



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA LABORATORIO CLÍNICO

INFORME DE INVESTIGACIÓN SOBRE:

**“DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MINEROS ARTESANALES EN
LA COMUNIDAD PUZUNO DE LA CIUDAD DEL TENA”**

Requisito previo para optar el Título de Licenciado en Laboratorio Clínico

Autora: Muñoz García, Andrea Gabriela

Tutora: Lcda. Castillo Mejía, María Elena

Ambato - Ecuador

Marzo 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutora del trabajo de investigación sobre el tema

“DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MINEROS ARTESANALES EN LA COMUNIDAD PUZUNO DE LA CIUDAD DEL TENA” de Andrea Gabriela Muñoz García, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ambato, Noviembre del 2015.

LA TUTORA

.....

Lcda. Castillo Mejía, María Elena

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el Trabajo de Investigación “**DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MINEROS ARTESANALES EN LA COMUNIDAD PUZUNO DE LA CIUDAD DEL TENA**” como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este trabajo de grado.

Ambato, Noviembre del 2015.

LA AUTORA

.....

Muñoz García, Andrea Gabriela

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de esta tesis o parte de ella un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi tesis, con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de esta tesis, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, Noviembre del 2015.

LA AUTORA

.....

Muñoz García, Andrea Gabriela

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación, sobre el tema **“DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MINEROS ARTESANALES EN LA COMUNIDAD PUZUNO DE LA CIUDAD DEL TENA”** de Andrea Gabriela, Muñoz García estudiante de la carrera de Laboratorio Clínico.

Ambato, Marzo 2016.

Para constancia firman

.....

PRESIDENTE/A

.....

1er VOCAL

.....

2do VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Patricio y Alexandra por ser mi pilar fundamental en cada momento de mi vida y darme una Carrera para mi futuro.

A mis hermanas Naty, Paty y Sofy por ser las mejores y estar conmigo en cada momento brindándome su apoyo incondicional.

A Mario por ser una parte muy importante de mi vida por haberme apoyado en las buenas y en las malas.

A mis amigas por brindarme una amistad sincera y estar ahí en cada momento

A cada persona que me ayudo e lograr mi objetivo

Andrea Gabriela Muñoz García

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, la motivación constante que me ha permitido estar en donde estoy, pero más que nada por su amor

A mi padre por los ejemplos de perseverancia y constancia por enseñarme que las cosas con sacrificio son las que valen la pena y por su amor

A mis hermanas por su ayuda con sus conocimientos, su tiempo y por alentarme siempre a salir adelante

A mí cuñado Joel por su colaboración para la culminación de este proyecto.

A mi persona favorita por acompañarme en todo momento, por su paciencia y su tiempo brindado.

A mi tutora Lic. María Elena Castillo por la confianza, tiempo y dedicación por guiarme de la mejor manera a la culminación de este proyecto. A cada uno de los docentes de la Universidad Técnica de Ambato por impartir sus conocimientos y ayudarnos en la etapa universitaria y me ayudaron en asesorías y dudas durante la elaboración de m proyecto y mi carrera universitaria.

Andrea Gabriela Muñoz García

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	2
EL PROBLEMA	2
1.1 TEMA:.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	2
1.2.1 CONTEXTO.....	2
MERCURIO Y MINERÍA EN AMERICA LATINA.....	4
LA MINERÍA EN EL ECUADOR.....	4
1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	5
1.3) JUSTIFICACIÓN:	5
Objetivo General:	7
Objetivos específicos:.....	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 ESTADO DEL ARTE	8
2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO	11
2.2.1 METALES PESADOS.....	11
2.2.2 MERCURIO.....	12
Datos:.....	13
FORMAS DEL MERCURIO:.....	13
METABOLISMO DEL MERCURIO	15
CINÉTICA DEL MERCURIO	16
TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN	16
BIOTRANSFORMACIÓN DEL MERCURIO	18

MECANISMO DE ACCIÓN.....	18
ELIMINACIÓN	19
TOXICIDAD DEL MERCURIO	20
2.2.3 EXPOSICIÓN AL MERCURIO	21
SINTOMAS DE INTOXICACIÓN POR MERCURIO	22
2.2.4 HIDRARGISMO.....	25
2.2.5 PRUEBAS DE LABORATORIO CLINICO	27
PREVENCIÓN	28
TRATAMIENTO	28
2.2.6 MINERIA	29
TIPOS DE MINERIA.....	29
MINERIA ARTESANAL Y MINERIA DE PEQUEÑA ESCALA.....	31
2.2.7 USO DEL MERCURIO EN LA MINERIA ARTESANAL	33
TECNOLOGÍA Y TECNICAS EN LA MINERIA AURIFERA ARTESANAL Y DE PEQUEÑA ESCALA	34
Explotación del mineral.....	34
CONCENTRACION GRAVIMETRICA	35
AMALGAMACIÓN	35
PRENSADO Y DESTILACION DE AMALGAMAS.....	36
CONCENTACION GRAVIMETRICA EN MINERIA DE ALUVION	38
DESTILACION DE AMALGAMAS EN MINERIA DE ALUVION	39
2.3 HIPÓTESIS O SUPUESTOS	40
CAPÍTULO III	41
MARCO METODOLÓGICO	41
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN:	41
3.2 SELECCIÓN DEL ÁREA O ÁMBITO DE ESTUDIO	41
3.3 POBLACION	41
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	42
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	42
DISEÑO MUESTRAL	42
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
3.5 DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN	44
MATERIALES PARA TOMA DE MUESTRAS	44
CONDICIONES DE ESTUDIO	45
CONDICIONES DEL PACIENTE	45

CONDICIONES DE LAS MUESTRAS SANGUÍNEAS	45
PROTOCOLO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS SANGUINEAS.....	45
MÉTODO Y TÉCNICA PARA LA DETERMINACION DE MERCURIO	47
DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN SANGRE TOTAL POR EL METODO: ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO (ICP-MS)	47
ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO (ICP-MS)	63
PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	72
3.6) ASPECTOS ÉTICOS	72
CAPÍTULO IV.....	73
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
4.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA	73
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPOTESIS	88
CONCLUSIONES.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS.....	98
ANEXO N° 1: FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	99
ANEXO N° 2: ENCUESTA DIRIGIDA A MINEROS ARTESANALES.....	100
ANEXO N° 3: CERTIFICADO EMITIDO POR LA TUTORA PARA CONSTANCIA DEL ESTUDIO	102
ANEXO N° 4: INSERTO DE LA TECNICA PARA LA DETERMINACION DE MERCURIO SANGUINEO UTILIZADO EN ESTE ESTUDIO, EMITIDO POR NETLAB.....	103
ANEXO N° 5: RESULTADOS DE LOS EXAMENES RALIZADOS A LOS MINEROS EMITIDOS POR NETLAB.....	113
.....	113
ANEXO N° 6: FACTURA EMITIDA POR NETLAB	115
ANEXO N° 7: FOTOGRAFÍAS	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Principales propiedades anatómicas del mercurio	13
GRÁFICO 2: Mercurio elemental	15
GRÁFICO 3: Extracción informal de oro	33
GRÁFICO 4: Cuarzo en el que se encuentra el oro	34
GRÁFICO 5: Concentración gravimétrica en batea	35
GRÁFICO 6: Proceso de quema de amalgama	37
GRÁFICO 7: Minería artesanal aluvial	37
GRÁFICO 8: Amalgama	39
GRÁFICO 9: Venopunción.....	46
GRÁFICO 10: Descripción del instrumento	64
GRÁFICO 11: Generación del aerosol en un nebulizador.....	64
GRÁFICO 12: Antorcha	65
GRÁFICO 13: Detalle de la interfase.....	66
GRÁFICO 14: Esquema del funcionamiento del analizador cuadrupolar.....	67
GRÁFICO 15: Esquema de espectrómetro de masas con plasma inductivamente acoplado.....	68
GRÁFICO 16: Tiempo de trabajar en la minería.....	74
GRÁFICO 17: Conocimiento sobre la intoxicación por mercurio.....	75
GRÁFICO 18: Conocimiento sobre complicaciones de la intoxicación por mercurio.	76
GRÁFICO 19: Uso del equipo de protección personal.....	77
GRÁFICO 20: Síntomas	78
GRÁFICO 21: Consumo de mariscos.....	80
GRÁFICO 22: Vivienda cerca de la mina	81
GRÁFICO 23: Tipo de agua que consume.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: VARIABLE: Determinación de mercurio.	43
TABLA 2: Preparación de estándares intermedios de trabajo.	54
TABLA 3: Preparación para el análisis de muestras (todo los volúmenes en µl).	58
TABLA 4: Tiempo de trabajar en la minería	74
TABLA 5: Conocimiento sobre intoxicación por mercurio.	75
TABLA 6: Conocimiento sobre complicaciones de la intoxicación por mercurio. ...	76
TABLA 7: Uso del equipo de protección personal.	77
TABLA 8: Síntomas.	78
TABLA 9: Consumo de mariscos.	80
TABLA 10: Vivienda cerca de la mina.	81
TABLA 11: Tipo de agua que consume.	82
TABLA 12: Resultados obtenidos de la concentración de mercurio sanguíneo en mineros artesanales.	83
TABLA 13: Niveles elevados y normales de mercurio sanguíneo.	84
TABLA 14: Uso del equipo de protección personal y su relación con los niveles elevados de mercurio sanguíneo.	85
TABLA 15: Síntomas de mayor incidencia y su relación con los niveles elevados de mercurio sanguíneo.	86
TABLA 16: Factores de riesgo relacionados con niveles elevados de mercurio sanguíneo.	87

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO

**“DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MINEROS ARTESANALES EN
LA COMUNIDAD PUZUNO DE LA CIUDAD DEL TENA”**

Autora: Muñoz García, Andrea Gabriela

Tutora: Lcda. Castillo Mejía, María Elena

Fecha: Noviembre del 2015

RESUMEN

Durante el proceso de obtención del oro, se dan una serie de operaciones, entre ellas la amalgamación en la que se libera vapores de mercurio que son inhaladas por los trabajadores mineros.

La presente investigación tiene por objetivo determinar los niveles de mercurio en sangre en mineros artesanales.

Para la investigación se tomó como objetivos específicos cuantificar la concentración de mercurio en muestras de sangre, identificar las enfermedades más comunes relacionadas con la exposición del mercurio, establecer el porcentaje de mineros que han sido afectados por la exposición al mercurio y describir otros factores de riesgo para la salud a los que están expuestos los mineros.

La investigación se desarrolló con 25 mineros artesanales que cumplían con todos los criterios de inclusión y que además firmaron el consentimiento informado, además se

realizaron encuestas para identificar los factores predisponentes y grado de conocimiento que poseen los mineros acerca del tema planteado, en donde se encontró que el 72% de los mineros estudiados tienen niveles elevados de mercurio en sangre, relacionados principalmente por la poca importancia que le dan al uso del equipo de protección personal, se encontró que las principales manifestaciones clínicas que presentan los mineros con niveles elevados de mercurio sanguíneo son temblores en alguna parte del cuerpo, dolores de cabeza, tristeza, ansiedad y Gingivitis.

PALABRAS CLAVES: AMALGAMACIÓN, MERCURIO, MINERIA ARTESANAL, GINGIVITIS.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF HEALTH SCIENCES

CLINICAL LABORATORY CAREER

**“IDENTIFY THE LEVELS OF MERCURY IN THE BLOOD OF
HANDICRAFT MINERS AT PUZNUNO COMMUNITY IN TENA CITY”**

Author: Muñoz García, Andrea Gabriela

Tutor: Lcda. Castillo Mejía, María Elena

Date: November 2015

SUMMARY

During the process of obtaining gold, a series of processes occur.

Within these processes, amalgamation takes place; Mercury vapor is released and then inhaled by mine workers.

The objective of the current research is to identify the levels of mercury in the blood of handicraft miners.

The specific objectives of the research is to quantify the concentration of Mercury in a sample of blood, identify the most common sicknesses related with exposure to Mercury, establish the percent of miners that have been affected by the exposure to Mercury and describe other risk factors for those who are exposed to the mines.

The research begins with 25 handicraft miners who met all the inclusion criteria and signed the consent form and moreover filled out surveys to identify the

predisposition factors and level of knowledge that miners possess about the outlined theme, in which it was found that 72% of the miners studied have elevated levels of Mercury in the blood, principally related with the small importance given to the use of personal protection equipment, it was found that the principal clinical manifestations that the miners demonstrate with high levels of Mercury in the blood are body shakes in some part of the body, headaches, sadness, anxiety and Gingivitis.

KEYWORDS: amalgamation, mercury, handicraft miners, Gingivitis

INTRODUCCIÓN

La peste que mata lentamente a los pueblos del oro.

El mercurio es un metal noble pesado y se da en una gran variedad de formas entre las que se encuentran: Mercurio elemental (Metal blanco plateado brillante, en estado líquido a temperatura ambiente), Mercurio inorgánico. (Se forma cuando el mercurio se mezcla con otro tipo de elementos distintos al carbono) y Mercurio orgánico (Cuando el mercurio se combina con carbono).

Dado que el mercurio es una neurotoxina que afecta el cerebelo, que es la parte de cerebro que te ayuda a mover correctamente y a coordinar tus movimientos. El mercurio también afecta los riñones y otros órganos, pero el daño neurológico es irreversible.

Además se presenta daño al ADN y cromosomas, reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza, efectos negativos en la reproducción, daños en período de gestación y lactancia

En la minería artesanal utiliza la amalgamación del oro como proceso para su extracción de las rocas que lo contienen. Este proceso es realizado utilizando mercurio elemental, el cual forma aleaciones con varios metales, entre ellos el oro, y de esta forma logra extraerlo del material rocoso. Una vez formada la amalgama oro-mercurio, esta es calentada y el mercurio elemental evaporado, quedando una mezcla de oro y otros metales en menor proporción. El mercurio evaporado es inhalado directamente por los mineros en varias etapas de la extracción aurífera, especialmente durante la quema de la amalgama, por lo que en la cadena productiva, los más afectados son los quemadores de amalgamas

La gran mayoría de mineros lo utiliza sin saber los grandes riesgos y peligros que conlleva, sin ningún tipo de protección personal ni cuidado con el medio ambiente. , pone en riesgo a los mineros al estar expuestos por inhalación, vía oral, contacto directo con la piel y adherencia a la ropa.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA:

Determinación de mercurio en mineros artesanales en la comunidad Puzuno de la ciudad del Tena

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.2.1 CONTEXTO

El mercurio es un metal en estado líquido que se utiliza en el proceso de separación del oro el cual frecuentemente es manipulado sin elementos de protección personal, ello incrementa la exposición a los vapores de mercurio, que ingresan al organismo.

Durante el proceso de obtención del oro, se dan una serie de operaciones, entre ellas la adición de Mercurio metálico (Hg), proceso que recibe el nombre de amalgamación, la misma que consiste en una mezcla de mercurio líquido con el material de mina previamente obtenido, en el cual las finas partículas de mercurio se adhieren a las de oro. Se estima que se utilizan dos gramos de mercurio para extraer un gramo de oro. Para la separación del material se emplea la centrifugación, luego de este proceso se da lugar a la concentración y recuperación de oro, para esto se calienta la amalgama a temperaturas extremadamente altas haciendo así que mercurio se evapore. El peso de las emisiones de mercurio no recuperado es alto; estas emisiones son inhaladas por los trabajadores mineros y se precipitan sobre el terreno y la vegetación.

La explotación minera ha tenido importantes repercusiones de salud, económicas, sociales, ambientales y laborales, tanto en los países o regiones en que se practica, como a escala global. Para muchos países en desarrollo, la minería representa una parte significativa del PIB, y en muchos casos, la partida de divisas y de inversiones extranjeras más importantes.

Se estima que el 15% de oro en el mundo se extrae de forma artesanal, en pequeñas minas donde en la mayoría de ellas se usa mercurio. Los mineros que lo utilizan se arriesgan a envenenarse, envenenar a sus hijos y contaminar el suelo. La minería artesanal a pequeña escala es, después de la quema de combustible fósil, es la mayor fuente de contaminación de mercurio en el mundo (1)

El mercurio elemental y en todas sus especies, tal como el metilmercurio, son elementos tóxicos, principalmente neurotóxico y bioacumulables, que a través del proceso de amalgamiento de oro, en ríos y pequeñas industrias formales e informales, y su introducción a los ecosistemas a través del agua, aire o tierra del mercurio causa daños acumulativos tanto en los organismos vivos, humanos y marinos.

La exposición al vapor de mercurio generado por la reducción del mercurio usado en la extracción informal del metal precioso, causa extensivos daños a los pulmones y acumulación de mercurio en la sangre y finalmente en los riñones que causan daños degenerativos en los adultos. En el resto de los familiares causa igual daño, sin embargo en las mujeres embarazadas y niños menores de 12 años y ancianos, se da un deterioro de las capacidades neurológicas, de aprendizaje y movilidad similares al autismo. (2)

Los países en desarrollo se enfrentan a crecientes problemas de salud y riesgos medioambientales a causa de una aumentada exposición al mercurio, según un reciente informe de Naciones Unidas.

La Evaluación Global de Mercurio 2013, publicada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, muestra que las emisiones causadas por la minería de oro a pequeña escala en Asia, África y Sudamérica se han doblado desde 2005.

MERCURIO Y MINERIA EN AMERICA LATINA

- Sudamérica es una de las regiones en las que prolifera la llamada minería artesanal o de pequeña escala para extraer oro.
- Perú es el mayor importador de mercurio de la región, y los principales países a los que se lo compra son Estados Unidos y España.
- Otros países como Brasil, Bolivia, Ecuador y Colombia destacan en la lista de países con mineros que se dedican a esta actividad, a menudo peligrosa por realizarse con insuficientes medios y en ocasiones fuera de la legalidad.
- El uso de mercurio para extraer el oro de los depósitos de grava donde se encuentra tiene graves efectos para la salud de los mineros y también para el medio ambiente. (3)

LA MINERÍA EN EL ECUADOR

En general, la actividad minera se desarrolla principalmente en dos ámbitos: la minería metálica y la minería no-metálica (que incluye a la minería de materiales de construcción). En Ecuador, hasta ahora, la minería metálica es artesanal o de pequeña escala y tiene una incidencia marginal en la economía nacional (a pesar de ello, incluye prácticamente todas las fases de la actividad: prospección, exploración, explotación, beneficio, fundición, refinación y comercialización). Por otro lado, la

minería no-metálica y de materiales de construcción es la abastecedora de la construcción civil y tiene un amplio impacto en todo el país

De acuerdo con el tamaño de la explotación y según la Ley de Minería, el sector minero ecuatoriano se puede dividir en tres categorías: la minería artesanal y de sustento, la pequeña minería y la minería a gran escala. (4)

Estudios geológicos confirman que Ecuador posee un indudable potencial minero, ya que forman parte de los recursos minerales integrados en la gran reserva de Iberoamérica, que se presenta a lo largo de la Cordillera de los Andes y que cuenta con importantes recursos minerales metálicos

La producción de oro en el sector de Zaruma-Portovelo sigue siendo la más importante del Ecuador, con un total que varía entre 3 y 4 toneladas por año.

En determinadas zonas se continúa con la explotación artesanal e industrial a pequeña escala. (5)

1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Cuál será la concentración de mercurio en las muestras sanguíneas de los mineros artesanales en la comunidad Puzuno?

1.3) JUSTIFICACIÓN:

El presente proyecto investigativo surgió debido al gran interés de conocer la salud de los mineros artesanales que usan mercurio para extraer oro, ya que en nuestro país la extracción de oro es una fuente importante en la economía del mismo, por tanto existe gran cantidad de mineros artesanales que dependen totalmente de esta actividad para subsistir y al ser parte del equipo de salud se sabe que este producto

es altamente tóxico y puede traer consecuencias graves al estar en contacto del mismo.

El proyecto es importante ya que busca brindar una visión y acercamiento a la realidad del nivel de riesgo al que están expuestos los trabajadores del área minera así como la gente que los rodea; puesto que la carencia de información sobre los efectos en la salud hacen de ésta una actividad descontrolada y altamente contaminante con consecuencias fatales para las personas expuestas a los mismos.

Debido a que la intoxicación por mercurio no tiene efectos suficientemente dramáticos a corto plazo los mineros desconocen que la acumulación de esta sustancia lleva a problemas que van desde efectos tóxicos hasta mortales, ya que este elemento es mutagénico (altera o cambia la información genética), carcinogénico y puede ocasionar efectos negativos a nivel embrionario.

Existió originalidad debido a que en la Carrera de Laboratorio Clínico no se ha realizado un estudio especializado sobre el tema seleccionado. Se aspira a contribuir con la información que permita concientizar a los trabajadores sobre los efectos que tiene la exposición al mercurio.

El presente estudio beneficiara a los mineros artesanales de la comunidad Puzuno ya que plantea la determinación de mercurio en sangre en mineros artesanales de esta comunidad, y los datos que se obtenga en esta investigación permitirán conocer la gravedad del daño por la exposición a este elemento químico

Es factible realizarlo ya que se cuenta con los medio necesarios, además del consentimiento y la colaboración de los trabajadores del área minera.

1.4 OBJETIVOS:

Objetivo General:

Determinar los niveles de mercurio en sangre en mineros artesanales

Objetivos específicos:

- Cuantificar la concentración de mercurio en muestras de sangre de los mineros de la comunidad Puzuno
- Identificar las enfermedades más comunes relacionadas con la exposición al mercurio
- Establecer el porcentaje de mineros que han sido afectados por la exposición al mercurio
- Describir otros factores de riesgo para la salud a los que están expuestos los mineros

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

Algunas investigaciones relacionadas con el tema de investigación se resumen a continuación:

En un artículo publicado por la Universidad Nacional de Colombia en donde el Ministerio de Salud reporto que analizaron 37 expuestos directamente con la minería y 28 expuestos indirectamente, correspondientes a familiares y otras personas de la capital del Guainía.

Para realizar esta investigación se encuestó a todas las personas que participaron en el estudio para determinar la percepción del riesgo, y se tomaron muestras de sangre y cabello para establecer el nivel de mercurio.

Se encontró que el ambiente laboral, calificado como precario en el estudio, conlleva a que las personas tengan niveles de mercurio que se pueden considerar excesivos, teniendo en cuenta que el valor normal en la sangre debe ser menor a 10 µg/L (microgramos por litro).

De acuerdo con análisis de laboratorio, el resultado promedio de mercurio en mineros fue de 59,16 µg/L, y de 26,9 µg/L en el cabello. Entre los individuos indirectamente expuestos el promedio fue de 53,5 µg/L, y 22,85 µg/L en el cabello.

Del mismo modo, se midieron los niveles de mercurio de 351 niños que viven en la cuenca. El 80 % de ellos presentó concentraciones de mercurio mayores a 10 µg/L.

(6)

En una investigación titulada:

Estudio de la generación de vapores de mercurio en la extracción de oro, y sus efectos en los trabajadores de una área minera, en la cual el objetivo principal de la investigación fue analizar las condiciones de trabajo, el proceso Y las concentraciones de vapor de mercurio halladas en el ambiente laboral .La metodología empleada en el proyecto, se enmarca en herramientas como el análisis instrumental, la observación, la encuesta y la entrevista. Se ha realizado un muestreo sesgado de las concentraciones de vapor de mercurio durante todos los procesos de amalgamación que se han podido presenciar, conjuntamente con las encuestas a toda la población de cada uno de los campamentos investigados.

Para el desarrollo del trabajo de campo, se procedieron a tomar cinco muestras de aire por duplicado, además de una muestra denominada blanco, en un punto alejado del área de proceso. El monitoreo se realizó en el área donde se efectúa la actividad de amalgamado y existe mayor exposición para inhalar los vapores de mercurio.

Una vez culminada la investigación los autores han cuantificado analíticamente las concentraciones de mercurio en los campamentos mineros investigados, y se ha encontrado que los niveles promedio, en todos los casos, superan en gran medida el límite de TLV máximo admisible recomendado (El límite permisible para el mercurio en aire ambiente establecido por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists TLV general es de 0,05mg/m³);

En base a los métodos cuantitativos y cualitativos empleados por el equipo investigador del Proyecto, y a los resultados y evidencias obtenidas, se puede aseverar que existe un alto nivel de riesgo de daño a la salud de los trabajadores expuestos directamente, así como de daño del medioambiente en las áreas mineras investigadas de Ponce Enríquez, debido al uso de mercurio en el proceso de extracción de oro. Esto representa un serio problema en toda la comunidad minera, ya que si las prácticas de amalgamación de mercurio se emplean de manera generalizada, la población completa estaría también expuesta a este riesgo.

En una investigación titulada: Estudio de la generación de vapores de mercurio en la extracción de oro, y sus efectos en los trabajadores de una área minera, en la cual el objetivo principal de la investigación fue analizar las condiciones de trabajo, el

proceso y las concentraciones de vapor de mercurio halladas en el ambiente laboral. La metodología empleada en el proyecto, se enmarca en herramientas como el análisis instrumental, la observación, la encuesta y la entrevista. Se ha realizado un muestreo sesgado de las concentraciones de vapor de mercurio durante todos los procesos de amalgamación que se han podido presenciar, conjuntamente con las encuestas a toda la población de cada uno de los campamentos investigados.

Para el desarrollo del trabajo de campo, se procedieron a tomar cinco muestras de aire por duplicado, además de una muestra denominada blanco, en un punto alejado del área de proceso. El monitoreo se realizó en el área donde se efectúa la actividad de amalgamado y existe mayor exposición para inhalar los vapores de mercurio.

Una vez culminada la investigación los autores han cuantificado analíticamente las concentraciones de mercurio en los campamentos mineros investigados, y se ha encontrado que los niveles promedio, en todos los casos, superan en gran medida el límite de TLV máximo admisible recomendado (El límite permisible para el mercurio en aire ambiente establecido por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists TLV general es de 0,05mg/m³);

En base a los métodos cuantitativos y cualitativos empleados por el equipo investigador del Proyecto, y a los resultados y evidencias obtenidas, se puede aseverar que existe un alto nivel de riesgo de daño a la salud de los trabajadores expuestos directamente, así como de daño del medioambiente en las áreas mineras investigadas de Ponce Enríquez, debido al uso de mercurio en el proceso de extracción de oro. Esto representa un serio problema en toda la comunidad minera, ya que si las prácticas de amalgamación de mercurio se emplean de manera generalizada, la población completa estaría también expuesta a este riesgo. (7)

La revista Scielo en uno de sus artículos publicados en el año 2013 con el título “Daño genotóxico en trabajadores de minería artesanal expuestos al mercurio” con el objetivo de determinar el daño genotóxico en trabajadores de una minería artesanal expuestos a mercurio.

En el estudio observacional de corte transversal, se evaluaron 83 trabajadores expuestos a mercurio, de quienes se colectaron células por hisopado bucal para su

posterior tinción, revisión microscópica y recuento de micronúcleos y otras alteraciones nucleares. También se colectó orina de 24 h para la determinación de mercurio inorgánico, La determinación cuantitativa de los niveles de mercurio se realizó empleando la metodología de la espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío. Se excluyeron a personas con enfermedades degenerativas, cáncer, o que hayan estado expuestas a rayos X durante los treinta días previos al estudio.

Al terminar la investigación los autores concluyen que: En base al límite de detección de la metodología de medición, se encontró que el 16,9 % de los evaluados presentaron concentraciones de mercurio en orina mayor a 2,5 µg/L. Al realizar la comparación entre los tiempos promedios laborando y los niveles de mercurio detectados en orina, se encontró que el promedio de tiempo laborando en el grupo en que no se detectó mercurio en orina fue de $11,6 \pm 6,5$ años (rango: 1-30) y el tiempo promedio en el grupo en el cual se detectó orina fue de $14,6 \pm 7,1$ años (rango: 3-32). Se encontró además que la media de la concentración de mercurio en orina de 24 horas fue de 5,7 ug/L (8)

2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.2.1 METALES PESADOS

El concepto de metales pesado está en relación con la tabla periódica de los elementos; en ella estos metales están clasificados como metales con propiedades metálicas o con elevada densidad.

Es normal que estos metales se hallen en el medio ambiente. También se emplean en la industria para fabricar gran diversidad de productos. Para el normal funcionamiento del organismo, algunos de estos metales pueden resultar tóxicos y ocasionar lesiones en el organismo.

Por otra parte, estos metales pueden contaminar el suelo, el aire, los alimentos y el agua persistiendo además de manera indefinida en el entorno. Debido a que se trata de metales potencialmente tóxicos es común referirse a los metales pesados como metales tóxicos.

Una exposición aguda o grave puede representar una amenaza para la vida del individuo. Las exposiciones moderadas pero prolongadas en el tiempo deben monitorizarse. El organismo tan solo puede procesar pequeñas cantidades de estos metales pesados. Algunos de ellos se consideran cancerígenos y algunos pueden afectar la capacidad de producción de hematíes y leucocitos.

Los fetos y los niños pequeños son los que presentan mayor riesgo ya que una exposición incluso a concentraciones bajas o moderadas afectan al desarrollo mental, pudiendo ocasionar daños permanentes en órganos y cerebro. Muchos metales pesados pasan de la madre hacia el feto y algunos pueden pasar al bebé al amamantarlo. (9)

2.2.2 MERCURIO

El mercurio es un metal pesado, blanco plateado, líquido a la temperatura ambiente.

El Mercurio elemental es poco soluble y por tanto poco tóxico al ingerirse, pero puede emitir vapores tóxicos a cualquier temperatura y ocasionar intoxicaciones agudas y crónicas por si inhalación.

Las sales de mercurio inorgánico se presentan en dos estados de oxidación: sales monovalentes y sales divalentes (10)

Funciona muy bien en aleaciones con otros metales como oro o plata, que generalmente se conocen como “amalgamas”. Funciona como conductor de electricidad (aunque no es de los mejores) y también con el calor, pero en este último sentido, es un conductor bastante pobre.

Se trata de un elemento que ocurre en la naturaleza, cuando se calienta el cinabrio y se condensan sus vapores.

Cabe destacar que el mercurio es un elemento altamente peligroso y dañino para los seres vivos. Puede provocar enormes daños en los nervios, el hígado y los pulmones, entre otras cosas, por lo cual es muy importante ser cauteloso con su manipulación.

Datos:

- Número atómico: 80
- Masa atómica: 200,59 u
- Símbolo atómico: Hg
- Punto de fusión: -39°C
- Punto de ebullición: 357°C (11)

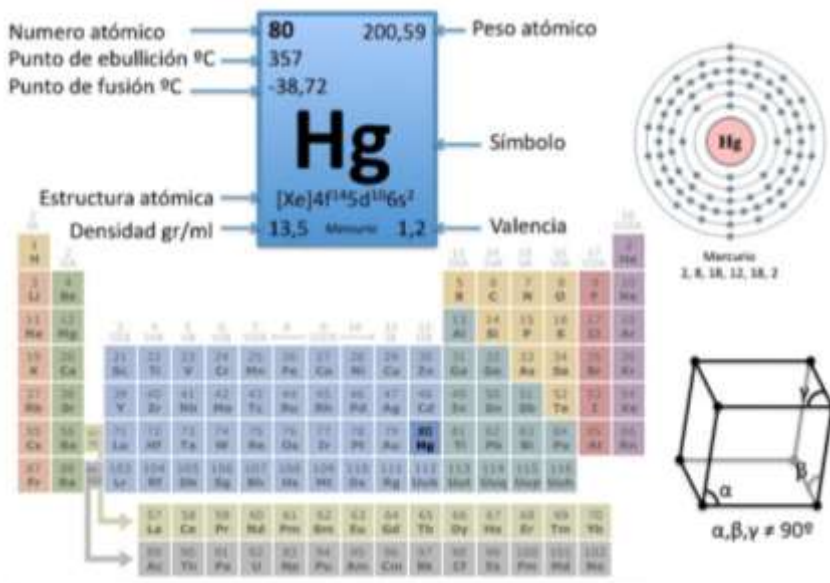


GRÁFICO 1: Principales propiedades físicas del mercurio (12)

FORMAS DEL MERCURIO:

Mercurio elemental: También llamado mercurio metálico o azogue. Es un metal brillante, de color gris plata, líquido a temperatura ambiente pero rara vez se

encuentra en esta forma en el medio ambiente. Si no se aísla, el mercurio se evapora lentamente, formando un vapor. La cantidad de vapor que se forma aumenta a medida que aumenta la temperatura.

Compuestos inorgánicos de mercurio o sales de mercurio: Se forman cuando el mercurio se combina con elementos diferentes al carbono, tales como el cloro, azufre u oxígeno. Son más comunes en el medio ambiente.

La mayoría de éstos son polvos o cristales blancos. Algunos ejemplos de sales de mercurio son el sulfuro de mercurio (HgS), óxido de mercurio (HgO) y cloruro de mercurio (HgCl₂).

A excepción de éstos, el sulfuro de mercurio es rojo y se vuelve negro con la exposición a la luz.

El cloruro de mercurio forma vapor, pero este se queda en el aire durante un periodo de tiempo más corto que el mercurio elemental. Son más solubles en agua y más reactivos.

Mercurio orgánico: También conocidos como organomercuriales. Se forman cuando se combina el mercurio con carbono y otros elementos unidos por enlaces covalentes. Algunos ejemplos de compuestos orgánicos de mercurio son el metilmercurio, dimetilmercurio, acetato de fenilmercurio y cloruro de metilmercurio.

La forma más común que encontramos en el ambiente es el metilmercurio, casi todos los tipos de metilmercurio sólidos blancos y cristalinos.

Dentro de los usos que destacan del mercurio elemental, se encuentran:

- Para extraer oro y plata de las minas (durante siglos).
- Para ayudar en la producción de productos químicos de cloro-álcali.
- En manómetros, que miden y controlan la presión.
- En termómetros
- En interruptores eléctricos y electrónicos
- En lámparas fluorescentes
- En amalgamas dentales (13)



GRÁFICO 2: Mercurio elemental (14)

METABOLISMO DEL MERCURIO

El mercurio, se absorbe por tres vías:

- Gastrointestinal
- Respiratoria
- Dérmica.

Las especies químicas que entran por la vía gastrointestinal, son el Hg metal, Hg^{2+} y las especies orgánicas de mercurio.

La absorción del primero, por esta vía es por ingesta accidental, y no se absorbe más del 0,01%, por lo que sus efectos tóxicos son prácticamente inexistentes. El Hg^{2+} , sin embargo, se puede absorber hasta un 15%, y las especies orgánicas hasta el 80%, por lo que potencialmente son muy tóxicas.

Vía respiratoria, por inhalación directa, se absorben dos especies presentes en la atmósfera, el Hg metal en forma de vapor y el HgO ; este último en forma de partículas. La absorción de éstas es del orden de un 80-90%, por lo que aquí que suponen un peligro toxicológico los vapores de Hg, por su alta absorción.

Por último, destacar la difícil absorción dérmica de las especies inorgánicas de mercurio. Las especies orgánicas de mercurio son de metabolización intracelular, mientras que las inorgánicas, se disuelven fácilmente en el plasma, sobre todo el Hg^{2+} .

Además, pueden atravesar la barrera hemato encefálica, y producen encefalopatías graves. La cantidad acumulada crece rápidamente al principio de la exposición y se

sostiene a los 69 días (tiempo de semi eliminación). En el mercurio metal la vida plasmática media es más baja, de 23-40 días

CINÉTICA DEL MERCURIO

El ingreso del mercurio es por las vías respiratoria, digestiva, cutánea o por placenta.

La vía respiratoria es por inhalación. En salud ocupacional esta vía es la más importante y, tanto el mercurio elemental como el inorgánico y sus compuestos, puede ingresar por inhalación y alcanzar la sangre con una eficiencia del 80%.

La vía digestiva es por ingestión. En el tracto gastrointestinal, el mercurio inorgánico se absorbe en cantidad menor al 0,01%, probablemente por su incapacidad de reacción con moléculas biológicamente importantes, al formar macromoléculas que dificultan su absorción y porque pasa por un proceso de oxidación. Los compuestos inorgánicos de mercurio (sales) se absorben entre 2 y 15%, dependiendo de su solubilidad. Mientras que, en contraste, la absorción de los compuestos orgánicos por esta vía es 95%, independiente de si el radical metilo está unido a una proteína o no.

La vía cutánea es por contacto. Se ha descrito casos de intoxicación por aplicación tópica de compuestos que contenían metilmercurio. No está demostrado que esta vía tenga un papel importante en la exposición ocupacional, comparada con las otras. Es más, es posible que en el caso de aplicación de pomadas, el tóxico penetre en el organismo por inhalación, a partir del ungüento puesto en la piel, más que atravesándola directamente.

TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

En general, el 90% de los compuestos orgánicos se transporta en las células rojas, mientras que 50% del mercurio inorgánico es transportado unido a la albúmina.

Como norma, a partir de la sangre su distribución en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio dinámico determinado por dosis, duración de la exposición, grado de oxidación, concentración de sus compuestos en la sangre, concentración en relación con grupos sulfhídricos libres, afinidad con los componentes celulares y velocidad de asociación/disociación del complejo mercurio-proteína.

Sin embargo, cabe destacar su gran afinidad por el encéfalo, quizá porque la mayor parte del mercurio circulante va al cerebro, más que a hígado o riñón.

En el encéfalo, tiene mayor afinidad por la sustancia gris que por la blanca. Los niveles más altos de mercurio son hallados en ciertos grupos neuronales del cerebelo, médula espinal, pedúnculos y mesencéfalo, aunque también se le ha detectado en epitelio de tiroides y páncreas, en células medulares de las glándulas adrenales, en espermatozoitos, epidermis y cristalino.

Se estima que el contenido normal de mercurio en el organismo humano oscila entre 1 y 13 miligramos, del cual 10% es metilmercurio. Su distribución en el organismo es: músculo 44 a 54%, hígado 22%, riñón 9%, sangre 9 a 15%, piel 8%, cerebro 4 a 7% e intestino 3%.

Los cationes mercuriales tanto orgánicos como inorgánicos reaccionan con gran variedad de ligantes orgánicos que se encuentran en moléculas biológicas importantes.

Los efectos tóxicos de todas las formas de mercurio inorgánico se deben a la acción de los iones mercúricos, ya que el mercurio elemental no puede formar enlaces químicos.

Los iones de mercurio inorgánico se distribuyen en los tejidos y en pocas horas se concentran especialmente en riñones, hígado, sangre, mucosa respiratoria, pared intestinal y colon, piel, glándulas salivares, corazón, músculo esquelético, cerebro y pulmón.

Después de una semana el 85 a 95 % de todo el mercurio inorgánico se almacena en el riñón.

Los mercuriales orgánicos debido a sus dos propiedades toxicocinéticas: su capacidad de atravesar membranas celulares y su gran resistencia a la biotransformación en los tejidos, se depositan a nivel del sistema nervioso central.

BIOTRANSFORMACIÓN DEL MERCURIO

Se realiza por cuatro vías:

Por oxidación del vapor de mercurio metálico a mercurio divalente: La oxidación, mediada por la hidrógeno peróxido-catalasa en los peroxisomas, determina el tiempo de permanencia del vapor inhalado (crucial para alcanzar sitios sensibles), al disminuir su liposolubilidad y por tanto su toxicidad, pero la tendencia a la bioacumulación aumenta cuando esta oxidación se realiza en los tejidos. El mercurio tiene gran afinidad por los grupos -SH de las proteínas. Éstos son tan abundantes que solo le permiten una breve presencia en estado iónico. El mercurio se une también a grupos fosforilos, carboxilo, amida y amina.

Por reducción del mercurio divalente a mercurio metálico: la reducción es mediada el sistema xantina oxidasa.

Por metilación del mercurio inorgánico: Se ha demostrado la metilación de mercurio inorgánico en ratas, pero solo entre 0,05 y 0,26% de la dosis administrada. Se desconoce el lugar exacto de esta metilación, aunque se supone pueda ser el hígado. La metilación no ha sido demostrada en humanos.

Por conversión del metilmercurio en mercurio inorgánico. En la exposición laboral crónica se conoce el proceso de biodesmetilación en varios tejidos, pero es en el hígado donde se realiza en mayor proporción. (15)

MECANISMO DE ACCIÓN

Los iones de mercurio son precipitantes de proteínas y causan necrosis severa en los puntos de contacto directo con los tejidos, fenómeno fácilmente evidenciable en los casos de intoxicación con sales inorgánicas de mercurio.

Esto ocurre especialmente a nivel de boca, esófago, piel o conjuntivas, córnea y células del tracto gastrointestinal en general y en su ruta de excreción.

El metal iónico forma enlaces covalentes con grupos sulfhidrilos con ángulo de enlace en 180 grados.

El mercurio también se combina con otros ligantes como las aminas, carboxilos, y grupos fosforilos.

La variedad de los mecanismos bioquímicos de la mayoría de los compuestos mercuriales todavía no están bien enunciados, como son la precipitación de proteínas y los efectos inhibidores a diferentes niveles.

Sin embargo algunos informes postulan que el mercurio se combina primero con los grupos funcionales de la membrana celular. El ion entra entonces a la célula primero lentamente y luego más rápidamente. Se inhibe entonces la captación celular de glucosa durante la primera etapa y en la segunda, la respiración celular progresivamente.

Cuando se rompe la membrana celular se inhibe completamente la respiración.

Se observa también un decrecimiento del potencial eléctrico a través de la membrana y una pérdida de potasio celular. El mercurio produce hemólisis de los glóbulos rojos y porfiria

ELIMINACIÓN

El mercurio absorbido se elimina principalmente por la orina, aunque también se encuentran fracciones en las heces, divididas a secreción dentro del lumen gastrointestinal, especialmente a nivel del colon, por bilis, saliva y jugos gástricos e intestinales.

La eliminación empieza inmediatamente se absorbe y continua a velocidades altas. El tejido renal retiene mercurio con gran tenacidad, el almacenamiento en dicho órgano, y en menor grado la eliminación urinaria, nos indican la severidad de la exposición.

La vida media del mercurio es de aproximadamente 2 meses.

Los alquilvercuriales de cadena corta, debido a su capacidad de atravesar membranas presentan recirculación enterohepática, especialmente el metilvercurio. Una porción de lo eliminado por bilis se encuentra unido a proteínas y la otra será formada por complejos mercuriales de bajo peso molecular.

Se ha notado que al paso por la vesícula biliar se producen cambios en la distribución del metilvercurio; las sales mercuriales que llegan al intestino son liposolubles por lo cual se pueden reabsorber creando ciclos enterohepáticos. Por eso se dice que los alquilvercuriales son más tóxicos que otras formas mercuriales, debido a que el organismo humano lo absorbe más y lo excreta en mayor cantidad. (16)

TOXICIDAD DEL MERCURIO

El mercurio es un metal pesado y su presencia en el cuerpo humano resulta tóxica a partir de ciertos niveles críticos que dependen fundamentalmente, de las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta. Asimismo, depende de las variaciones en la exposición, absorción, metabolización y excreción en cualquier situación dada.

También es diferente, según su especie química, y si la intoxicación es aguda o crónica.

Intoxicaciones agudas

El Hg metal presenta un cuadro clínico de debilidad, escalofríos, sabor metálico, náuseas, vómitos, diarrea, tos y opresión torácica. Basta una exposición breve al vapor de Hg para producir los síntomas en pocas horas. El Hg²⁺ precipita proteínas de las mucosas y da un aspecto ceniciento a la boca, faringe e intestino, con dolor intenso y vómitos por el efecto corrosivo sobre la mucosa del estómago, que produce shock y muerte. La recuperación se produce solo con un tratamiento rápido. Los derivados orgánicos no suelen producir intoxicaciones agudas, y cuando éstas tienen lugar son irreversibles y producen la muerte del individuo.

Intoxicaciones crónicas

El Hg metal, produce efectos neurológicos y el llamado síndrome vegetativo asténico, cuyos efectos son: bocio, taquicardia, pulso lábil, gingivitis, irritabilidad, temblores, pérdida memoria y salivación intensa. Estos efectos son reversibles. El Hg²⁺, presenta un cuadro clínico de fuerte sabor metálico, estomatitis, gingivitis, aflojamiento de dientes, aliento fétido, así como una toxicidad renal grave, por necrosis tubular renal. Típica de los efectos tóxicos de este catión, y de los calomelanos es la llamada enfermedad rosa o acrodinia¹⁷, que es una reacción de hipersensibilidad, con eritema en extremidades tórax y cara, fotofobia, taquicardia y diarrea. Estos cuadros clínicos presentan una buena recuperación. Los derivados orgánicos producen una reducción del campo visual irreversible, dificultad auditiva, así mismo irreversible, ataxia, parálisis y muerte. Los efectos, dependen de la dosis, produciéndose los dos primeros a bajas concentraciones, y los últimos a altas concentraciones del tóxico. Además son teratógenos, y afectan al feto, con retardo mental y deficiencias neuromusculares. (17)

El mercurio orgánico es más tóxico; se acumula en los hematíes y el SNC. La mayor parte se excreta lentamente en las heces con una semivida de 70 días. Solo un 10% se excreta en la orina; los niveles en orina pueden ser normales, incluso en caso de exposición significativa. El fenil y el metoxietilmercurio son menos tóxicos y muestran niveles más altos en orina. (18)

2.2.3 EXPOSICIÓN AL MERCURIO

Todas las personas están expuestas a cierto nivel de mercurio. En la mayoría de los casos se trata de niveles bajos, debidos casi siempre a una exposición crónica

Pero a veces la gente se ve expuesta a niveles elevados de mercurio, como ocurre en caso de exposición laboral

Entre los factores que determinan eventuales efectos sobre la salud, así como su gravedad, están los siguientes:

- La forma de mercurio de que se trate
- La dosis
- La edad o el estadio de desarrollo de la persona expuesta
- La duración de la exposición
- La vía de exposición (inhalación, ingestión o contacto cutáneo).

En términos generales hay dos grupos especialmente vulnerables a los efectos del mercurio.

Los fetos son sensibles sobre todo a sus efectos sobre el desarrollo. La exposición intrauterina a metilmercurio por consumo materno de pescado o marisco puede dañar el cerebro y el sistema nervioso en pleno crecimiento del bebé.

La principal consecuencia sanitaria del metilmercurio es la alteración del desarrollo neurológico.

Por ello la exposición a esta sustancia durante la etapa fetal puede afectar ulteriormente al pensamiento cognitivo, la memoria, la capacidad de concentración, el lenguaje y las aptitudes motoras y espacio-visuales finas del niño.

El segundo grupo es el de las personas expuestas de forma sistemática (exposición crónica) a niveles elevados de mercurio (19)

SINTOMAS DE INTOXICACIÓN POR MERCURIO

MERCURIO ELEMENTAL

Por lo regular es inofensivo en caso de ser ingerido o tocado. Es tan denso y resbaladizo que generalmente se desprende de la piel o del estómago sin ser absorbido.

Sin embargo, se puede presentar daño considerable si el mercurio se convierte en gotitas aéreas pequeñas que se inhalan hacia los pulmones.

Esto a menudo puede ocurrir por error cuando la gente trata de aspirar el mercurio que se ha derramado en el suelo.

La inhalación del mercurio elemental causa síntomas inmediatamente si se inhala lo suficiente.

Los síntomas también se presentan con el tiempo si se inhalan pequeñas cantidades de mercurio todos los días. Si esto ocurre, los síntomas pueden abarcar:

- Sabor metálico
- Vómitos
- Dificultad respiratoria
- Tos fuerte
- Encías inflamadas y sangrantes

Dependiendo de la cantidad de mercurio inhalado, se puede presentar daño pulmonar permanente y la muerte. Asimismo, se puede presentar daño cerebral a largo plazo a raíz de la inhalación de mercurio elemental.

MERCURIO INORGÁNICO

A diferencia del mercurio elemental, el mercurio inorgánico generalmente es tóxico cuando se lo ingiere. Dependiendo de la cantidad ingerida, los síntomas pueden abarcar:

- Ardor en el estómago y en la garganta.

- Diarrea y vómitos con sangre.

Si el mercurio inorgánico ingresa al torrente sanguíneo, puede atacar los riñones y el cerebro, y presentarse insuficiencia y daño renal permanente. Una sobredosis grande puede ocasionar sangrado profuso y pérdida de líquidos por la diarrea e insuficiencia renal, lo cual provoca la muerte.

MERCURIO ORGÁNICO

Puede causar enfermedad si es inhalado, ingerido o puesto sobre la piel por períodos de tiempo prolongados.

Este tipo de mercurio generalmente causa problemas en años o décadas, mas no inmediatamente. En otras palabras, estar expuesto a pequeñas cantidades de mercurio orgánico todos los días durante años probablemente hará que los síntomas aparezcan posteriormente. A pesar de todo, una sola exposición grande también puede causar problemas.

La exposición prolongada probablemente cause síntomas neurológicos, como:

- Entumecimiento o dolor en ciertas partes de la piel.
- Estremecimiento o temblor incontrolable.
- Incapacidad para caminar bien.
- Ceguera y visión doble.
- Problemas con la memoria.
- Convulsiones y muerte (con grandes exposiciones).

La evidencia médica sugiere que estar expuesto a grandes cantidades del mercurio orgánico llamado metilmercurio durante el embarazo puede dañar en forma permanente el cerebro en desarrollo del bebé. (20)

2.2.4 HIDRARGISMO

La exposición a mercurio asociada a malas prácticas de higiene laboral favorece el desarrollo de la intoxicación ocupacional, que se manifiesta por el cuadro clínico denominado mercurialismo o hidrargirismo, que tiene características propias de acuerdo a su fase toxico cinética.

En la fase de absorción o impregnación, los síntomas son generales e inespecíficos: pérdida de apetito, adelgazamiento, cansancio fácil, cefalea, mareos, insomnio, artralgias y parestesias. (21)

En la fase de intoxicación, encontramos ya el cuadro patognomónico, con los siguientes síndromes:

Síndrome digestivo: caracterizado por sabor metálico, mal aliento, náuseas, vómitos y diarrea. En muy pocos casos aún se puede ver el estigma mercurial en los dientes, coloración pardusca en los incisivos casi siempre asociado a pésima higiene bucal.

Síndrome neurológico: Constituye el cuadro clásico del mercurialismo, llamado eretismo mercurial.

En una primera fase, se evidencia por irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio, sueño agitado, temor, debilidad muscular, pérdida de memoria, excesiva timidez, susceptibilidad emocional, o depresión producidos por daño en los centros corticales del sistema nervioso central, que puede llevar a encefalitis, condicionante del síndrome psicoorgánico crónico y definitivo, que termina en la demencia del trabajador.

El signo capital descrito desde antiguo es el temblor intencional. El temblor guarda relación con la gravedad de la intoxicación y con la concentración de mercurio en los tejidos.

Se puede hallar exageración de los reflejos patelares, pero no son frecuentes espasmos musculares ni parálisis flácida. Histológicamente, se encuentra degeneración axonal y alteraciones en los paquetes sensitivos y motores.

Síndrome renal: Se ha descrito lesión glomerular de varios tipos, desde lesión mínima de aspecto semejante a la de nefrosis lipóide, hasta glomerulonefritis proliferativa extracapilar, con proliferación del epitelio de la cápsula de Bowman, y glomerulonefritis extramembranosa. Se afirma unánimemente que el sistema inmunitario es el primer órgano blanco y que solo posteriormente aparece daño renal.

Síndrome oftalmológico: Como signo precoz de intoxicación se describe casos aislados de escotomas anulares y centrales y visión tubular.

Puede haber nistagmus. Al examen con lámpara de hendidura, y también como signo temprano de intoxicación, se puede encontrar el signo de Atkinson, reflejo parduzco bilateral y simétrico en la cápsula anterior del cristalino, que no afecta la visión.

Estudios actuales apoyan el hecho que la exposición a vapores de mercurio induce un cuadro sub clínico de daño en la visión de colores, inclusive en lugares de trabajo, con indicadores de exposición menor al límite actual, lo que nos permite dudar de la protección real de ese límite en lo referido a efectos del mercurio sobre la visión.

Otras alteraciones encontradas son las siguientes:

Piel: Dermatitis de contacto localizada en manos, antebrazos o cara y lesiones hiperqueratósicas que pueden ulcerarse; y, en exposición crónica, alopecia reversible.

Rinitis y conjuntivitis causadas por acción irritativa directa del mercurio.

Sangre: Específicamente el cloruro de mercurio contenido en algunos antisépticos incrementa el colesterol, por lo que al exponerse a este compuesto puede aumentar el riesgo ateromatoso en patología preexistente de aorta.

Hipersensibilidad: En exposición a sales de mercurio inorgánico (mercurioso o mercúrico) o al fenilmercurio se puede encontrar acrodinia, reacción de hipersensibilidad caracterizada por descamación, color rosado de las mejillas y plantas de los pies y manos, fotofobia, sudoración, irritabilidad e insomnio.

Efectos teratógenos y cancerígenos: la exposición a mercurio elemental o a compuestos inorgánicos no produce cáncer ni teratogenicidad, que sí están demostrados en los compuestos orgánicos (metilmercurio).

La intoxicación mercurial ocupacional no necesariamente es causada por exposición a cantidades elevadas de mercurio en el ambiente laboral, sino que también puede ocurrir con niveles bajos de exposición (15)

2.2.5 PRUEBAS DE LABORATORIO CLINICO

HEMOGRAMA: Aparece anemia y leucocitosis. Durante la fase poliúrica de la insuficiencia renal puede aparecer una falsa poliglobulia por hemoconcentración.

BIOQUIMICA: En la fase oligúrica, se observa una uremia progresiva con aumento de la creatinina. Se produce hiperpotasemia con hiponatremia e hipocloremia, junto con acidosis metabólica con hiato aniónico aumentado. En la fase poliúrica, la urea y la creatinina disminuyen, así como el potasio, y existe un mayor descenso del sodio y cloro.

ORINA: En la fase oligúrica, existe oliguria (anuria en caso de necrosis tubular aguda) con orina hipostenúrica e incluso isostenúrica. Puede aparecer proteinuria y alteraciones en el sedimento, como cilindros granuloso, hematíes y detritus celulares.

En la fase poliúrica, aumenta el volumen urinario (poliuria), con elevada excreción urinaria de sodio y potasio. La medición del mercurio en orina es de utilidad para el diagnóstico de intoxicación crónica. Se consideran patológicas determinaciones superiores a 50 ug/día, si bien las determinaciones superiores a 300 ug/día indican toxicidad crónica por mercurio (22)

La medición de mercurio en sangre y orina confirma el diagnóstico. Las concentraciones normales de los individuos no expuestos son menores de 0.01mg/L en sangre total, y menores de 10ug/g de creatinina en orina. La relación elevada de mercurio en sangre total y en plasma indica intoxicación por mercurio alquilo. Pueden usarse las cifras de pelo y uñas para documentar exposición, aunque no se correlacionan bien con la toxicidad

PREVENCIÓN

La concientización del riesgo constante de exposición al vapor de mercurio junto con el manejo apropiado de los materiales y la atención meticulosa a la higiene en el sitio de trabajo reducirán las exposiciones potenciales. Se requiere ventilación apropiada y protección respiratoria en todas las operaciones en las que se use compuestos de mercurio. El cuidado en el manejo y la disposición de los compuestos de mercurio evitará la contaminación inadvertida del lugar de trabajo. El control de las emisiones industriales previene la contaminación de fuentes de agua.

La vigilancia médica de los trabajadores expuestos al mercurio debe incluir un interrogatorio minucioso y un examen neurológico detallado, además de exámenes de sangre y orina periódicos.

TRATAMIENTO

Después de una exposición aguda al mercurio, debe iniciarse el tratamiento oportuno con dimercaprol (5mg/kg por vía IM). La insuficiencia respiratoria y renal se trata con las medidas correspondientes. El succimero y el ácido dimercaptosuccínico también son efectivos y están indicados para la intoxicación con mercurio orgánico.

Los individuos que manifiestan síntomas de toxicidad crónica por mercurio deberán removerse de cualquier otra exposición. La decisión de dar tratamiento en tales casos depende de la gravedad de los síntomas y de si hay datos de toxicidad neurológica o renal.

La intoxicación crónica por mercurio también responde a la terapia de quelación. Las secuelas neurológicas crónicas de la intoxicación por mercurio alquilo son irreversibles (23)

2.2.6 MINERIA

La minería es el proceso de búsqueda y extracción de elementos económicamente valiosos de la superficie de la tierra, incluyendo los mares.

Es una actividad sumamente antigua que el hombre ha venido utilizando q través de los años para obtener materiales indispensables en la elaboración de bienes. Los primeros metales extraídos de una mina fueron el oro, junto con el cobre y la plata. (24)

Como toda actividad económica, la minería funciona sobre la base de normas y encuadres de tipo legal, técnico y comercial.

La minería tiene algunas diferencias importantes con otras actividades productivas entre las cuales se mencionan: la superposición de la propiedad minera con la del terreno, la existencia de una etapa de riesgo y el carácter no renovable de los recursos. (25)

TIPOS DE MINERIA

Clasificación de la minería

La minería, a un nivel global, se puede dividir en varios grupos o cuarteles. A un nivel general se puede decir que la minería se divide en:

Minas superficiales.

Estas minas se usan el 60% de los países mineros en el mundo, este tipo de mina está asociado a cualquier mineral y puede ser utilizada en general para todo tipo de metal en la superficie. Las minas superficiales también pueden ser utilizadas en general para todo tipo de metal en la superficie. Las minas superficiales también pueden estar asociadas a diferente nombre con su correspondiente metal o mineral.

Minas a cielo abierto.

Son minas que adoptan una forma de terraza. Esta mina se puede utilizar en la extracción de metales, tiene forma cilíndrica y se forma diferente desde el risco hasta el suelo. Muchas minas empiezan como superficiales, pero cuando los escombros son muchos las minas cambian y se utilizan métodos de minas subterráneas.

Explotaciones al descubierto.

Su principal diferencia con las minas superficiales es que el material que se extrae de la excavación o denotación no se deja en los lugares lejanos o alrededores de la mina, sino que se deja en la misma cavidad explotada. Por lo tanto estas minas se van rellenando hasta el momento en que se inició la explotación.

Canteras.

Son muy similares a las de cielo abierto, con la diferencia de que en este tipo de mina se usa principalmente para la extracción de materiales de construcción. A su vez, esto hace que con el pasar del tiempo se convierta en una gran excavación.

Minas de placer.

Los placeres suelen ser partículas minerales que se mezclan con arena y grava y que generalmente se encuentran en los lechos de ríos, ya que la mayoría de estas minas son propias de ríos actuales o ríos fósiles.

En estas minas se pueden encontrar varios metales como oro, platino, estaño, gemas como diamantes, rubíes.

Minería subterránea.

Esta minería se trabaja en el subsuelo, lo cual hace que en el yacimiento o mina se acumulen polvo, gases, explosiones y riesgos de derrumbe del techo, por este motivo estas minas usan estrictos controles de seguridad con tal de salvaguardar la vida de sus trabajadores.

Minería por pozos.

Hoy en día es mucho más práctica la extracción de minerales por medio de pozos que se cavan en la tierra

Tipo de minería usada en el Ecuador.

En el Ecuador se presentan solo dos tipos de minas, debido a su estructuración geográfica que se puede encontrar en los terrenos mineros. Los más representativos son: minería a cielo abierto y la minería subterránea (26)

MINERIA ARTESANAL Y MINERIA DE PEQUEÑA ESCALA

Se refiere en términos generales a la minería practicada por individuos, grupos o comunidades, usualmente de manera informal (ilegal), llevadas a cabo utilizando poca tecnología y maquinaria, se estima que más de 100 millones de personas realizan esta actividad especialmente en países en vías de desarrollo.

Ante la ausencia de una definición universalmente aceptada, la minería artesanal y de pequeña escala es usualmente caracterizada por los siguientes aspectos:

- El uso mínimo de maquinaria y tecnología. Se utiliza técnicas simples que requieren de un mayor esfuerzo físico de las personas.
- La explotación de recursos naturales sin contar con los títulos de la minería, ni contratos de trabajo, ni una compañía que respalde el trabajo.
- La baja productividad debido al uso de técnicas ineficientes y que usualmente se realiza en pequeñas parcelas y en terrenos de superficies, con el objeto de aumentar los hallazgos usualmente repite sus procesos de explotación sobre las mismas áreas.
- La falta de medidas de seguridad, de atención de salud y de protección del ambiente.
- La inseguridad económica

La minería artesanal puede afectar negativamente a las comunidades, usualmente no cuentan con adecuadas condiciones de sanidad y de atención de salud por lo que generalmente su presencia aumenta enfermedades transmisibles. Además también los niños también están involucrados en las actividades de minería artesanal y de pequeña escala lo que genera mayores problemas de salud, tanto físicos como psicológicos.

La falta de formalidad también afecta la seguridad de los trabajadores, los peligros en los lugares de trabajo incluyen la falta de capacitación, el uso de equipos obsoletos, la falta de equipo de seguridad, la poca ventilación de los lugares de procesamiento, entre otros. (27)



GRÁFICO 3: Extracción informal de oro (28)

2.2.7 USO DEL MERCURIO EN LA MINERÍA ARTESANAL

El mercurio es utilizado en procesos de chancha (molienda) para separar y extraer el oro del material, a través de la quema de una amalgama.

La relación de uso de mercurio para la extracción de oro es de 1 a 1, sin embargo esta puede variar de acuerdo al conocimiento y grado de tecnificación de los procesos de extracción de oro.

La preferencia del mercurio en el procesamiento de oro se debe a que es simple y fácil de usar, proceso rápido y económico y accesible.

La gran mayoría de los mineros lo utiliza sin saber los grandes riesgos y peligros que conlleva, sin ningún tipo de protección personal ni cuidado con el medio ambiente (29)

TECNOLOGÍA Y TECNICAS EN LA MINERIA AURIFERA ARTESANAL Y DE PEQUEÑA ESCALA

Explotación del mineral

Los mineros artesanales explotan yacimientos primarios o de filón en forma selectiva, recuperando solo el oro libre y utilizando en muchos casos herramientas y maquinaria rudimentarias. (30)

MINERIA DE FILON

El oro se encuentra generalmente en pequeñas partículas dentro de vetas o filones de cuarzo. Los mineros arrancan pedazos del filón de cuarzo del cual separan luego las partículas de oro.



GRÁFICO 4: Cuarzo en el que se encuentra el oro (31)

TRITURACION

El material aurífero es sometido a una reducción de tamaño mediante la fracturación de rocas de diámetros de 3” y 4”, esta operación generalmente es realizada de forma manual y mediante el uso de una porra (garrote) de acero, luego son cargadas a una trituradora o molino de martillos que las descargan con tamaños menores a 12 milímetros.

MOLIENDA

Es el paso de preparación de mineral en donde se logra el tamaño requerido para adecuarlo a las siguientes fases de beneficio, es una de las variables relevantes para

la mayor o menor recuperación de oro, en el consumo de energía y decisiva para seleccionar el tipo de técnica para la recuperación de oro.

CONCENTRACION GRAVIMETRICA

Es un proceso basado en la reducción al mínimo posible de los minerales sin interés económico, que acompañan al oro y en el enriquecimiento de los concentrados de este material precioso, el proceso se realiza en presencia de agua.

Los elementos de concentración gravimétrica más comúnmente manejados son: bateas, canalones, mesas de golpe, separador hidráulico y concentrador de espiral.



GRÁFICO 5: Concentración gravimétrica en batea (31)

AMALGAMACIÓN

La propiedad física del mercurio al ligarse rápidamente con el oro y la plata es utilizada en el beneficio de los materiales preciosos, siendo la forma más rápida, fácil y económica de aglutinar las partículas de oro presentes en una mena o en su concentrado.

La técnica de amalgamación consiste en agregar excesos de mercurio sobre los minerales previamente molidos o pulverizados y luego mediante movimientos de la masa permite que estos se ligen intrínsecamente, posteriormente la masa se coloca sobre mallas o paños muy finos y mediante presión se retira el exceso de mercurio. La pasta de metal precioso y mercurio (amalgama) es recuperada mediante el lavado y su separación del mineral molido es de tipo gravimétrico; finalmente la amalgama

es expuesta a la llama y de esta manera se libera el mercurio en estado gaseoso (vapor) y los metales preciosos forman una esponja.

La amalgama es una mezcla homogénea de mercurio con otros metales en la que ninguno pierde las propiedades que los caracteriza; es decir, no existe cambios en la estructura química de ellos; por lo tanto se podría decir que no corresponde a un proceso químico sino que es una fusión sólida que se puede separar por medios físicos. La gran afinidad existe entre el oro y el mercurio produce una combinación rápida y fácil dando como resultado una pasta blanca, blanda, brillante y que se puede cristalizar cuando existe mercurio en exceso.

Para que ocurra una buena amalgamación, es necesario que el mercurio se encuentre libre de impurezas, sin grasas, sin otros elementos no metálicos que alteren su superficie tales como el carbón, el azufre, el arsénico, las sales metálicas entre otras; además, que el oro esté en tamaños entre los 30 y 250 micrones. Los tamaños superiores a 250 micrones no necesitan de amalgamar por lo que con una simple operación de concentración mecánica pueden recuperarse, los tamaños inferiores a 30 micrones por lo general se escapan por los lodos. El oro debe estar completamente libre, sin pátinas o películas de óxido, sin asociación con sulfuros, cuarzo o carbonatos.

PRENSADO Y DESTILACION DE AMALGAMAS

Una vez que se han concentrado las amalgamas y el mercurio en excesos provenientes de cualquiera de los sistemas de amalgamación, se procede en primera instancia a prensar las amalgamas; tal proceso se realiza mediante el uso de un textil y el exprimido manual (prensado) logrando que el mercurio líquido metálico se separe de la amalgama seca (pasta).

La pasta de amalgama obtenida de esta manera es una mezcla de oro y otros metales con mercurio, en una relación de elementos metálicos de 1 por 2 partes de mercurio. La amalgama seca se coloca sobre recipientes metálicos y se calienta al fuego en fogones y con sopletes evaporando de esta manera el mercurio, parte del cual se condensa y es recuperado.

Así se obtiene la esponja de oro la cual aún presenta valores de mercurio que pueden estar entre 1% y 2% esta técnica es particularmente utilizada cuando el peso del

mercurio y la amalgama no superan los 10 gramos. Los vapores de mercurio que no se condensan pasan directamente al aire ambiental.



GRÁFICO 6: Proceso de quema de amalgama (32)

MINERIA ALUVIAL

En un depósito aluvial la naturaleza, a través del tiempo geológico, ha realizado la liberación de partículas de oro y también ha concentrado los metales preciosos de forma tan efectiva y selectiva, que se encuentran disponibles para su inmediata recuperación.

El sistema de beneficio es realizado mediante concentración gravimétrica, en algunos casos amalgamación y en pocos casos destilación.



GRÁFICO 7: Minería artesanal aluvial (33)

CONCENTACION GRAVIMETRICA EN MINERIA DE ALUVION

Es un método de concentración de oro más utilizado por la minería aurífera artesanal y de pequeña escala en los terrenos aluviales; como el oro se encuentra en estado libre y en tamaños generalmente por encima de los 40 micrones.

Los metales provenientes de los sitios de explotación se someten a separación por tamaños; esta selección se realiza manualmente quitando las rocas y las gravas del material a beneficiar y por medio de mallas en entables de la pequeña minería, dejando los materiales de menor tamaño disponibles para su separación mecánica y gravimétrica. (34)

En pequeñas explotaciones de oro aluvial, el oro es separado mediante el uso de bateas y canelones que no tienen más de 3 metros de longitud; finalmente el material se concentra en la batea y el oro libre obtenido se destina para la venta.

En sitios donde operan dragas de más de 4" y retroexcavadoras grandes se utilizan canelones en zigzag que por lo general tienen longitudes entre 9 y 12 metros; los materiales de mina son arrojados a una tolva y de allí los gruesos son separados por medio de mallas; las arenas corren a través de estas estructuras y al final de la operación, entre 12 y 24 horas después, los textiles que estaban recubriendo el fondo del canalón son recogidos, sacudidos y lavados en tanques plásticos, allí se depositan los concentrados que están generalmente en una relación de menos del 1% del total de la carga; el oro de estos concentrados es separado en su totalidad en bateas o por medio de amalgamación.

AMALGAMACION EN MINERIA DE ALUVION

Se aplica solamente en minería aluvial. El mercurio es añadido directamente al pozo de excavación y con el movimiento y el transporte de la carga, el oro libre existente se amalgama parcialmente. Esta técnica es utilizada frecuentemente en minas aluviales que cuentan con bomba de grava y canalón. La amalgamación se realiza tanto en el pozo, como durante el paso de la pulpa por la bomba y la tubería hacia el canalón.

DESTILACION DE AMALGAMAS EN MINERIA DE ALUVION

La amalgama obtenida en la amalgamación se separa del mercurio mediante el proceso de destilación; para ello la pasta se coloca sobre un elemento metálico y se quema al aire libre ya sea por el calor de un fogón o por la acción de la llama de un soplete.



GRÁFICO 8: Amalgama (35)

CANTIDADES RECUPERADAS DE MERCURIO EN EL BENEFICIO DEL ORO

No todo el mercurio utilizado en la minería artesanal y de pequeña escala de oro se consume en el proceso de amalgamación; parte de este metal es recuperado en diferentes operaciones y por diferentes métodos. Dependiendo de la relación mercurio/oro utilizado en el proceso de amalgamación, la amalgama sale más seca o con alto contenido de oro, o más líquida o con poco contenido de oro.

La separación de mercurio libre se realiza generalmente por exprimido o por aprisionamiento de la amalgama, ya sea de forma manual, generalmente utilizando una tela fina, o mecánicamente utilizando unas prensas y centrifugas.

Otro método de separación del mercurio libre es el térmico, donde se hace una destilación del mercurio aplicando calor a la amalgama y posterior condensación de este metal, se lleva a cabo al ambiente con liberación de grandes cantidades de mercurio en forma gaseosa.

Otra forma de recuperación de mercurio libre es la separación química, que consiste en disolver el mercurio de la amalgama en ácido nítrico; este método requiere a su vez dar un manejo ambientalmente seguro a los residuos ácidos líquidos que se generen.

En la separación de oro y mercurio generalmente se pierde algo del mercurio que hace parte de la amalgama; el porcentaje del mercurio en la amalgama depende directamente de la granulometría del oro y de la manera como se exprime la amalgama para separar el mercurio libre. (36)

2.3 HIPÓTESIS O SUPUESTOS

H0: Los mineros artesanales de la comunidad Puzuno no tienen niveles elevados de mercurio en la sangre

H1: Los mineros artesanales de la comunidad Puzuno tienen niveles elevados de mercurio en la sangre los cuales podrían estar afectando a su salud

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Nivel Explicativo: Porque la investigación tiene como intención comprobar la hipótesis planteada, determinando si existe o no mercurio en sangre en los mineros artesanales.

Nivel Descriptivo: Porque al ser esta una investigación de tipo diagnóstico se describió detalladamente los pasos a seguir, desde los requisitos para la toma de muestras sanguíneas, extracción de sangre, así como los contenidos de los diferentes reactivos necesarios para la investigación. El procedimiento del análisis respectivo la obtención de los resultados y su correlación con la información obtenida a través de las encuestas a cada uno de los mineros.

3.2 SELECCIÓN DEL ÁREA O ÁMBITO DE ESTUDIO

Delimitación espacial: El proyecto de investigación se realizó en la Ciudad del Tena en la comunidad Puzuno.

3.3 POBLACION

Para esta investigación se trabajó con los 10 mineros de la comunidad Puzuno, esta comunidad está ubicada en la Provincia de Napo ciudad Tena en la parroquia Ahuano, debido a que la mayor parte de la mina ya fue explotada el personal minero fue transferido a otro lugar, por este motivo también se incluirá a 15 mineros de Ponce Enríquez la cual se encuentra en la provincia de Azuay

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Ser minero por más de 8 años
- Ser mayores de edad
- Género Masculino y Femenino
- Mineros en contacto directo con minerales
- Personas pertenecientes a todas las etnias y culturas
- Personas alfabetos y con pleno uso de sus facultades intelectuales que puedan firmar su consentimiento informado

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Trabajar menos de 8 años en la actividad minera
- Haber consumido mariscos 72 horas antes
- Personas que no pertenezcan a las minas que van a ser estudiadas
- Se excluirán a las personas que no otorguen permiso para ser parte del estudio.

DISEÑO MUESTRAL

Se incluyó en el estudio a todos los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, los cuales nos ayudaron a establecer el tamaño de la muestra para la investigación con un total de 25 pacientes

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 1: VARIABLE: Determinación de mercurio.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS/INSTRUMENTOS
La determinación de mercurio en diferentes matrices biológicas, principalmente en sangre, orina y pelo, es importante para valorar la contaminación de mercurio procedente del medio ambiente o del ambiente laboral. El mercurio es un metal tóxico que puede afectar la salud de las personas, y se le considera un contaminante de importancia global.	<p>Niveles elevados de mercurio en sangre</p> <p>Niveles normales de mercurio en sangre</p>	<p>Valores superiores a 11ug/L se consideran elevados, Valores superiores a 50 ul/ l indican exposición aguda o crónica</p> <p>Valores menores a 11ug/L no tienen importancia clínica</p>	¿Qué niveles de mercurio en sangre presentan los pacientes?	<p>Encuestas</p> <p>Hoja de registros</p> <p>Exámenes de laboratorio</p>

3.5 DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la realización de esta investigación el primer paso fue escoger los lugares donde se encuentran las minas que van a ser estudiadas. Se realizó una socialización con todas las personas que trabajan en las minas y se les explicó en qué consistía la investigación, se trataron aspectos importantes como el procedimiento a seguir, el examen que se realizaría, la importancia del análisis en el tipo de población en estudio y además se pudo responder a cada una de las inquietudes de los mineros.

Se entregó a toda la población en estudio el Consentimiento Informado y luego se continuó con la realización de encuestas a los 50 trabajadores de las minas.

Al día siguiente se procedió con la recolección de las muestras sanguíneas seleccionadas mediante los criterios de inclusión y exclusión proporcionadas por los mineros que formaron parte de la investigación.

MATERIALES PARA TOMA DE MUESTRAS

Materiales

- Lápiz demográfico para rotulación de muestras
- Tubos (Tapa Azul Rey)
- Alcohol
- Torundas
- Jeringuillas de 10,0 mL
- Curitas
- Gradillas

CONDICIONES DE ESTUDIO

Evitar la recolección en el sitio de trabajo

CONDICIONES DEL PACIENTE

Evitar el consumo de comida de mar y mariscos 48 horas antes de la recolección de la muestra

CONDICIONES DE LAS MUESTRAS SANGUÍNEAS

Sangre: venosa

Tubos: con EDTA libre de metales (Tapa Azul Rey)

Cantidad: 10,0 mL

Libre de hemólisis y coágulos

PROTOCOLO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS SANGUINEAS

El profesional debe protegerse adecuadamente antes de realizar la toma de muestra eso incluye el uso de mandil, guantes, mascarilla, toca, etc.

Los pasos básicos para la extracción sanguínea se describen a continuación:

1. Debemos tener listos todos los materiales que se van a utilizar
2. Colocar al paciente en una posición cómoda con el brazo confortablemente extendido sobre una superficie fija, localizar la vena más accesible para la extracción.

3. Ubicamos el punto de punción en el brazo y desinfectamos el área con una torunda.
4. Colocamos el torniquete a una distancia de 10cm del punto de punción.
5. Pedimos al paciente que mantenga el puño cerrado.
6. Introducir la aguja con el bisel hacia arriba, paralelamente a un borde del trayecto venoso.
7. Procedemos a la extracción.
8. Retirar el torniquete.
9. Pedimos al paciente que relaje el puño.
10. Sacar la aguja de la vena e instruir al paciente que comprima el área con una torunda.
11. Retirar la aguja de la jeringuilla.
12. Trasvasar la sangre de la jeringuilla por las paredes del tubo.
13. Finalmente colocamos un curita en el sitio de punción.



GRÁFICO 9: Venopunción

Fuente: Investigadora

MÉTODO Y TÉCNICA PARA LA DETERMINACION DE MERCURIO

DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN SANGRE TOTAL POR EL METODO: ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO (ICP-MS)

RELEVANCIA CLÍNICA

El mercurio es considerado toxico en ciertos niveles, las principales fuentes de ingesta de mercurio en los seres humanos son el pescado, amalgamas dentales y exposición ocupacional.

Los órganos principalmente afectados son el cerebro y los riñones. Trastornos psíquicos y emocionales son los signos iniciales de la intoxicación crónica por sales o vapores de mercurio, también se puede desarrollar Parestesia, neuralgias, enfermedad renal, trastornos digestivos y lesiones oculares.

PRINCIPIO DE LA PRUEBA

Las concentraciones de mercurio en la sangre entera son determinadas utilizando plasma inductivamente acoplado espectrometría de masas.

Esta técnica analítica multi-elemental está basada ICP-MS. Acoplando el poder de la frecuencia de radio dentro de una corriente en la que fluye argón y electrones que crean el plasma. Las especies que predominan en el plasma son iones de argón positivos y electrones.

Las muestras de sangre que han sido diluidas son convertidas en un aerosol utilizando un nebulizador insertado dentro de una cámara de spray y después a través del canal central del plasma donde experimenta temperaturas de 6000-8000 K. Esta energía termal ioniza y atomiza la muestra.

Los iones junto con el argón entran al espectrómetro de masa mediante la interface que separa el ICP, operando a una presión atmosférica (aproximadamente 760 torr) de la masa espectrometría, operando aproximadamente a 10 torr. El espectrómetro de la masa permite la detección de iones en cada frecuencia de masa-a-carga en una secuencia rápida permitiendo la determinación de los isotopos individuales.

Una vez dentro del espectrómetro de masa, los iones pasan a través del ion óptico, y después por el análisis de la masa, antes de ser detectados al estrellarse en contra de la superficie del detector. El ion óptico se enfoca en el rayo de ion usando un campo eléctrico.

Las señales eléctricas que resultan de la detección de iones son procesadas en información digital la cual es utilizada para indicar la intensidad de los iones y subsecuentemente la concentración del elemento.

En este método las muestras de sangre son diluidas con 18 M-ohm de agua y con diluyente, que contenga 1% v/v hidróxido de tetrametilamonio (TMAH), 0.5% etilendiaminotetraacetato di sódico (EDTA), 10% del alcohol etílico, 0.05% Tritón X-100, Au es agregado para reducir los efectos de memoria del mercurio.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Usar guantes, mandil y gafas de seguridad cuando se realiza la manipulación de sangre humana.

Plástico, vidrio y papel desechable (puntas de pipetas, tubos de ensayo, guantes, etc.) que tengan contacto con sangre debe ser depositados en fundas para riesgos biológicos las cuales deben mantenerse en contenedores apropiados hasta que sean selladas y puestos en el autoclave.

Cuando el trabajo se finaliza hay que desinfectar todos los espacios de trabajo donde la sangre fue manipulada con solución al 10% de hipoclorito de sodio.

COLECCIÓN DE ESPECÍMENES, ALMACENAMIENTO, MANEJO DE PROCEDIMIENTOS; CRITERIO PARA EL RECHAZO DE ESPECÍMENES.

- A. No hay instrucciones especiales en cuanto a ayunar, no se requiere dietas especiales.
- B. Tipo de espécimen—sangre entera
- C. La cantidad optima de espécimen requerida es 1-2 ml, la cantidad mínima es 0.25ml
- D. Los recipientes aceptables incluyen viales de polietileno pre que deben ser utilizados para la adquisición del espécimen.
- E. El espécimen puede ser estable por varios meses a -20°C o a -70°C por algunos años.
- F. El criterio para determinar que el espécimen no es aceptable depende de un volumen bajo (0.25ml) o se sospecha que haya contaminación debido a una inadecuada colección del espécimen o aparatos de colección inadecuados. En estos casos, se debe pedir una segunda muestra.
- G. Las características que puedan comprometer los resultados de la prueba son los indicados en la parte de arriba incluidos la contaminación de la sangre con polvo, tierra, etc., debido a un manejo inadecuado.
- H. En general, si se saca más de un tubo de sangre de un individuo, el tubo de rastreo de metales debe ser sacado segundo. Sacar la sangre con una aguja de acero inoxidable y con un vacutainer pre chequeado. Una vez recibidos los especímenes, se los puede congelar a -20°C hasta que se los vaya a analizar. Las porciones que quedan de la muestra después de las alícuotas analíticas deber ser re congeladas a -20°C . Las muestras descongeladas y re congeladas varias veces no están comprometidas.

PREPARACION DE REACTIVOS, CALIBRADORES, CONTROLES Y TODOS LOS MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS

A. PREPARACIÓN DE REACTIVOS

1. Diluyente/solución portadora

El diluyente utilizado en este método en una solución acuosa de 5ug/L estándares internos (rodio y bismuto), 10 ug/L de oro (para reducir los efectos de memoria del Hg), 1g de EDTA en 1% v/v hidróxido de tetrametilamonio (TMAH), 10% del alcohol etílico, y 0.05% v/v Tritón X-100. Esta solución será agregada a la preparación de todos los calibradores y muestras durante el proceso de disolución justo antes del análisis.

Es importante que todas las muestras en una corrida estén hechas del mismo diluyente para que la concentración de los estándares internos sea la misma entre todos los calibradores y muestras en esa corrida.

Para preparar esta solución, enjuague con ácido un recipiente de 2 L Teflón® y llénelo parcialmente con 18M-ohm agua. Agregue 1g de EDTA, 20 ml de hidróxido de tetrametilamonio (TMAH), 200 ml de alcohol etílico, y 100 ml de 1% Tritón X-100®.

Para una fácil preparación diaria del diluyente, primero prepare una solución de 1% Tritón X-100® agregando 20 ml Tritón X-100® a un recipiente prelavado con ácido de 2 L Teflón® que este parcialmente lleno con 18M-ohm agua. Llene 2 L con 18M-ohm agua y mezcle hasta que el Tritón X-100® este completamente disuelto en la solución. Un plato de agitación magnético puede servir de ayuda para facilitar la mezcla añadiendo a la botella una barra de agitación Teflón® recubierta lavada en ácido.

Se puede agregar estándares internos aumentando 500 ul de 20 mg/L Rh y Bi a la solución. Se puede aumentar oro en la solución agregando 200ul de 1000mg/L de Au estándar al diluyente final.

Guarde a temperatura ambiente y prepare de acuerdo se necesite. Volúmenes grandes de diluyente y de 1% Tritón X-100® pueden ser preparados, si se desea, se agrega proporcionalmente grandes volúmenes de los componentes de la solución.

Cuando se utiliza un componente de inyección de flujo en el sistema de introducción de la muestra, la solución portadora debe ser la misma que el diluyente utilizado en este método.

2. Solución de Enjuague ICP-MS

- a. Cuando se utiliza una solución de enjuague única con estación de cargador automático de muestras, la solución de enjuague debería ser una solución acuosa de 1% v/v tetrametilamonio (TMAH), 5% alcohol etílico, y 0,05% Tritón X-100® y 10 µ/L de oro (para efecto reducido de memoria de mercurio). Esta solución será bombeada a través del sistema de introducción de muestra para prevenir la transmisión de Hg y de los estándares internos de una medición de muestra a la siguiente.

Para facilitar la preparación diaria de la solución de enjuague, primero se prepara 1% Tritón X-100® añadiendo 20 ml de Tritón X-100® a un depósito de lavado pre-acido de 2L Teflón® que está parcialmente lleno con 18 M-ohm de agua. Llenar 2 L con 18 M-ohm de agua, y mezclar hasta que el Tritón X-100® lo haya disuelto completamente en la solución. Una placa de agitación magnética puede servir de ayuda para facilitar la mezcla añadiendo a la botella una barra de agitación de Teflón® recubierta de ácido.

Para preparar la solución de enjuague final lave con ácido un recipiente de 2 L Teflón® y llénelo parcialmente con 18 M-ohm de agua. Agregue 20 ml de tetrametilamonio (TMAH), 100 ml de alcohol etílico, una solución de 100 ml de 1% Tritón X-100® y 200 µ/L de 1000mg/L de Au estándar, diluya a 2L con 18 M-ohm de agua. Almacenar a temperatura ambiente y prepare de acuerdo se necesite. Volúmenes grandes de solución de enjuague y de 1% Tritón X-100® pueden ser preparados, si se agrega proporcionalmente grandes volúmenes de los componentes de la solución

- b. Para estaciones de enjuague doble en los cargadores automático de muestras:

Solución de Enjuague: Cuando se utiliza una instalación de estaciones de enjuague doble, utilice 1% v/v tetrametilamonio (TMAH), 5% alcohol etílico, y 0,05% Tritón X-100® y 10 µ/L de oro (descrito arriba para instalaciones solución de enjuague única) en la estación de enjuague #1 y 0.5% v/v de ácido nítrico en estación de enjuague #2.

Para preparar 4L de 0.5% v/v de ácido nítrico lave con ácido un recipiente de 4L Teflón® polipropileno y llénelo parcialmente con 18 M-ohm de agua y 20 ml de ácido nítrico concentrado. Llene 4 L con 18 M-ohm de agua y mezcle bien. Almacenar a temperatura ambiente y prepare de acuerdo se necesite. Se puede preparar otros volúmenes de 0.5% de ácido nítrico, si se desea, combinando proporcionalmente volúmenes ajustados de ácido nítrico y agua.

Solución Portadora: Cuando se utiliza un componente de inyección de flujo en el sistema de introducción de la muestra, la solución portadora debe ser la misma que el diluyente utilizado en este método.

PREPARACIÓN DE CALIBRADORES

(Una reserva de estándares y soluciones estándares intermedias de trabajo pueden ser preparadas y también se las puede comprar en un laboratorio aparte, el cual provee valores de concentración preciso para poder utilizarlos en el análisis)

1. Soluciones estándares intermedias de trabajo de Mercurio

Tres soluciones estándares intermedias de trabajo son preparados en una matriz de 3% v/v de ácido clorhídrico. Las soluciones estándares intermedias de trabajo son las primeras diluciones de los estándares primarios (estándares de 1000 mg/L) de las cuales las soluciones estándares intermedias de trabajo serán hechas. Para una preparación fácil de los estándares, primero prepare una solución de 3% v/v HCl. Para preparar 1L de 3% v/v HCl, agregue 80

mL de HCl concentrado en un frasco (vidrio o plástico lavado con ácido) de 1L lleno parcialmente con 18 M-ohm de agua, después llénelo hasta la marca con 18 M-ohm de agua y mezcle. Llene parcialmente cada uno de los tres frascos de solución de 3% HCl. Para mercurio agregue 50 μ /L de 1000 mg/L del mercurio estándar. Agregue suficiente solución de 3% HCl para llegar a la marca de 50mL de cada frasco. Mezcle bien invirtiendo con delicadeza varias veces (homogenizar). El resultado de la solución estándar intermedia de trabajo será de 1mg/L.

Las soluciones estándares intermedias de trabajo pueden ser almacenadas en porciones pequeñas (ej. porciones de 2-25 mL) en recipientes pre-lavados de ácido y a temperatura ambiente. Prepare de acuerdo se necesite.

Estas soluciones estándares intermedias de trabajo son utilizadas para la preparación de estándares intermedios de trabajo.

2. Estándares intermedios de Hg

Las soluciones de estándares de trabajo intermedios utilizadas en este método son una serie de 4 diluciones acuosas de Hg en 3% de HCl. estas soluciones serán utilizadas cada día para el análisis de la preparación del estándar intermedio de trabajo final el cual será colocado en un cargador automático de muestras ICP-DRC-MS.

Para preparar, lave con ácido cuatro frascos volumétricos de 50-mL y llénelos parcialmente con 3% HCl. Aumente cada frasco con el volumen apropiado de mercurio como se muestra en la tabla 2. Después diluya la solución del frasco aproximadamente a un volumen de 99% utilizando 3% HCl.

Mezcle completamente la solución y cuidadosamente llene el frasco hasta la marca agregando la solución por goteo. Las concentraciones finales de esta solución están listadas en la tabla 2. Para almacenamiento, las soluciones

finales pueden ser dispensadas en volúmenes más pequeños para un uso diario. Almacene a temperatura ambiente y prepare de acuerdo se necesite.

TABLA 2: Preparación de estándares intermedios de trabajo.

	Hg concentración del estándar intermedio de trabajo ($\mu\text{g/L}$)	Hg volumen de aumento de la solución de stock del estándar intermedio de trabajo (μl)
Estándar 0	0	0
Estándar 1	1	1
Estándar 2	5	10
Estándar 3	10	20
Estándar 4	20	50

3. Calibradores en funcionamiento

Las soluciones de los calibradores en funcionamiento son diluciones de 4 estándares intermedios de trabajo dentro de la matriz de sangre entera con el propósito de tener una calibración externa de la corrida analítica. Estas soluciones se las prepara el día de la preparación y análisis de las muestras del paciente.

Todos los calibradores y muestras del paciente en la misma corrida analítica deben ser preparados utilizando el mismo diluyente. Para preparar el estándar intermedio de trabajo, transfiera $50 \mu\text{L}$ de base de sangre y $2400 \mu\text{L}$ de diluyente a un tubo de centrifugación polipropileno de 15 mL usando un cargador automático (Micromedic Digiflex). Tape el tubo y mézclelo bien antes de análisis invirtiendo con delicadeza varias veces (homogenizar) o utilizando un mezclador (vortex).

PREPARACIÓN DE MATERIALES DE CONTROL DE CALIDAD

1. Preparación de materiales de control de calidad del laboratorio

Un bajo y alto banco de materiales de control de calidad es analizado en cada corrida para determinar la validez de las medidas de concentración que están siendo analizadas. Las piscinas (pools) necesitarán ser preparadas periódicamente, como indica el suministro, mediante aumento de base de sangre. Deberían hacerse preparaciones nuevas de piscinas (pools) con anticipación para que de esa forma se puedan analizar conjuntamente piscinas (pools) nuevas y viejas por un periodo de tiempo (de preferencia al menos 20 corridas) antes de cambiar al nuevo material de control de calidad.

Los aparatos de laboratorio utilizados para pool la sangre deben ser lavados con ácido. Los recipientes de almacenamiento deben ser examinados para que no exista contaminación.

La sangre examinada es tratada en una botella lavada con ácido antes de la separación de 2 porciones pequeñas para hacer relación de 3 piscinas (pools). Una porción se utiliza para la preparación de la piscina (pool) de bajo control de calidad. La otra porción de la sangre examinada es aumentada con volúmenes apropiados de solución madre elemental para concentraciones en el rango normal-alto. Grandes volúmenes de sangre deberían ser dispensados en recipientes de almacenamiento en un ambiente limpio para uso diario. Almacene los recipientes a largo plazo a aproximadamente -70°C y a corto plazo a aproximadamente -20°C .

EQUIPOS Y MATERIALES

El análisis fue desarrollado en un espectrómetro de masas por plasma inductivamente acopado PerkinElmer Sciex ELAN DRcplus6100 ICP-MS equipado con un cargador

de muestras AS 93 plus PerkinElmer y un nebulizador concéntrico de cuarzo Meinhard Un muestreador de níquel y conos skimmer también fueron necesarios.

Un nebulizador de flujo de gas y lentes de tensión fueron ajustados diariamente para el conteo mínimo por niveles de óxido e iones doblemente cargados y el conteo máximo para indio.

Balanza analítica

Cargador automático (Micromedic Digiflex) equipado con una jeringa de 10MI de dispensación y una jeringa de 2000 µl de muestreo

Puntas de pipetas: 1-200µl y de 200-1000 µl

Pipetas automáticas: 100, 500, 250,50 µl de volumen

Barras de agitación magnéticas de Teflón®

Tubos de Polipropileno para le centrifuga de 15 y 50 MI

Toallas de papel

Hisopos

Guantes de Látex sin talco

Bolsas de Desechos biológicos para autoclave

Blanqueador (solucion 10% hipoclorito de sodio)

REACTIVOS Y ESTÁNDARES

Soluciones concentradas de mercurio (Hg) 1000 mg/L

Germanio (Ge) con una concentración de 1000 mg/L.

Ácido Nítrico

Ácido clorhídrico (2%),

Terc-butanol (5%)

Dicromato de potasio (60 mg/L)

Hidróxido de Amonio concentrado

Ácido tartárico

Alcohol etílico

18 M-ohm Agua ultrapura

Argón Líquido

Tritón X-100

Hidróxido de tetrametilamonio (TMAH)

Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)

Rodio

Bismuto

Oro

Agua destilada

Piscinas (pools) de sangre concentrada con altos y bajos niveles de mercurio para control de calidad

PROCEDIMIENTO DE INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

a. Preliminares

Dejar que las muestras de sangre congelada, muestras de control de calidad y los materiales de calibración estén a temperatura ambiente. Homogenice la muestra, para que las partículas no se queden al fondo del tubo antes de tomar una alícuota para análisis.

b. Preparación de la muestra

1. Descongele los especímenes de sangre, permitiéndoles llegar a una temperatura ambiente (aproximadamente 20 grados °C)
2. Prepare tubos de centrifuga de polipropileno de 15 mL correspondiente a números de blanco, controles de calidad, calibradores, y muestras de paciente que van a ser analizadas.
3. Prepare la siguiente solución en tubos de centrifuga de polipropileno de 15 mL usando el Micromedic Digiflex.

TABLA 3: Preparación para el análisis de muestras (todo los volúmenes en µl).

ID	agua	Estándar de funcionamiento intermedio	Base de sangre	Muestra de sangre	Diluyente
Blanco sangre		50	50	-	2400
Estándares de calibración	-	50	50	-	2400
Blanco acuoso	100	-	-	-	2400
Muestra de Sangre	50	-	-	50	2400

- a. Prepare un blanco acuoso que consista de 100ul de 18 M-ohm y 2400 ul de diluyente. El blanco acuoso será utilizado para el control de calidad de las lagunas (pools) y las muestras del paciente.
- b. Prepare 3 blancos de sangre que consistan de 50 ul de base de sangre (el mismo material usado para la preparación de los calibradores para la calibración de la sangre), 50ul del 3% v/v ácido clorhídrico el que fue utilizado para la preparación de los calibradores (estándar 0), y 2400 ul de diluyente. Uno de estos blancos de sangre será utilizado como el blanco para las curvas de calibración, el segundo como un blanco para chequear después del calibrador 4, y el tercero al comienzo de la corrida (como el blanco de sangre de chequeo).
- c. Prepare los calibradores de trabajo.
- d. Prepare diluyentes de control de calidad y muestras de sangre del paciente que consistan de 2400 µl de diluyente, 50 µl 18M-ohm agua, y 50 µl de muestra de sangre del paciente o de control de calidad.
- e. Tape o cubra todos los blancos, calibradores y muestras y con un mezclador de vórtice mézclelos por aproximadamente 10 segundos. Destápelos y colóquelos en el inyector automático de muestras del equipo (ELAN ICP-MS).

VALIDACIÓN

Para la validación del método se determinaron los siguientes parámetros: el rango de linealidad, la precisión del intra- e interensayo, exactitud, recuperación, límite de detección y correlación.

LINEALIDAD

La curva de calibración de mercurio (Hg) acuoso varió de 0 a 100 µ/L y se preparó una solución fresca cada día desde la dilución serial de la solución madre de mercurio (Hg) con una concentración de 100 µ/L con agua. La sangre entera fue preparada mediante aumento de concentraciones conocidas de mercurio (Hg).

PRECISIÓN Y EXACTITUD

Para estudiar la precisión del intra- e interensayo, se utilizó sangre entera de sujetos no expuestos y expuestos. La precisión del intraensayo fue calculada en base a una repetición de análisis de la misma muestra en el mismo lote por 20 veces. Para la precisión del interensayo, las muestras fueron analizadas una vez al día por dos semanas.

La exactitud es determinada por el control de muestras de sangre entera que contienen concentraciones conocidas de mercurio. También analizamos las pruebas de competencias de las muestras de sangre entera.

CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad fue evaluado añadiendo mercurio (Hg) a la sangre entera a concentraciones finales de 2 a 100 μL y evaluando las concentraciones de mercurio (Hg) antes y después de las adiciones.

VALORES DE REFERENCIA:

Menor de 11.0 $\mu\text{g/L}$

Niveles de mercurio en sangre mayores de 50 $\mu\text{g/L}$ son indicativos de exposición aguda o crónica

DEFINICIONES

Calibración del blanco: Un volumen de agua de reactivo acidificada con el mismo ácido de la matriz como en las calibraciones estándares. La calibración del blanco es un estándar cero y se utiliza para calibrar el instrumento ICP.

Calibración de estándar: Las soluciones de calibración de estándar se utilizan para calibrar la respuesta del instrumento respecto a la concentración del analito.

Analito disuelto: La concentración de analito en una muestra acuosa que pasará por un conjunto de filtros de membranas de 0.45µm antes de la acidificación de la muestra.

Estándar interno: Analito puro añadido a una muestra, extracto, o solución estándar en cantidades conocidas y usado para medir las respuestas relativas de otros análisis de métodos que son componentes de la misma muestra o solución. El estándar interno debe ser un analito que no es un componente de la muestra.

Duplicas de laboratorio: dos alícuotas de la misma muestra fueron tomados en el laboratorio y analizadas por separado siguiendo el mismo procedimiento. Los análisis del Lab1 y Lab2 indican precisión asociada con los procedimientos del laboratorio, pero no con la recolección de la muestra, preservación, o procedimientos de almacenamiento. (37)

Argón: elemento químico de símbolo químico Ar y número atómico 18.

Incoloro, inodoro e insípido, es el más abundante de los gases nobles en la Tierra y el que más se utiliza en la industria.

Para su obtención, este gas se consigue mediante el fraccionamiento del aire líquido y en la naturaleza, ocurre como mezcla de tres isótopos, además, una docena entera de isótopos de argón radiactivos se conocen en la actualidad.

Teflón®: Es el nombre comercial registrado por la transnacional norteamericana DuPont™ para identificar un tipo de polímero fluorado, de nombre químico

"politetrafluoroetileno", formado por una sucesión de moléculas compuestas por dos átomos de flúor (F) y uno de carbono (C), que lo convierten en un material inerte y antiadherente. (38)

Torr: El Torricelli (símbolo Torr) es una unidad de presión, originalmente un Torricelli se definió como equivalente a una presión de un milímetro de mercurio.

Isotopos: Una de dos o más especies de átomos de un elemento químico que tiene núcleos con el mismo número de protones pero diferente número de neutrones. Poseen el mismo número atómico (igual al número de protones) y por lo tanto casi idéntico comportamiento químico, pero diferentes masas atómicas. La mayor parte de los elementos que se encuentran en la naturaleza constituyen mezclas de varios isótopos (39)

Polietileno: es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $(CH_2-CH_2)_n$. El polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. (40)

Tritón X-100: Es un detergente no iónico usando para desnaturalizar membranas de células sin desnaturalizar la proteína. Este detergente rompe los conglomerados de proteínas para promover la actividad enzimática. (41)

18 M-ohm: Agua ultrapura, El agua des ionizada o desmineralizada es aquella a la cual se le han quitado los cationes, como los de sodio, calcio, hierro, cobre y otros, y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, etc. mediante un proceso de intercambio iónico. Esto significa que al agua se le han quitado todos los iones excepto el H^+ (42)

ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO (ICP-MS)

Hoy en día, el ICP-MS se ha consolidado como una técnica estándar en diversos laboratorios de prestigio para análisis de control rutinarios de, por ejemplo, aguas, suelos, alimentos, muestras clínicas, y otras. Este tipo de instrumentos resulta ideal para medir concentraciones de metales pesados como AS, Se, Cd, Pb y Hg. (43)

Fundamento:

La espectrometría de masas por plasma inductivamente acoplado es altamente sensible y capaz de determinar de forma cuantitativa casi todos los elementos presentes en la tabla periódica que tengan un potencial de ionización menor que el potencial de ionización del argón a concentraciones muy bajas (nanogramo/litro o parte por trillón, ppt).

Se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas).

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 del campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 800 K. En estas condiciones, los átomos presentes en la muestra son ionizados. Los iones pasan al interior del filtro cuadrupolar a través de una interfase de vacío creciente, allí son separados según su relación carga/plasma. Cada una de las masas sintonizadas llegan al detector donde se evalúan su abundancia en la muestra. (44)

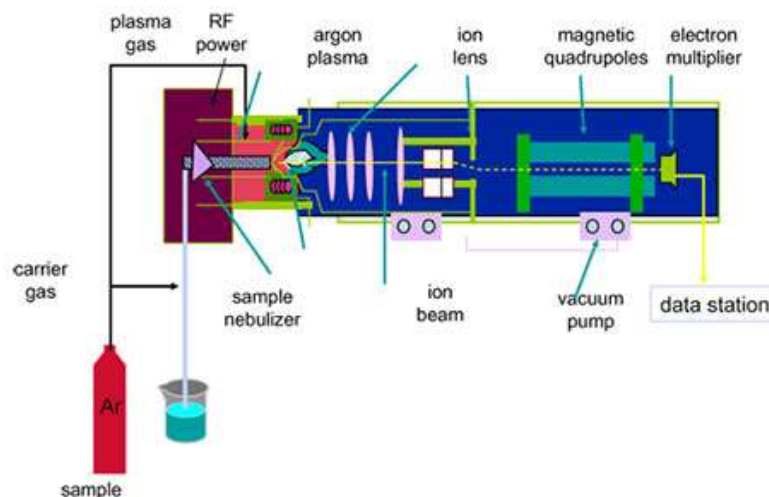


GRÁFICO 10: Descripción del instrumento (45)

Componentes del equipo de ICP-MS

Nebulizador: la introducción de la muestra en el ICP es un proceso crítico en esta técnica. La gran mayoría de los análisis de ICP-MS se realizan sobre muestras líquidas, siendo necesario una corriente de gas para que la muestra alcance el plasma. La forma más fácil de que la muestra líquida sea introducida en la corriente de gas es en forma de aerosol originado en un nebulizador.

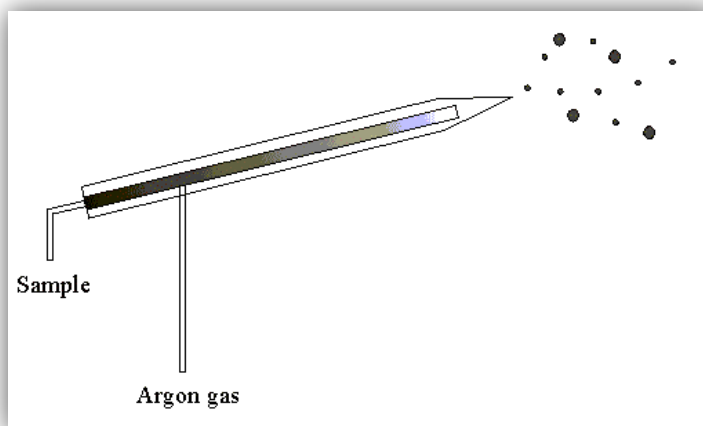


GRÁFICO 11: Generación del aerosol en un nebulizador.

Cámara de Spray: el primer objetivo de la cámara de spray es separa las gotas grandes (superiores a $10\mu\text{m}$) del gas y desecharlas. Cuando el flujo de gas con el aerosol entra en la cámara de spray, sufre cambios profundos en su dirección de modo que las gotas grandes se estrellan sobre las paredes. Están gotas que chocan con las paredes se desechan mediante drenaje. La cámara de spray asegura que solamente las gotas pequeñas permanecen en suspensión en el flujo de gas que llega al plasma. (46)

Antorcha: consiste en tres tubos concéntricos de cuarzo a través de los cuales fluyen corrientes de argón. La antorcha está rodeada por un espiral, la cual genera una radiofrecuencia, un campo electromagnético. En ella se genera el plasma y se produce la ionización de la muestra

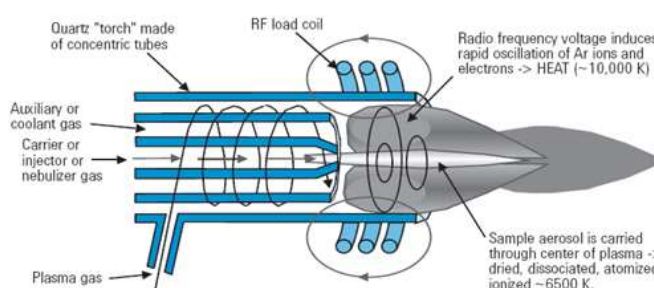


GRÁFICO 12: Antorcha

Un plasma es cualquier volumen de gas con parte de sus moléculas o átomos ionizados, es una mezcla gaseosa conductora de electricidad que contiene cationes y electrones. se produce porque una chispa de alto voltaje provoca iones de Ar^+ y electrones negativos en las paredes del tubo más externo de la antorcha creando el plasma.

Sistema de vacío: los espectrómetros de masas trabajan a baja presión (alto vacío). El mantenimiento de una alta presión en la región del analizador es esencial para reducir el fondo y los efectos de dispersión que causarían altos niveles de moléculas residuales de gas.

El vacío en la interfase se consigue mediante una bomba rotatoria, que se desconecta cuando el equipo está en satndby, lo cual permite el fácil acceso a esta zona

Interfase: la función del interfase es extraer el gas del plasma que es representativo de la muestra original y transferirla eficientemente a las regiones de alto vacío, donde se encuentra los lentes de enfoque, el espectrómetro de masas y el detecto. Está localizada entre dos placas cónicas de metal conocidas como Cono Sampler (cono de muestreo) y Cono Skimmer (cono de separación) que llevan perforados un pequeño orificio. El termino interfase es aplicado a estos conos y al espacio formado entre ellos.

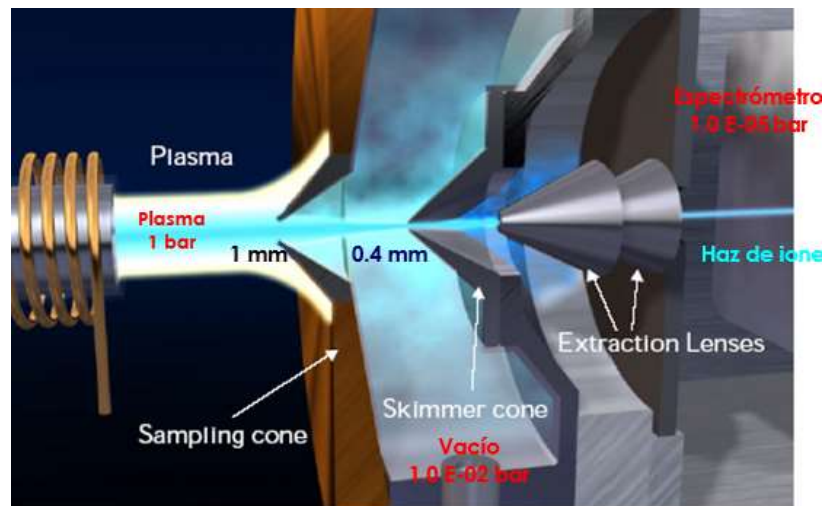


GRÁFICO 13: Detalle de la interfase.

Lentes iónicas: las lentes iónicas son placas electrostáticas situadas en la zona intermedia, que enfocan el haz de iones que provienen del skimmer, se les aplica un voltaje que hará que los iones positivos del plasma sean atraídos y puedan ser manipulados en la trayectoria requerida. Además de dirigir y enfocar los iones, el sistema de lentes iónicas es responsable de separar los iones de las especies neutras y de los fotones gracias a los campos electrostáticos creados.

Cuadrupolo: son cuatro barras de metal que se encuentran paralelas, a las cuales se les aplica un potencial de corriente continua y un potencial de radiofrecuencia, la combinación de estos campos hace que solo aquellos iones de una determinada relación carga/masa tengan una trayectoria estable y lleguen al detector

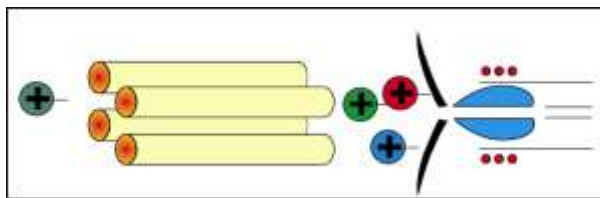


GRÁFICO 14: Esquema del funcionamiento del analizador cuadrupolo. (47)

Detector: (multiplicador de electrones) cuando los iones chocan con su superficie se originan electrones secundarios que se moverán, debido al cambio potencial, hacia otras zonas donde originaran más electrones secundarios, los cuales provocaran una señal eléctrica (48)

Para describir con mayor facilidad un ICP-MS, se puede dividir el sistema en cinco partes: Introducción de muestras, Generación de iones (Plasma), Interfase de acondicionamiento, Discriminador de iones (ejem. un cuadrupolo) y Detector.

SISTEMA DE INTRODUCCIÓN DE MUESTRAS

El ICP-MS se puede acoplar a distintos sistemas de introducciones de muestras sólidas, líquidas o gaseosas.

Las muestras acuosas, generalmente ligeramente aciduladas, son introducidas mediante una bomba peristáltica. Después de absorbida la muestra, es inyectada por medio de un nebulizador en la cámara de nebulización. El nebulizador, alimentado con la muestra en forma de solución, produce pequeñas gotas que son impelidas por gas argón a una presión adecuada. El nebulizador está fabricado típicamente en cuarzo, para evitar el ataque de los ácidos de disolución, que son necesarios para evitar la absorción de elementos traza en las mangueras y conductos que transportan la muestra.



GRÁFICO 15: Esquema de espectrómetro de masas con plasma inductivamente acoplado.

GENERACIÓN DE IONES: PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO

El plasma inductivamente acoplado tiene como finalidad deshidratar la muestra, atomizarla (romper su estructura molecular), excitar los átomos presentes y por último ionizarlos; esto se logra gracias a las temperaturas de 6000 a 8000 K que alcanzan este tipo de plasmas.

Cuando se utiliza un gas como el argón para obtener en plasma, se necesita una fuente de energía externa en forma de campo electromagnético para ionizar los átomos del gas y así crear y mantener el plasma. Cuando el plasma está encendido, se observa una luminosidad azulada proveniente de los átomos de Ar en su continua excitación- desexcitación.

Los plasmas inductivamente acoplados se obtienen cuando se aplica una corriente de radiofrecuencia (RF) a través de una bobina. De esta forma, el campo electromagnético oscilante dentro de ésta es el encargado de suministrar energía a los iones. Dentro de la bobina, se encuentra un dispositivo de cuarzo llamado antorcha donde se forma el plasma. Por el capilar más fino, se introduce la muestra en forma de niebla junto con el argón que se usó para su nebulización. Por el segundo capilar, viaja la mayor parte del Ar que es utilizado para el plasma (flujo auxiliar), y por el tercer y más grande de los tubos, se inyecta el flujo enfriador.

Ambos flujos de argón mantienen el plasma lejos de las paredes de la antorcha, protegiendo así la estructura de cuarzo.

Es importante notar que la antorcha está conectada al sistema de introducción de muestras por un extremo y por el otro es un sistema abierto. Por este motivo, se debe suministrar un flujo constante tanto de Ar como de muestra.

Los parámetros que afectan a un sistema de medida que utilice un plasma inductivamente acoplado son muy variados, pero, en general, se pueden separar en dos tipos principales. Por una parte, están los parámetros físicos del plasma: temperatura, homogeneidad, proximidad al equilibrio, etc. Y, por otra, las variables que tienen que ver con la naturaleza y características del aerosol que se introduce en el plasma.

INTERFASE DE ACONDICIONAMIENTO DEL HAZ DE IONES

En el caso de un ICP-MS, la introducción de los iones (generados en el plasma) dentro del sistema de detección propiamente dicho tiene una dificultad fundamental: el plasma inductivamente acoplado opera a presión atmosférica, mientras que el discriminador de masas y el detector están en un espacio a alto vacío. Por ello, se requiere de una interfase especial que permite el acoplamiento entre esas dos partes del sistema.

La idea general consiste en que el flujo de iones pase a través de una serie de cámaras con presiones cada vez menores. Esto se logra interponiendo entre el plasma y la primera cámara, llamada cámara de expansión, un cono con un agujero muy pequeño. De esta forma, se disminuye la entrada de argón desde el exterior y se posibilita el establecimiento de cierto nivel de vacío a través del bombeo continuo con una bomba rotatoria.

Una vez superado el cono de muestreo, el flujo del gas forma una estructura aproximadamente cónica que colisiona con el gas que ocupaba el espacio, causando que la velocidad del chorro baje a niveles subsónicos y que la temperatura se eleve. Es por ello que un segundo cono metálico de orificio más pequeño (- 0,4 mm) se interpone antes de llegar a la siguiente zona, ya que sólo el material cercano al eje del chorro cónico es representativo de la muestra introducida. Este segundo obstáculo permite sólo el paso de la fracción más central de este chorro, eliminando el borde del mismo, por lo que el nombre en inglés del cono es *skimmer*. Este cono es la interfase entre la cámara de expansión y la cámara que contiene los lentes, actuando como una cámara intermedia. El mecanismo de bombeo hacia el interior funciona

también por diferencias de presión, ya que la cámara intermedia tiene una presión de 10^{-5} mbar.

Una vez que la muestra junto con el argón ha entrado en la zona de baja presión, el paso siguiente es separar los iones de las especies neutras y de los electrones (producidos en la ionización). Para ello, se cuenta con una serie de lentes de iones o electrodos que se encargan de acelerar y colimar el flujo de iones.

Hay una serie de lentes encargadas de la aceleración (lentes de extracción) y de la prefocalización. Posteriormente, hay una lente que tiene como función sacar el haz del eje inicial para apartarlo de la trayectoria de las especies neutras y de la luz. Seguidamente, el haz (esta vez sólo de iones) entra en otra lente iónica (a veces cuadrupolar o hexapolar), para su enfoque. Este espacio es utilizado para la célula de colisión (CCT), que se usa para la reducción de especies moleculares. Se hace pasar el haz por un gas de baja masa atómica (H o He) a baja presión; de esta manera, las colisiones entre los iones del haz y el gas de la CCT provocan la fragmentación de los iones poliatómicos, disminuyendo la interferencia que producen. Luego hay otro conjunto de lentes de enfoque que se encargan de optimizar la introducción del haz en el discriminador masas.

DISCRIMINACIÓN DE IONES

El espectrómetro utilizado es básicamente un cuadrupolo electromagnético (también puede ser un hexapolo o un octupolo). Se aplica una combinación de potenciales RF / DC a los pares de las barras del cuadrupolo, de forma que las barras diagonales tienen el mismo potencial, pero las barras adyacentes están desfasadas 180° en cuanto a la componente alterna. Con el voltaje DC se consigue enfocar los iones en el eje, y con la radio frecuencia se consigue atraer y repeler a los iones de tal manera que su trayectoria dentro del cuadrupolo es alterada, generando así fluctuaciones en el plano perpendicular al eje principal de movimiento. Debido a esto, los iones se mueven circularmente a través del eje del cuadrupolo, es decir, la composición de movimientos da una hélice. Como los iones se separan o se acercan a las barras de acuerdo a su relación carga/masa (m/e), se puede demostrar que, una vez que se fijan los voltajes RF y DC, la mayoría de las masas se hallan dentro de una trayectoria inestable y no atraviesan el eje del cuadrupolo. Sin embargo, bajo condiciones dadas,

los iones de una específica relación M/E pasarán a través del analizador y alcanzarán el detector. Los iones que colisionan con las barras se neutralizan rápidamente, y buena parte de ellos son evacuados por las bombas de vacío.

Una de las principales ventajas de este sistema, es que los valores de los potenciales directo y alterno pueden ser modificados en tiempos muy cortos (milisegundos). De esta forma, se puede seleccionar una determinada relación e/m, recolectar los isótopos ionizados que logran atravesar hasta el detector y luego modificar los parámetros para seleccionar rápidamente y secuencialmente otra masa.

SISTEMA DE DETECCIÓN

Está constituido por una serie de díodos conectados a potenciales cada vez mayores conforme se va recorriendo su interior. Una vez que los iones pasan el cuadrupolo, son atraídos por el alto voltaje aplicado al interior del detector; cuando un ion colisiona con la superficie (interior) del primer sínodo, se emiten electrones secundarios que son atraídos por la siguiente diferencia de potencia, y así sucesivamente. Por cada etapa, se genera cada vez más electrones secundarios, ya que se produce un efecto en cascada. La amplificación que se logra este tipo de detectores llegan hasta 10^6 (cargas eléctricas elementales) por cada ion en la entrada.

El hecho de disponer de factores de amplificación elevado es conveniente ya que se traduce en altos niveles de sensibilidad. Sin embargo, existe el riesgo de que el detector sufra daños debido a tasas de recuento altas que produzcan avalanchas excesivamente numerosas y deterioren físicamente el material, sobre todo, de los díodos de las últimas etapas. El riesgo es elevado en el caso de muestras desconocidas o cuando se miden isótopos de bajas y altas concentraciones en un mismo momento. Para evitarlo, el sistema detecta automáticamente y en continuo el nivel de señal amplificada en la etapa correspondiente al 23% de la amplificación. Esta señal se recoge por medio de un circuito integrador y se utiliza para accionar el cierre del resto de las etapas de amplificación del detector, la misma señal se utiliza como señal para la medida, pero sólo en el caso de que la amplificación supere el umbral correspondiente. De esta forma, el detector cuenta con dos modos de detección, un contador de pulsos propiamente dicho y un integrador de señales que funcionan sólo para altas tasas de recuento. Este circuito integrador produce señales

menos estables, pero cuando se utiliza con señales suficientemente intensas los resultados son satisfactorios. (43)

PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Todos los datos recopilados mediante las encuestas realizadas a los distintos mineros fueron recopilados y revisados minuciosamente

Se realizó una depuración de información y se pudo elegir a los mineros aptos para el estudio.

Se representó gráficamente los resultados obtenidos de la encuesta y de los exámenes de laboratorio

Se elaboró una corta redacción sobre la síntesis general de los resultados.

Se desarrolló las conclusiones y recomendaciones.

3.6) ASPECTOS ÉTICOS

Debido a que la presente investigación requiere de un estudio en el que se involucren recursos humanos, se ha considerado importante establecer un código ético para el desarrollo de este proyecto.

Todos los documentos necesarios para la investigación son de carácter anónimo

Se mantendrá estricta confidencialidad.

Como parte esencial, se procedió a otorgar al paciente una Carta de Consentimiento Informado en la que se especificaron los fines de esta investigación, el método por el cual se va a llevar a cabo la evaluación y la manipulación de los resultados, solicitando finalmente al paciente si desea o no ser parte de la misma, en caso de que este deseara participar se le pedirá que coloque su rúbrica al final de esta carta.

Los datos y los resultados obtenidos de laboratorio de cada individuo se utilizaron únicamente para dar soluciones al tema en estudio.

Finalmente como criterio lineal durante toda la investigación se mantendrá totales muestras de respeto, altruismo y responsabilidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

El objetivo del estudio es determinar las concentraciones de mercurio en la sangre de mineros artesanales. El número de mineros que colaboraron en el estudio fueron 25 mineros que trabajan en el área de amalgamación.

Para el procesamiento de la información se tomó en cuenta las respuestas de las encuestas realizadas a los mineros de las minas Puzuno y Bella Rica, se hizo el análisis detallado de la información y recolección de los resultados obtenidos en los exámenes de laboratorio los cuales posteriormente se realizó en un programa de Excel tablas y gráficos estadísticos los cuales facilitaron la comprensión de los datos.

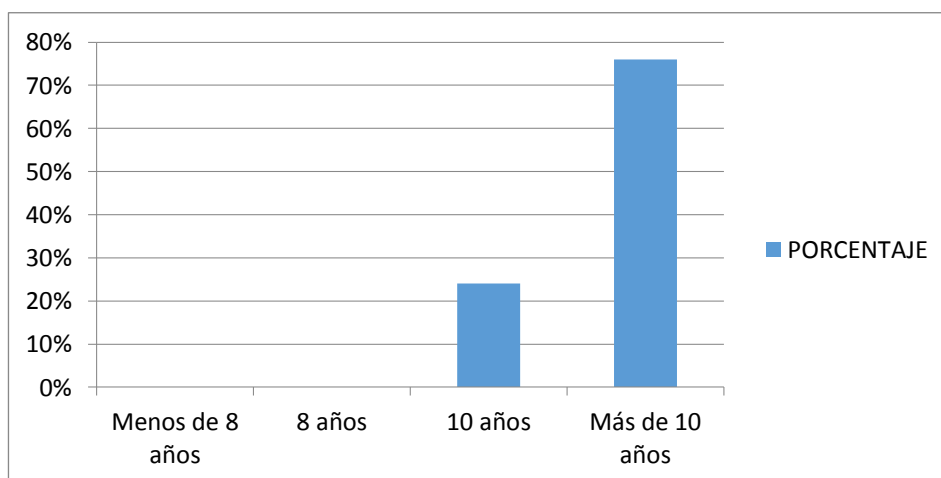
Pregunta N° 1

¿Cuánto tiempo trabaja en la minería?

TABLA 4: Tiempo de trabajar en la minería

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	PORCENTAJE
Menos de 8 años	0	0%
8 años	0	0%
10 años	6	24%
Más de 10 años	19	76%
TOTAL	25	100%

GRÁFICO 16: Tiempo de trabajar en la minería.



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Análisis e interpretación de datos

Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a 25 mineros demuestran que 6 mineros, siendo el 24% del total trabajan 10 años en la mina y 19 mineros con el 76% que es el mayor porcentaje del total trabajan más de 10 años en la mina.

Estos datos nos dan a conocer que la mayoría de mineros trabajan por mucho tiempo en la mina lo que aumenta las probabilidades de una intoxicación por mercurio ya que una de los principales motivos para que haya una intoxicación es el tiempo de exposición con el mismo.

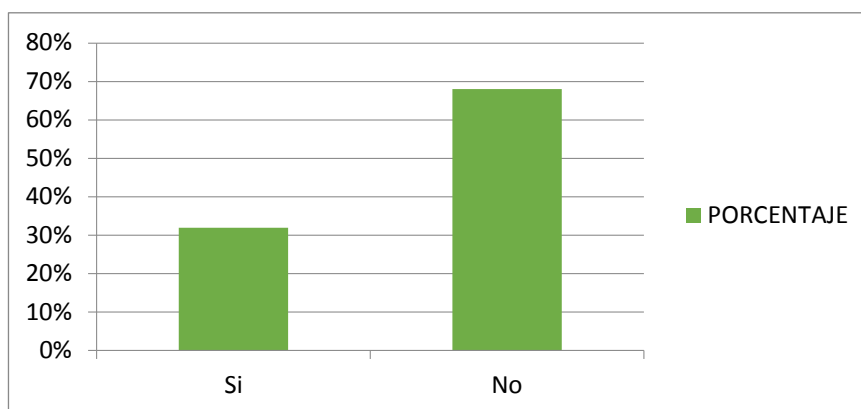
Pregunta N° 2

¿Tiene usted conocimiento sobre la intoxicación por mercurio?

TABLA 5: Conocimiento sobre intoxicación por mercurio.

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	8	32%
NO	17	68%
TOTAL	25	100%

GRÁFICO 17: Conocimiento sobre la intoxicación por mercurio.



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Análisis e interpretación de datos

El 32% de los mineros encuestados indican que tienen conocimiento acerca de intoxicación por mercurio mientras que el 68% señalan que no conocen nada acerca de la intoxicación por mercurio.

Sin duda, uno de los problemas más frecuentes es la falta de conocimiento y concientización sobre la exposición al mercurio ya que la minería artesanal es un sector al que se le da muy poca importancia y no se lo incluye en proyectos del estado en el cual se les pueda brindar la información necesaria.

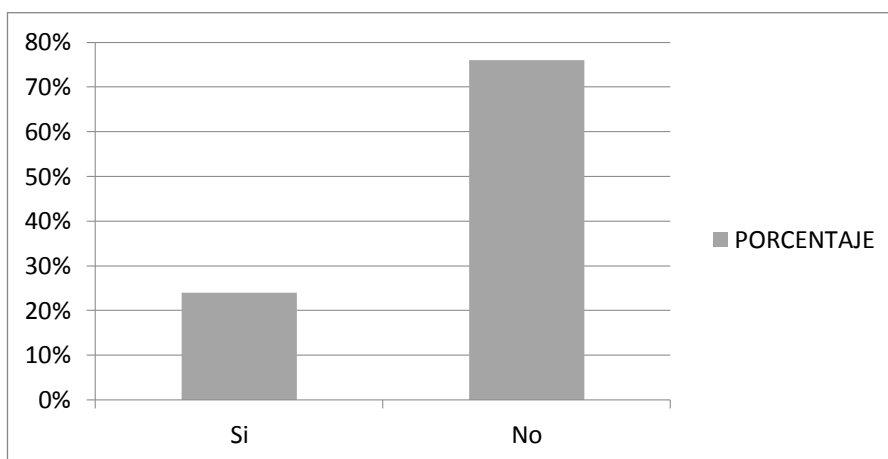
Pregunta N° 3

¿Conoce usted las complicaciones que se producen en las personas por la intoxicación por mercurio?

TABLA 6: Conocimiento sobre complicaciones de la intoxicación por mercurio.

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	6	24%
NO	19	76%
TOTAL	25	100%

GRÁFICO 18: Conocimiento sobre complicaciones de la intoxicación por mercurio.



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Análisis e interpretación de datos

Al analizar los resultados se puede observar que el 24% de los mineros conocen las complicaciones de la intoxicación por mercurio sin embargo el 76% de los minero encuestados NO conoce las complicaciones que se producen en las personan la intoxicación por mercurio

Los mineros por lo general no poseen educación básica y prestan poca atención a las complicaciones que el mercurio puede acarrear a su salud.

Y solo focalizan esta actividad como una herramienta de supervivencia la cual les permite cubrir las necesidades básicas de su familia.

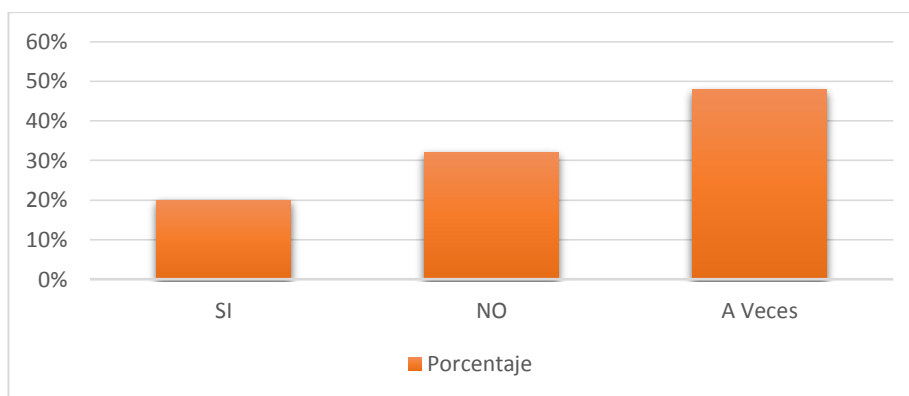
Pregunta N° 4

¿Utiliza el equipo de protección personal (mascarilla, guantes, botas) durante su trabajo en las minas?

TABLA 7: Uso del equipo de protección personal.

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	5	20%
NO	8	32%
A VECES	12	48%
TOTAL	25	100%

GRÁFICO 19: Uso del equipo de protección personal



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Análisis e interpretación de datos

El 32% de los mineros encuestados dicen no utilizan el equipo de protección personal en sus horas de trabajo, el 20% indica que utilizan el equipo de protección personal en sus horas de trabajo, mientras que el 48% señalan que solamente utilizan el equipo de protección personal a veces.

Con los resultados obtenidos en la encuesta nos podemos dar cuenta que el uso del equipo de protección personal no es de gran importancia para los minero ya que un porcentaje considerable lo usan a veces, lo que aumenta el riesgo estar en contacto directo con el mercurio. Si los mineros utilizaran los equipos de protección personal siempre que están en sus horas de trabajo y los usaran de manera correcta se pudiera evitar en un alto porcentaje las intoxicaciones por mercurio.

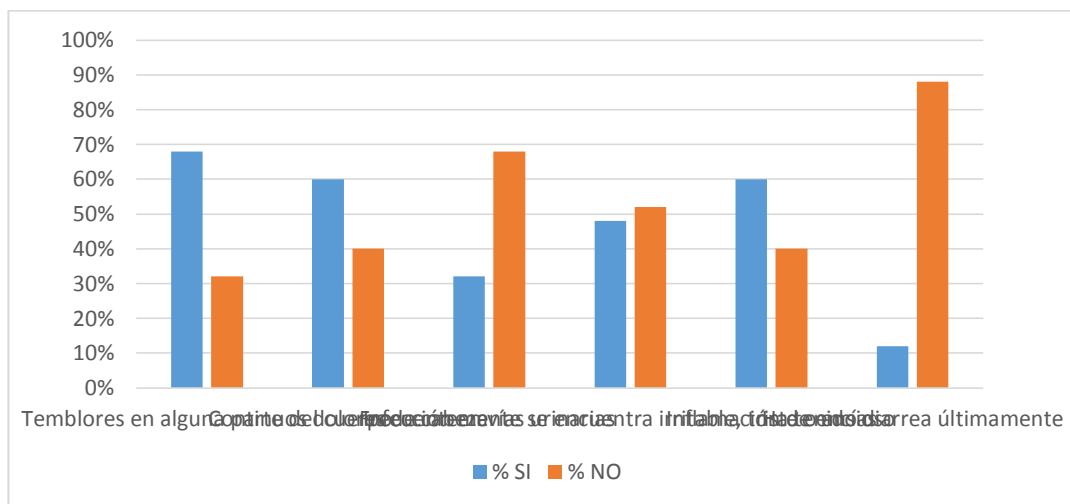
Pregunta N° 5

¿Durante el tiempo que trabaja en mina ha sentido alguno de estos síntomas?

TABLA 8: Síntomas.

SINTOMAS	SI	NO	TOTAL	% SI	% NO	% TOTAL
Temblores en alguna parte del cuerpo	17	8	25	68%	32%	100%
Continuos dolores de cabeza	15	10	25	60%	40%	100%
Infección en vías urinarias	8	17	25	32%	68%	100%
Frecuentemente se encuentra irritable, triste o ansioso	12	13	25	48%	52%	100%
Inflamación de encías	15	10	25	60%	40%	100%
Ha tenido diarrea últimamente	3	22	25	12%	88%	100%

GRÁFICO 20: Síntomas



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García.

Análisis e interpretación de datos

El 68% de los mineros encuestados dicen haber sentido temblores en alguna parte de su cuerpo durante el tiempo que ha estado trabajando en la mina, el 32% de los mineros dice no haber sentido temblores durante su tiempo de trabajo.

Existe un porcentaje alto de mineros que han sentido este síntoma, que es el gran síntoma de la intoxicación por mercurio (hidrargirismo). Lo que nos sugiere que existe intoxicación por mercurio en estos mineros.

De los 25 mineros encuestados el 60% dice haber sentido continuos dolores de cabeza, mientras que el 40% manifiesta que no ha sentido continuos dolores de cabeza durante el tiempo que laboran en la mina.

Se puede notar claramente que más de la mitad de la población en estudio ha sentido este síntoma durante el tiempo que lleva realizando este oficio.

El 32% de los mineros han tenido infección de vías urinarias, sin embargo el 68% de los mineros en estudio no han tenido infección de vías urinarias.

Indicándonos que la mayoría de los mineros estudiados no han tenido infección de vías urinarias

Además el 52% de los mineros dicen no encontrarse frecuentemente irritable, triste o ansioso, mientras que el 48% restante se encuentran frecuentemente de esta manera. Podemos notar que casi la mitad del porcentaje de los mineros han sentido este síntoma desde que trabaja en la mina.

La bibliografía nos dice que a esta serie de síntomas se les denomina eretismo mercurial, por los resultados de la gráfica tienen un valor sumamente importante en nuestro estudio.

En el caso de la inflamación de las encías se muestra que el 60% de los mineros si han tenido encías inflamadas y el 40% restante dice no haber padecido este síntoma.

Por último el 12% de mineros han tenido diarrea últimamente mientras que el 88% no han tenido diarrea últimamente, nos indica claramente que la mayoría de los mineros no ha sufrido este síntoma.

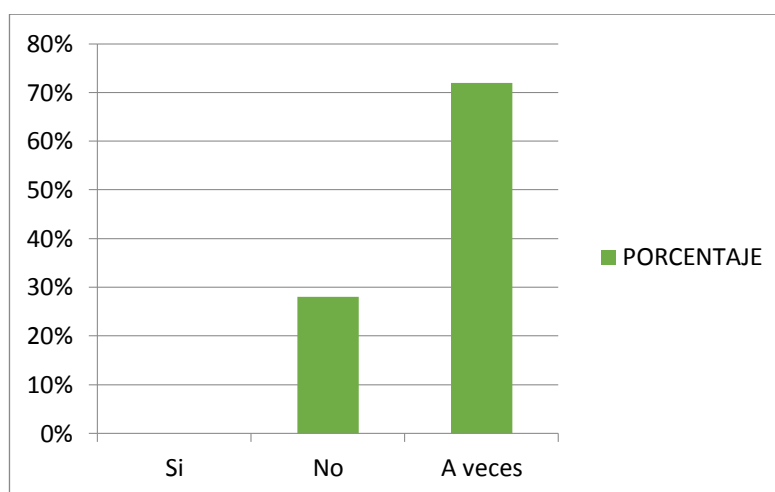
Pregunta N° 6

¿Su alimentación está basada en un consumo frecuente de mariscos?

TABLA 9: Consumo de mariscos.

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	0	0%
NO	7	28%
A VECES	18	72%
TOTAL	25	100%

GRÁFICO 21: Consumo de mariscos.



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Interpretación y análisis

El 28% de mineros dice que su alimentación no está basada en el consumo frecuente de mariscos, mientras que el 72% señalan que consumen mariscos a veces.

Se puede notar claramente que el mayor porcentaje de mineros incluyen mariscos en su dieta a veces y un pequeño porcentaje de estos no los consumen.

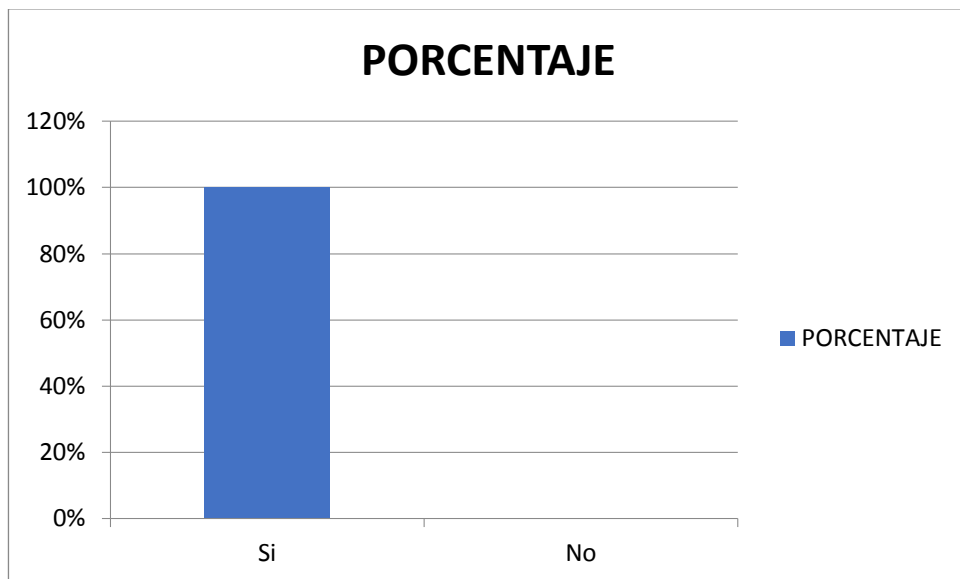
Pregunta N° 7

¿Su vivienda está cerca de la mina?

TABLA 10: Vivienda cerca de la mina.

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	25	100%
NO	0	0%
TOTAL	25	100%

GRÁFICO 22: Vivienda cerca de la mina



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Interpretación y análisis

Los resultados muestran que el 100% de los mineros viven cerca de la mina que representa al total de la población, lo que quiere decir que los mineros no solo están expuestos a los gases de mercurio en su sitio de trabajo, sino también fuera de él.

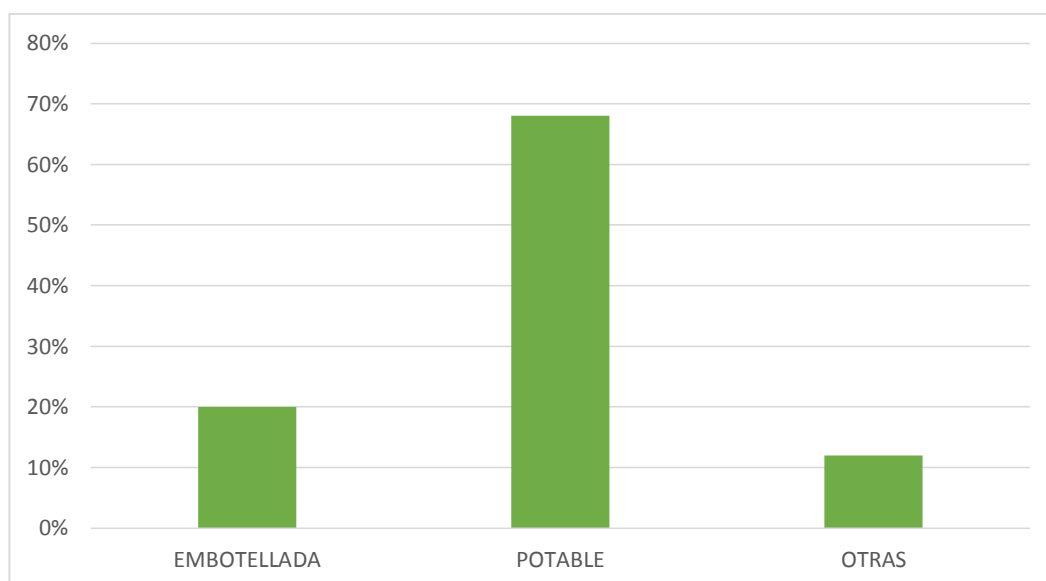
Pregunta N° 8

¿Qué tipo de agua consume?

TABLA 11: Tipo de agua que consume.

ALTERNATIVAS	TRABAJADORES	PORCENTAJE
EMBOTELLADA	5	20%
POTABLE	17	68%
OTRAS	3	12%
TOTAL	25	100%

GRÁFICO 23: Tipo de agua que consume.



Fuente: Encuesta realizada a trabajadores de minas Puzuno y minas bella rica

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Interpretación y análisis

El 20% de los mineros encuestados indican que consumen agua embotellada, el 68% indica que consumen agua potable, mientras que el 12 % dicen que consumen agua de otras fuentes. Por lo que no se puede descartar la posibilidad que también exista contacto con el mercurio mediante el tipo de agua que consumen ya que no se puede tener la certeza que el agua potable sea tratada de una forma correcta.

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO

Para realizar los exámenes de laboratorio se trabajó con los pacientes que cumplieron con todos los criterios de inclusión, los mismos que son 25 mineros.

TABLA 12: Resultados obtenidos de la concentración de mercurio sanguíneo en mineros artesanales.

ESTUDIOS ESPECIALES	
PACIENTE	NIVEL DE MERCURIO
1	5.00 ug/L
2	45.00 ug/L
3	16.00 ug/L
4	34.00 ug/L
5	10.00 ug/L
6	20.00 ug/L
7	8.00 ug/L
8	25.00 ug/L
9	30.00 ug/L
10	18.00 ug/L
11	22.00 ug/L
12	31.00 ug/L
13	9.00 ug/L
14	27.00 ug/L
15	42.00 ug/L
16	7.00 ug/L
17	19.00 ug/L
18	25.00 ug/L
19	45.00 ug/L
20	10.00 ug/L
21	22.00 ug/L
22	26.00 ug/L
23	5.00 ug/L
24	18.00 ug/L
25	32.00 ug/L

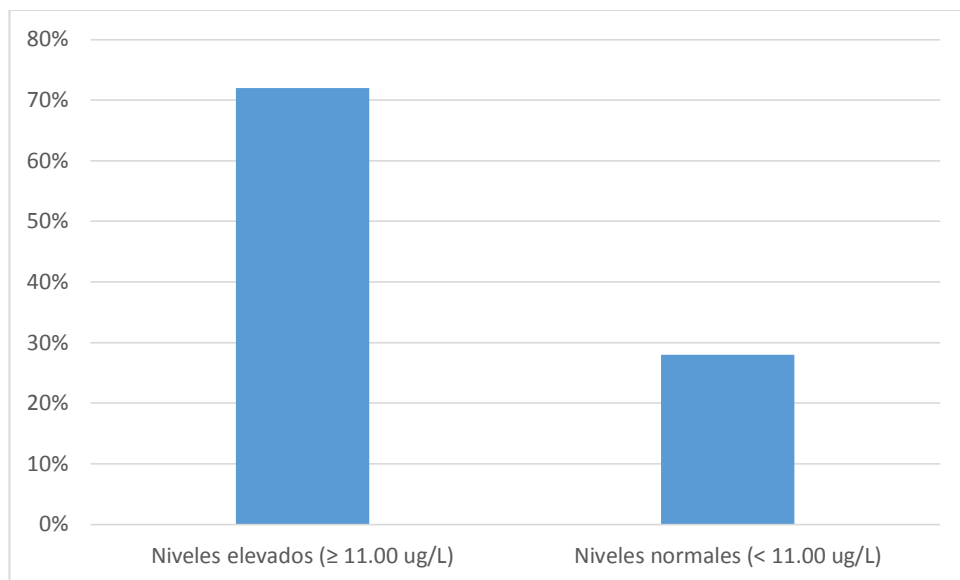
Fuente: Resultados de los exámenes de laboratorio clínico

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

TABLA 13: Niveles elevados y normales de mercurio sanguíneo.

Concentración de Mercurio sanguíneo	Pacientes	Porcentaje
Niveles elevados (≥ 11.00 ug/L)	18	72%
Niveles normales (< 11.00 ug/L)	7	28%
Total	25	100%

GRÁFICO N° 24: Niveles elevados y normales de mercurio sanguíneo



Fuente: Resultados de los exámenes de laboratorio clínico

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Interpretación y análisis

Luego de obtener los resultados de la cuantificación de mercurio en sangre se observa que el 72% de la población estudiada lo que representa a 18 mineros tienen niveles elevados de mercurio en la sangre, mientras que el 28% que representa a 8 mineros tienen niveles normales de mercurio en la sangre.

TABLA 14: Uso del equipo de protección personal y su relación con los niveles elevados de mercurio sanguíneo.

PACIENTE	SI	NO	A VECES	NIVEL DE MERCURIO	ELEVADO/ NORMAL
1	X			5,00 ug/L	NORMAL
2		X		45,00 ug/L	ELEVADO
3		X		16,00 ug/L	ELEVADO
4		X		34,00 ug/L	ELEVADO
5		X		10,00 ug/L	NORMAL
6			X	20,00 ug/L	ELEVADO
7	X			8,00 ug/L	NORMAL
8			X	25,00 ug/L	ELEVADO
9		X		30,00 ug/L	ELEVADO
10			X	18,00 ug/L	ELEVADO
11			X	22,00 ug/L	ELEVADO
12			X	31,00 ug/L	ELEVADO
13			X	9,00 ug/L	NORMAL
14			X	27,00 ug/L	ELEVADO
15			X	42,00 ug/L	ELEVADO
16	X			7,00 ug/L	NORMAL
17			X	19,00 ug/L	ELEVADO
18			X	25,00 ug/L	ELEVADO
19			X	45,00 ug/L	ELEVADO
20	X			10,00 ug/L	NORMAL
21		X		22,00 ug/L	ELEVADO
22		X		26,00 ug/L	ELEVADO
23	X			5,00 ug/L	NORMAL
24			X	18,00 ug/L	ELEVADO
25		X		32,00 ug/L	ELEVADO
Total	5	8	12		
Porcentaje	20%	32%	48%		18 ELEVADOS

Fuente: Encuestas aplicadas a mineros y resultados de los exámenes de laboratorio clínico

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Interpretación y análisis:

El 20% de los mineros usan los equipos de protección personal durante sus horas de trabajo y tienen sus niveles de mercurio sanguíneo dentro de los niveles normales

El 48% de los mineros usan el equipo de protección personal A VECES y tienen niveles de mercurio sanguíneo fuera del rango del valor normal

El 32% de los mineros NO usan el equipo de protección personal y tienen los niveles de mercurio sanguíneo más altos del estudio.

TABLA 15: Síntomas de mayor incidencia y su relación con los niveles elevados de mercurio sanguíneo.

N°	Temblores en alguna parte del cuerpo	Irritable, triste o ansioso	Inflamación de encías	ug/L	N/E
1				5,00 ug/L	NORMAL
2	X	x	x	45,00 ug/L	ELEVADO
3	X			16,00 ug/L	ELEVADO
4		x	x	34,00 ug/L	ELEVADO
5				10,00 ug/L	NORMAL
6	X		x	2000, ug/L	ELEVADO
7				8,00 ug/L	NORMAL
8	X		X	25,00 ug/L	ELEVADO
9	X	x		30,00 ug/L	ELEVADO
10				18,00 ug/L	ELEVADO
11		x	X	22,00 ug/L	ELEVADO
12	X		X	31,00 ug/L	ELEVADO
13				9,00 ug/L	NORMAL
14	X	x	X	27,00 ug/L	ELEVADO
15	X	x	X	42,00 ug/L	ELEVADO
16				7,00 ug/L	NORMAL
17				19,00 ug/L	ELEVADO
18	X		X	25,00 ug/L	ELEVADO
19	X	x	X	45,00 ug/L	ELEVADO
20				10,00 ug/L	NORMAL
21		x		22,00 ug/L	ELEVADO
22	X		X	26,00 ug/L	ELEVADO
23				5,00 ug/L	NORMAL
24	X			18,00 ug/L	ELEVADO
25	X	x	X	32,00 ug/L	ELEVADO
Total	13	10	12		ELEVADO= 18
Porcentaje	52%	40%	48%		

Fuente: Encuestas aplicadas a mineros y resultados de los exámenes de laboratorio clínico

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Interpretación y análisis

El 52% que representa a 13 mineros han tenido alteraciones en el Sistema Nervioso Central con presencia de temblores en alguna parte del cuerpo y todos los mineros que han presentado este síntoma tienen niveles elevados de mercurio

El 40% que representa a 10 mineros se han sentido tristes, irritables o ansiosos y todos tienen niveles elevados de mercurio sanguíneo.

El 48% que representa a 12 mineros han padecido de inflamación de las encías y todos los que manifiestan este síntoma tienen niveles elevados de mercurio sanguíneo

Nos podemos dar cuenta que la manifestación de estos síntomas tiene relación con los niveles elevados de mercurio sanguíneo, sin embargo no todos los mineros que tienen niveles elevados de mercurio en la sangre manifiestan haber sentido alguno de estos síntomas, lo que podría estar relacionado con el sistema inmune de cada persona para la asimilación del mercurio.

TABLA 16: Factores de riesgo relacionados con niveles elevados de mercurio sanguíneo.

OTROS FACTORES DE RIESGO RELACIONADOS CON NIVELES ELEVADOS DE MERCURIO SANGUINEO					
Nivel elevado de mercurio sanguíneo (≥ 11 ug/L)		Vivir cerca de la mina		NO Tener conocimiento acerca del peligro del uso del mercurio	
Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
18	72%	25	100%	17	68%

Fuente: Encuestas aplicadas a mineros y resultados de los exámenes de laboratorio clínico

Elaborado por: Andrea Gabriela Muñoz García

Interpretación y análisis

El 72% que representa a 18 mineros tienen niveles elevados de mercurio en sangre

El 100% que representa a los 25 mineros viven cerca de la mina

El 68% que representa a 17 mineros no tienen ningún tipo de conocimiento acerca del peligro de usar mercurio

Esto demuestra que vivir cerca de la mina así como no poseer conocimiento del peligro del contacto con mercurio sí podrían ser factores desencadenantes para que los mineros tengan niveles elevados de mercurio sanguíneo.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

H0: La verificación de la hipótesis planteada de que: Los mineros artesanales de la comunidad Puzuno no tienen niveles elevados de mercurio en la sangre

H1: La verificación de la hipótesis planteada de que: Los mineros artesanales de la comunidad Puzuno tienen niveles elevados de mercurio en la sangre los cuales podrían estar afectando a su salud

Decisión

Gracias al análisis de la encuesta y los resultados obtenidos de laboratorio podemos indicar que se logra validar la hipótesis alterna que indica: “Los mineros artesanales de la comunidad Puzuno tienen niveles elevados de mercurio en la sangre los cuales podrían estar afectando a su salud” rechazando la hipótesis nula.

Determinándose además que existe valores extremadamente elevados lo que nos podría ser indicativo de exposición aguda o crónica. La falta de información sobre la toxicología del mercurio conjuntamente con el incumplimiento en la aplicación de normas de bioseguridad; es lo que ocasiona que exista niveles elevados de mercurio sanguíneo en la mayoría de los mineros.

El estudio no amerita a validar la hipótesis por medio de una técnica estadística.

CONCLUSIONES

Luego de realizada la investigación y analizar las muestras de los mineros artesanales se concluye que:

Las concentraciones de mercurio sanguíneo en el 72% de la población estudiada tienen niveles de mercurio que superan los límites normales, siendo este porcentaje de la mayoría de los mineros artesanales en estudio.

Basados en los resultados de las encuestas se considera que las enfermedades más comunes son las que afectan al sistema nervioso y los síntomas de mayor incidencia son: temblores en algunas partes del cuerpo que se presenta en un 52% de la población. Los síntomas emocionales de mayor frecuencia son: tristeza, enojo y ansiedad que se presenta en el 40% de los mineros. Además también afecta de manera significativa a la boca especialmente encías produciendo Gingivitis que se presenta el 48% de la población en estudio

La población en estudio expuesta ocupacionalmente a vapores del mercurio en la actividad minera de oro tienen un alto porcentaje de desconocimiento sobre los problemas de salud a los que están expuestos en su trabajo diario, el 68% que representa a 17 mineros no tiene conocimiento del peligro al que están expuestos con el uso de mercurio.

Inadecuadas percepciones de la importancia del uso del equipo de protección personal ya que un 32% de los mineros no usan el equipo de protección personal y el 48% de ellos solo lo usan a veces, y debido al tiempo que han estado expuestos a estos vapores esto podría estar relacionado con alta proporción a problemas de salud asociados a la misma exposición.

Se pudo describir otros factores de riesgo para su salud a los que están expuestos los mineros entre los que se destacan vivir cerca de la mina ya que la quema de amalgamas se realizan al aire libre, el 100% de los mineros tienen sus viviendas cerca.

La situación de salud descrita en el presente trabajo constituye un gran reto para el personal de salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- Bataller R. Toxicología Clínica Simón M, editor. Valencia; 2004. (10.)
- Carrillo & A. Estudio de generación de vapores de mercurio en la extracción de oro, y sus efectos en los trabajadores de una área minera en el Cantón Ponce Enríquez. Tesis. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2009. (7.)
- Carrillo GR, Astudillo AA. Evaluación de las emisiones de vapor mercurial en proceso de amalgamado artesana. MASKANA. 2011 Diciembre; II (2) (32.).
- Córdoba D. Toxicología. 5th ed. Córdoba D, editor. Bogotá Colombia: Manual moderno; 2006. (16.)
- Haydn B, Castro ML, Wong M, Mori V. Espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado. In.; 2010. p. 113-119. (43).
- LaDou J. Diagnóstico y tratamiento en medicina laboral y ambiental. 4th ed. Rendón López K, editor. Mexico: El Manual Moderno; 2007. (23.).
- Martínez Pérez V. Riesgos salud en la explotación de oro. El Universal. 2011 Febrero. (49.).
- PNUMA. Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala. Proyecto. Bogotá: Pnuma, Ministerio del medio ambiente y desarrollo; 2012. Report No.: MC/4030-09-04-2203. (36.)
- Prieto Valtueña JM, Yuste Ara JR. El laboratorio en las intoxicaciones. In Yuste JR, Varo JJ. Clínica y el laboratorio. España: Elsevier Masson; 2010. p. 767,768. (22)
- Ramírez AV. Intoxicación ocupacional por mercurio. Scielo. 2008 Enero-Marzo; 69(1) (15.).

- Rosales JA, Malca NE, Alarcón JJ, Chávez M, Gonzáles MA. Daño genotóxico en trabajadores de minería artesanal expuestos al mercurio. *scielo*. 2013 Octubre-Diciembre; 30(4). (8.)
- Telmer K, Stapper D. Reducción del uso de mercurio en la minería de oro artesanal y de pequeña escala. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. PNUMA, Global Mercury Partnership; 2012. (14.).
- Universidad Politecnica de Cartagena. Práctica ICP-MS. Informe. Cartagena: Universidad Politecnica de Cartagena, Investigación; 2010. (48.).
- Wallach J. Interpretación clínica de pruebas diagnósticas. 8th ed. Barcelona: Copyright; 2007. (18.)
- William Sacher & AA. La minería a Gran escala en Ecuador. Primera ed. Báez M, editor. Quito Ecuador: Abya-Yala; 2012. (4.)

LINKOGRAFÍA

- Agencia de noticias UN. Que son los títulos mineros. [Online]; 2014. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de: http://www.unperiodico.unal.edu.co/uploads/tx_flstaticfilecache/www.agenciaadenoticias.unal.edu.co/var/www/web/agencia/ndetalle/article/un-lidera-primer-laboratorio-de-formalizacion-minera-en-antioquia.htmlcache.html.(33)
- BBC. La creciente amenaza global de las emisiones de mercurio. [Online]. 2013. Recuperado el 11 de Julio de 2015, de: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/01/130110_ciencia_emisiones_mercurio_onu_bd.(3)
- CATAPA.BE. Recuperado el 18 de Agosto de 2015 de: http://old.catapa.be/files/mineria_artesanal.jpg.(28)
- Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América. CICEANA, A. C. Saber más. Minería. [Online]. Recuperado el 13 de Agosto de 2015 de: <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Mineria.pdf>.(24)

- Científica Senna S.A. Detergentes IBI. [Online]; 2015. .Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 de: <http://www.cientificasenna.com/index.php?modulo=catalogo&accion=articulo&id=9>.(41)
- Conte Burrell J. La minería artesanal de oro, fuente de contaminación humana y natural con mercurio. [Online]. Recuperado el 29 de Agosto de 2015, de: http://www.ecoportal.net/TemasEspeciales/Mineria/La_mineria_artesanal_de_oro_fuente_de_contaminacion_humana_y_natural_con_mercurio.(2)
- Doadrio AL. Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio. [Online]. Recuperado el 23 de Julio de 2015 de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/mercurio545.pdf>.(17)
- Ecoluxen. Mercurio en la minería artesanal y sus efectos en la salud y el ecosistema. [Online]; 2013.Recuperado el 13 de Agosto de 2015 de: <http://ecoluxen.ec/wp-content/uploads/2013/08/Presentaci%C3%B3n-Mercurio-Final-rev-23-05.pdf>.(29)
- Enciclopedia Moderna. Isotopos. [Online]; 2015. .Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 de: <http://www.moderna.eb.com/ee/article-9418014>.(39)
- Fernández Ruiz R. Las técnicas de plasma masas ICP-MS. [Online]. Recuperado el 07 de Septiembre de 2015 de: https://www.uam.es/personal_pas/txrf/icpms.html.(46)
- Fraser Institute. Realidad Minera. [Online]; 2012. Recuperado el 18 de Agosto de 2015 de: <http://www.miningfacts.org/Comunidades/Que-es-la-mineria-artesanal-y-de-pequena-escala/?LangType=1034>. (27)
- García Álvarez A. ASÍ FUNCIONA EL TEFLÓN®. [Online]; 2015.Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 de: http://www.asifunciona.com/quimica/af_teflon/af_teflon_1.htm.(38)

- Grimaldos R. Extracción artesanal de oro. [Online]. Recuperado el 18 de Agosto de 2015 de: <http://www.monografias.com/trabajos86/extraccion-artesanal-oro/extraccion-artesanal-oro.shtml>.(31)
- Gutiérrez de Salazar M. Metales pesados y metaloides: mercurio en urgencias toxicológicas. [Online]; 2015. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015 de: <http://encolombia.com/medicina/guiasmed/u-toxicologicas/mercurio/>.(52)
- Lab Tests. Metales pesados. [Online]; 2015. Recuperado el 26 de Julio de 2015 de: <http://www.labtestsonline.es/tests/metales-pesados.html?tab=2>.(9)
- Lavandaio E. Conozcamos más sobre Minería. [Online]. Buenos Aires; 2008. Recuperado el 23 de Agosto de 2015 de: [http://www.segemar.gov.ar/bibliotecaintemin/SEGEMARPublicacionesISSN03282317\(168\)2008Lavandaio.pdf](http://www.segemar.gov.ar/bibliotecaintemin/SEGEMARPublicacionesISSN03282317(168)2008Lavandaio.pdf).(25)
- Martínez A. [Tesis Doctoral]; 2012. Recuperado el 11 de Agosto de 2015 de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TDMartinezCoronado%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TDMartinezCoronado%20(1).pdf). (12)
- Medline Plus. Mercurio. [Online]; 2014. Recuperado el 06 de Agosto de 2015 de: <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002476.htm>.(20)
- Merck Millipore Corporation. High purity water for ICP-MS. [Online]; 2015. Recuperado el 07 de Septiembre de 2015 de: https://www.merckmillipore.com/INTL/es/water-purification/learning-centers/applications/icp-ms/_e2b.qB.s7QAAAFAniQQWTtN.nav.(45)
- Merino R. Amalgamación de oro. [Online]; 2014. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de: http://metal-recovery.blogspot.com/2014_08_01_archive.html.(35)
- Molina D, Monografías. La explotación minera en el Ecuador. [Online]. Recuperado el 06 de Agosto de 2015 de: <http://www.monografias.com/trabajos96/explotacion-minera-ecuador/explotacion-minera-ecuador.shtml>.(26)

- Myron L Company. DEIONIZED WATER. [Online]. Recuperado el 20 de Agosto de 2015 de: <http://www.myronl.com/applications/diapp.htm>.(42)
- Organización Mundial de la Salud. El mercurio y la salud. [Online]; 2013. Recuperado el 21 de Julio de 2015 de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/es/>.(19)
- Pino F. Características del mercurio. [Online]. Recuperado el 26 de Julio de 2015 de: <http://www.batanga.com/curiosidades/5166/caracteristicas-del-mercurio>.(11)
- Pressly L. Cómo el mercurio mata lentamente a los mineros. [Online]. 2013 Recuperado el 23 Septiembre de 2015, de: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130919_salud_mercurio_envenenamiento_poblacion_gtg.(1)
- QuimiNet. Las distintas formas químicas del mercurio. [Online]; 2006. Recuperado el 18 de Agosto de 2015 de: <http://www.quiminet.com/articulos/las-distintas-formas-quimicas-del-mercurio-17077.htm>.(13)
- Reyes Márquez Á. Desarrollo del sector minero como soporte de la economía Ecuatoriana. [Online]; 2012. Recuperado el 11 de Julio de 2015 de: <http://www.eueomecuador.org/ES/Info.html>.(5)
- Schwartz M. La importancia del uso correcto de equipos de protección personal. [Online]; 2013. Recuperado el 07 de Septiembre de 2015 de: <http://max-schwarz.blogspot.com/2013/03/la-importancia-del-uso-correcto-de.html>.(51)
- Textos científicos. POLIETILENO. [Online]; 2006. .Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 de: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno>.(40)
- Universidad de Burgos. Espectrometría de masas de plasma (ICP-MS). [Online]; 2013. Recuperado el 07 de Septiembre de 2015 de: <http://www.ubu.es/es/pct/servicios-cientifico-tecnicos/espectrometria/espectrometria-masas-plasma-icp-ms>.(44)

- Universidad Nacional de Colombia. Agencia de Noticias UN. [Online]; 2015 Recuperado el 21 de Julio de 2015 de: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/hallan-exceso-de-mercurio-en-habitantes-de-zona-minera-del-guainia.html>.(6)
- Wolf R. What is ICP-MS? [Online]; 2013. Recuperado el 07 de Septiembre de 2015 de: <http://es.slideshare.net/davidTorres184/clase-espectrometra-de-masas-2015>.(47)

CITAS BIBLIOGRÁFICAS-BASES DE DATOS UTA

- **EBSCO HOST:** Eslava A, Silva S, Tobón A, Vélez S. Oro sin sangre. [Online]; 2014. Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 en: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=22&sid=3570edc3-91ad-4ade-884a-fdfc37eb606c%40sessionmgr111&hid=116&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=98654657&db=a9h>. (21)
- **EBSCO HOST:** Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y mercurio). Bulletin of the World Health Organization. Dec2012, Vol. 90 Issue 12, p878-886. 9p. 1 Color Photograph, 1 Chart, 2 Maps. DOI: 10.2471/BLT.12.106419. Disponible 71 en: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=9&sid=787f7f62-11e2-4a05-a4795ca91789d0d3%40sessionmgr4004&hid=4201&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=88923981> 73. (50)
- **SCOPUS:** Afroze T, Bhuiyan AH. Electrical conduction mechanism in plasma polymerized 2-(diethylamino) ethyl methacrylate thin films. [Online]. 2015. Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 en: <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84941926773&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=18+M+ohm&st2=&sid=E2E5C2072133E3D13BCA3AE1A9851AFA.iqs8TDG0Wy6BURhzD3nFA%3a180&sot=b&sdt=b&sl=23&s=TITLE-ABS-KEY%2818+M+ohm%29&relpos=2&citeCnt=0&searc>. (37)

- **SCOPUS:** Ramirez C, Olarte E, Tellez E, Palma M. Analytical method validation for determination of total mercury in human blood by zeeman mercury spectrometer. [Online]; 2014. Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 en: [http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84920902142&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1= analisis+de+mercurio+en+sangre&st2=&sid=E2E5C2072133E3D13BCA3AE1A9851AFA.iqs8TDG0Wy6BURhzD3nFA%3a530&sot=b&sdt=b&sl=48&s=TITLE-ABS-KEY%2818+M+ohm%29&relpos=2&citeCnt=0&searc.\(30](http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84920902142&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1= analisis+de+mercurio+en+sangre&st2=&sid=E2E5C2072133E3D13BCA3AE1A9851AFA.iqs8TDG0Wy6BURhzD3nFA%3a530&sot=b&sdt=b&sl=48&s=TITLE-ABS-KEY%2818+M+ohm%29&relpos=2&citeCnt=0&searc.(30)
- **SCOPUS:** Palazón BI, González EM, Arroyo. Validation procedure of a method for measuring mercury in blood by thermal decomposition, amalgamation and atomic absorption spectrometry (Article). [Online]; 2015. Recuperado el 16 de Diciembre de 2015 en: [http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84937524348&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1= analisis+de+mercurio+en+sangre&st2=&sid=E2E5C2072133E3D13BCA3AE1A9851AFA.iqs8TDG0Wy6BURhzD3nFA%3a530&sot=b&sdt=b&sl=48&s=TITLE-ABS-KEY+%28+analysis+d. \(34](http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84937524348&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1= analisis+de+mercurio+en+sangre&st2=&sid=E2E5C2072133E3D13BCA3AE1A9851AFA.iqs8TDG0Wy6BURhzD3nFA%3a530&sot=b&sdt=b&sl=48&s=TITLE-ABS-KEY+%28+analysis+d. (34)

ANEXOS

ANEXO N° 1: FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLINICO



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES DE LA INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACION: Determinación de mercurio en mineros artesanales

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por Andrea Gabriela Muñoz García de la Universidad Técnica de Ambato. La meta de este estudio es determinar la concentración de mercurio en sangre en los mineros artesanales.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá completar una encuesta. Esto tomara aproximadamente 10 minutos de su tiempo. Además se le tomara una muestra de sangre por venopunción la cual NO tiene ningún riesgo para su salud.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará por ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas al cuestionario serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto de investigación, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en el. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso le perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la encuesta le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por Andrea Gabriela Muñoz García.

He sido informado (a) de que la meta de este estudio es determinar la concentración de mercurio en sangre en los mineros artesanales.

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios lo cual tomará aproximadamente 10 minutos y que me tomaran una muestra de sangre mediante venopunción.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a Andrea Gabriela Muñoz García al número telefónico 0992987676.

.....
Firma del participante

Fecha

ANEXO N° 2: ENCUESTA DIRIGIDA A MINEROS ARTESANALES



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLINICO



ENCUESTA DIRIGIDA A LA POBLACIÓN EN ESTUDIO

OBJETIVO: Determinar la concentración de mercurio en mineros artesanales

INSTRUCCIONES: Lea las preguntas y conteste con la verdad.

1. ¿Cuánto tiempo trabaja en minería?

- Menos de 8 años
- 8 años
- 10 años
- Más de 10 años

2. ¿Tiene usted conocimiento sobre la intoxicación por mercurio?

- SI
- NO

3. ¿Conoce usted las complicaciones que se produce en las personas por la intoxicación por mercurio?

- SI
- NO

4. ¿Utiliza el equipo de protección personal (mascarilla, guantes, botas) durante su trabajo en las minas?

- SI
- NO
- A veces

5. ¿Durante el tiempo que trabaja en minera ha sentido alguno de estos síntomas?

- Temblores en alguna parte del cuerpo SI NO
- Continuos dolores de cabeza SI NO
- Infección de vías urinarias SI NO
- Frecuentemente se encuentra irritable, triste o ansioso SI NO
- Inflamación de encías SI NO
- Ha tenido diarrea últimamente SI NO

6. ¿Su alimentación está basada en un consumo frecuente de mariscos?

- SI
- NO
- A veces

7. ¿Su vivienda está cerca de la mina?

- SI
- NO

8. ¿Está en tratamiento de alguna enfermedad?

- SI
- NO

Cual.....

9. ¿Qué tipo de agua consume?

- Embotellada
- Potable
- Entubada
- Otras

Gracias por su colaboración



ANEXO N° 3: CERTIFICADO EMITIDO POR LA TUTORA PARA CONSTANCIA DEL ESTUDIO

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLINICO



CERTIFICADO

Yo María Elena Castillo Mejía Licenciada de la Universidad Técnica de Ambato y tutora del proyecto de Investigación, Certifico que la Señorita Andrea Gabriela Muñoz García portadora de la Cedula de Ciudadanía 1805002605 es estudiante de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico y que se encuentra realizando el proyecto de investigación con el Tema: Determinación de mercurio en mineros artesanales previo a obtener el título de Licenciada en Laboratorio Clínico

Y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado a petición de la interesada en Ambato, el viernes 07 de Agosto del 2015.

Cardialmente



Lic. María Elena Castillo
Tutora del proyecto de Investigación
Ci: 1801430412



ANEXO N° 4: INSERTO DE LA TECNICA PARA LA DETERMINACION DE MERCURIO SANGUINEO UTILIZADO EN ESTE ESTUDIO, EMITIDO POR NETLAB

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood



Laboratory Procedure Manual

Analyte: **Total Mercury**

Matrix: **Whole Blood**

Method: **Blood mercury ICP-MS**

Method No: **ITB001A**

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

A. Clinical relevance Mercury

Are considered to be toxic at certain levels. The main sources of mercury intake in humans are fish, dental amalgams, and occupational exposure. The main organs affected by mercury are the brain and the kidneys. Psychic and emotional disturbances are the initial signs of chronic intoxication by elemental mercury vapors or salts. Parasthesia, neuralgias, renal disease, digestive disturbances, and ocular lesions may develop.

B. Test principle

Whole blood Hg₂ concentrations are determined using inductively coupled plasma mass spectrometry. This multi-element analytical technique is based on quadrupole ICP-MS technology. Coupling radio frequency power into a flowing argon stream seeded with electrons creates the plasma. Predominate species in the plasma are positive argon ions and electrons. Diluted whole blood samples are converted into an aerosol using a nebulizer inserted within a spray chamber. A portion of the aerosol is transported through the spray chamber and then through the central channel of the plasma, where it experiences temperatures of 6000-8000 K. This thermal energy atomizes, and ionizes the sample. The ions, along with the argon, enter the mass spectrometer through an interface that separates the ICP, operating at atmospheric pressure (approximately 760 torr), from the mass spectrometer, operating at approximately 10^{-5} torr. The mass spectrometer permits detection of ions at each mass-to-charge ratio in rapid sequence, allowing individual isotopes of an element to be determined. Once inside of the mass spectrometer, the ions pass through the ion optics, then the mass analyzing quadrupole before being detected as they strike the surface of the detector. The ion optics focuses the ion beam using an electrical field.

Electrical signals resulting from the detection of the ions are processed into digital information that is used to indicate the intensity of the ions and subsequently the concentration of the element. In this method blood samples are diluted with 18 M-ohm water and with diluent, containing 1% v/v tetramethylammonium hydroxide (TMAH), 0.5% disodium ethylenediamine tetraacetate (EDTA), 10% ethyl alcohol, 0.05% Triton X-100[®], Au is added to reduce intrinsic Hg memory effects.

C. Safety Precautions

Perkin Elmer provides safety information that should be read before operating the instrument. This information can be found in the Perkin Elmer ELAN 6100 ICP-DRC-MS Plus System Safety Manual. Possible hazards include ultraviolet radiation, high voltages; radio frequently radiation, and high temperatures
--

Wear gloves, lab coat, and safety glasses while handling human blood. Disposable plastic, glass, and paper (pipette tips, autosampler tubes, gloves, etc.) that contacts blood is to be placed in a biohazard autoclave bag. These bags should be kept in appropriate containers until sealed and autoclaved. Wipe down all work surfaces where blood was handled with 10% v/v sodium hypochlorite solution when work is finished. The use of the foot pedal on the Micromedic Digiflex is recommended because it reduces analyst contact with work surfaces that have been in contact blood and keeps the hands free to hold the specimen cups and autosampler tubes.

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

Dispose of all biological samples and diluted specimens in a biohazard autoclave bag at the end of the analysis according to CDC/DLS guidelines for disposal of hazardous waste.

Special care should be taken when handling and dispensing bases and concentrated acids. Wear powder free gloves, a lab coat, and safety glasses.

If TMAH or hydrochloric acid comes in contact with any part of the body, quickly wash with copious quantities of water for at least 15 minutes.

D. Specimen Collection, Storage, and Handling Procedures; Criteria for Specimen Rejection

- A. No special instructions such as fasting, special diets are required.
- B. Specimen type – whole blood
- C. Optimal amount of specimen required is 1-2 mL, minimum is 0.25 mL.
- D. Acceptable containers include pre-screened polyethylene vials and pre-screened vacutainers should be used for specimen acquisition.
- E. Specimen stability has been demonstrated for several months at -20°C or at -70°C for several years.
- F. The criteria for an unacceptable specimen are either a low volume (< 0.25 mL) or suspected contamination due to improper collection procedures or collection devices. In all cases, a second blood specimen should be requested.
- G. Specimen characteristics that may compromise test results are as indicated above including contamination of blood by contact with dust, dirt, etc. from improper handling.
- H. Specimen handling conditions are outlined in the Division protocol for blood collection and handling (copies available in Branch, laboratory and Special Activities specimen handling offices). Collection, transport, and special requirements are discussed. In general, if more than one evacuated tube of blood is to be drawn from an individual, the trace metals tube should be drawn second or later. Draw the blood through a stainless steel needle into a pre-screened vacutainer. Blood specimens should be transported and stored at $\leq 4^{\circ}\text{C}$. Once received, they can be frozen at $\leq -20^{\circ}\text{C}$ until time for analysis. Portions of the sample that remain after analytical aliquots are withdrawn should be refrozen at $\leq -20^{\circ}\text{C}$. Samples thawed and refrozen several times are not compromised.

E. Preparation of Reagents, Calibration (Calibrators), Controls, and All Other Materials; Equipment and Instrumentation

A. Reagent Preparation

1. **Diluent / Carrier Solution** The diluent used in this method is an aqueous solution of 5 $\mu\text{g/L}$ internal standards (rhodium and bismuth), 10 $\mu\text{g/L}$ gold (for reduced Hg memory effect), 1 g of EDTA in 1% v/v tetramethyl ammonia hydroxide (TMAH), 10% ethyl alcohol, and 0.05% v/v Triton X-100[®]. This solution will be added in the preparation of all calibrators and samples during the dilution process just prior to analysis. It is important that all samples in a run should be made from the same diluent solution so that the concentration of the internal standards will be the same among all calibrators and samples in the run. To prepare the solution,

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

acid rinse a 2 L Teflon® container, and partially fill with 18 M-ohm water. Add 1g of EDTA, 20 ml of TMAH, 200 ml of ethyl alcohol, and 100 ml of 1% Triton X-100®. For ease of daily preparation of the diluent, first prepare a 1% Triton X-100® solution by adding 20 ml of Triton X-100® to a pre-acid washed 2L Teflon® container that is partially filled with 18 M-ohm water. Fill to 2 L with 18 M-ohm water and mix until the Triton X-100® has completely dissolved into solution. A magnetic stirring plate can be used to assist mixing by adding an acid-washed Teflon® coated stirring bar to the bottle. The internal standards can be added by spiking 500 µl of 20 mg/L Rh and Bi to the solution. Gold can be spiked into the solution by adding 200µL of 1000mg/L SPEX CertiPrep Au standard to the final diluent. Dilute to volume (2L) with 18 M-ohm water. Store at room temperature and prepare as needed. Larger volumes of diluent and 1% Triton X-100 can be prepared, if desired, by adding proportionally larger volumes of the solution constituents. When using a flow-injection component in the sample introduction system, the 'carrier' solution should be the same as the diluent used for the method.

2. ICP-MS Rinse Solution

a. For single-rinse station autosamplers:

When using only a single rinse solution with a single-rinse station autosampler, the rinse solution should be an aqueous solution of 1 % v/v TMAH, 5% ethyl alcohol, and 0.05 % Triton X-100® and 10 µg/L gold (for reduced Hg memory effect). This solution will be pumped through the sample introduction system between samples to prevent carry-over of Hg, Pb, and Cd and the internal standards from one sample measurement to the next. For ease of daily preparation of the rinse solution, first prepare a 1% Triton X-100® by adding 20 ml of Triton X-100® to a pre-acid washed 2L Teflon® container that is partially filled with 18 M-ohm water. Fill to 2 L with 18 M-ohm water, and mix until the Triton X-100® has completely dissolved into solution. A magnetic stirring plate can be used to assist mixing by adding an acid-washed Teflon® coated stirring bar to the bottle. To prepare the final rinse solution, acid rinse a 2 L Teflon® container, and partially fill with 18 M-ohm water. Add 20 ml of TMAH, 100 ml of ethyl alcohol, 100 ml of the 1% Triton X-100® solution and 200µL of a 1000mg/L SPEX CertiPrep Au standard, dilute to 2 L with 18 M-ohm water. Store at room temperature and prepare as needed. Larger volumes of rinse solution and 1% Triton X-100 can be prepared, if desired, by adding proportionally larger volumes of the solution constituents.

b. For dual-rinse station autosamplers.

Rinse Solutions: When using a dual-rinse station setup, use the 1 % v/v TMAH, 5% ethyl alcohol, and 0.05 % Triton X-100® and 10 µg/L gold solution (described above for single-rinse station setups) in rinse station #1 and 0.5 % v/v nitric acid in rinse station #2. To prepare 4L of the 0.5 % v/v nitric acid solution, acid rinse a 4 L Teflon® polypropylene container, and partially fill with 18 M-ohm water. 20 mL of concentrated nitric acid. Fill to 4 L with 18 M-ohm water and mix well. Store at room temperature and prepare as needed. Other volumes of 0.5 % nitric can be prepared, if desired, by combining proportionally adjusted volumes of nitric acid and water.

Carrier Solution: When using a flow-injection component in the sample introduction system (i.e. the Elemental Scientific SC2-FAST autosampler), the 'carrier' solution should be the same as the diluent used for the method. See section 6.A.1 for details in preparing the diluent.

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

B. Calibrators Preparation (Intermediate stock standard and intermediate working standard solutions may be prepared by and purchased from an external laboratory, which then provides target concentration values to be used in the analysis.)

1. Mercury, intermediate stock standard solutions

Three intermediate stock standard solutions are prepared in a 3% v/v hydrochloric acid (HCl) matrix. The intermediate stock standard solutions are the first dilutions of the primary standards (1000 mg/L standards) from which all intermediate working standards will be made. For ease of preparation of standards, first prepare a 3% v/v HCl solution. To prepare 1L of 3% v/v HCl, add 80 mL of concentrated HCl into a 1L flask (acid washed glass or plastic) partially filled with 18 M-ohm water, then fill to the mark with 18 M-ohm water and mix. Partially fill each of three 50 mL volumetric flasks with 3% HCl solution. Label (for example: "Hg Stock Std). For Hg, add 50 μ L of the 1000 mg/L mercury stock standard. Add enough 3% HCL to bring to the 50 mL mark for each flask. Mix well by gently inverting several times.

The intermediate stock standard solutions may be stored in smaller portions in acid-washed containers at room temperature. Prepare as needed. These intermediate stock standard solutions are used for preparation of the intermediate working standards.

2. Hg, intermediate working standards

The intermediate working standard solutions used in this method are a series of 4 aqueous dilutions of the Hg, intermediate stock standard solutions in 3% HCl. These solutions will be used each day of analysis in preparing the final working standards that will be placed in the autosampler of the ICP -MS. To prepare, acid rinse four 50-mL volumetric flasks, and partially fill with 3% HCl. Spike each flask with the appropriate volume of Hg intermediate stock standard solution, as is shown in Table 1. Next, dilute the solution in the flask to approximately 99% volume using the 3% HCl. Mix the solution thoroughly, and carefully fill to the mark by adding the solution in a drop-wise fashion. Final concentrations of these solutions are listed in Table 1. The final solutions may be dispensed into smaller volumes for storage in acid washed tubes (i.e. 15 mL polypropylene centrifuge tubes) for daily use. Store at room temperature and prepare as needed.

Table 1. Preparation of intermediate working standards.

Hg intermed. working standard Conc. (μ g/L)	Hg Spike volume of intermediate stock standard solution (μ l)
Std.0	0
Std.1	1
Std.2	5
Std.3	10
Std.4	20

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

Working Calibrators

The working calibrator solutions are dilutions of the 4 intermediate working standards into a whole blood matrix for the purpose of external calibration of an analytical run. They are made up the day of the preparation and analysis of the patient samples. All calibrators, and patient samples in the same analytical run must be prepared using the same diluent. To prepare the working calibrators, transfer 50 µL of the appropriate aqueous intermediate working standard, 50 µL of base blood, and 2400 µL of diluent to a 15 ml polypropylene centrifuge tube using the Micromedic Digiflex. Cap the tube and mix well before analysis by inverting several times or using a vortex mixer.

Preparation of Quality Control Materials

1. Preparation of Bench Quality Control Materials

A low and high bench QC material is analyzed in each run to determine the validity of the concentration measurements being made. These pools will need to be prepared periodically, as supply dictates, by spiking base blood. Preparation of new pools should be made far enough in advance so that both old and new pools can be analyzed together for a period of time (preferably at least 20 runs) before switching to the new quality control materials.

All blood should be screened for Hg before high and low pool preparation. The labware used to pool the blood must be acid washed. The storage vials must be screened for contamination.

Screened blood is pooled together into an acid washed bottle before separation into 2 smaller portions for making of 3 related pools. One portion is used for the preparation of the base and low QC pool. Low-normal concentrations are ideal for the blood used to prepare the base and low QC. The other portion of the screened blood is spiked with appropriate volumes of elemental stock standard solutions to concentrations in the high-normal range. Large volumes of blood should be dispensed into smaller vials (i.e. screened 2 mL polypropylene cryovials) in a clean environment (such as a class 10-100) for daily use. Store the vials long-term at approximately -70°C and short-term at approximately -20°C.

Other Materials

- Stock solution of Hg: SPEX, 1,000 mg/L in 10% HNO₃.
- Pipette tips: 1-200 µl (#RT-20, fits up to 100 µL pipettes) and 200-1000 µl (#RT-200, fits between 100 µl and 1000 µl pipettes) sizes (Rainin Instrument Co., Inc., Woburn, MA – or equivalent vendor). Pipette tips should be acid rinsed with 1% v/v double distilled nitric acid immediately prior to use (equivalent tips may be used).
- Eppendorf fixed-volume pipettes (or equivalent): 1000, 500, 250, 50 µl volumes (Brinkmann Instruments, Inc., Westbury, NY)
- Doubled distilled concentrated hydrochloric acid (GFS Chemicals Inc. 867 McKinley Ave. Columbus, Ohio 43223) or equivalent. Concentrated hydrochloric acid is approximately 12M or 37% w/v.
- Ethyl Alcohol, USP dehydrated 200 proof (Pharmco Products, Inc.) or equivalent.
- 18 M-ohm water (from Barnsted or Elix 5 Reverse Osmosis water purification system or equivalent)

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

- Liquid Argon (supplied by Speciality Gases or other contract agency) equipped with approved gas regulator (Matheson Gas Products, Seraucus, NJ – or equivalent).
- Blood quality controls pools with low and high levels of Hg, Pb, and Cd.
- Teflon[®] coated magnetic stir bars (2). (Cat. Number 58948-974 or equivalent, VWR Scientific Products, West Chester, PA) or equivalent.
- Rhodium: SPEX, 1,000 mg/L in 2% HNO₃
- Bismuth: SPEX, 1,000 mg/L in 10% HNO₃
- Gold: SPEX, 1,000 mg/L in 10%.
- Acid-cleaned volumetric flasks, seven 50-ml flask for standard preparation (polypropylene or polymethylpentene flasks preferred, glass may be used). To acid wash flasks, first rinse with dilute nitric acid (i.e. 1-5 % v/v) followed by rigorous rinsing with 18 M-ohm water. This process may need to be repeated several times depending on prior use of the containers.
- Acid-cleaned 2L bottles (Teflon[®] preferred). To acid wash bottles, first rinse with dilute nitric acid (i.e. 1-5 % v/v) followed by rigorous rinsing with 18 M-ohm water. This process may need to be repeated several times depending on prior use of the containers.
- 15 ml (# 352097) and 50 ml (#352098) polypropylene centrifuge tubes or equivalent: (Becton Dickinson Labware, 1 Becton Drive, Franklin Lakes, New Jersey 07417 or equivalent).
- Triton X-100[®] ("Baker Analyzed", J.T. Baker Chemical Co., or any source found to be low in trace metal contamination or equivalent).
- Tetramethylammonium hydroxide, 25% w/v, (AlfaAesar, 30 Bond St., Ward Hill, MA 01835, or equivalent).
- Disodium Ethylenediamine Tetraacetate (Fisher scientific Comp., Chemical manufacture Division, Fair Lawn, NJ 07410 or equivalent).
- 21. Kay-Dry paper towels and Kim-Wipe tissues (Kimberly-Clark Corp., Roswell, GA – or equivalent).
- Cotton swabs (Hardwood Products Co., Guilford, Maine – or equivalent.)
- Nitrile or Latex, powder-free examination gloves (N-Dex, Best Manufacturing Co., Menlo, GA – or equivalent).
- Biohazard autoclave bags (Curtin-Matheson Scientific, Inc., Atlanta, GA – or equivalent).
- 25. Bleach (10% sodium hypochlorite solution) – any vendor.
- Instrumentation

Inductively Coupled Plasma Dynamic Reaction Cell Mass Spectrometer ELAN series DRC (PerkinElmer Instruments, Headquarters Office, 710 Bridgeport Avenue, Shelton, CT 06484-4794). Parameters of x-y alignment, mass calibration, autolens voltages, and nebulizer gas flow rates are optimized periodically.

Table 2. ELAN ICP-DRC-MS Method Parameters.

<u>Parameter</u>	<u>setting</u>
RF Power	1.45 KW

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

Ar Nebulizer Gas Flow	Approx 0.75-1.2 LPM
Detector Mode	Pulse
Measurement Units	Cps
Autolens	On
Blank Subtraction	After Internal Calibrator
Curve Type	Simple Linear
Sample Units	ppb
Sweeps / Reading	20
Readings / Replicate	1
Replicates	3
Dwell Time	100 ms
RPQ	0.25

- Ohaus AP310 analytical balance, or equivalent (Ohaus, Pine Brook, NJ).
- Micromedic Digiflex Automatic pipette (or equivalent) equipped with 10.0 ml dispensing syringe, 2000 µl sampling syringe, 0.75 mm tip, and the foot pedal (Micromedic systems, Inc., Horsham, PA or equivalent).

Procedure Operating Instructions

A. Preliminaries

1. For information regarding the reportable range of results and how to handle results outside this range, refer to the Reportable Range of Results section of this document.
2. Allow frozen blood specimens, quality control specimens, and base blood calibration material to reach ambient temperature. Mix the sample, so that no particulates remain on the bottom of the tube, before taking an aliquot for analysis.

B. Sample preparation

1. Thaw the frozen blood specimens, allowing them to reach ambient temperature (about 20 °C).
2. Set up a series of 15 mL polypropylene centrifuge tubes corresponding to the number of blanks, calibrators, QCs, and patient samples to be analyzed.
3. Prepare the following solutions into the 15-mL polypropylene centrifuge tubes using the Micromedic Digiflex

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

Preparation of samples for analysis. (All volumes in μl)

ID	Water	Intermediate Working Std.	Base Blood	Blood Sample or QC	Diluent
Blood Blank		50	50	-	2400
Calib. Stds	-	50	50	-	2400
Aqueous Blank	100	-	-	-	2400
Blood Sample or QC	50	-	-	50	2400

- a. Prepare an aqueous blank consisting of 100 μl of 18 M-ohm water and 2400 μl diluent. The aqueous blank will be used as the blank for the quality control pools and patient samples.
- b. Prepare 3 blood blanks consisting of 50 μl of base blood (same material used for preparation of the blood calibration calibrators), 50 μl of 3% v/v hydrochloric acid that was used for preparation of the calibrators (Std.0), and 2400 μl of diluent. One of these blood blanks will be run as the blank for the calibration curves, the second as a blank check after calibrator 4, and the third at the beginning of the run (as whole blood blank check).
- c. Prepare the working calibrators.
- d. Prepare dilutions of the quality control and patient blood samples consisting of 2400 μl diluent, 50 μl 18 M-ohm water, and 50 μl of the patient or quality control blood sample.
- e. Cap all of the blanks, calibrators, and samples and with a vortex mixer mix them for approximately 10 seconds. Uncap them and place them in the autosampler of the ELAN ICP-DRC-MS

Validation

For validation of the method, the following parameters were determined: range of linearity, intra- and interassay precision, accuracy, recovery, detection limit, and correlation.

Linearity

The Hg aqueous calibration curve ranged from 0 to 100 IJg/L and was prepared fresh daily from serial dilution from the Hg stock standard with a concentration of 1000 mg/L with water. Matrix matched calibration curves

Total Mercury (ICPMS) in Whole Blood

for whole blood were prepared by spiking non-exposed subject's whole blood with known quantities of mercury.

Precision and accuracy

To study the intra- and interassay precision, urine and whole blood from non-exposed and exposed subjects were used. Intraassay precision was calculated based on repeat analysis of the same sample within the same batch for 20 times. For interassay precision, samples were analyzed once a day for 2 weeks. Accuracy is determined by replicate analysis of urine and whole blood control samples containing known concentrations of mercury. Proficiency testing whole blood and urine samples were also analyzed

Reference values

Less of 11 ug/L

Mercury levels in blood higher than 50 ug/L are indicating a chronic or severe exposition

References

- I. Handbook of Toxicity of Inorganic Compounds, edited by Sieler, H.G., Sigel, H., Sigel, A, Marcel Dekker, INC., 2008
- II. World Health Organization, Environmental health Criteria 118: Inorganic mercury, Geneva, 2006
- III. Ewers, U., Brockhaus, A., Off Gesundheitsw., 49, 639, (2008).
- IV. Tsuchia, K., in Handbook of the Toxicology of Metals, Vol.2., Elsevier, Amsterdam, 2003, page 208 ff.
- V. Yule, W., Rutter, M., in Dietary and Environmental Lead: Human Health Effects, Elsevier, Amsterdam, page 211 ff.

ANEXO N° 5: RESULTADOS DE LOS EXAMENES REALIZADOS A LOS MINEROS EMITIDOS POR NETLAB



Calle A (Oe7A) N° 31-145 y Av. Mariana de Jesús
Teléfono: (593-2) 2465871 Telefax: (593-2) 2451329 Celular: (593) 997 695876

PACIENTE: 1-25
Historia: 201508110903
Cod:005

Orden N: 8110903
Fecha y hora de ingreso: 2015-08-11 07:59

ESTUDIOS ESPECIALES

Paciente	Examen	Resultado Unidades	Valores de referencia
1	Mercurio	5.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
2	Mercurio	45.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
3	Mercurio	16.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
4	Mercurio	34.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
5	Mercurio	10.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
6	Mercurio	20.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
7	Mercurio	8.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
8	Mercurio	25.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
9	Mercurio	30.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
10	Mercurio	18.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
11	Mercurio	22.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
12	Mercurio	31.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
13	Mercurio	9.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L

14	Mercurio	27.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
15	Mercurio	42.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
16	Mercurio	7.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
17	Mercurio	19.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
18	Mercurio	25.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
19	Mercurio	45.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
20	Mercurio	10.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
21	Mercurio	22.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
22	Mercurio	26.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
23	Mercurio	5.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
24	Mercurio	18.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L
25	Mercurio	32.00 ug/L	Menor de 11.00 ug/L

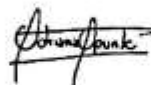
Niveles de mercurio en sangre mayores de 50 ug/L son indicativos de Exposición aguda o crónica

MÉTODO: PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO (ICP)

ESPECTROMETRIA DE MASAS (MS)

Se considera el punto (.) como separador decimal para todos los exámenes

Análisis emitido(s) por Netlab S.A
Accredited by Accreditation Canada
SGS Certificado ISO 9001:2008 por SGS



Dra. Adriana Apunte
BIOQUÍMICA- CLÍNICA

ANEXO N° 6: FACTURA EMITIDA POR NETLAB



Asmedlab CIA. LTDA. LABORATORIO

OEA7 N31-145 y Av. Mariana de Jesús
2020 911 / 2255 731

FACTURA

RUC.: 1792070074001

Documento Categorizado: MD

5001-001-0016287

Aut. SRL: 1116910375

FECHA: QUITO, 16 DE AGOSTO DE 2015

CLIENTE: MUÑOZ GARCIA ANDREA

RUC: 1805002805

DIRECCION: AMBATO

TELEFONO: 992927676

FORMA PAGO: EFECTIVO

CANTIDAD	DETALLE	P. UNITARIO	PRECIO TOTAL
25	MERCURIO	\$ 38.00	\$ 950.00

SUB-TOTAL \$ 950.00

DESCUENTO \$ 0.00

IVA \$ 0.00

VALOR TOTAL \$ 950.00

RECIBI CONFORME

FIRMA AUTORIZADA

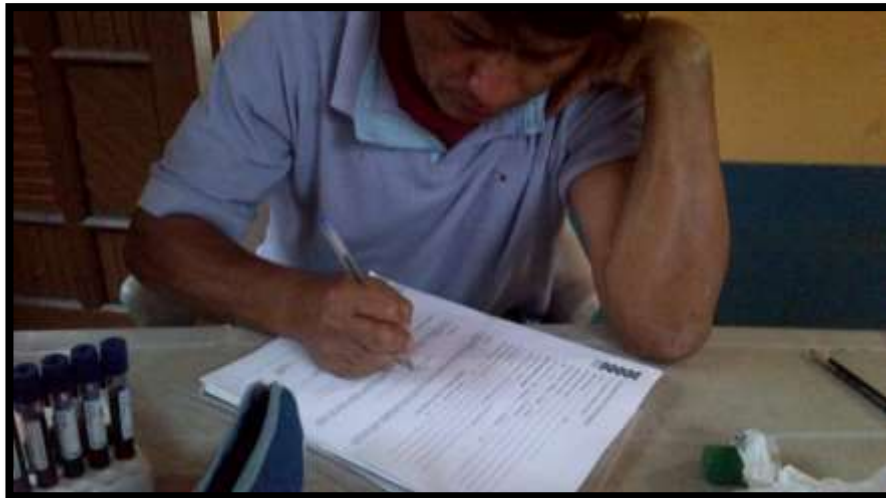
MANGUA BETANCOURT VICENTE EDUARDO, 1708444052001 • AUT. S.R.L. 4651 • Del 015801 al 017300 • Fecha de autorización: 13-05-2015
VALIDO PARA SU EMISION HASTA 13-MAYO-2016 • ORIGINAL BLANCO: CLIENTE / COPIA CELESTE: EMISOR / COPIA ROSADA: SIN VALOR TRIBUTARIO

ANEXO N° 7: FOTOGRAFÍAS

LLEGADA A LA ZONA MINERA



ENCUESTA APLICADA A LOS MINEROS



TOMA DE MUESTRA SANGUINEA



COLOCACION DE MUESTRA SANGUINEA EN TUBOS (Tapa Azul Rey)

