobladores que presenta una concentración de 0.08 a 0.10 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Tabla 16: Concentración de niveles de cromo en la población de Torata Alta

| Concentración Cr ($\mu\text{g}/\text{dL}$) | [0-0.02) | [0.02-0.04) | [0.04-0.06) | [0.06-0.08) | [0.08-0.10) |
|---|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Pobladores (%) | 98 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 21: Determinación de niveles de cromo en los pobladores de la localidad de Torata Alta

Después de determinar los niveles séricos de cromo en las localidades de Torata Alta y Yacango se compararon dichos niveles.

En el (tabla 17 y figura 22), se encontró que el valor promedio fue detectable en niveles de 0.05 $\mu\text{g/mL}$ en la localidad de Torata Alta, mientras que no fue detectado en Yacango; esta diferencia resultó significativa ($p < 0.05$).

Tabla 17: Distribución de valores de cromo según localidad de estudio

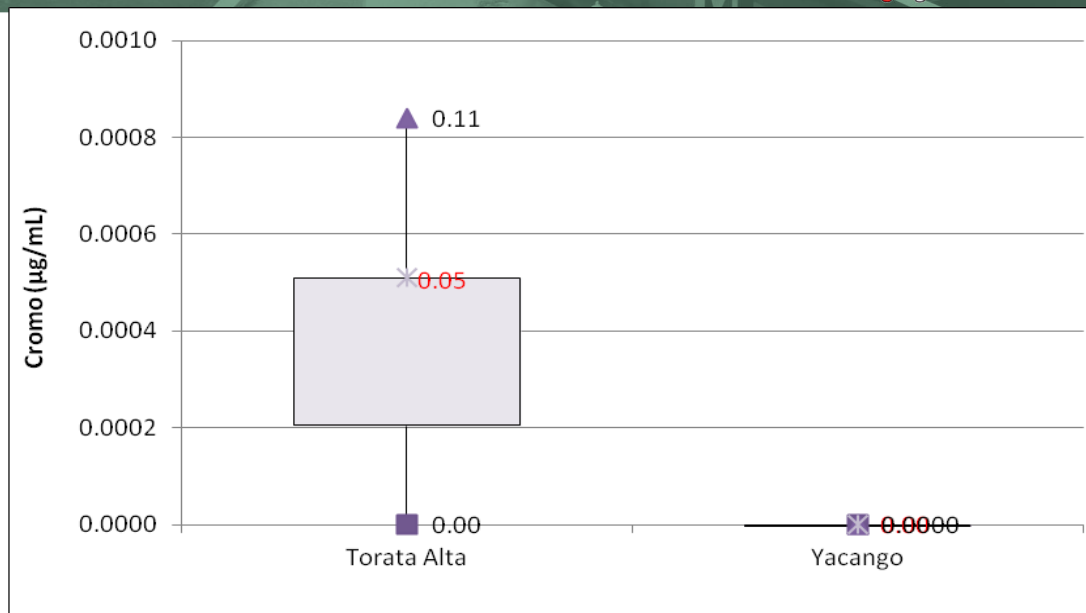
| | Torata Alta | Yacango |
|----------------------------------|-------------|---------|
| N° Pobladores | 50 | 50 |
| Promedio ($\mu\text{g/L}$) | 0.05 | 0.00 |
| D. estándar | 0.03 | 0.00 |
| Valor Mínimo ($\mu\text{g/L}$) | 0.00 | 0.00 |
| Valor Máximo ($\mu\text{g/L}$) | 0.11 | 0.00 |
| Coef. Variación (%) | 59.73 | - |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

Prueba t = -11.84

G. libertad = 98

p = 0.00



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 22: Distribución de valores de cromo según localidad de estudio

Los niveles de cromo en relación al estándar de normalidad en las dos poblaciones de estudio se muestran en la tabla 18 y figura 23.

Tanto los pobladores de la localidad de Torata Alta como los de la localidad de Yacango no tuvieron niveles de cromo por encima de lo normal, sabiendo que el valor normal de cromo en sangre es menor a $0.05 - 0.5 \mu\text{g/mL}$.

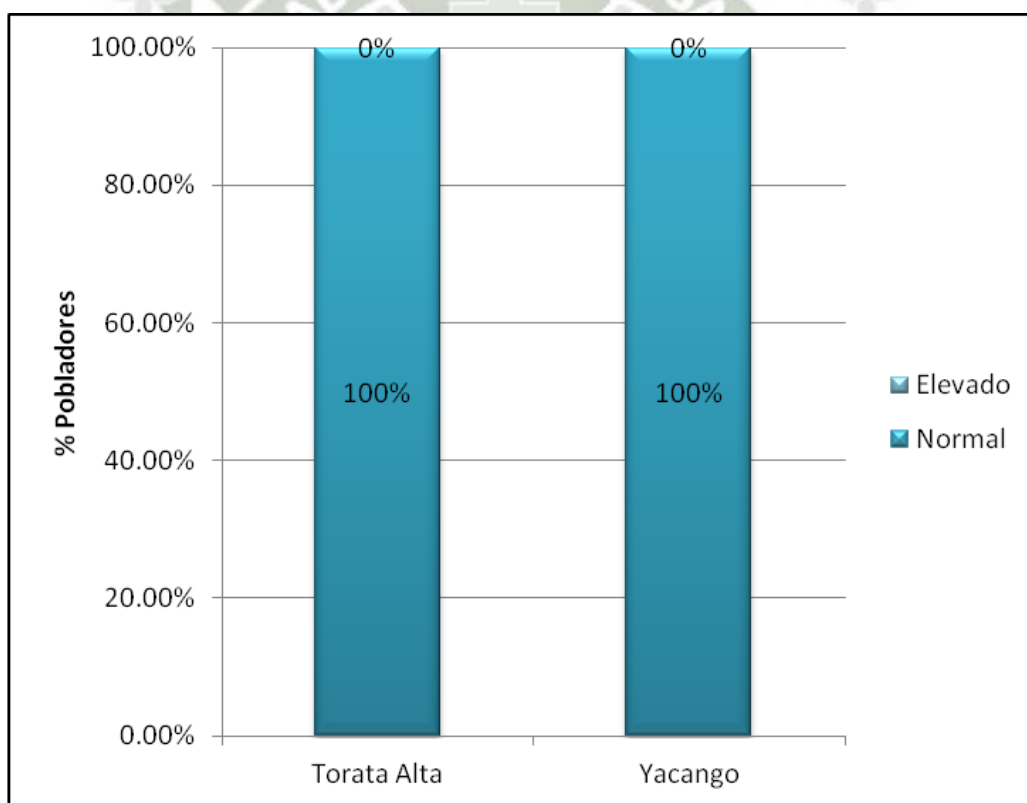
En la investigación de Davies S, et al⁽²⁰⁾. Demuestran que mientras va aumentando la edad va disminuyendo la concentración del cromo. Siguiendo la recomendación del Instituto Linus Pauling de tomar un suplemento multivitamínico / mineral que contiene 100% de los valores diarios de la mayoría de los nutrientes para proporcionar suficiente cromo para los adultos mayores.

Al comparar nuestros resultados encontrados en ambas localidades se demuestra que tiene relación con el artículo anterior, es por ello que no se encontró niveles elevados de cromo.

Tabla 18: Distribución de niveles de cromo según localidad de estudio

| Cromo | Torata Alta | | Yacango | |
|------------------------------|-------------|--------|---------|--------|
| | N° | % | N° | % |
| Normal (0.05 – 0.5 µg/mL) | 50 | 100 | 50 | 100 |
| Elevado (>0.5 µg/mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 50 | 100.00 | 50 | 100.00 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 23: Distribución de niveles de cromo según localidad de estudio

7. DISTRIBUCIÓN DE VALORES DE PLOMO SEGÚN LOCALIDAD DE ESTUDIO

La intoxicación por plomo es un problema de salud pública, por estar directamente relacionado con el ambiente natural donde habita el ser humano. Las principales fuentes de emisión de plomo a los ecosistemas son las fundiciones de plomo y las industrias clandestinas de acumuladores ⁽⁶⁵⁾. El agua potable puede contaminarse en su misma fuente por el plomo del aire o por vertidos de la escoria de las minas que no se procesan. El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana por que puede entrar en el cuerpo humano por la ingestión de alimentos contaminados, tales como verduras, frutas y tubérculos cultivados con agua de regadío contaminada. La leche de vaca y la materna también son fuentes de ingestión de plomo, ya que en ellas se ha detectado plomo al igual que en los alimentos en latados. ⁽⁵⁸⁾

Por ello nace la preocupación en evaluar los niveles séricos de este metal en las localidades, sabiendo que la exposición ambiental al plomo es un problema detectado hace décadas, principalmente en sectores urbanos o rurales cercanos a fundiciones o mineras, con contaminación geológica del suelo o agua.

Se determinó la concentración de niveles de plomo en los pobladores de las localidades de Yacango y Torata Alta comparados con el valor normal establecidos según la Organización Mundial de la Salud (OMS). $< 20 \mu\text{g/dL}$. ⁽⁴²⁾ La tabla 19 y figura 24 muestra el porcentaje de pobladores de Yacango afectados por diferentes concentraciones de plomo, resultando un 96% de pobladores con concentración de 0 a 9 $\mu\text{g/dL}$ y un 4% de pobladores están en concentración de 10 a 19, lo cual comparándolo con el valor normal, el 100 % de pobladores de Yacango se encuentran por debajo del valor normal. Dichos resultados nos demuestra que no hay intoxicación por plomo en esta localidad.

Tabla 19: Concentración de niveles de plomo en la población de Yacango.

| Concentración Pb ($\mu\text{g/dL}$) | [0-10) | [10-20) | [20-30) | [30-40) | [40-70) |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|
| Pobladores (%) | 96% | 4% | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

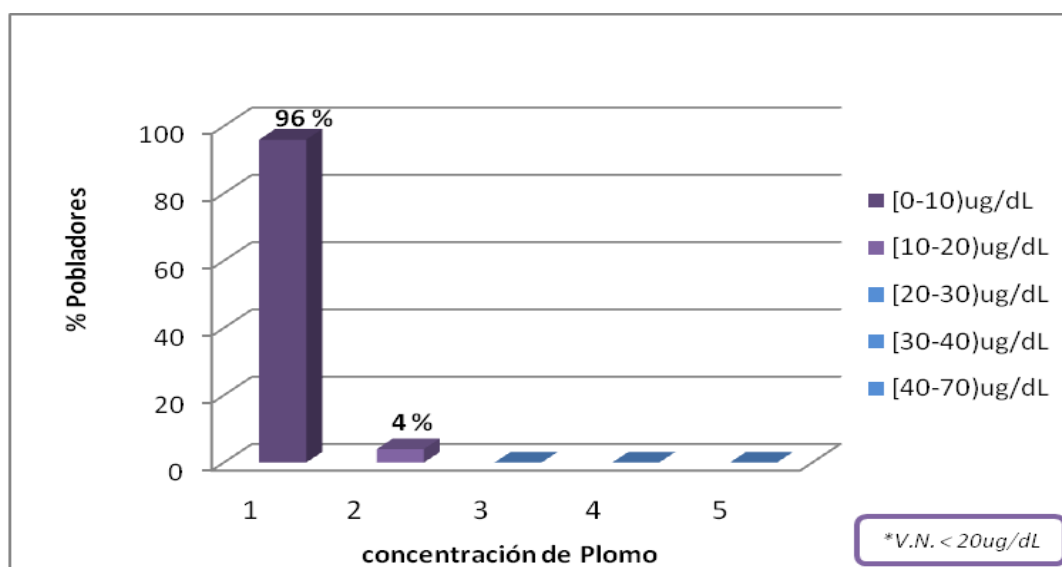


Figura 24: Determinación de niveles de plomo en los pobladores de la localidad de Yacango

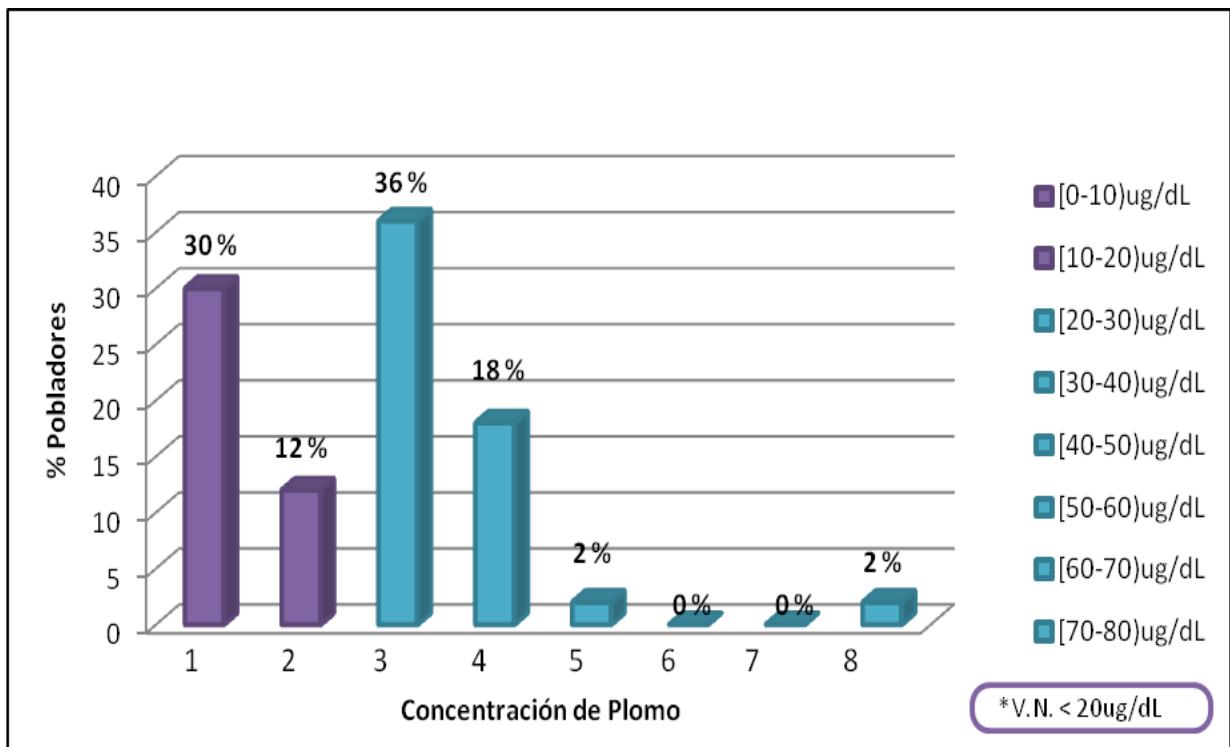
A diferencia de la localidad de Yacango, en la Localidad de Torata Ata se encontraron niveles elevados de plomo, con relación al valor normal establecido.

En la tabla 20 y figura 25 muestra el porcentaje de pobladores de Torata Alta afectados por diferentes concentraciones de Plomo. Un 30 % de pobladores presentan concentración de 0 a 9 $\mu\text{g/dL}$, un 12 % tiene una concentración de 10 a 19 $\mu\text{g/dL}$, encontrarse estos porcentajes dentro de los valores normales. Mientras que en un 36 % se encuentra una concentración de 20 a 29 $\mu\text{g/dL}$, en un 18 % la concentración fue de 30 a 39 $\mu\text{g/dL}$, 2% presentan concentraciones de 40 a 50 $\mu\text{g/dL}$ y un 2% en concentraciones de 70 a 80 $\mu\text{g/dL}$. Por lo tanto se puede demostrar que hay evidencia de intoxicación por plomo en esta localidad y esto es preocupante para la salud de estos pobladores.

Tabla 20: Concentración de niveles de plomo en la población de Torata Alta

| Concentración Pb (µg/dL) | [0-10) | [10-20) | [20-30) | [30-40) | [40-50) | [50-60) | [60-70) | [70-80) |
|--------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Pobladores (%) | 30 % | 12 % | 36 % | 18 % | 2% | 0 % | 0 % | 2 % |

Fuente: Base de datos de las investigadoras



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 25: Determinación de niveles de plomo en los pobladores de la localidad de Torata Alta

En la tabla 21 y figura 26 se compara los niveles promedio de plomo de las localidades de Torata Alta y Yacango, se observa que el valor promedio de la localidad de Torata Alta es de 20.39 µg/dL siendo este valor elevado en relación a la localidad de Yacango que tiene un valor promedio de 0.82 µg/dL. Las diferencias entre ambos pobladores fueron significativas ($p < 0.05$).

Tabla 21: Distribución de valores de plomo según localidad de estudio

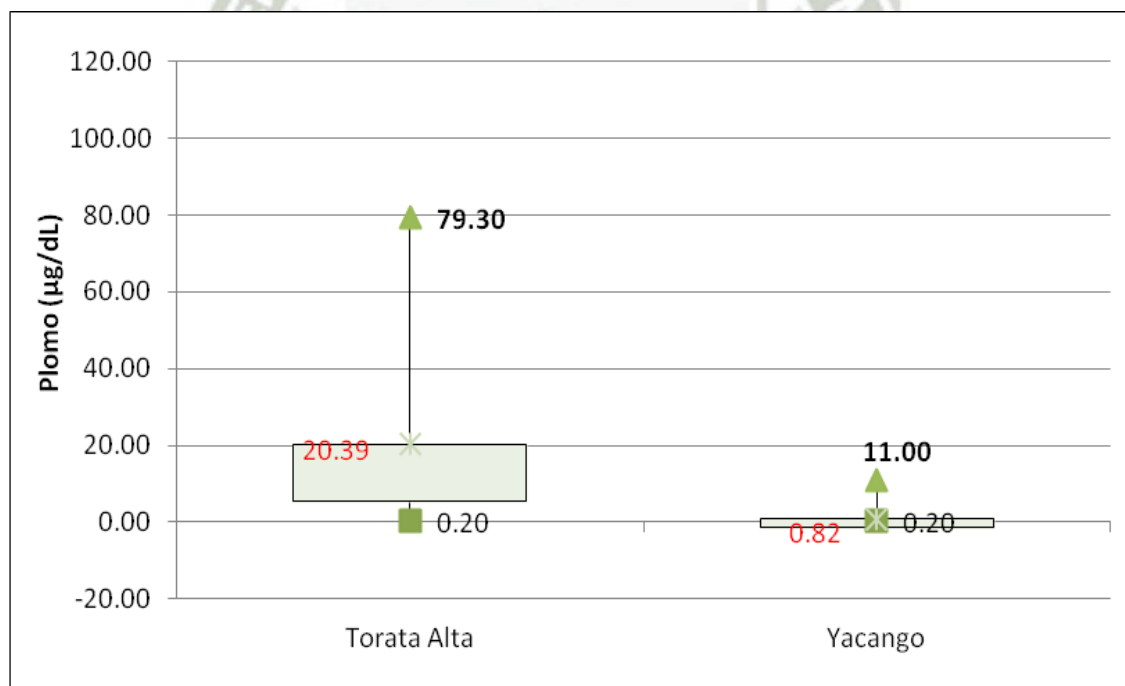
| | Torata Alta | Yacango |
|---------------------|-------------|---------|
| Nº Pobladores | 50 | 50 |
| Promedio (µg/L) | 20.39 | 0.82 |
| D. estándar | 14.94 | 2.24 |
| Valor Mínimo (µg/L) | 0.20 | 0.20 |
| Valor Máximo (µg/L) | 79.30 | 11.00 |
| Coef. Variación (%) | 73.25% | 274.67 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

Prueba t = -9.16

G. libertad = 98

p = 0.00



Fuente: Base de datos de las investigadoras

Figura 26: Distribución de valores de plomo según localidad de estudio.

En la tabla 22 y figura 27 se aprecian el número y porcentaje de pobladores de ambas localidades afectados en relación al parámetro normal. Los niveles séricos resultaron elevados en la localidad de Torata Alta con un 58%, lo que resulta contrario a lo hallado en la localidad de Yacango, que fue de 0%, existiendo una diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla 22: Distribución de niveles de plomo según localidad de estudio

| Plomo | Torata Alta | | Yacango | |
|-------------------------------------|-------------|--------|---------|--------|
| | N° | % | N° | % |
| Normal ($< 20 \mu\text{g/dL}$) | 21 | 42.00 | 50 | 100.00 |
| Elevado ($>20 \mu\text{g/dL}$) | 29 | 58.00 | 0 | 0.00 |
| Total | 50 | 100.00 | 50 | 100.00 |

Fuente: Base de datos de las investigadoras

$\text{Chi}^2 = 40.85$

G. libertad = 1

$p = 0.00$

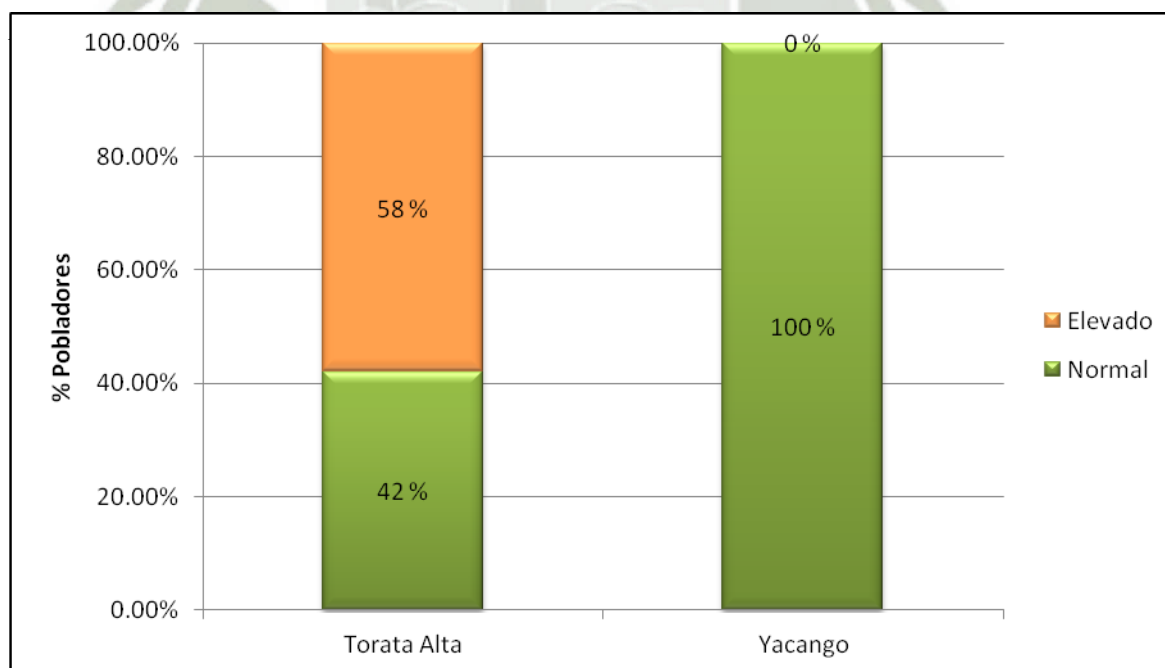


Figura 27: Distribución de niveles de plomo según localidad de estudio

Las investigaciones que se realizaron en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Católica Santa María ^(21, 73, 77) y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ⁽⁷⁶⁾ ponen de manifiesto la toxicidad del plomo en trabajadores expuestos ocupacionalmente, sin embargo no existen estudios que determinen los niveles de concentración de estos cinco metales: cadmio, plomo, arsénico, aluminio y cromo en pobladores de las localidades de Yacango y Torata Alta.

Se encontró un estudio similar realizado por el Ministerio de Salud DIGESA (1999) de plomo en sangre en una población seleccionado de la Oroya en el cual el promedio de plomo registrado fue mayor a la zona cercana a los depósitos de concentrados de minerales^(51,52).

Por otro lado se encontró estudio que mostró que los niveles de plomo se incrementaban con la edad por lo cual estaban asociados con consumo de productos locales de huertas^(51,65).

Vergara (1999) consideró que las principales fuentes de contaminación por Pb son la gasolina, la actividad minera, la actividad industrial, las fundidoras, las baterías rotas de vehículos, las soldaduras y pinturas utilizadas en vehículos; el acero, además de contener Pb, también contiene Zn. El forro de frenos y el embrague desprenden Ni y el revestimiento antioxidante de numerosos componentes del vehículo contiene Cr6+. Cajuste y Laird (2000) han reportado semejantes observaciones e indicaron que la mayoría de los demás metales pesados también pueden provenir de estas fuentes.



CAPÍTULO IV:

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

CONCLUSIONES

Primera.- Los niveles promedio de metales pesados en pobladores adultos de la localidad de Torata Alta del distrito de Torata fueron: aluminio 27.31 $\mu\text{g/L}$; arsénico 0.51 $\mu\text{g/dL}$; cadmio 33.53 $\mu\text{g/L}$, cromo 0.05 $\mu\text{g/mL}$ y plomo 20.39 $\mu\text{g/dL}$.

Segundo.- Los niveles promedio de metales pesados en pobladores adultos de la localidad de Yacango del distrito de Torata fueron: aluminio: 23.23 $\mu\text{g/L}$; arsénico ND; cadmio 39.16 $\mu\text{g/L}$, cromo ND y plomo 0.82 $\mu\text{g/dL}$.

Tercera.- Los niveles séricos de aluminio y cadmio fueron similares entre ambos poblados, mientras que los valores de arsénico y plomo fueron mayores en Torata Alta.

Cuarto.- Los niveles de cadmio, plomo y aluminio en la población adultos de la localidad de Torata Alta del distrito de Torata se encuentran por encima de los niveles normales establecidos por la OMS, y en el caso de la población de la localidad de Yacango los resultados de cadmio y aluminio revelaron valores por encima del nivel normal.

RECOMENDACIONES

1. Dar a conocer a las autoridades del Gobierno Regional de Moquegua y a la población el impacto que pueda tener la toxicidad de estos metales, de tal manera que se realicen las medidas preventivas y correctivas.
2. Ampliar la investigación y monitorear a las personas que superan los límites de exposición permitidos, de tal manera que se puedan evidenciar posibles patologías y el impacto en la salud de estas poblaciones.
3. La determinación de niveles séricos de estos metales en la población del Distrito de Torata ha sido poco estudiado es por esto que este trabajo puede tomarse como base para futuras investigaciones referidos al tema.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Abanto C., Bejar J., Catacora R., Ramirez A., Lanchipa J., Colque M. Análisis del informe n.0423-2006-minem-dgm-fm/ma- direccion de fiscalizacion minera sobre inspeccion especial realizada en las unidades economicas administrativas “ cuajone 1” y “cocotea”
- 2) (ATSDR) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2007. Toxicological profile for arsenic. Draft for Public Comment. Atlanta: US Department of Health and Human Services. Available at URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.html>. Last accessed 1.14.08
- 3) Aposhian HV. Biochemical toxicology of arsenic. 1989. Rev Biochem Toxicol. 10:265-299.
- 4) Astete J, Cáceres W, Gastañaga M, Lucero M y cols. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. Rev. perú. med. exp. salud pública, 2009; 26 (1):15-19
- 5) Aucélio, R.Q., Curtius, A.J. Evaluation of electrothermal atomic absorption spectrometry for trace determination of Sb, As and Se in gasoline and kerosene using microemulsion sample introduction and two approaches for chemical modification. Journal of analytical atomic spectrometry, 17, 242-247, 2002.
- 6) Balvín D.1995 Agua, minería y contaminación: El caso Southern Perú.
- 7) Balvín Doris, 1999 Impactos ambientales de la Minería, Ponencia presentada al Congreso Regional de Comunidades Afectadas por la Minería, Moquegua Agosto 1999
- 8) Berg R. Lead in adults: the lesser concern rears its head. J Environ Health. Dec 2009;72(5):8-13.

- 9) Boumans, P. W. J. M., Lux-Steiner, M. Modification and optimization of a 50 MHz inductively coupled argon plasma with special reference to analyses using organic solvents *spectrochimica acta*, 37b, 97-126, 1982.
- 10) Brunton (Ed). Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics, 11th ed. Section XV. Toxicology. Chapter 65. Heavy metals and heavy-metal antagonists. Pp. 1126-1140
- 11) Cajuste, L.J. y R.J. Laird. 2000. The relationships between the phytoavailability and the extractability of heavy metals in contaminated soils. pp. 189-198. In: Iskandar, I.K. (ed.). Environmental restoration of metals-contaminated soils. Lewis Publishers. New York.
- 12) Cala-Rivero, V., J. Rodríguez-Sanchidrian y A. Guerra-Delgado. 1985. Contaminación de metales pesados en suelos de la Vega de Aranjuez. (I) Pb, Cd, Cu, Zn, Ni y Cr. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 32: 1595-1608.
- 13) Cano V, Miriam E. Analisis de elementos residuales depositados en la mano después de disparar un arma de fuego usando espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Instituto Politécnico Nacional México DF. Mayo 2007.
- 14) Casas J, Moreno V, Sánchez A, Sánchez J, Sordo J. 2010. Química Bioinorgánica. Editorial Síntesis. Madrid, España. p. 275-302.
- 15) CDC. US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health; 2013. Adult Blood Lead Epidemiology and Surveillance (ABLES).
- 16) Cedano V, Karina; Requena C, Lisseth. Estudio toxicológico de los niveles de concentración de cadmio, manganeso y plomo, en sangre y/u orina en personas

expuestas en las Avs. Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima.
Universidad Nacional de San marcos

- 17) Chirinos, J., Fernandez, A., Franquiz, J. Multi-element optimization of the operating parameters for inductively coupled plasma atomic emission spectrometry with a charge injection device detector for the analysis of samples dissolved in organic solvents. *Journal of analytical atomic spectrometry*, 13, 995-1000, 1998.
- 18) CONSUMER. 2001. Medio ambiente. Metales pesados, toda una amenaza. *Consumer Digital* 34. Barcelona, España.
- 19) Dattilo AM, Miguel SG. Chromium in health and disease. *Nutr Today* 2003;38:121-33.
- 20) Davies S, McLaren Howard J, Hunnisett A, Howard M. Age-related decreases in chromium levels in 51,665 hair, sweat, and serum samples from 40,872 patients--implications for the prevention of cardiovascular disease and type II diabetes mellitus.
- 21) Díaz Jara Almonte, Rosina del Carmen. Estudio de los Niveles de Plomo en Sangre en Ex trabajadores de Minero Perú en la Ciudad de Arequipa Tesis Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1997
- 22) Dirección General de Salud Ambiental. Contaminacion con metales pesados
- 23) Exley C. et al. (1996) Aluminium toxicokinetics. *J. Toxicol. Environ. Health* 48, 569–
- 24) Fadrowski JJ, Navas-Acien A, Tellez-Plaza M, Guallar E, Weaver VM, Furth SL. Blood lead level and kidney function in US adolescents: The Third National

- Health and Nutrition Examination Survey. Arch Intern Med. Jan 11 2010;170 (1):75-82.
- 25) Fischer, J. L., Rademeyer, C. J. Direct determination of metals in oils by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry using high temperature nebulization. Journal of analytical atomic spectrometry, 9, 623-628, 1994.
- 26) Gonzáles Fernández E. Toxicocinética y evaluación de riesgos para la salud producidos por la exposición a cadmio. Medicina y Seguridad del Trabajo. 1998. XXXV: 3-17
- 27) González Valdez E, González Reyes E, Bedolla C, Arrollo E, Manzanares E. Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños mexicanos. Rev Fac Ing Univ Antioquia 2008; 43:114-119
- 28) Guérin O, Carré N, Garnier R. [Determining factors in lowering blood lead levels below the poisoning threshold in Greater Paris (1992-2006)]. Rev Epidemiol Sante Publique. Jun 2010; 58 (3):181-7.
- 29) Guillén-Mendoza D, Escate-Lazo F, Rivera-Abbiati F, Guillén-Pinto D. Plomo en sangre de cordón umbilical de neonatos nacidos en un hospital del norte de Lima. Rev. perú. med. exp. salud publica 2013; 30 (2):224-228
- 30) Guzmán Ana Estudio de la Intoxicación por piorno en Policías de Tránsito de la Ciudad de Arequipa. 1996. Tesis- Facultad de Farmacia y Bioquímica. U.C.S.M.
- 31) Hall M, Chen Y, Ahsan H, et al: Blood arsenic as a biomarker of arsenic exposure: results from a prospective study. Toxicology 2006;225:225-233
- 32) Hardej D, Trombetta LD. Chapter 24. Metals. In: Barile FA. Clinical toxicology: principles and mechanisms. CRC Press.2004, pp 295-317.

- 33) Hausler, D. Trace element analysis of organic solutions using inductively coupled plasma – mass spectrometry. *Spectrochimica acta B*, 42, 63-73, 1987.
- 34) Hernández Alfonso, “Espectroscopía de Emisión Óptica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES), 28pp.
- 35) Hewitt CD, Savory J, & Wills MR: Aspectos de la toxicidad por aluminio. *Clin Lab Med* 1990; 10: 403-422.
- 36) Hewitt CD, Savory J, & Wills MR: Aspects of aluminum toxicity. *Clin Lab Med* 1990; 10:403-422
- 37) Instituto Politécnico Nacional México DF. análisis de elementos residuales depositados en la mano después de disparar un arma de fuego usando espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Mayo 2007.
- 38) Intoxicación por plomo y salud. Organización Mundial de la salud. Octubre de 2014.
- 39) Jonh A; Walter C; Maria del Carmen C; Marta L; Iselle S; Tania O; Jessie P; Felix R. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. *Rev. Perú Med Exp Salud Publica*.2009; 26(1): 15-19.
- 40) Kabata-Pendias, A. 1995. Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils. pp. 3-18. *In: Solomons, W., U. Förstner y P. Mader. Heavy metals: Problems and solutions. Springer Verlag. Berlin, Germany.*
- 41) Karadjova, I., Zachariadis, G., Boskou, G., Stratis, J. Electrothermal atomic absorption spectrometric determination of aluminum, cadmium, chromium,

- copper, iron, manganese, nickel and lead in olive oil. *Journal of analytical atomic spectrometry*, 13, 201- 204, 1998.
- 42) Kathuria P. Lead Toxicity. Medscape. Last update Jan 29 2014. Disponible en: <http://emedicine.medscape.com/article/1174752-overview>, con acceso el 13 Set 2014
 - 43) Kjellstrom T, Nordberg GF. Kinetic model of cadmium metabolism. En; Fridberg L, Elinder CG, Kjellstrom T, Nordberg GF, Eds. *Cadmium and Health, A Toxicological and Epidemiological Appraisal*. Vol I, Boca Raton, FL: CRC Press, 1985: 179-97
 - 44) Ljunggren K, Lidums V, Sjögren B. Blood and urine concentrations of aluminium among workers exposed to aluminium flake powders. *Br J Ind Med*. 1991 Feb; 48(2): 106–109.
 - 45) López J. Intoxicación por Plomo en Niños Menores de Seis Años en un Asentamiento Humano del Callao. *Anales de la Facultad de Medicina*, 2000; 61 (1): 37 – 45
 - 46) Lu F, Kacew S. Chapter 21. Toxicity of Metals. In: *Lu's Basic Toxicology. Fundamentals, Target Organs, and Risk Assessment*. 5th edition. Informa Healthcare USA, Inc., 2009
 - 47) Mason JB. Vitamins, trace minerals, and other micronutrients. In: Goldman L, Schafer AI, eds. *Cecil Medicine*. 24th ed. Philadelphia, Pa.: Saunders Elsevier; 2011:chap 83.
 - 48) Mertz W. Chromium occurrence and function in biological systems. *Physiol Rev* 1969; 49:163-239.

- 49) Metales pesados y Arsénico disponible en:
http://www.osakidetza.euskadi.eus/r8520432/es/contenidos/informacion/sanidad_alimentaria/es_1247/adjuntos/vigila9508.pdf
- 50) Ministerio del Ambiente. Indicadores ambientales Moquegua 2013.
- 51) Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental DIGESA 1999)
Estudio de Plomo en Sangre en una Poblacion Seleccionada de la Oroya
- 52) Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental DIGESA. 1998.
Estudio Preliminar de Plomo Sérico en Lima Metropolitana.
- 53) Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). 2012.
Vigilancia Sanitaria de las Aguas y RR.SS. Moquegua - Perú.
- 54) Miranda S. Espectroscopia de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES).
- 55) Miren Begoña Zubero Oleagoitia etal. Heavy Metals (Pb, Cd, Cr and Hg) in the General Adult Population Near an Urban Waste Treatment Plant in Biscay, Spain, in 2006
- 56) Morgan BW, Todd KH, Moore B. Elevated blood lead levels in urban moonshine drinkers. Ann Emerg Med. Jan 2001; 37(1):51-4.
- 57) Municipalidad de Torata. Página web. Disponible en:
http://www.munitorata.gob.pe/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=102, con acceso el 12-Set-2014.
- 58) National Institutes of Health. Chromium. Dietary Supplement Fact Sheet. Available at: <http://ods.od.nih.gov/factsheets/chromium/> Accessed June 24, 2011.

- 59) Nordberg G. Capítulo 63. Metales: Propiedades químicas y toxicidad. En: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 2006. OIT. pp 63.1 - 63.75
- 60) O.M.S. Intoxicación por plomo y salud, Octubre 2014. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
- 61) Olesik, J. W. Fundamental research in ICP OES and ICP-MS. Analytical chemistry news & features, 1, 469 A, 1996.
- 62) Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo y salud. Nota descriptiva N°379, Septiembre de 2013. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>, con acceso el 13 Set 2014
- 63) Organización Panamericana de Salud. Malaria - Plomo Sanguíneo en habitantes del Perú - Diagnóstico de Hidatidosis - Dengue Hemorrágico -Violencia en Río de Janeiro - Revista Panamericana de Salud Pública. Vol. 1. Núm. 5. 1997. Edit. OPS-US
- 64) Pacheco A. Rachel; Bay C. Camila; Gutiérrez G. Yareni; Salazar R. Gabriela; Muñoz A. Luis; Llanos S. Miguel; Ronco M. Ana María. Contenido de plomo sanguíneo y composición corporal en mujeres jóvenes expuestas a humo de madera en la ciudad de Temuco. Rev Chil Nutr Vol. 38, N°4, Diciembre 2011, págs: 414-421.
- 65) Pebe G; Villa H; Escate L; Cervantes G. Niveles de plomo sanguíneo en recién nacidos de la Oroya, 2004 – 2005. Rev. Perú Med Exp Salud Pública. 2008; 25(4): 355 – 60
- 66) Pedlowsky MA. Entradas atmosféricas de nutrientes, metais pesados e acidez livre na Baía de Sepetiva [tesis de maestría]. Rio de Janeiro: Instituto de Geociencias UFRJ; 1991.

- 67) Pérez García, Perla Esmeralda; Azcona Cruz, María Isabel. Los efectos del cadmio en la salud. Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas, vol. 17, núm. 3, julio-septiembre, 2012, pp. 199-205 Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado Mexico. disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- 68) Pérez Vázquez, Ramón G. 2011. Efecto de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana. Departamento de Geología. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río. Cuba
- 69) Perkin Elmer Precisely, “Guide to Atomic Spectroscopy Techniques and Application”, U.S.A. 2000. 15 pp.
- 70) Poma P. Intoxicación por plomo en humanos. An. Fac. med. 2008; 69(2):
- 71) Problemática Ambiental de la Cuenca del Río Torata Disponible en: <http://xa.yimg.com/kq/groups/39166/167636962/name/Problematica+SPCC++Torata.doc>
- 72) Ramirez A; Cam J; medina jm. Plomo sanguíneo en los habitantes de cuatro localidades peruanas. Rev. Panamá Salud Pública. 1997; 1(5): 344 – 48.
- 73) Ramos Escalante Carlos David. Determinación del Plomo Sanguíneo en Policías de Tránsito en Arequipa 1993. Tesis Farmacia y Bioquímica U.C.S.M
- 74) Solé E, Ballabriga A, Dominguez C. Lead exposure in the general population of the Metropolitan Area of Barcelona: Blood levels and related factors. Sci Total Environ 1998; 224: 19–27
- 75) Stasinakis A.S., Thomaidis N.S., Mamais D., Karivali Marianna y Lekkas T.D. (2003). Chromium species behaviour in the activated sludge process. Chemosphere 52, 1059-1067.

- 76) Ticona Gómez Lizbeth. Algunos Factores que Condicionan la Intoxicación por Plomo en Trabajadores que Construyen Baterías en el Distrito de Miraflores - Arequipa 1995. Tesis Enfermería UNSA
- 77) Urday Quintanilla Víctor .Niveles de Plomo en Sangre en Niños Procedentes de Colegios de Zona Urbano Marginales y Rurales de la Ciudad de .Arequipa 1999. Tesis.
- 78) U.S. Environmental Protection Agency. Toxicological Review of Hexavalent Chromium. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC. 1998.
- 79) US Environmental Protection Agency. Chromium compounds; 2000. Available at:<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/chromium.html>. Accessed 9/18/14.
- 80) Vankova S., Kupec J.y Hoffman J. (1999). Toxicity of chromium to activated sludge. Ecotoxicol. Environ. Safety 42, 16-21.
- 81) Vásquez L. Determinación de mercurio total en musculo y hepatopáncreas del camarón de río (*Cryphiops caementarius*) en cuatro zonas de la cuenca del río Ocoña, Arequipa. Tesis para optar el grado académico de doctor en salud pública. Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 2013
- 82) Vergara, A. 1999. Desechos tóxicos en Chile. Revista Electrónica de Ciencia Abierta. Julio. Universidad Católica de Chile. Chile.
- 83) Vindel. Angel.- Espectroscopia de Emisión por Plasma ICP. CES Analítica.



Anexo 1. Formato de consentimiento informado proporcionado por el comité de ética de la Universidad Católica de Santa María

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Quisiéramos invitarle a participar en el estudio “Determinación de los niveles séricos de Pb, Cd, As, Al, y Cr por ICP-OES en pobladores adultos de las localidades de Torata Alta y Yacango, distrito de Torata. Moquegua - 2014”.

Si acepta participar, se le tomará una muestra de sangre de 5 cc, a través de una punción de una vena del brazo, para medir en laboratorio sus niveles de plomo, cadmio, arsénico, aluminio y cromo en sangre. Luego de la punción se aplicará presión por unos 3 minutos, no produciendo además de un pequeño dolor ninguna reacción adversa.

Los resultados de su análisis serán mantenidos en absoluta confidencialidad, su nombre y apellido no serán registrados en ninguna base de datos, y las muestras serán procesadas en forma anónima con códigos, que permitirán después entregarle sus resultados. La participación en el estudio es totalmente voluntaria y si usted lo desea puede negarse a participar sin prejuicio alguno. Los participantes no recibirán incentivo económico alguno. El trabajo de investigación es autofinanciado.

En caso de tener alguna duda comunicarse con el equipo de investigadoras al celular:
994445578 ó 986034537

Firma del paciente

DNI:

Anexo 2.

Ficha de recolección de datos

Nº de Ficha: _____

Edad: _____ años

Sexo: Varón

Mujer

Origen: _____

Ocupación Actual: _____

Niveles de:

Aluminio (Al): _____

Arsénico (As): _____

Cadmio (Cd): _____

Cromo (Cr): _____

Plomo (Pb): _____

Observaciones:

.....

Anexo 3:

1. FICHA RECOLECCIÓN DE DATOS

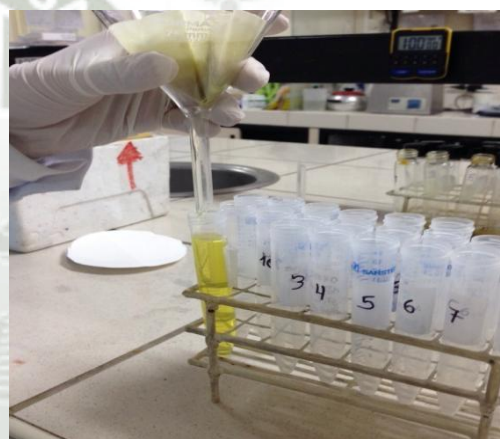
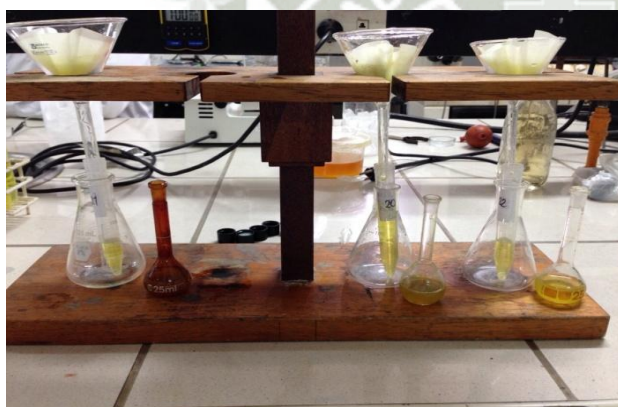
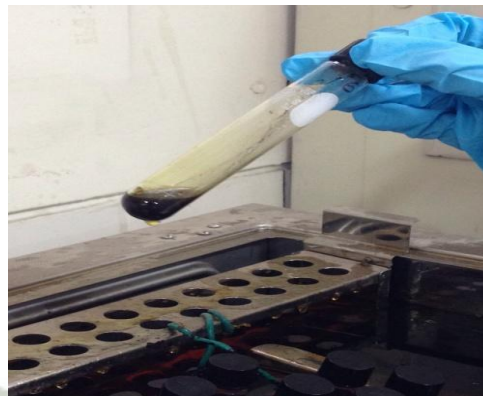
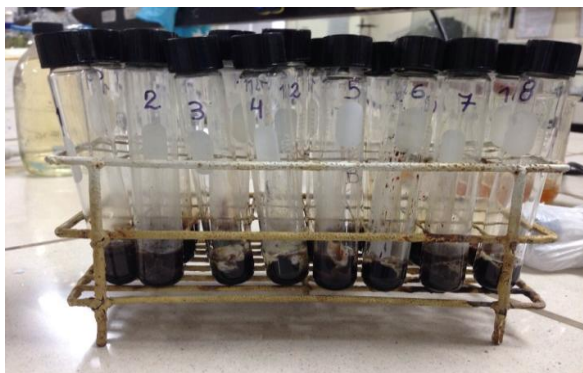


2. TOMA DE MUESTRA



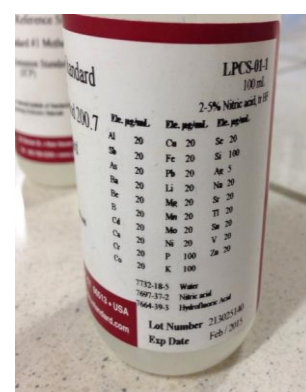
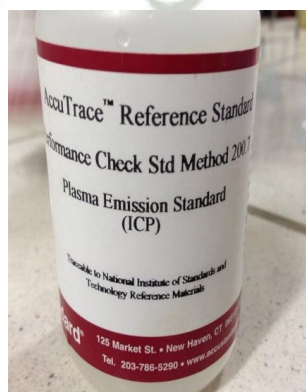
3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1. Digestión de la muestra

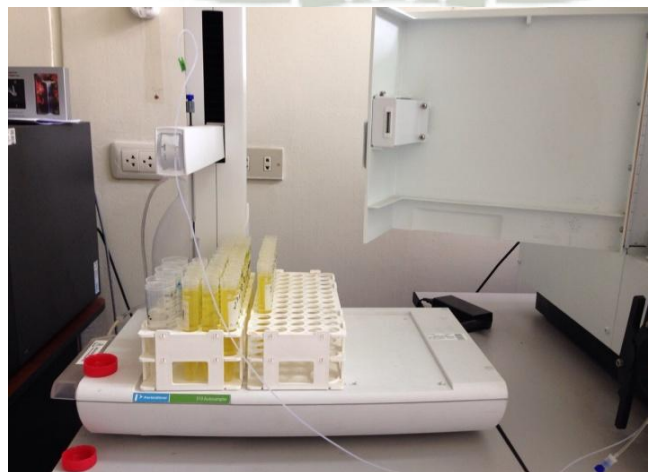
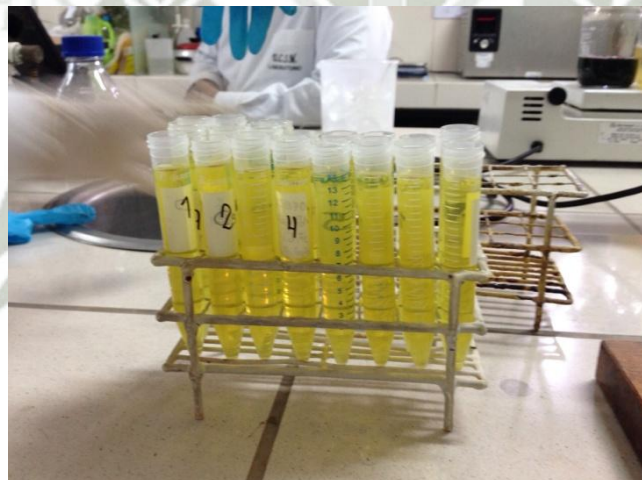
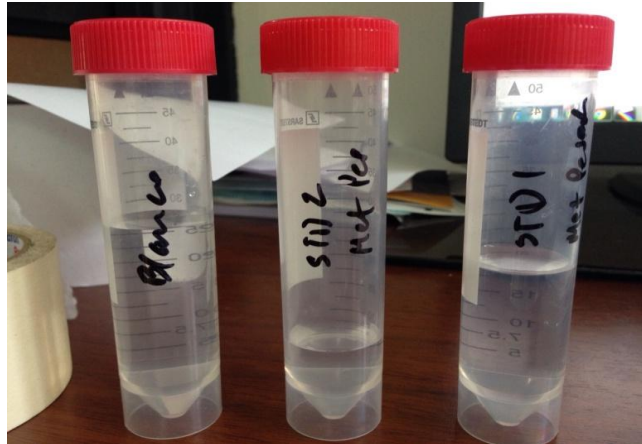


3.2. Espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (icp-oes)

- Preparación de los estándares y el blanco



- Lectura en ICP-OES



Anexo 4: Matriz de resultados

Localidad de Torata Alta

| | | | | Al 396.153 | As 193,696 | Cd 226,502 | Cr 267.716 | Pb 220,353 |
|----|-------------|------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| N° | LOCALIDAD | EDAD | GENERO | Al ug/L | As ug/dL | Cd ug/L | Cr ug/mL | Pb ug/dL |
| 1 | Torata Alta | 67 | Femenino | 41.630 | 0.474 | 67.200 | 0.000 | 10.456 |
| 2 | Torata Alta | 54 | Masculino | 58.060 | 0.108 | 74.200 | 0.001 | 29.032 |
| 3 | Torata Alta | 71 | Femenino | 37.500 | 0.416 | 67.200 | 0.001 | 9.304 |
| 4 | Torata Alta | 42 | Femenino | 58.060 | 0.108 | 67.200 | 0.001 | 29.032 |
| 5 | Torata Alta | 51 | Masculino | 37.500 | 0.416 | 65.800 | 0.001 | 9.304 |
| 6 | Torata Alta | 75 | Masculino | 66.240 | 7.300 | 74.200 | 0.000 | 79.300 |
| 7 | Torata Alta | 68 | Masculino | 253.100 | 0.000 | 94.000 | 0.011 | 0.900 |
| 8 | Torata Alta | 53 | Femenino | 262.900 | 0.000 | 109.200 | 0.000 | 2.300 |
| 9 | Torata Alta | 42 | Femenino | 6.860 | 0.000 | 4.200 | 0.000 | 0.200 |
| 10 | Torata Alta | 64 | Masculino | 4.550 | 0.000 | 2.800 | 0.000 | 0.200 |
| 11 | Torata Alta | 70 | Masculino | 3.450 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 10.300 |
| 12 | Torata Alta | 55 | Femenino | 5.870 | 0.000 | 4.200 | 0.000 | 0.200 |
| 13 | Torata Alta | 73 | Masculino | 18.300 | 0.000 | 42.000 | 0.000 | 0.200 |
| 14 | Torata Alta | 61 | Masculino | 22.240 | 0.462 | 60.200 | 0.001 | 19.384 |
| 15 | Torata Alta | 77 | Masculino | 24.580 | 0.454 | 65.800 | 0.000 | 2.968 |
| 16 | Torata Alta | 69 | Masculino | 18.260 | 0.408 | 37.800 | 0.001 | 8.008 |
| 17 | Torata Alta | 72 | Masculino | 14.170 | 0.440 | 35.000 | 0.001 | 21.832 |
| 18 | Torata Alta | 69 | Femenino | 11.910 | 0.518 | 22.400 | 0.001 | 25.288 |
| 19 | Torata Alta | 63 | Femenino | 9.980 | 0.508 | 7.000 | 0.001 | 33.496 |
| 20 | Torata Alta | 52 | Masculino | 13.220 | 0.400 | 32.200 | 0.001 | 33.496 |
| 21 | Torata Alta | 79 | Femenino | 10.700 | 0.446 | 12.600 | 0.001 | 32.920 |
| 22 | Torata Alta | 80 | Masculino | 10.500 | 0.568 | 9.800 | 0.001 | 6.280 |
| 23 | Torata Alta | 80 | Femenino | 9.230 | 0.480 | 4.200 | 0.000 | 45.448 |
| 24 | Torata Alta | 51 | Femenino | 9.730 | 0.530 | 5.600 | 0.000 | 32.632 |
| 25 | Torata Alta | 65 | Femenino | 15.530 | 0.446 | 36.000 | 0.000 | 27.304 |
| 26 | Torata Alta | 74 | Femenino | 12.420 | 0.428 | 31.000 | 0.001 | 31.192 |
| 27 | Torata Alta | 61 | Masculino | 10.460 | 0.584 | 9.800 | 0.001 | 28.168 |
| 28 | Torata Alta | 52 | Femenino | 12.200 | 0.536 | 23.800 | 0.001 | 30.472 |
| 29 | Torata Alta | 63 | Masculino | 18.690 | 0.548 | 46.200 | 0.001 | 28.456 |
| 30 | Torata Alta | 59 | Femenino | 13.840 | 0.564 | 35.000 | 0.001 | 16.504 |
| 31 | Torata Alta | 48 | Masculino | 15.430 | 0.546 | 35.000 | 0.000 | 27.448 |
| 32 | Torata Alta | 51 | Femenino | 13.640 | 0.484 | 32.200 | 0.001 | 24.136 |
| 33 | Torata Alta | 60 | Femenino | 11.860 | 0.542 | 18.200 | 0.000 | 20.248 |
| 34 | Torata Alta | 79 | Masculino | 9.730 | 0.530 | 5.600 | 0.000 | 32.632 |
| 35 | Torata Alta | 80 | Femenino | 15.530 | 0.446 | 36.000 | 0.000 | 27.304 |
| 36 | Torata Alta | 49 | Femenino | 12.420 | 0.428 | 29.400 | 0.001 | 31.192 |
| 37 | Torata Alta | 58 | Femenino | 10.460 | 0.584 | 7.000 | 0.001 | 28.168 |
| 38 | Torata Alta | 42 | Femenino | 22.240 | 0.462 | 52.000 | 0.001 | 19.384 |
| 39 | Torata Alta | 41 | Femenino | 24.580 | 0.454 | 60.200 | 0.000 | 2.968 |
| 40 | Torata Alta | 54 | Femenino | 18.260 | 0.408 | 37.000 | 0.001 | 8.008 |
| 41 | Torata Alta | 50 | Femenino | 14.170 | 0.440 | 35.000 | 0.001 | 21.832 |
| 42 | Torata Alta | 45 | Femenino | 11.910 | 0.518 | 22.400 | 0.001 | 25.288 |
| 43 | Torata Alta | 46 | Femenino | 11.860 | 0.542 | 12.600 | 0.000 | 20.248 |
| 44 | Torata Alta | 63 | Masculino | 18.690 | 0.548 | 46.200 | 0.001 | 28.456 |
| 45 | Torata Alta | 55 | Femenino | 5.870 | 0.000 | 2.800 | 0.000 | 0.200 |
| 46 | Torata Alta | 58 | Femenino | 10.460 | 0.584 | 7.000 | 0.001 | 28.168 |
| 47 | Torata Alta | 45 | Femenino | 11.910 | 0.518 | 18.200 | 0.001 | 25.288 |
| 48 | Torata Alta | 70 | Masculino | 3.450 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 10.300 |
| 49 | Torata Alta | 73 | Masculino | 18.300 | 0.000 | 41.000 | 0.000 | 0.200 |
| 50 | Torata Alta | 52 | Masculino | 13.220 | 0.400 | 32.200 | 0.001 | 33.496 |

Localidad de Torata Alta

| N° | Localidad | EDAD | GENERO | Al 396.153 | As 193,696 | Cd 226,502 | Cr 267.716 | Pb 220,353 |
|----|-----------|------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | Al ug/L | As ug/dL | Cd ug/L | Cr ug/mL | Pb ug/dL |
| 1 | Yacango | 42 | Femenino | 61.850 | 0.000 | 41.000 | 0.000 | 0.200 |
| 2 | Yacango | 71 | Femenino | 67.620 | 0.000 | 49.000 | 0.000 | 0.200 |
| 3 | Yacango | 43 | Femenino | 44.570 | 0.000 | 44.000 | 0.000 | 0.200 |
| 4 | Yacango | 46 | Femenino | 55.910 | 0.000 | 39.000 | 0.000 | 0.200 |
| 5 | Yacango | 51 | Femenino | 66.990 | 0.000 | 51.000 | 0.000 | 0.200 |
| 6 | Yacango | 54 | Masculino | 63.380 | 0.000 | 54.000 | 0.000 | 0.200 |
| 7 | Yacango | 78 | Masculino | 66.020 | 0.000 | 43.000 | 0.000 | 0.200 |
| 8 | Yacango | 46 | Femenino | 69.110 | 0.000 | 38.000 | 0.000 | 0.200 |
| 9 | Yacango | 63 | Femenino | 30.610 | 0.000 | 33.000 | 0.000 | 0.200 |
| 10 | Yacango | 78 | Masculino | 33.390 | 0.000 | 49.000 | 0.000 | 2.000 |
| 11 | Yacango | 45 | Femenino | 37.450 | 0.000 | 32.000 | 0.000 | 0.200 |
| 12 | Yacango | 78 | Masculino | 33.390 | 0.000 | 49.000 | 0.000 | 2.000 |
| 13 | Yacango | 42 | Femenino | 61.850 | 0.000 | 41.000 | 0.000 | 0.200 |
| 14 | Yacango | 56 | Femenino | 14.470 | 0.000 | 46.000 | 0.000 | 0.200 |
| 15 | Yacango | 43 | Femenino | 6.560 | 0.000 | 44.000 | 0.000 | 0.200 |
| 16 | Yacango | 74 | Masculino | 6.630 | 0.000 | 40.000 | 0.000 | 0.200 |
| 17 | Yacango | 52 | Femenino | 3.610 | 0.000 | 31.000 | 0.000 | 0.200 |
| 18 | Yacango | 56 | Masculino | 10.060 | 0.000 | 46.000 | 0.000 | 0.200 |
| 19 | Yacango | 45 | Masculino | 19.790 | 0.000 | 33.000 | 0.000 | 0.200 |
| 20 | Yacango | 72 | Femenino | 13.210 | 0.000 | 41.000 | 0.000 | 0.200 |
| 21 | Yacango | 59 | Masculino | 22.910 | 0.000 | 27.000 | 0.000 | 0.200 |
| 22 | Yacango | 69 | Masculino | 12.390 | 0.000 | 46.000 | 0.000 | 0.200 |
| 23 | Yacango | 41 | Femenino | 10.400 | 0.000 | 50.000 | 0.000 | 0.200 |
| 24 | Yacango | 40 | Femenino | 18.970 | 0.000 | 41.000 | 0.000 | 0.200 |
| 25 | Yacango | 50 | Masculino | 12.440 | 0.000 | 37.000 | 0.000 | 0.200 |
| 26 | Yacango | 48 | Masculino | 14.560 | 0.000 | 40.000 | 0.000 | 0.200 |
| 27 | Yacango | 55 | Masculino | 17.820 | 0.000 | 39.000 | 0.000 | 0.200 |
| 28 | Yacango | 59 | Femenino | 23.930 | 0.000 | 37.000 | 0.000 | 0.200 |
| 29 | Yacango | 53 | Masculino | 7.010 | 0.000 | 46.000 | 0.000 | 0.200 |
| 30 | Yacango | 57 | Femenino | 9.860 | 0.000 | 49.000 | 0.000 | 0.200 |
| 31 | Yacango | 60 | Masculino | 7.220 | 0.000 | 39.000 | 0.000 | 0.200 |
| 32 | Yacango | 58 | Femenino | 16.880 | 0.000 | 32.000 | 0.000 | 0.200 |
| 33 | Yacango | 52 | Femenino | 23.830 | 0.000 | 33.000 | 0.000 | 0.200 |
| 34 | Yacango | 49 | Masculino | 10.020 | 0.000 | 34.000 | 0.000 | 0.200 |
| 35 | Yacango | 67 | Femenino | 11.110 | 0.000 | 37.000 | 0.000 | 0.200 |
| 36 | Yacango | 74 | Masculino | 12.610 | 0.000 | 43.000 | 0.000 | 0.200 |
| 37 | Yacango | 79 | Masculino | 9.290 | 0.000 | 37.000 | 0.000 | 0.800 |
| 38 | Yacango | 46 | Masculino | 8.420 | 0.000 | 23.000 | 0.000 | 0.200 |
| 39 | Yacango | 54 | Femenino | 13.340 | 0.000 | 26.000 | 0.000 | 0.200 |
| 40 | Yacango | 80 | Masculino | 19.980 | 0.000 | 37.000 | 0.000 | 11.000 |
| 41 | Yacango | 54 | Femenino | 11.560 | 0.000 | 28.000 | 0.000 | 0.200 |
| 42 | Yacango | 62 | Femenino | 7.390 | 0.000 | 22.000 | 0.000 | 0.200 |
| 43 | Yacango | 71 | Masculino | 11.470 | 0.000 | 37.000 | 0.000 | 5.200 |
| 44 | Yacango | 55 | Masculino | 4.220 | 0.000 | 26.000 | 0.000 | 0.200 |
| 45 | Yacango | 55 | Masculino | 17.820 | 0.000 | 39.000 | 0.000 | 0.200 |
| 46 | Yacango | 53 | Masculino | 7.010 | 0.000 | 46.000 | 0.000 | 0.200 |
| 47 | Yacango | 60 | Masculino | 7.220 | 0.000 | 39.000 | 0.000 | 0.200 |
| 48 | Yacango | 72 | Femenino | 13.210 | 0.000 | 41.000 | 0.000 | 0.200 |
| 49 | Yacango | 69 | Masculino | 12.390 | 0.000 | 46.000 | 0.000 | 0.200 |
| 50 | Yacango | 80 | Masculino | 19.980 | 0.000 | 37.000 | 0.000 | 11.000 |

Anexo 5: Resumen de porcentaje de pobladores contaminados

| LOCALIDADES METALES | TORATA ALTA | YACANGO |
|------------------------|-------------|---------|
| ALUMINIO | 16 % | 26 % |
| ARSENICO | 2 % | - |
| CADMIO | 72 % | 100% |
| CROMO | - | - |
| PLOMO | 58 % | - |

Anexo 6: Principales efectos adversos en adultos en condiciones de exposición estable a largo plazo al plomo, según las concentraciones sanguíneas alcanzadas por el metal

| | |
|-------|---|
| 10 | ➤ Inhibición de la actividad de la enzima AAL-D |
| 15-20 | ➤ Elevación de protoporfirinas eritrocitarias en mujeres. |
| 20-30 | ➤ Elevación de protoporfirinas eritrocitarias en hombres. |
| 30 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminución en la conducción de nervios periféricos. ➤ Respuestas electrofisiológicas alteradas en el sistema nervioso central. ➤ Elevación de la presión arterial en hombres mayores de 40 años. ➤ ¿aberraciones cromosómicas? |
| 40 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aumento del AAL en suero y de AAL-U ➤ Aumento de las CP-U ➤ Marcado aumento de las protoporfirinas eritrocitarias. ➤ Disfunción nerviosa periférica. ➤ Alteración de función visual-motriz (coordinación ojo-mano). ➤ Alteraciones psicosensores (sueño, estado de ánimo, memoria, atención). ➤ NEFROPATÍA. ➤ Síntomas gastrointestinales. ➤ Alteraciones espermáticas. |
| 50 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminución en la producción de hemoglobina. ➤ Alteraciones morfológicas de los eritocitos. ➤ Parestesias en miembros superiores. ➤ Debilidad en miembros inferiores. ➤ Fatiga, olvido, distracción. ➤ Subencefalopatía. ➤ Alteración de la función testicular. |
| 60 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Acortamiento en la vida de hematíes. ➤ Aumento exponencial de protoporfirinas eritrocitarias. ➤ Efectos reproductivos en la mujer. ➤ Alteraciones patológicas del electromiograma. |
| 80 | ➤ Anemia franca. |
| 100 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Encefalopatía grave. ➤ Neuropatía crónica. |

Anexo 7: Fuentes que originan la contaminación ambiental en el distrito de Torata, 2008, 2010

| Casos | | 2008 | 2010 |
|---|---|------|------|
| Municipalidades informantes | | 20 | 20 |
| Municipalidades que informaron que existen fuentes contaminantes | | 20 | 17 |
| Fuentes contaminantes | Crianza de animales domésticos sin control | 12 | 11 |
| | Acumulación y quema clandestina de basura y restos | 10 | 9 |
| | Deforestación | 4 | 4 |
| | Aguas servidas | 8 | 8 |
| | Gases de vehículos motorizados | 5 | 6 |
| | Relaves mineros | 6 | 4 |
| | Ruidos | 1 | 4 |
| | Emanación de gases y partículas de fábricas o refineras | 9 | 3 |
| | Otro | 2 | - |
| Municipalidades que informaron que no existen fuentes contaminantes | | 0 | 3 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU), 2008, 2010.



Anexo 8: Población del Distrito de Torata

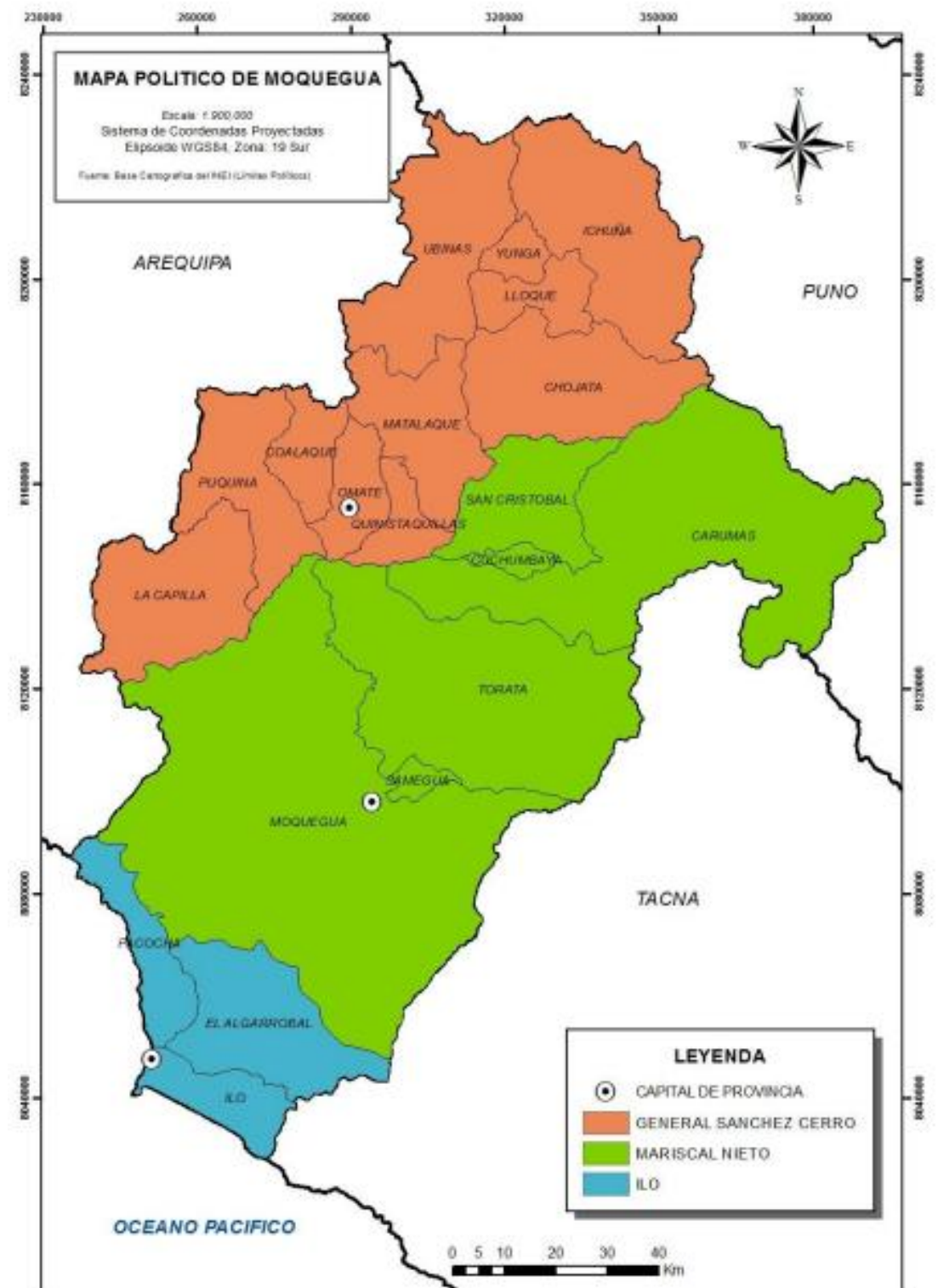
DISTRITO TORATA: POBLACION CENSADA, URBANO, RURAL SEGÚN CENSO 1940-2005

| AÑO | Población Censada | | | | |
|-------|-------------------|--------|-----|-------|-----|
| | Total Torata | Urbano | % | Rural | % |
| 1,853 | 4,204 | S/I | 0% | S/I | 0% |
| 1,940 | 3,097 | 437 | 14% | 2,660 | 86% |
| 1,961 | 3,342 | 669 | 20% | 2,673 | 80% |
| 1,972 | 3,580 | 524 | 15% | 3,056 | 85% |
| 1,981 | 8,750 | 6,348 | 73% | 2,402 | 27% |
| 1,993 | 7,897 | 5,797 | 73% | 2,100 | 27% |
| 2,005 | 5,288 | 3,882 | 73% | 1,406 | 27% |

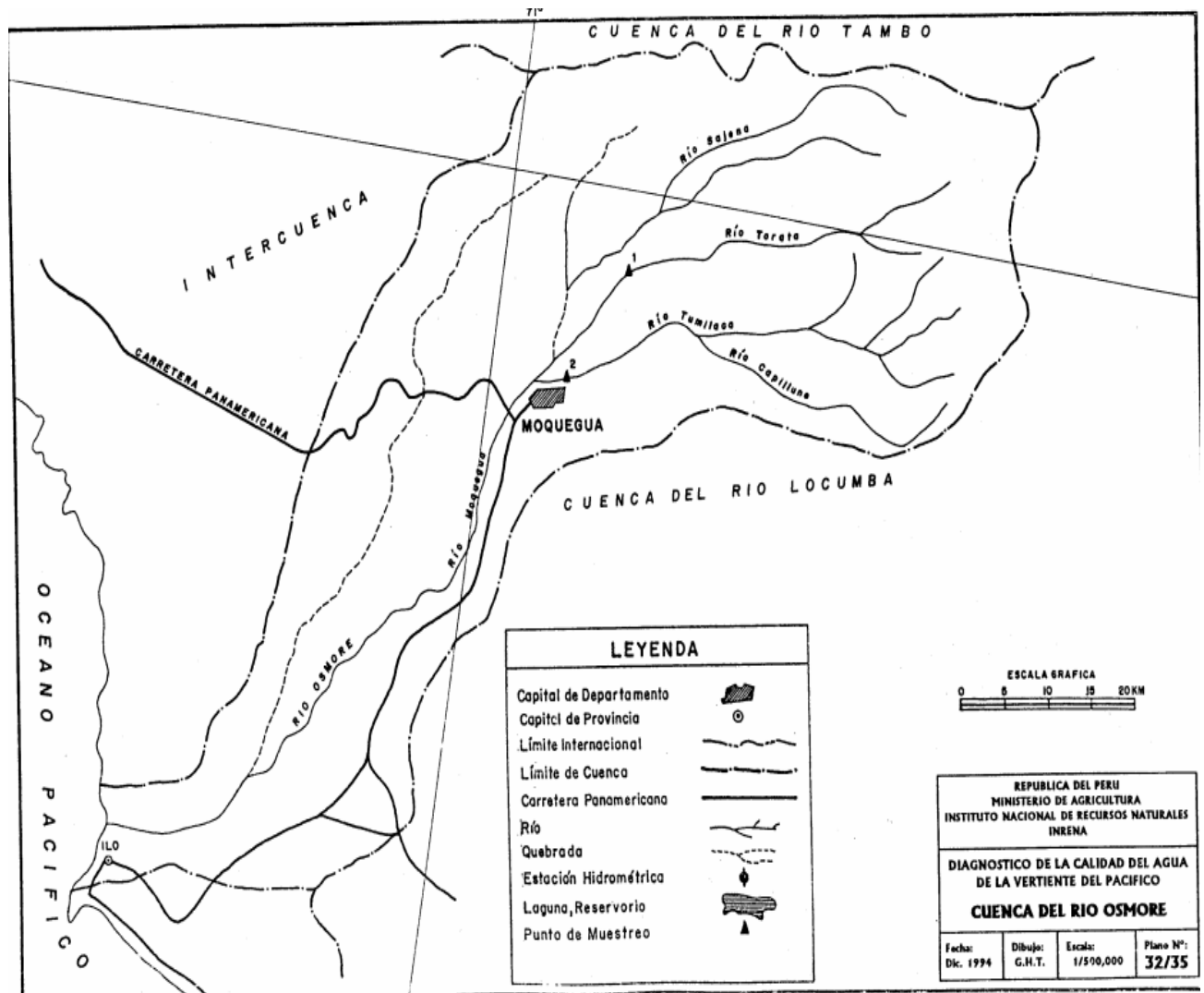
FUENTE: Censo de Población y Vivienda 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2005

ELABORACIÓN: Equipo Técnico de PDTT

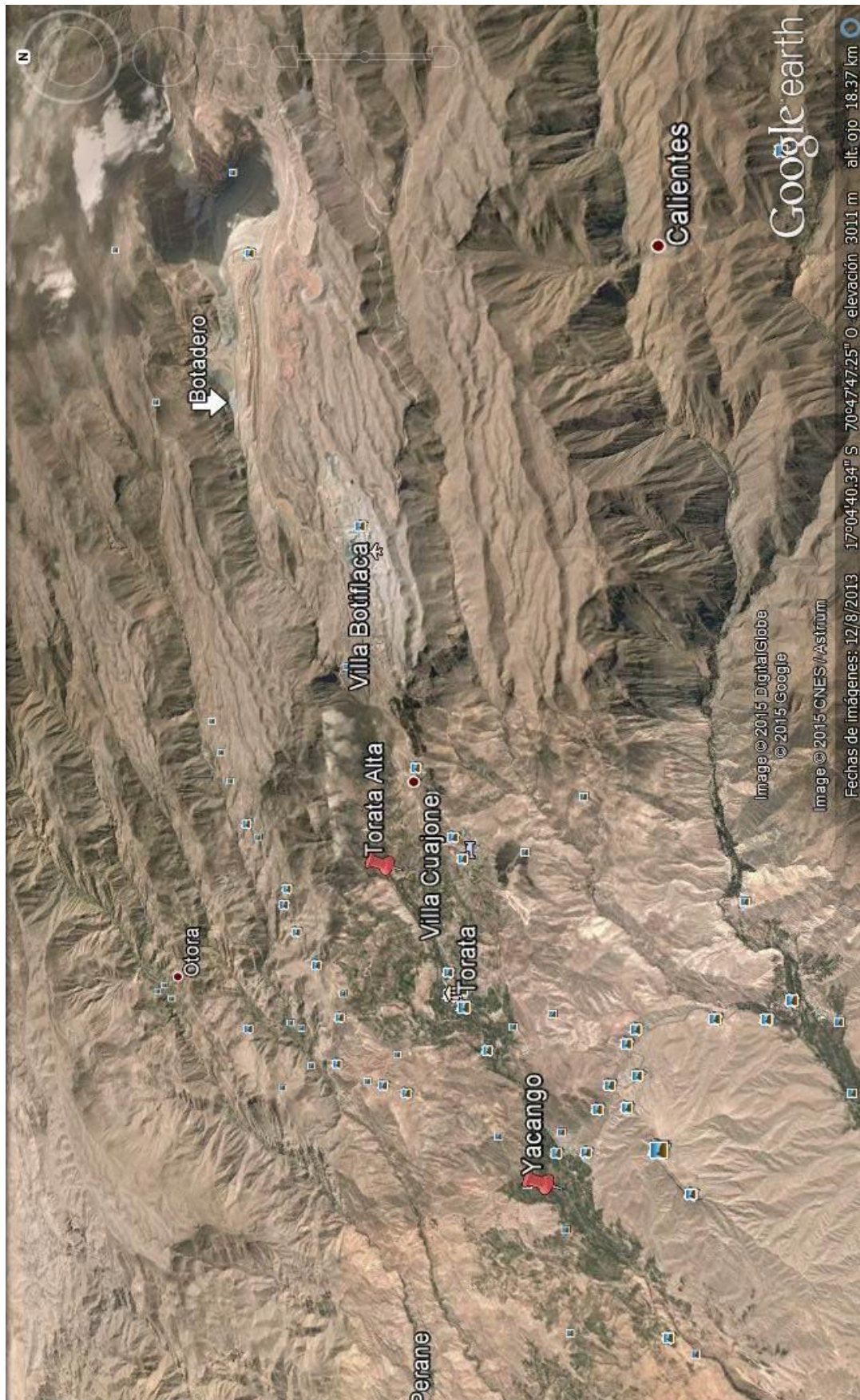
Anexo 9: Mapa Político del Departamento de Moquegua



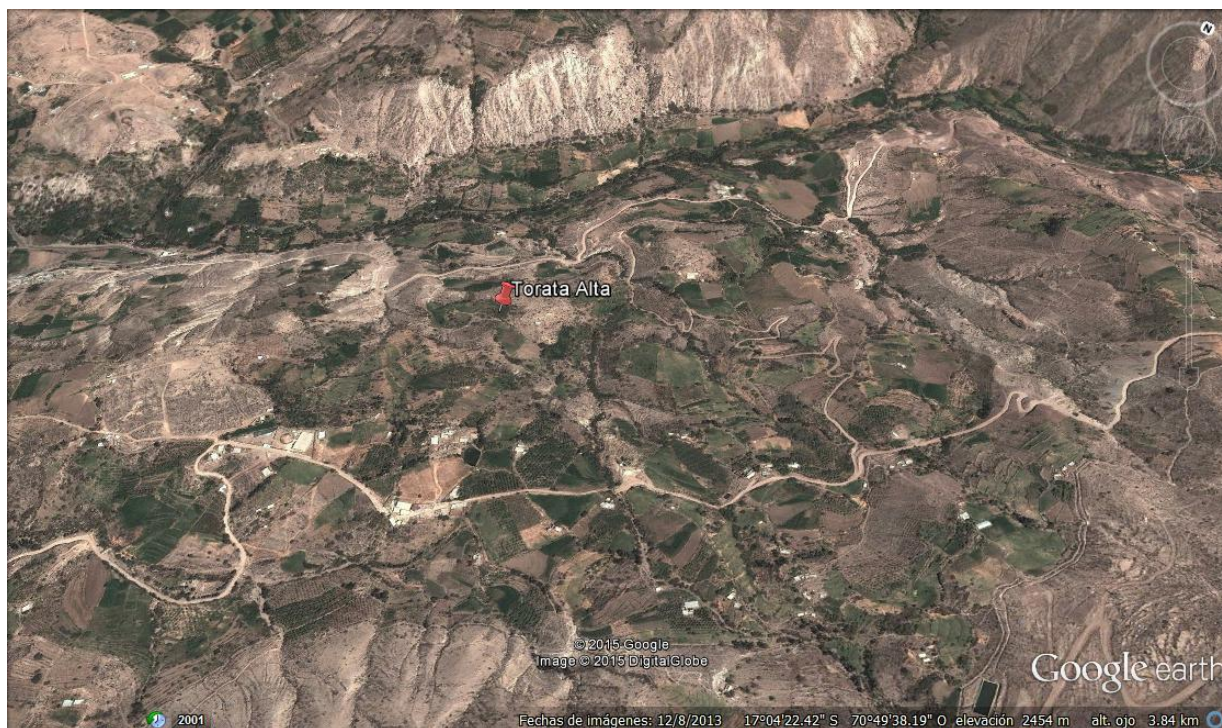
Anexo 10: Mapa Cuenca del Río Osmore - Moquegua



Anexo 11: Ubicación geográfica de las localidades de Torata Alta y Yacango



Localidad de Torata Alta



Localidad de Yacango

