



Libertad y Orden

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

**UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO
ENERGÉTICA**

U P M E

Contrato No. 1517-06-2005

**“ALTERACIONES NEUROCOMPORTAMENTALES EN PERSONAS
EXPUESTAS A MERCURIO EN LA ACTIVIDAD MINERA DEL ORO
EN EL MUNICIPIO DE SEGOVIA (ANTIOQUIA) 2005”**



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Sede Bogotá

Bogotá, julio de 2006

Mas eficiente

A

B



Ing. Carlos Arturo Flórez Piedrahita
Director General UPME

Ing. Jairo Herrera Arango
Subdirector de la UPME

Ing. Sergio Alonso Mejía Tobón
Asesor UPME-Supervisor del Proyecto

Grupos de Trabajo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MD. Miguel Cote Menéndez
Director del Proyecto

MD. Edgar Prieto Suárez
Codirector del Proyecto

MD. Myriam Gutiérrez de Salazar
Coinvestigadora

MD. Yolanda Sandoval Gil
Investigadora Principal

MUNICIPIO DE SEGOVIA

Medardo Tejada Monsalve
Alcalde municipal

Gean Conery Monsalve
Promotor de Salud

Ing. Andrés Castellanos
UMINA

MD. Santiago Español Cano
Asesor Científico Internacional
Minas de Almadén, España

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

UNIDAD DE PLANEACION MINERO-ENERGETICA



Libertad y Orden

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	9
INTRODUCCIÓN	12
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. MARCO TEÓRICO	17
3.1 NEUROTOXICIDAD	19
3.2 MANIFESTACIONES CLÍNICAS POR EXPOSICIÓN A MERCURIO	20

	pág.
3.3 EVALUACION NEUROTOXICOLÓGICA	22
4. MUNICIPIO DE SEGOVIA	23
4.1 INFORMACIÓN HISTÓRICA	23
4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	23
4.3 RECURSOS NATURALES	26
4.3.1 Recurso hídrico	26
4.3.2 Recurso aire	29
4.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS DESARROLLADAS EN SEGOVIA	29
4.5 POBLACIÓN DE SEGOVIA	30
4.6 MINERÍA DEL ORO EN SEGOVIA	32
4.6.1 Características de la minería de veta o filón	32
4.6.2 Características de la minería de aluvión	33
4.7 ASPECTOS SOCIALES DE LA POBLACIÓN	39
5. METODOLOGÍA	40

	pág.
5.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA	40
5.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	42
5.2.1 Personas expuestas en forma directa	42
5.2.2 Personas de potencial alta exposición	42
5.3 DESARROLLO DEL TRABAJO DE CAMPO	44
6. ANÁLISIS DE DATOS	46
6.1 DATOS DEMOGRÁFICOS CON NIVELES DE MERCURIO TOTAL	47
6.2 DATOS OCUPACIONALES CON NIVELES DE MERCURIO TOTAL	50
6.3 DATOS TOXICOLÓGICOS CON NIVELES DE MERCURIO TOTAL	55
6.4 DATOS DE LOS EFECTOS EN SALUD CON MERCURIO TOTAL	57
6.5 RESULTADOS METILMERCURIO	65
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	73



BIBLIOGRAFIA	97
--------------	----

pág.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Región del Nordeste antioqueño: ubicación de Segovia	24
Figura 2. Municipio de Segovia y sus veredas	25
Figura 3. Hidrografía de Segovia	28
Figura 4. Ubicación de entables y compras de oro en el casco urbano	34
Figura 5. Entable minero zona urbana de Segovia	35
Figura 6. Compra de oro zona urbana de Segovia	36
Figura 7. Quemador de mercurio	37
Figura 8. Zona deforestada	38
Figura 9. Selección de la muestra	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución por edad y sexo de la población de Segovia	30
--	----



Tabla 2. Tamaño de la muestra	40
	pág.
Tabla 3. Distribución de la población urbana por familias y viviendas	41
Tabla 4. Clasificación de la población por grupos de exposición a mercurio	42
Tabla 5. Entables seleccionados para el estudio	42
Tabla 6. Población general por vivienda	43
Tabla 7. Distribución por edad y género	47
Tabla 8. Prevalencia poblacional estimada de los niveles de mercurio total	48
Tabla 9. Niveles de mercurio total por género	48
Tabla 10. Niveles de mercurio total por género masculino	48
Tabla 11. Niveles de mercurio total por edad	49
Tabla 12. Niveles de mercurio total por vivir a menos de 500 m	49
Tabla 13. Niveles de mercurio total por lugar de vivienda	50
Tabla 14. Actividad laboral en el municipio de Segovia	51
Tabla 15. Niveles de mercurio total por actividad laboral	52



Tabla 16. Niveles de mercurio total por exposición laboral	53
--	----

pág.

Tabla 17. Distribución de los elementos de protección personal en actividades relacionadas al mercurio	54
--	----

Tabla 18. Niveles de mercurio por elementos de protección personal	54
--	----

Tabla 19. Quema amalgama en compra de oro con niveles de mercurio total	55
---	----

Tabla 20. Tipo de pescado que se consume	55
--	----

Tabla 21. Consumo de pescado por semana	56
---	----

Tabla 22. Niveles de mercurio total por consumo pescado de río	56
--	----

Tabla 23. Distribución por ingesta de alcohol	57
---	----

Tabla 24. Distribución de síntomas subjetivos por exposición a mercurio	58
---	----

Tabla 25. Síntomas subjetivos por exposición a mercurio con niveles de mercurio total	59
---	----

Tabla 26. Triada de síntomas subjetivos con niveles de mercurio total	59
---	----

Tabla 27. Distribución de síntomas neuropsiquiátricos	60
---	----

Tabla 28. Alteraciones neuropsiquiátricas con niveles de mercurio total	60
---	----



Tabla 29. Q16 con niveles de mercurio total	61
	pág.
Tabla 30. Q16 con niveles de mercurio total	62
Tabla 31. Minimental Test de Folstein	62
Tabla 32. Minimental por género	63
Tabla 33. Niveles de mercurio total por minimental	63
Tabla 34. Estudio tremográfico con niveles de mercurio total	63
Tabla 35. Distribución de las alteraciones cavidad oral	64
Tabla 36. Distribución de alteraciones neurológicas	64
Tabla 37. Estudio tremográfico por ocupación	65
Tabla 38. Frecuencia de consumo de pescado en el municipio de Segovia	65
Tabla 39. Niveles de metilmercurio por tipo de pescado consumido	66
Tabla 40. Niveles de metilmercurio por consumo de agua	66
Tabla 41. Niveles de metilmercurio por síntomas subjetivos	67
Tabla 42. Niveles de metilmercurio por triada de síntomas subjetivos	67



Tabla 43. Alteraciones neuropsiquiátricas por niveles de metilmercurio	67
--	----

pág.

Tabla 44. Frecuencia de minimental	68
------------------------------------	----

Tabla 45. Niveles de metilmercurio por alteraciones neurológicas	68
--	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Análisis de mercurio total en cabello	76
--	----

Anexo B. Análisis de metilmercurio en cabello	79
---	----

Anexo C. Instrumento específico para exposición crónica a mercurio	81
--	----

Anexo D. Vigilancia de la exposición ocupacional en la minería artesanal	85
--	----

GLOSARIO

ÀCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (DNA): Molécula compleja integrante de los cromosomas que almacena la información hereditaria.

ACUMULACIÓN: Sucesivas retenciones de una sustancia por un organismo u órgano blanco, que conducen a un aumento en la cantidad o la concentración de la sustancia en los mismos.

ALUCINACIÓN: Estado en el que un individuo cree que está percibiendo estímulos (luminosos, sonoros etc) que en realidad no existen, son frecuentes en las psicosis producidas por tóxicos y en algunas enfermedades mentales.

BARRERA: Los vasos sanguíneos del cerebro, los testículos y la placenta tienen unas características anatómicas especiales que inhiben el paso de las moléculas grandes, como las proteínas. Esas características, que suelen denominarse barreras hematoencefálica, hematotesticular y hematoplacentaria, pueden dar la falsa impresión de que impiden el paso de cualquier sustancia, pero la realidad es que tienen poca o ninguna importancia en el caso de los xenobióticos capaces de atravesar por difusión las membranas celulares.

BIOMARCADOR: Son los cambios medibles, ya sean estos bioquímicos, fisiológicos o morfológicos, que se asocian a la exposición a un tóxico.

DISTRIBUCIÓN: Fase del tránsito de una sustancia en el organismo, desde la absorción hasta alcanzar el equilibrio de concentraciones, si se produce almacenamiento puede suceder una redistribución antes de la eliminación.



EFFECTO ADVERSO: Cambio en la morfología, fisiología, crecimiento, desarrollo o tiempo

de la vida de un organismo, con afectación de su capacidad funcional o un incremento de su susceptibilidad a los efectos dañinos por influencias ambientales.

ELIMINACIÓN: Resultado global de los procesos de biotransformación y de excreción por los que el organismo se libera de las sustancias.

ESTANDARIZACION: Establecimiento de características o métodos precisamente definidos, para referencia en el futuro.

EXPOSICION: Situación en la cual una sustancia puede incidir por cualquier vía sobre una población, organismo, órgano, tejido o célula blanco.

EXPOSICIÓN CRÓNICA: Exposición continua durante un largo período o una fracción significativa de tiempo de vida de los individuos.

ION: Átomo o grupo de átomos provistos de carga eléctrica positiva o negativa, formado al disociarse heterolíticamente una molécula, o por ganancia o pérdida de electrones de un átomo neutro.

LIPOSOLUBILIDAD: Que tiene afinidad por las grasas y gran solubilidad en los lípidos.

MUESTRA: En estadística, grupo de individuos tomados al azar de una población, a efectos de investigación.

NEUROADAPTACIÓN: La neuroadaptación no es una opción consciente sino un ajuste de los parámetros fisiológicos y conductuales posibles, para contrarrestar los efectos de sustancias que han lesionado la función o estructura del sistema nervioso.

NEUROMODULACIÓN: El comportamiento de un sistema neuronal puede modificarse desde el exterior por medio de estímulos o impulsos programados.

NEUROTOXICIDAD: Término que hace referencia a aquellas alteraciones funcionales, estructurales y bioquímicas producidas en el sistema nervioso y que conllevan a



manifestaciones de diferentes clases de efectos adversos como consecuencia de la exposición a un producto químico.

NEUROTÓXICOS: Xenobióticos o sus metabolitos responsables del efecto adverso o deletéreo resultado de la interacción directa sobre el sistema nervioso.

ÓRGANO BLANCO: Es el órgano principal o más sensible afectado tras la exposición.

POBLACIÓN EN RIESGO: Grupo de personas que pueden desarrollar un efecto adverso y que están potencialmente expuestas a un factor de riesgo determinado.

PREVALENCIA: Número de casos existentes de una enfermedad dada o de otra condición, en una población y en un tiempo determinados

SIGNOS: Manifestaciones físicas o químicas objetivas que se conocen al realizar la exploración clínica de un enfermo.

SÍNTOMAS: Trastornos subjetivos experimentados por el enfermo, que el médico no suele percibir o le son difíciles de comprobar y que le llegan mediante un adecuado el interrogatorio.

XENOBIÓTICOS: "Sustancias extrañas", es decir, extrañas al organismo. Lo contrario son los compuestos endógenos.

INTRODUCCIÓN

El mercurio y sus compuestos, por sus propiedades físico químicas, son utilizados desde hace varios siglos en diferentes actividades humanas. Actualmente tiene cientos de aplicaciones en áreas como la industria, la agricultura, la medicina, la odontología y en particular en el beneficio del oro ¹.

En el informe del Programa de las Naciones Unidas sobre la Evaluación Mundial del Mercurio, se presenta al mercurio y algunos de sus compuestos como contaminantes ambientales originados de varias fuentes ². Como dice Cardoso et al ³: “La preocupación más grande con respecto a esta contaminación mercurial se debe a los efectos toxicológicos que pueden afectar la salud de los seres vivos, siendo el sistema nervioso el principal órgano afectado”.

El sistema nervioso tiene una gran capacidad de compensación y adaptación, que le son características y, que le permiten mantener su funcionamiento a pesar de estar en presencia de neurotóxicos (neuromodulación o neuroadaptación) ⁴. Esto tiene dos implicaciones grandes: en primer termino, es un mecanismo de defensa que le permite al individuo adaptarse al medio en presencia de los factores que le determinan el riesgo; en segundo lugar, esta adaptación crea una dificultad para la realización del diagnostico precoz.

De otro lado, la sintomatología presentada en intoxicaciones crónicas por mercurio puede simular otros cuadros clínicos neurológicos de diferentes causas que pueden generar cambios a nivel del comportamiento y de las funciones cognitivas del individuo ⁵, lo cual, nuevamente, dificulta el diagnóstico etiológico, haciendo necesario la utilización de un biomarcador específico como ayuda diagnóstica. En Colombia son pocos los estudios realizados para detectar los efectos en salud de las poblaciones expuestas a mercurio ⁶.



Finalmente la manipulación de mercurio en actividades informales principalmente el beneficio del oro que utiliza mercurio en forma indiscriminada y, la quema de amalgama

artesanal, contaminan el medio ambiente y a las personas. Por lo tanto este trabajo pretende evidenciar la presencia de alteraciones neurocomportamentales por la exposición crónica a mercurio mediante la asociación de resultados con una evaluación clínica, una historia de exposición y un biomarcador (medición de mercurio en cabello). Para el desarrollo del presente estudio, se diseñó una metodología que permitirá hacer reproducible este tipo de investigación en otras regiones en riesgo del país.

² Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Evaluación Mundial sobre el Mercurio. Resumen del informe. Ginebra, Suiza: PNUMA, 2002.

³ CARDOSO, P; LIMA, P; BAHIA, M et al. Efeitos Biológicos Do Mercúrio E Seus Derivados Em Seres Humanos: Uma Revisão Bibliográfica / Universidade Federal do Pará Brasil, 2002.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La exposición crónica a mercurio puede ocasionar alteraciones neurocomportamentales en la población del municipio de Segovia, Antioquia.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia son pocos los estudios que han evaluado los efectos neurotóxicos por la exposición crónica a mercurio⁶. Las investigaciones orientadas en este aspecto son consideradas como reporte de casos, en donde los resultados no pueden ser extrapolados a una población.

Debido a que el mercurio es una sustancia natural, no se le puede eliminar por completo del ambiente, pero las concentraciones se pueden reducir si se limitan las emisiones². La presencia del mercurio en Colombia se debe a su uso en la industria y a las actividades informales que generan muchos vertimientos al ambiente exponiendo no sólo a la población ocupacional sino también a la población general⁷.

En el seminario internacional sobre clínica y toxicología del mercurio en Caucasia, Antioquia (2003), se dan a conocer las condiciones de trabajo del beneficio informal del oro que utiliza mercurio de manera descontrolada en los municipios auríferos de Colombia. Los productos de estas actividades son vertidos al ambiente generando contaminación en los diversos medios y poniendo en riesgo la salud de personas que habitan esos lugares.

De los trabajos realizados en las diferentes regiones del país, el municipio de Segovia se caracterizó por tener niveles muy elevados de vapores de mercurio en el aire ambiente⁸. Las mediciones ambientales realizadas en este municipio por el grupo de investigación Ciencia y Tecnología Biomédica (CTB) y Pirometalúrgicas y de Materiales (GIPIMME) de



la Universidad de Antioquia en las principales calles de Segovia y en algunas compras de oro determinaron niveles de mercurio ambiente entre los 192.20 - 679.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁹, niveles que están muy por encima de los valores límites permitidos por la ACGIH, 2002 ($0.025 \text{ mg}/\text{m}^3$)¹⁰ y adoptados para Colombia.

Las personas que realizan el beneficio del oro con mercurio, pueden tener afectada su salud por estar en exposición continua a esta sustancia, situación que hace imprescindible el estudio de dichos grupos poblacionales para establecer la presencia o no de un problema en salud pública.

⁹ Medición de las concentraciones de mercurio y controles ambientales en la quema de amalgamas provenientes de la minería del oro. Segovia: Grupo de investigación: Ciencia y Tecnología Biomédica (CTB) y Pirometalúrgicas y de Materiales (GIPIMME) de la Universidad de Antioquia, 2003. 18 Diapositivas: col.

¹⁰ Threshold Limit Values (TLVs) for chemical substances and physical agents & Biological exposure indices (BEIs) the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Mercurio ambiente laboral: $0.025 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nota: Niveles ambientales adoptados por Colombia para el control en ambientes laborales.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la prevalencia de alteraciones neurocomportamentales en personas expuestas a mercurio en el municipio de Segovia, Antioquia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluación neurocomportamental en personas del municipio de Segovia.
- Determinar niveles de mercurio en cabello en las personas del municipio de Segovia.
- Relacionar los hallazgos médicos toxicológicos y demás variables con los niveles de mercurio en cabello.
- Establecer la fuente de exposición a mercurio en las personas del municipio de Segovia.
- Establecer un cuestionario médico específico por exposición crónica a mercurio en el municipio de Segovia.

3. MARCO TEÓRICO

Entre los metales nobles, el mercurio fue uno de los primeros utilizados por el hombre. Este elemento puede aparecer en el ambiente por fenómenos naturales o por actividades humanas, lo cual ha ocasionado su acumulación en el ecosistema y por ende en la cadena alimenticia llegando de esta forma al hombre¹¹.

La propiedad de ser maleable, líquido a temperatura ambiente, conductor de la electricidad y el poder de amalgamación con otros metales entre otras características, han permitido su uso en diversas actividades y áreas como la industria, la agricultura, la medicina, la odontología y en el beneficio del oro (IPCS, 1991; PNUMA, 2002; ATDRS, 2004; HSDB, 2004)*, aplicaciones que lo convierten en factor de riesgo para la población ocupacional (OSHA, 2000)*. Hoy en día, la población general también puede estar expuesta al mercurio por diversas fuentes tales como consumo de pescado contaminado, uso de amalgamas dentales y exposición a desechos industriales contaminados con mercurio¹².

Como bien se ha mencionado el mercurio se encuentra en el ambiente (general y laboral) en una gran variedad de estados fisicoquímicos distintos, con propiedades químicas y toxicológicas específicas. El metilmercurio es uno de los contaminantes importantes de los alimentos como lo demostró el desastre de Mimamata, considerándolo como una de las formas de mercurio más dañinas para el organismo puesto que se acumula en los tejidos¹³, junto con el vapor de mercurio constituyen la fuente de exposición más importante para los seres humanos¹⁴.

Actualmente es de especial interés estudiar las poblaciones donde se desarrolla el beneficio artesanal del oro¹⁵, porque durante el proceso de amalgamación y quema de ésta, son emitidos vapores de mercurio al ambiente exponiendo a los trabajadores y a la población general¹⁶, eliminando a su vez desechos tóxicos a los suelos y a los cuerpos de agua donde el mercurio elemental es transformado por el zooplactón y fitoplactón a metilmercurio, sustancia que de esta forma ingresa a los peces para luego llegar al hombre por la cadena alimentaria¹⁷. Las poblaciones que se encuentran en cercanía a

estás fuentes de contaminación¹⁸ y que consuman pescado estarán también en riesgo de intoxicación¹⁹.

Los efectos de la exposición al mercurio dependen de diferentes factores (edad, sexo, enfermedades asociadas, dosis, tiempo de exposición, tipo de compuesto entre otros)²⁰ con el agravante que inicialmente dan manifestaciones leves y a veces imperceptibles y al realizar las pruebas analíticas ya se encuentran niveles de mercurio elevados en sangre, orina o cabello.

La exposición a los compuestos de mercurio puede ocurrir por diferentes vías. El mercurio metálico se absorbe muy poco por el tracto gastrointestinal (menos 0.01%), el 80% de los vapores de mercurio puede ingresar a la corriente sanguínea directamente a través de los pulmones para distribuirse rápidamente por todo el organismo, principalmente en cerebro y riñones donde permanece durante semanas o meses²¹. Cuando el mercurio metálico entra al cerebro, es convertido rápidamente a una forma inorgánica que queda atrapada en el cerebro durante mucho tiempo²². Este compuesto pasa al feto a través barrera placentaria en la mujer embarazada²³. El mercurio metálico se elimina principalmente por la orina y en menor cantidad por las heces²⁴.

El metilmercurio se absorbe fácilmente por el tracto gastrointestinal (cerca del 95% es absorbido), pasando a la corriente sanguínea y luego distribuirse a los tejidos en especial el sistema nervioso (ATDRS, 1993)²⁵. Su característica de liposolubilidad también le permite atravesar la barrera placentaria y llegar al feto²⁶. Tal como el mercurio metálico, el metilmercurio puede ser transformado a mercurio inorgánico y permanecer en el organismo incluso durante muchos años²⁷. Este compuesto es eliminado lentamente a través de la materia fecal o es depositado en uñas y cabello^{28, 29}.

* Organismos internacionales que desarrollan reglamentos y recomendaciones para proteger la salud pública.

- Agencias federales que desarrollan reglamentos para sustancias tóxicas incluyen:
EPA : Agencia de Protección del Medio Ambiente.
OSHA : Administración de Salud y Seguridad Ocupacional.
FDA : Administración Alimentos y Drogas.
- Las organizaciones federales que desarrollan recomendaciones para sustancias tóxicas para proteger la salud pública incluyen:

ATDRS : Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.
NIOSH : Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional.
IPCS : International Programme on Chemical Safety
HSDB : Hazardous Substance Data Bank

“Existen métodos confiables y precisos para medir los niveles de mercurio en el organismo utilizando muestras como: sangre, orina, leche materna o cabello. Al comparar estos resultados con los efectos en salud es posible establecer la relación con la exposición mercurial”^{30, 31}. La determinación de mercurio en orina evalúa la exposición a vapores de mercurio y/o compuestos inorgánicos. La determinación de mercurio en sangre o en cabello es usada para evaluar la exposición a metilmercurio²⁰.

El cabello, es considerado un buen biomarcador en las exposiciones crónicas a metilmercurio³² demostrando exposiciones que ocurrieron muchos meses o años atrás, estos datos dependen de la longitud del cabello y del método analítico utilizado³³. Para el análisis de mercurio en cabello el método analítico estandarizado y validado internacionalmente es la espectrofotometría de absorción atómica vapor frío³⁴ con esta metodología se pueden determinar los niveles de mercurio total y metilmercurio³⁵, la diferencia entre estos dos resultados permite tener valores de mercurio inorgánico³⁶.

3.1 NEUROTOXICIDAD

La neurotoxicidad del mercurio ha sido muy bien investigada desde el desastre de Minamata³⁷, el metilmercurio por su característica de liposolubilidad y de unión a los transportadores de la cisteína puede atravesar fácilmente las barreras hematoencefálica y la placentaria³⁸. Una vez en los tejidos el mercurio es transformado hacia compuestos de mercurio divalentes por medio de la ruptura del enlace entre el carbono y el mercurio²⁰.

“El mercurio posee una gran afinidad por los grupos sulfidrilos, los cuales se encuentran en las enzimas que controlan la velocidad de reacciones metabólicas críticas para el cuerpo humano; como estos grupos hacen parte de proteínas importantes para la supervivencia de la célula, su unión al mercurio puede alterar la estructura celular hasta destruir la célula o causar un daño irreparable. Tal es el caso del vapor de mercurio que inhibe la polimerización de la tubulina para formar microtúbulos en el cerebro de ratas” (Bello y López, 2001)³⁹. “La tubulina es una proteína formadora del esqueleto celular, el mercurio podría afectar la dinámica de la membrana y el crecimiento de los llamados conos neuríticos, que son estructuras a partir de las cuales se da el crecimiento de las dendritas y los axones de las neuronas. Los microtúbulos de tubulina son componentes celulares importantes y abundantes de las neuronas, ya que tienen la obligación de

organizar el tráfico vesicular a través del axón” (Crespo et al 2005)⁴⁰. La integridad de los microtúbulos reviste una función crítica para el desarrollo fisiológico del sistema nervioso en procesos como la proliferación celular, migración neuronal para formar las capas corticales del cerebro y cerebelo y el transporte axonal^{13, 41}.

Estudios en tejido nervioso de animales en desarrollo han podido establecer los mecanismos por los cuales el metilmercurio altera los sistemas tales como trastorno de la función celular, inhibición de la síntesis proteica, daño al DNA e interrupción de la división celular (EPA, 2001)⁴². Interviene con el desarrollo de los microtúbulos del esqueleto neuronal, afecta la integridad de la membrana celular haciéndola más adherente (esto explica porque está alterada la migración celular) y afecta la transmisión sináptica⁴³.

El estrés oxidativo representa uno de los mecanismos importantes en la neurotoxicidad por mercurio⁴⁴. Este proceso se produce por la formación de especies reactivas de oxígeno que son capaces de reaccionar con estructuras celulares y producir un daño extenso. Entre las especies reactivas de oxígeno están: aniones superóxidos, peróxido de hidrógeno, radicales oxidrilo y monóxido de nitrógeno⁴⁵.

El mercurio afecta la función de los neurotransmisores y del calcio produciendo alteraciones neurocomportamentales como: insomnio, pérdida del apetito, trastornos del movimiento, disminución de la actividad sexual, disminución de la memoria y estado depresivo^{46, 47, 48, 49} alteraciones que se manifiestan de manera sutil o pueden ser confundidas con cuadros clínicos de otras enfermedades haciendo difícil el diagnóstico clínico de la intoxicación crónica por mercurio.

³⁹ BELLO, J. Fundamentos de ciencia toxicológica. Editorial Díaz de Santos, 2001. ISBN 84-7078-472-5. p. 349.

⁴⁰ CRESPO M, HERCULANO A, CORVELO T et al. Mercurio y neurotoxicidad. En : Review Neurology. Vol. 40, No. 7 (2005); p. 441-447

3.2 MANIFESTACIONES CLÍNICAS POR EXPOSICIÓN A MERCURIO

Las manifestaciones clínicas por exposición aguda a mercurio metálico se pueden dar a concentraciones elevadas de vapores de mercurio⁵⁰. Han sido observados diversos grados de dificultad respiratoria y compromiso del sistema nervioso y si la intoxicación es

severa se puede ocasionar la muerte del individuo por insuficiencia respiratoria⁵¹.

La ingestión de mercurio metálico tiene pocos efectos sistémicos sobre el organismo debido a su baja absorción en el tracto gastrointestinal, pero si ocasionan irritación y dolor a nivel gástrico⁵².

La intoxicación crónica se relaciona con el tiempo de exposición y con la concentración a los vapores de mercurio, el cuadro clínico es insidioso e inespecífico lo que dificulta el diagnóstico oportuno^{53, 54}. A pesar del cuadro inespecífico asociado a este compuesto, varias investigaciones han podido diferenciar tres síndromes clínicos principales:

- Estomatitis mercurial: Dada por compromiso en cavidad oral como úlceras, edema gingival, movilidad o caída de los dientes, coloración pardo azulada en los dientes, aumento en la saliva y mal aliento^{51, 55}.
- Eretismo mercurial: Caracterizado por compromiso en el comportamiento y en la cognición del individuo, como depresión, crisis de llanto inmotivado, pérdida de la memoria, insomnio, alucinaciones e irritabilidad^{51, 55, 38}.
- Temblor: Síntoma característico de la intoxicación crónica por mercurio, es un temblor intencional, que puede iniciar en párpados, labios y luego extenderse a las extremidades, ocasionando trastornos en las actividades que requieren maniobras finas de motricidad (escritura, llevar la cuchara a la boca, abrocharse los botones)^{51, 52, 55}.

La intoxicación por compuestos orgánicos se manifiesta especialmente en la parte motora y de los sentidos del sistema nervioso, estos están dados por incoordinación en los movimientos voluntarios, disminución de la agudeza visual que puede llegar a ceguera, retardo mental, contracciones musculares severas y alteraciones en la cognición^{56, 57}. Esto es importante desde el punto de vista de la exposición prenatal y postnatal, ya que este compuesto atraviesa la placenta y llega a afectar el cerebro del feto en desarrollo, incluso puede ocasionar malformaciones congénitas o muerte fetal¹³.

Este tipo de manifestaciones han sido observadas en varios estudios revisados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) desde los años 80's donde se reportándose valores de referencia a los cuales se pueden presentar ciertos síntomas²⁸:

Síntomas no específicos: 35 µg/L en sangre
150 µg/L en orina
0.05 mg/m³ en aire

Temblor: 70 -140 µg/L en sangre
300 - 600 µg/L en orina
0.1 – 0.2 mg/m³ en aire

Sin embargo en los últimos veinte años un número creciente de investigaciones se ha orientado hacia la identificación de síntomas neurocomportamentales^{58, 59}, debido a que se presentan a niveles por debajo de los límites establecidos como seguros para la salud⁶⁰ surgiendo la necesidad de realizar estudios en poblaciones expuestas crónicamente a compuestos de mercurio y poder comparar los hallazgos con los niveles de mercurio en las muestras biológicas^{61, 62}.

3.3 EVALUACIÓN NEUROTOXICOLÓGICA

Las sustancias neurotóxicas son aquellas sustancias que presentan afinidad por el tejido nervioso las cuales ocasionan alteraciones funcionales expresadas en déficits neurológicos, cognitivos y psicológicos del individuo⁶³. Esta situación genera la necesidad de tener un sistema diagnóstico que evalúe estas alteraciones^{64, 65, 66}.

Sin lugar a dudas el diagnóstico de estas alteraciones en estadios tempranos es de gran importancia para la salud de las personas, evitando la aparición de efectos negativos sobre todo a nivel de conducta y personalidad en los individuos expuestos. El diagnóstico oportuno evitaría la progresión del cuadro que pueda dejar secuelas incapacitantes en las personas⁴.

De esta manera han sido desarrollados varios tests especializados, con el objetivo de evaluar la presencia de alteraciones neurocomportamentales por la exposición crónica a neurotóxicos los cuales pueden ser aplicados entre los grupos expuestos^{67, 68}.

4. MUNICIPIO DE SEGOVIA

4.1 INFORMACIÓN HISTÓRICA BÁSICA.

En 1869 se creó la fracción de TIERRADENTRO (Segovia), en el municipio de Remedios, con funciones de corregimiento. Después de varios años de lucha en búsqueda de una separación de Remedios, el 17 de septiembre de 1884 se dicta el Decreto 851 para la creación del Distrito de Segovia.

Se sabe que los primeros pobladores de “TIERRADENTRO” hoy Segovia fueron las tribus indígenas TAHAMIES y YAMESIES. Una vez realizada la obra de pacificación, se fueron descubriendo los yacimientos auríferos, ocultos bajo la selva húmeda y mortífera, en las ardientes arenas de los ríos salvajes y en las peñas donde el filón afloraba con el metal precioso. La fiebre del oro prendió en los aventureros llegados desde los más lejanos puntos para emprender la búsqueda de los placeres auríferos.

En 1840 empezaron a llegar a Tierradentro los naturales de Remedios a trabajar en las minas de aluvión y en los afloramientos de las vetas. El progreso minero originó el surgimiento de las grandes empresas entre ellas la empresa Segovia, está dio más tarde el nombre al municipio. Posteriormente vinieron las minas de La Salada y El Silencio, lugares que fueron poblados en sus cercanías, surgiendo lo que hoy ocupa el casco urbano del municipio.

4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El territorio municipal está ubicado al Nordeste del departamento de Antioquia, a 220 km de distancia de Medellín la capital. El acceso a este municipio se puede lograr por vía terrestre en una carretera destapada en regulares condiciones y, por vía aérea desde

Medellín llegando al aeropuerto de Otú en Remedios.

La cabecera urbana está ubicada a una altura de 650 metros sobre el nivel del mar y su temperatura media es de 24°C. La superficie territorial del municipio es de 1.231 km², se extiende sobre la parte oriental de la cordillera Central, limita geopolíticamente con los siguientes municipios (ver figura 1):

- Norte: Con Zaragoza y Bagre
- Oriente: Con el Departamento de Bolívar
- Occidente: Con Amalfi y Anorí
- Sur: Con Remedios.

A su vez el municipio está conformado por 28 veredas (ver figura 2).

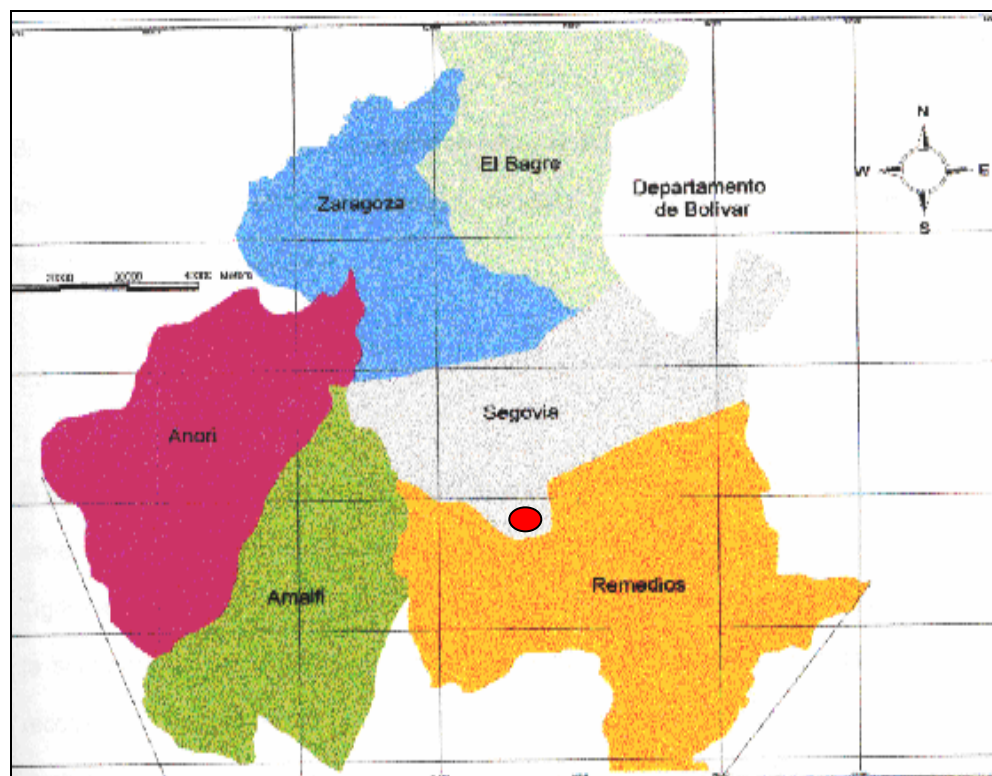


Figura 1. Ubicación del municipio de Segovia

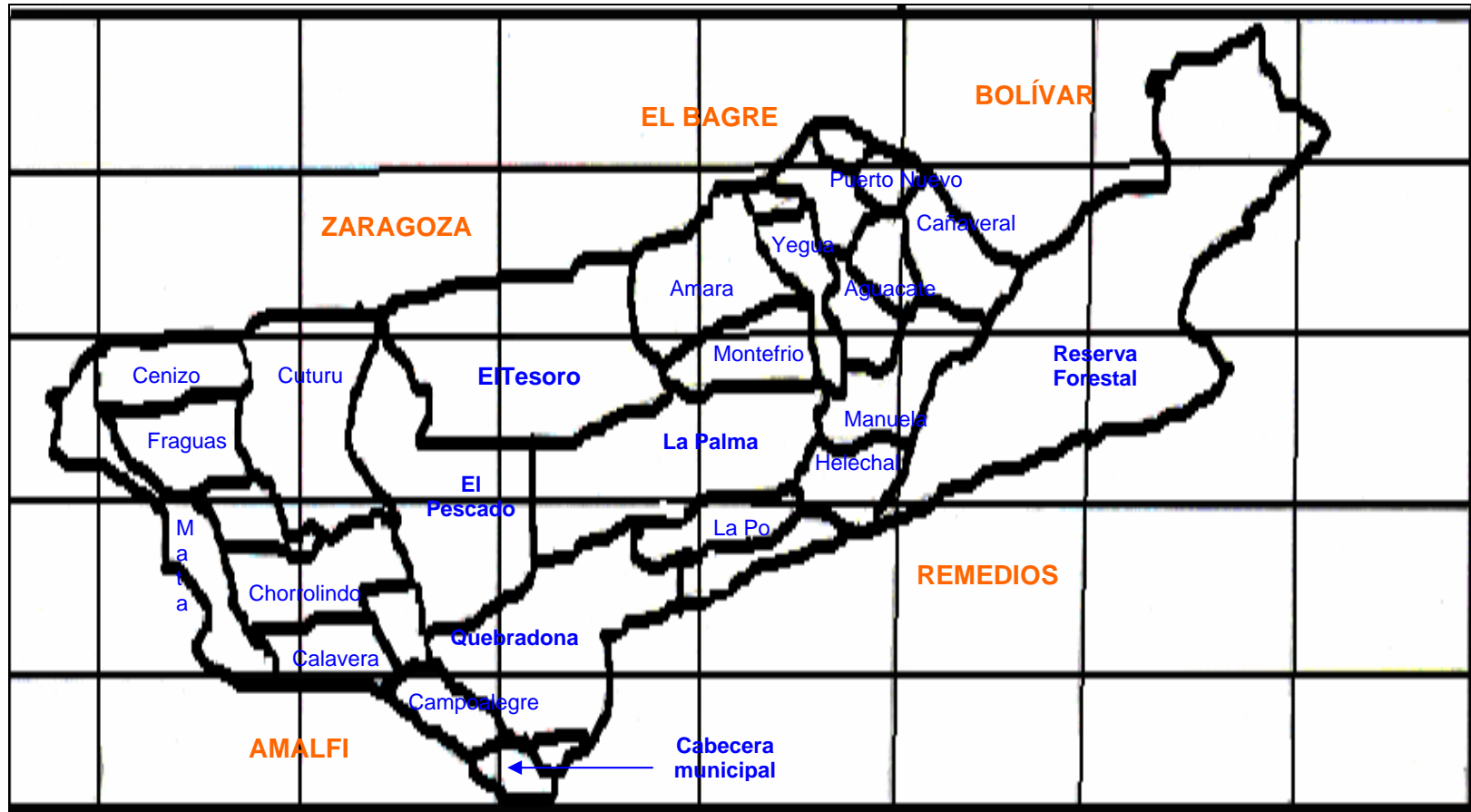


Figura 2. Municipio de Segovia y sus veredas

4.3 RECURSOS NATURALES

En general Segovia hace parte de un bosque húmedo tropical (área aproximada de bosques se calcula en 995,014 Km²), donde la formación vegetal presenta como límites climáticos una biotemperatura promedio superior a los 24° C y un promedio anual de lluvias entre 2000 - 4000 mm. Este bosque se extiende en la mayor parte del territorio de Segovia y, dentro de esta vegetación se ha desarrollado el área urbana y zonas rurales pobladas del municipio.

Debido a la riqueza en áreas boscosas se ha convertido en un centro de explotación maderera importante en la región. Las áreas del municipio que actualmente se encuentran sometidas a mayor explotación maderera son las veredas localizadas en la cuenca de río Bagre en límites con el municipio de Remedios (El Helechal y La Manuela). La madera sale de muchas partes sin ningún seguimiento, por lo que se desconoce el impacto de la tala de árboles en los bosques y su biodiversidad, por esta causa los bosques y la biodiversidad están desapareciendo a tasas aceleradas sin que la población local obtenga beneficios. Además de esto los procesos de explotación aurífera han ocasionado problemas de deterioro de los recursos naturales y agotamiento de la capacidad de producción del suelo, haciéndose más evidente los cambios en la actividad productiva del campesino – minero que en escasez del mineral se ve obligado a la explotación de madera y a la apertura de nuevas tierras para dedicarlas a las actividades agropecuarias; esto unido al desconocimiento de técnicas apropiadas de aprovechamiento contribuye al uso irracional de los recursos.

4.3.1 Recurso hídrico: El municipio cuenta con una extensa red de drenajes compuesta por ríos, quebradas y arroyos, de gran importancia ecológica por su diversidad biológica. Los principales ríos atraviesan el territorio del municipio de sur a norte, excepto el río Tamar que tiene un recorrido de norte a sur. El drenaje del área Este lo componen los ríos Tigüí y Tamar y las quebradas Amará, Champán y Chicamoque, en la parte central los ríos Bagre, Pocuné, Cuturú, El Pescado, Capitán y Doña Teresa, Guanana y María Dama; y en la parte occidental el río Mata. Los drenajes principales de la zona centro y occidental del municipio de Segovia hacen parte de las cuencas de los ríos Porce y Tigüí tributarios del río Nechí, que es el colector principal de los drenajes de la región del bajo Nordeste y la parte alta del Bajo Cauca, los cuatro ríos importantes que irrigan el territorio son de importancia regional, colectores de otras aguas de menor categoría pero de mucha importancia hidrológica y ecológica, (Pocuné, Tamar, Bagre, Mata).

El río Bagre que discurre en la parte central como eje hidrográfico principal y el río Pocuné reciben todo el material contaminante y desechos de las diferentes actividades que se desarrollan en la zona urbana y veredas aledañas del municipio.

Según campesinos y moradores alrededor de las áreas ambientalmente estratégicas de los cuatro ríos (Tamar, Pocuné, Bagre y Mata), se reportan como desaparecidas algunas especies animales (peces, aves y mamíferos).

La quebrada Popales tributaria de la quebrada Doña Teresa proporciona el agua para el consumo humano en la cabecera municipal, pero además esta quebrada presenta potencial hidráulico que ha sido utilizado para la producción de energía por la compañía Frontino Gold Mines.

La subcuenca del Bagre es la más contaminada y deteriorada de las existentes en el municipio por el depósito de residuos sólidos y líquidos provenientes de la minería de veta, que se realiza en el área urbana y veredas aledañas, depósitos que corresponden a grandes cantidades de arenas y lodos producto del proceso de beneficio del oro de veta.

La microcuenca de la Quebrada Doña Teresa, nace en inmediaciones del área urbana, es de importancia en el contexto territorial local y regional, pues discurre en su mayor parte del recorrido en los límites de los municipios de Remedios y Segovia, alrededor de esta se ha asentado la principal minería de veta que se desarrolla en el municipio.

El alto estado de deterioro en el que se encuentran las fuentes hídricas que atraviesan el territorio segoviano, por la contaminación directa de las fuentes y la sedimentación ocurrida en ella, ha llevado a una gran disminución de la fauna íctica, y por consiguiente la disminución de la pesca en la región (ver figura 3).

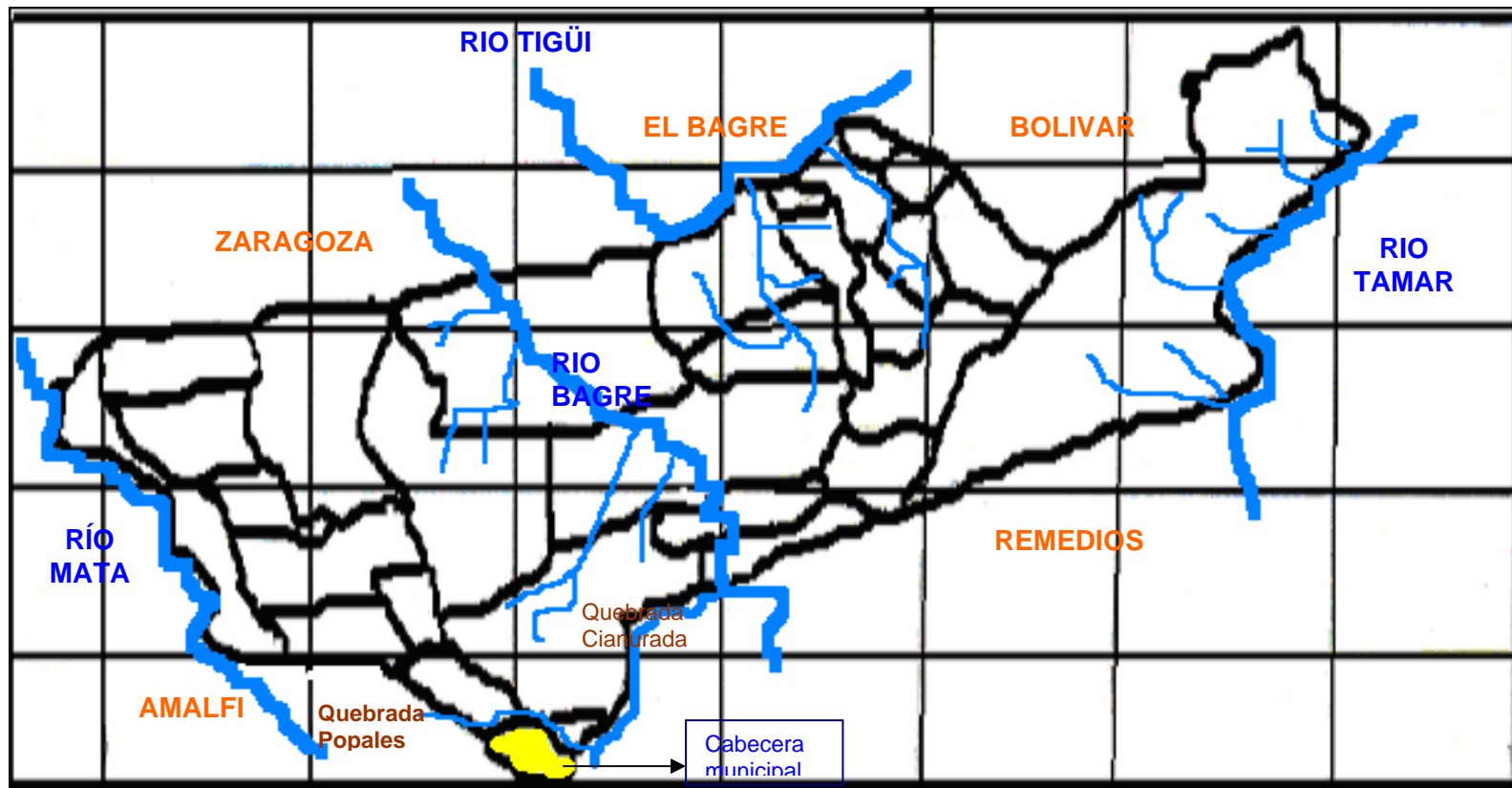


Figura 3. Hidrografía del municipio de Segovia

4.3.2 recurso aire: Es un recurso bastante afectado dentro del territorio segoviano, principalmente en el área urbana. Las actividades que afectan el recurso aire en el municipio han sido asociadas al beneficio del oro, generando altos niveles de contaminación por la emisión de vapores de mercurio metálico y el ruido que producen tambores de amalgamación, siendo esta situación muy preocupante debido a que, la mayoría de las plantas de beneficio se encuentran ubicadas en la zona urbana. Así mismo la producción de gases contaminantes al ambiente es observado también en las compras de oro por la quema de la amalgama, que en su mayoría se localizan en el sector centro del municipio. Otro aspecto de gran impacto es la contaminación por ruido de equipos de sonido a muy alto volumen, emitido desde los locales comerciales destinados a bares y cantinas (la zona centro y el parque son las más afectadas).

4.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS DESARROLLADAS EN EL MUNICIPIO

La estructura económica de la región es rígida en cuanto a que está basada en la actividad económica extractiva, como la minería, pesca, ganadería, agricultura y recursos maderables. Dichas actividades son excesivamente vulnerables a las condiciones del tiempo, a las fluctuaciones del mercado interno, del mercado externo (en caso del oro) y a la agotabilidad de los recursos naturales.

La ganadería, agricultura y pesca están en decadencia con relación a la década del setenta, por eso la economía del oro puede considerarse como economía fuerte de la región; tanto que es el foco de atracción para la mano de obra, desestabilizando las demás actividades, convirtiendo a la región en importadora de bienes, alimentos y servicios.

La actividad ganadera es incipiente y esta concentrada en pocas fincas, su productividad es baja debido a la dificultad de producir pastos saludables. El medio ambiente no es propicio para desarrollar la ganadería intensiva de alta productividad en carne o en leche. Las veredas que más promueven esta actividad son las ubicadas en el norte del municipio. En la actualidad esta actividad no representa una posibilidad de empleo para la población en tanto que requiere de muy poca mano de obra para su realización, en términos de desarrollo económico regional su impacto no es muy significativo, entre otros por su poca contribución al empleo.

La actividad pesquera cuenta con especies de cachama y tilapia cultivadas, esta actividad es más independiente y el pescado que los segovianos consumen vienen del Bajo Cauca

y otros departamentos, aunque este consumo está limitado por costos y el pobre hábito de consumo.

4.5 POBLACIÓN DE SEGOVIA

La población total del municipio de Segovia se calcula en 42.000 habitantes aproximadamente, el 16.8% de la población se encuentra en el área rural y el resto (83.2%) localizados en el área urbana (ver figura 2).

El grupo de edad que predomina en el municipio está entre los 0-19 años con un 47,5% de la población sobre todo en el área urbana donde se localiza el 83.2% de ésta. Pero más importante es observar como el 25.8% de la población se encuentra en el rango entre los 0 y 10 años, lo que implica que la población segoviana es predominantemente infantil, mientras la población vieja sólo representa el 9.2% (ver tabla 1).

Tabla 1. Distribución de la población de Segovia por edad y sexo

GRUPO EDAD	TOTAL	SUBTOTAL				SUBTOTAL CABECERA		SUBTOTAL RESTO	
		RURAL	URBANA	HOMBRES	MUJERES	HOMBRES	MUJERES	HOMBRES	MUJERES
00-09	10402 (25,8%)	1784	8618	5393	5009	4056	4562	904	880
10_19	8921(21,7%)	1501	7420	4610	4311	3867	3553	774	727
20-29	8099(19,7%)	1294	6805	3912	4187	3248	3527	644	680
30-39	6331(15,4%)	928	5403	3212	3119	2753	2668	435	475
40-49	3247(7,9%)	512	2735	1679	1568	1411	1324	282	230
50-59	1854(4,5%)	315	1539	952	902	765	759	156	174
60-69	493(1,2%)	83	410	244	249	201	209	41	42
70-79	650(1,5%)	103	547	340	310	293	254	55	48
80-más	209(1%)	35	174	98	111	80	94	16	19

El área urbana del municipio, según información catastral, tiene una extensión de 9 Km² en las cuales se encuentran grabados 7150 predios. La densidad de la zona puede ser observada a simple vista por el gran número de predios, personas y calles estrechas del casco urbano.

A continuación una breve descripción del uso de los predios:

Uso comercial: Predomina en el sector centro tradicional, diseminado en el parque principal y las calles que llegan a este o aledañas: la calles Real, Segovia, la Banca, Caratal, la Reina, la calle de salida a Marmajito y Sucre; cada una de ellas con una especialidad en el comercio.

- La calle Real y Segovia se encuentra el comercio de víveres, compra de oro, almacenes de misceláneas, almacenes de insumos mineros, restaurantes, algunas tabernas y bares y almacenes agropecuarios; en estas calles se da el principal mercado de los pobladores. En esta calle se presenta una fuerte intensidad en el comercio que requiere de zonas de parqueo para el cargue y descargue.
- En la calle La Banca se presentan diferentes tipos de comercio; en la primera cuadra desde el parque se combinan almacenes de miscelánea con el comercio de bares y cantinas; los bares se concentran en la bifurcación con la calle Sucre hasta la estación de energía a la vez se combinan diferentes comercios, predominando los talleres especializados para maquinaria utilizada en minería y motos, almacenes de insumos de minería, bares, y entables mineros.
- En la calle La Reina se asienta un comercio de víveres y cafeterías. En la calle Boyacá o Caratal predominan las misceláneas.
- En el parque principal se concentra un comercio de restaurantes, heladerías y cafeterías.
- En la vía de salida a Marmajito hasta la calle Bolívar se concentra el comercio de talleres y servicios de automotriz y bares.

El comercio asentado en estas calles representa aproximadamente el 80 % del comercio urbano, actualmente se encuentran registrados 1307 locales comerciales.

Uso residencial: Se encuentra diseminado en toda el área urbana, con menor intensidad en el sector del comercio; principalmente en las calles Real, Segovia y la Banca, en los que hay lotes o pisos completos destinados totalmente al uso comercial, pero también se combinan, el uso residencial en las edificaciones de altura.

Uso industrial: Se localiza dentro del perímetro urbano, en zonas aledañas a sectores residenciales o dentro de los barrios residenciales; está representado en los entables de beneficio minero, que se asientan en mayor porcentaje en la calle Guananá y salida a Marmajito principalmente, en la calle La Banca y en la Calle Bolívar; y algunos que se encuentran diseminados en los barrios residenciales (Los Pomos, Córdoba, Briceño, La Madre y Borbollón). Este uso industrial representa alto riesgo para la salud humana por lo altos niveles de emisión de ruido y vapores de mercurio y posiblemente otros gases tóxicos donde se amalgama el oro.

4.6 MINERÍA DEL ORO EN SEGOVIA

El municipio posee grandes reservas mineras, no sólo de oro sino de otros materiales que pueden ser explotados, tales como calizas y mármoles. La principal explotación que se realiza en el municipio de Segovia es la minería aurífera de veta o filón. Estas potencialidades mineras se localizan principalmente alrededor del área urbana de la cabecera municipal, de la vereda Las Fraguas y la carretera troncal del nordeste antioqueño.

Este distrito se considera como la principal área filoniana en el departamento de Antioquia y el desarrollo del municipio siempre ha estado ligado a la minería del oro. En algunas zonas del municipio también se desarrolla la minería de aluvión, la cual se desempeña en menor frecuencia. Para ambos tipos de minería, el beneficio del oro se realiza mediante técnicas artesanales utilizando el mercurio metálico.

4.6.1 Características de la minería de veta o filón: En el municipio se desarrolla desde la minería informal hasta la minería tecnificada. La minería tecnificada se da con la explotación de filones alrededor del área urbana en tres fuentes de trabajo, las minas Sandra K, El Silencio y Providencia, por la compañía Frontino Gold Mines. La empresa cuenta con todas las instalaciones para realizar todos los procesos de exploración, explotación y beneficio. No se utiliza mercurio sino cianuro en los procesos tecnificados de beneficio.

En la mina San Nicolás ubicada en la zona rural del municipio se trabaja la minería de filón sin orientación técnica para exploración o explotación, pero utilizan el túnel con un buen entibado para su aseguramiento. El beneficio del oro se realiza en la misma mina y no es llevado a los entables del área urbana. Se trabaja de manera asociativa entre los miembros de una familia.

UNIDAD DE PLANEACION MINERO-ENERGETICA

En casi todo el municipio se trabaja la minería de subsistencia, desde su explotación hasta el beneficio del oro son usados mecanismos rudimentarios. Las minas ubicadas en el área urbana llevan el mineral hasta los entables ubicados en el casco urbano. A partir de estos entables se producen los principales lodos del beneficio los cuales son vertidos o arrastrados a las laderas del municipio y a las fuentes de agua más cercana (ver figura 4). Es de anotar que aunque la minería de subsistencia es la principalmente desarrollada en la zona no es la única debido a que existen otras formas de producción limpia con menos riesgo de contaminación al ambiente (ver figuras 5-7).

En la actualidad en el municipio de Segovia se tienen varias formas de trabajo en las minas; los llamados machuqueros, grupo de mineros que construyen pequeños túneles o penetran en los ya existentes para sacar el material de los frentes abandonados o los túneles de las minas de la Frontino Gold Mines, y empresas pequeñas e intermedias.

Como se mencionó anteriormente, el beneficio del oro realizado por la empresa Frontino Gold Mines obtiene el oro por flotación utilizando diferentes reactivos químicos como: cianuro, A-31, A-65, etil xantato de potasio y sulfato de cobre, entre otros. Pero en las plantas de beneficio informales este proceso es mixto, en estos sitios existen los llamados cocos amalgamadores que se encuentran impregnados con mercurio y en donde se introduce el mineral triturado, luego de aproximadamente cuatro horas de agitación se obtendrá la amalgama de la cual es dueño el minero. Los lodos emitidos desde los cocos serán procesados por los trabajadores del entable para ser cianurados por percolación o agitación y así continuar con la obtención de metales preciosos. Estos entables poseen ambientes cerrados lo que permite la conservación del vapor de mercurio durante largos períodos de tiempo mientras vuelve a su estado natural depositándose en las paredes o en los pisos. Algunas plantas de beneficio ofrecen el servicio de quemadores de amalgama los cuales son hornos artesanales que no recuperan los vapores de mercurio incrementando su concentración en el ambiente laboral y la emisión al medio ambiente.

4.6.2 Características de la minería de aluvión: En la actualidad la mayor parte de las minas de aluvión que se localizan en el municipio de Segovia utilizan mini dragas, la utilización de las retroexcavadoras se ha reducido, debido a la agudización del conflicto armado. La minería de aluvión que utilizan retroexcavadoras producen una apreciable cantidad de sedimentación sobre el lecho de los ríos, produciendo modificaciones significativas en las características hidráulicas de los ríos, afectando la navegación, la estabilidad de las riberas, poniendo en peligro los asentos poblacionales ubicados en las márgenes de éstos.

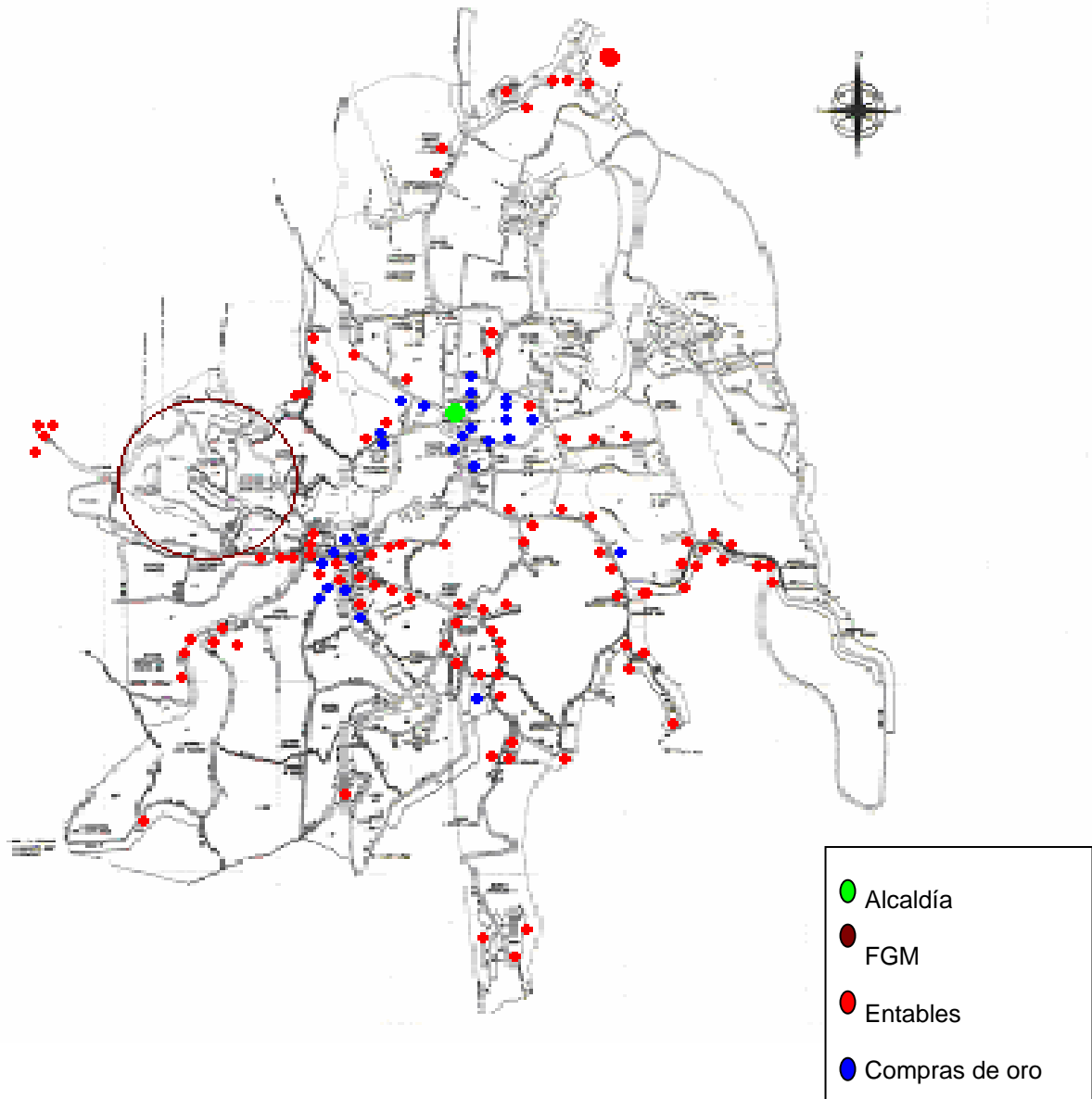


Figura 4. Ubicación general de entables y compras de oro en el casco urbano de Segovia

4.7 ASPECTOS SOCIALES DE LA POBLACIÓN SEGOVIANA

Se considera determinante para explicar el desarrollo social la educación, la cual presenta bajos porcentajes de cobertura respecto del potencial de población escolar de la localidad y quizás el aspecto que mejor definiera el nivel de desarrollo social del municipio sería el relativo a la vivienda. Pero en él, son variables como la cobertura de servicios públicos es muy baja especialmente en la zona rural y las zonas de invasión del área urbana.

Ahora bien, si analizamos la problemática social desde el punto de vista de la tradición aurífera, encontramos que Segovia presenta una problemática social más particular con relación a otros municipios mineros y al resto del departamento, ya que no se dan altos flujos migratorios (por el contrario es mayor el índice de permanencia), ni fuertes mezclas de culturas o religiones, existiendo un alto nivel de coherencia entre el que hacer cotidiano, sus costumbres y creencias.

Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Segovia – Antioquia, 2003

Programa de Vigilancia del Mercurio. Dirección Local de Salud municipio de Segovia, 2005

COCK, E y LÓPEZ, W. Aglomeraciones mineras y desarrollo local en América Latina: Conflicto y colaboración en la minería de oro en Segovia y Remedios / Grupo Editor ALFAOMEGA, 2001.

5. METODOLOGÍA

5.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA

La muestra fué escogida utilizando la técnica de selección aleatoria por conglomerados, luego de calcular el número de individuos de la muestra, y con un estimado de personas por unidad habitacional o de trabajo (entables, las casas de compra de oro) en la zona urbana del municipio (unidades de muestreo). A continuación detalles del diseño metodológico:

Se toma como referencia de la P esperada (proporción de la población con alteraciones neurocomportamentales) el artículo publicado en Brasil (Volney de M et al, 1996. Cadernos de Saúde Pública) de la población minera de Poconé, en donde se estableció la proporción de cada una de las principales alteraciones neurológicas y de comportamiento, teniendo en cuenta el insomnio como una alteración característica y temprana de la neurotoxicidad por mercurio metálico (P = 0.24).

Tabla 2. Tamaño de la muestra

Población Total Urbana de Segovia (Antioquia) =		37.905 Habitantes
n =	$\frac{24 \cdot 76 \cdot (1,96)^2}{(3)^2}$	778,564267 (~779 = n)
(Error absoluto = 3%)	P esperada = 24	Nivel Confianza 95% (t = 1.96)
779 + 10 % Posibles perdidas	= 860 Habitantes	

La anterior presenta los criterios a priori para el cálculo del tamaño de la muestra, es decir la prevalencia esperada de alteraciones neurocomportamentales en la población de Segovia:

$$P = 0.24$$

$$Q = (1-P) = 0.76$$

Error absoluto aceptado para el estudio: $\xi = 0.03$

Nivel de confianza: 95% ($z = 1.96$)

$$n = \frac{P*Q*z^2}{\xi^2}$$

Se hace un ajuste necesario para el tamaño de la población, tomando un 10% por posibles pérdidas de la muestra con el fin de no quitarle poder al estudio, que para el caso es de $779*10\% \sim 78$ personas de ajuste: $779 + 78 = 857$ (860). Se toma como cantidad de estudio dado lo anterior 860 personas del municipio de Segovia. Desde el punto de vista de la relación con el mercurio se consideraron 2 estratos:

1. **Personas potencialmente de alta exposición:** son aquellas personas que viven en el casco urbano del municipio de Segovia, pero no tiene contacto directo con el mercurio en virtud de su ocupación.
2. **Personas expuestas en forma directa:** son quienes por su ocupación tienen contacto directo con el mercurio. En este punto identificamos tres grupos:
 - Compraventas de oro: Sitio en donde se queman las amalgamas y se producen los vapores de mercurio que son liberados al aire. Llamaremos “quemadores” a las personas que desempeñan esta actividad sin permiso de la alcaldía y “compradores de oro” a los que la realizan con permiso del municipio.
 - Entables: Sitio en donde se generan los lodos conteniendo el oro. Es acá donde se utiliza el mercurio para formar las amalgamas; en los entables encontramos dos tipos de personas en riesgo: los “trabajadores directos de los entables”, los “usuarios de los entables” (a la vez también pueden ser mineros), y los “charreros”.

La población de Segovia en la zona urbana según datos del SISBEN hasta mayo de 2005, se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3. Distribución de la población urbana por familias y viviendas

Viviendas	Familias	Personas	Pers_Vivienda	Pers_Familia	Fam_Vivi
7.483	8.926	33.985	4.54	3.81	1.19

Por lo tanto tenemos una población urbana de 34.000 habitantes, las personas dedicadas a la actividad del oro se calcula en 8.000 trabajadores (Unidad Minero Ambiental - UMINA) y de otro lado se encuentran 32 compras de oro registradas en el municipio. Teniendo esto en cuenta, la distribución por exposición queda así:

Tabla 4. Clasificación de la población por grupos de exposición a mercurio

Expuestos directamente	Potencialmente expuestos	Quemadores	Población urbana
8000	26000	32	34000

5.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

5.2.1 Personas expuestas en forma directa: Se utilizó muestreo por conglomerados donde el conglomerado son los entables, sitio en donde encontraremos a los trabajadores del entable, usuarios de entables o mineros. En relación con las compras de oro se incluirán las 32 registradas en el municipio. Se seleccionaron 7 entables de los 110 registrados en el municipio (ver tabla 5 y archivo adjunto):

Tabla 5. Entables seleccionados para el estudio

	Entable	Dirección	No. Ubicación plano
1	Asociación Mutual de Mineros el Cogote	Calle 47 N° 41-148 Barrio Colon	64
2	La Banca	Calle La Banca	9
3	Los Guascas	Barrio Argelia	16
4	El Guajiro	Barrio García Rovira	21
5	La Piragua	Barrio La Rasquilla	34
6	San Nicolás	Campoalegre	100
7	Los Toritos	Guanana Cra56 N° 47-35	6

5.2.2 Personas con potencial alta exposición: Se tomara como unidad de selección las viviendas en los diferentes barrios del casco urbano del municipio de Segovia. En este cuadro se presenta el número de personas por vivienda en el casco urbano (ver tabla 6).

Tabla 6. Población general por vivienda

Viviendas	Familias	Personas	Pers_Vivienda
7.483	8.926	33.985	4,54

Teniendo en cuenta que se tomarán solo personas mayores de 15 años y que no tengan contacto directo en razón de su ocupación con mercurio, estimamos una relación de 2 personas por vivienda de 317 viviendas seleccionadas.

Para la selección de las 317 viviendas estratificamos el municipio en:

- Barrios de menos de 100 viviendas
- Barrios de más de 100 viviendas y menos de 200 viviendas.
- Barrios de más de 200 viviendas y menos de 300 viviendas.
- Barrios de más de 300 viviendas y menos de 400 viviendas.
- Barrio de 412 viviendas (La Reina).
- Barrio de 704 viviendas (20 de Julio).
- Barrio de 927 viviendas (Galán).

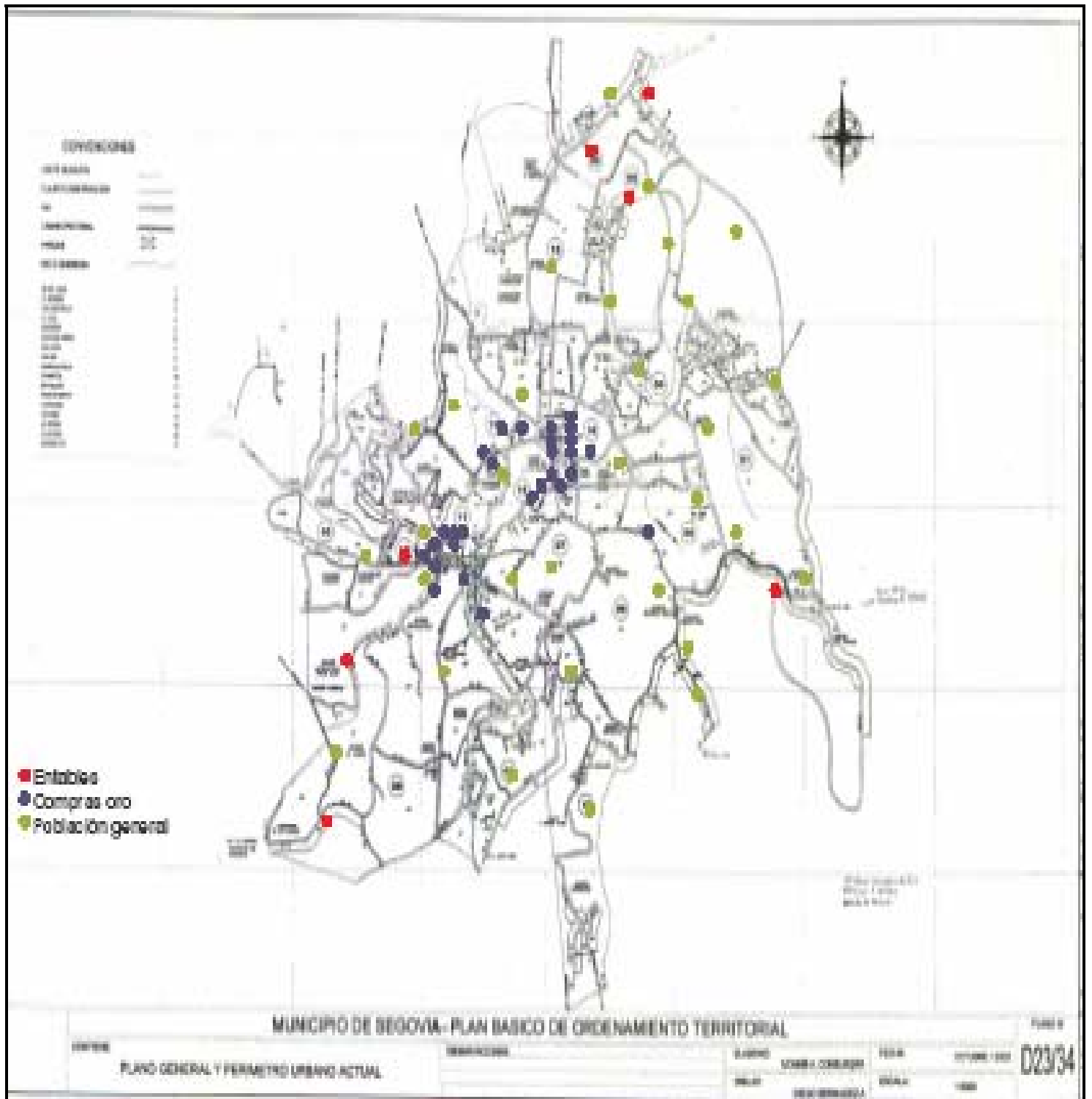


Figura 9. Selección de la muestra

5.3 DESARROLLO DEL TRABAJO DE CAMPO

5.3.1 Primer viaje: Visita de campo para el diseño detallado de del estudio.

Objetivos:

Identificación de las características específicas del municipio de Segovia:

- En el proceso productivo del oro.
- En características urbanísticas y demográficas (Densidad poblacional en el municipio, cercanía a las fuentes factibles de contaminación, distribución geográfica de las viviendas, escuelas, centros hospitalarios, entables, compraventas, etc.).
- En hábitos alimentarios (fuentes de proteína y su origen – ¿consumen pescado proveniente de los ríos Bagre y Nenquí).
- En fuentes de agua utilizados en la minería y en el consumo humano.

Presentación del estudio a las fuerzas vivas del municipio:

- Alcaldía.
- Profesionales en salud.
- Organizaciones comunitarias.
- Organizaciones laborales de la minería, trabajadores independientes y comerciantes.
- Autoridades educativas.

Actividades

- Consecución de información complementaria y actualizada demográfica, de la geografía, historia, sociedad, cultura, estilos de vida y actividades económicas que se llevan a cabo en el municipio de Segovia.
- Visitas en terreno de los procesos productivos del oro.
- Reconocimiento del casco urbano con sus factores de riesgo.
- Definición de recurso humano y locaciones para la realización del trabajo de campo.
- Reuniones informativas, de planeación, coordinación y motivación en relación con el estudio para las fuerzas vivas del municipio de Segovia.

5.3.2 Segundo viaje:

Objetivos

- Realizar la evaluación neurocomportamental en la población escogida del municipio de Segovia Antioquia.
- Capacitar a los estudiantes para el diligenciamiento de la encuesta de datos generales.
- Capacitar al personal médico en la realización de la evaluación neurocomportamental.
- Realizar la evaluación neurocomportamental y el examen físico a 860 personas del municipio de Segovia.
- Tomar muestra de cabello a 860 personas del municipio de Segovia.
- Selección y asignación de la muestra objeto de estudio.
- Citación de los seleccionados y recolección de la información general.
- Aplicación de la parte de historia clínica del instrumento.

La citación y aplicación de la información general se hizo con la coordinación del señor Gean Conery Monsalve, promotor de salud de la Dirección Local de Salud del municipio de Segovia, los miembros del grupo ecológico Paz Verde y los estudiantes de 11 grado del Colegio Santo Domingo Sabio (esta actividad se incluyó como servicio social para dichos estudiantes), agradecemos al profesor de Ciencias Sociales Gabriel Jaime Correa por su participación e interés en el proyecto (ver archivo adjunto tabla 2).

Una vez realizada la encuesta general por parte de los estudiantes y citadas las personas, éstas acuden a los centros de salud en donde se les realizó el examen neurocomportamental, el examen médico y la toma de muestra cabello, una vez obtenida toda la información se traslada a Bogotá para su respectivo análisis. Las muestras de cabello fueron enviadas al laboratorio de la Universidad de Cartagena.

5.3.3 Tercer viaje: Para esta etapa se diseña una guía informativa para el personal de salud y demás entidades locales con el objetivo de dar a conocer y orientar sobre los trabajadores del mercurio. Además se realiza un curso de capacitación para el personal de salud del municipio y demás personas interesadas.

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

UNIDAD DE PLANEACION MINERO-ENERGETICA



Libertad y Orden



6. ANALISIS DE LOS DATOS

Entre agosto 5 y agosto 20 del 2005 se realizaron encuestas, exámenes médicos y toma de muestra de cabello a 860 personas del municipio de Segovia Antioquia. La información recolectada es introducida en la base de datos creada en el programa EPI INFO versión 3.3.2 en el departamento de Toxicología y Salud Pública de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Las muestras de cabello fueron analizadas en el laboratorio de química de la Universidad Cartagena estas se analizaron en dos períodos, el primero entre noviembre y diciembre del 2005 con los resultados iniciales de los niveles de mercurio total en cabello y la información recolectada a partir de los cuestionarios realizados en la población seleccionada del municipio de Segovia se establece el número de muestras de cabello para el análisis de metilmercurio, el cual se llevo a cabo entre febrero y abril del 2006.

Es importante aclarar que el análisis de metilmercurio se realizó a 261 muestras de cabello, debido a que sólo el 15% (131) de la población reportó niveles elevados de mercurio total. Estas muestras fueron escogidas teniendo en cuenta dos aspectos:

- En primer lugar se incluyen para este segundo análisis las muestras de cabello con niveles de mercurio total por encima de $5\mu\text{g/g}$ (131 muestras).
- En segundo lugar, se tomaron en cuenta los test de neurocomportamiento con resultados positivos para estas alteraciones (130 muestras).

Otra razón importante que limitó el análisis de metilmercurio en todas las muestras de cabello tuvo que ver con la disposición de los recursos económicos los cuales no eran suficientes para cubrir el costo total de esta prueba.

Participaron en el estudio 860 personas mayores de 15 años de la zona urbana del municipio de Segovia Antioquia (15 - 78 años). La población de la muestra incluyó sólo



personas del casco urbano debido a que el 83.2% de la población total del municipio radica en esta zona. La clasificación de la población de Segovia en relación al contacto con el mercurio permitió establecer dos estratos: personas de alta exposición y personas expuestas en forma directa (ver metodología), los resultados se muestran así:

6.1 DATOS DEMOGRÁFICOS CON NIVELES DE MERCURIO TOTAL

La tabla 7 muestra la distribución por género y edad de la población del municipio de Segovia. El género masculino representado en un 54.7% (470) predomina ligeramente sobre el género femenino en un 45.3% (390). La edad promedio para el grupo evaluado fue de 37.4 años, el 50% de la muestra se ubicó por encima de los 38 años y el 75% de la población por debajo de los 46 años indicando que la población de Segovia es predominantemente joven, estos datos coinciden con el comportamiento demográfico observado en el municipio.

Tabla 7. Distribución por edad y género en la población del municipio de Segovia Antioquia 2005.

Género	Frecuencia	%	Edad	Resultado
Género masculino	470	54.7	Media de edad	37.4
Género femenino	390	45.3	Percentil 25%	28
			Mediana	38
			Percentil 75%	46
			Mínimo	14
			Máximo	78
			Varianza	143
			DE	11.9
Total	860	100.00		

El 99.2% (853) de la población evaluada vive en la zona urbana del municipio, el promedio por vivir en el casco urbano se calculó en 26.6 años y el percentil 75 indica que el 75% de la población vive por lo menos hace 38 años en el casco urbano, por lo tanto existe una exposición crónica al riesgo estudiado (mayor información revisar archivo adjunto).

La prevalencia estimada para niveles de mercurio total en cabello fué de 15.2%, es decir que de las 860 personas evaluadas, 131 tienen niveles de mercurio total por encima de 4.99µg/g de Hg en cabello. Estos niveles serán relacionados con cada una de las variables incluidas en el estudio (ver más adelante).

Tabla 8. Prevalencia estimada de niveles de mercurio total en cabello en el municipio de Segovia (2005)

Niveles de Hg > 4,99µg/g		
Si	131	15.2%
No	729	84.7%
Total	860	100.0%
t_c	1.96	
Error	1.23%	2.40%

IC = (12.83, 17.63%)

Para las variables género y niveles de mercurio total se encontró una relación de dependencia confirmada por un $\text{Chi}^2 > 3.84$. Así mismo se comprueba al género masculino como el grupo de mayor riesgo (OR =4.5) para tener niveles elevados de mercurio en cabello, dicho comportamiento se explica por que la mayoría de personas que trabajan en el beneficio del oro son hombres.

Tabla 9. Niveles de Hg por género

Género	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Femenino	23	367	390
% Fila	5.9	94.1	100
% Columna	17.6	50.3	45.3
Masculino	108	362	470
% Fila	23	77	100
% Columna	82.4	49.7	54.7
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 0.2 IC (0.1, 0.3) $\text{Chi}^2 = 48.2$

Tabla 10. Niveles de Hg por masculino

Masculino	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	108	362	470
%Fila	23	77	100
%Columna	82.4	49.7	54.7
No	23	367	390
%Fila	5.9	94.1	100
%Columna	17.6	50.3	45.3
Total	131	729	860
%Fila	15.2	84.8	100
%Columna	100	100	100

OR= 4.5 IC (2.9, 7.7) $\text{Chi}^2 = 48.2$

La mediana de la edad permitió dividir el grupo estudio en mayores de 38 años y menores de 38 años cada grupo fue analizado con los niveles de mercurio total, sin embargo la relación de dependencia no pudo ser establecida ($\text{Chi}^2 < 3.84$). Es importante observar la proporción de personas con niveles elevados de mercurio la cual es similar en ambos grupos de edad, indicando esto un riesgo para toda la población que vive en el casco urbano de Segovia.

Tabla 11. Niveles de mercurio total por edad

Niveles de Hg en personas > 38 años

Mayor 38A	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	58	350	408
% Fila	14.2	85.8	100
% Columna	44.3	48	47.4
No	73	379	452
% Fila	16.2	83.8	100
% Columna	55.7	52	52.6
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 0.86 IC (0.5, 1.2) Chi²= 0.62

Niveles de Hg en personas < de 38 años

Menor 38A	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	65	358	423
% Fila	15.4	84.6	100
% Columna	49.6	49.1	49.2
No	66	371	437
% Fila	15.1	84.9	100
% Columna	50.4	50.9	50.8
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 1.0 IC (0.7, 1.4) Chi²= 0.01

La existencia de un número representativo de predios considerados de riesgo (entables, compras de oro y comercio mercurio) por emitir vapores de mercurio o manipularlo fué considerado en este análisis. Entonces vivir a menos de 500m de estos sitios se convierte en una variable de riesgo. El 69.7% (599) de las personas vive a menos de 500m de los sitios de riesgo mientras que el 30.3% (261) vive a más de 500m. Al observar estos valores la relación de dependencia es sospechada, sin embargo la prueba de significancia estadística rechaza esta hipótesis (Chi²<3.84) es decir no existe relación entre las variables pero se presenta proporción una similar de niveles de mercurio elevados tanto en las personas que viven a menos de 500m como para las que viven a más de 500m, es decir que existe riesgo para toda la población que vive en el perímetro urbano (ver tabla archivo adjunto).

Tabla 12. Niveles de mercurio por vivir a menos de 500 m de los lugares de riesgo

Vive a menos de 500m	Hg < 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	90	509	599
% Fila	15	85	100
% Columna	68.7	69.8	69.7
No	41	220	261
% Fila	15.7	84.3	100
% Columna	31.3	30.2	30.3
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.94 IC (0.63, 1.41) Chi²= 0.06

Los predios destinados a vivienda familiar y/o actividades que manipulan mercurio, permitieron la clasificación de la vivienda como relacionada al mercurio (entable,



compra de oro y comercio mercurio) o no relacionada al mercurio (otros donde no se manipula mercurio). De las 860 personas evaluadas el 20.7%(178) viven en predios donde se manipula mercurio y 79.3%(682) restante vive en otros lugares no relacionados. Las pruebas de significancia estadística no mostraron relación alguna ($OR < 1$ y $Chi^2 = < 3.84$), pero continúa presentándose proporción similar de niveles elevados de mercurio total tanto para las personas que viven en los sitios de riesgo como para las que no viven en estos sitios, situación generada por una exposición de tipo ambiental.

Tabla 13. Niveles de mercurio lugar de vivienda

Viven con Hg	Hg > 4. 99µg/g		Total
	Si	No	
Si	31	147	178
% Fila	17,4	82,6	100
% Columna	23,7	20,2	20,7
No	100	582	682
% Fila	14,7	85,3	100
% Columna	76,3	79,8	79,3
Total	131	729	860
% Fila	15,2	84,8	100
% Columna	100	100	100

OR = 1.2 IC (0.8, 1.9) **Chi² = 0.8**

6.2 DATOS OCUPACIONALES CON NIVELES DE MERCURIO TOTAL

La siguiente tabla muestra la distribución por ocupación para las 17 actividades incluidas en el estudio. Las primeras nueve actividades están relacionadas con la exposición directa a esta sustancia, se puede observar que el 43.6% (375) de la población labora directamente con el mercurio (exposición directa), el resto de la población representada en un 56.4% (485) realizan otras actividades y hacen parte del grupo considerado de potencial alta exposición (exposición indirecta a mercurio).



Tabla 14. Actividad laboral en el municipio de Segovia

Ocupación	Frecuencia	%	% acumulado	IC
Pequeño minero	188	21.9	21.9	19.2, 24.8%
Trabajador entable	63	7.3	29.2	5.7, 9.3%
Usuario entable	27	3.1	32.3	2.1, 4.6%
Vendedor de mercurio	10	1.2	33.5	0.6, 2.2%
Quemador amalgama	7	0.8	34.3	0.4, 1.7%
Comprador de oro	30	3.5	37.8	2.4, 5.0%
Minero Frontino	30	3.5	41.3	2.4, 5.0%
Machuquero	6	0.7	42.0	0.3, 1.6%
Chatarrero	14	1.6	43.6	0.9, 2.8%
Comerciante	68	7.9	51.5	6.2, 10%
Maderero	6	0.7	52.2	0.3, 1.6%
Ganadero	1	0.1	52.3	0.0, 0.8%
Agricultor	5	0.6	52.9	0.2, 1.4%
Administrativo	55	6.4	59.3	4.9, 8.3%
Hogar	248	28.8	88.1	25.9, 32%
Estudiante	39	4.5	92.7	3.3, 6.2%
Ninguno	63	7.3	100.0	5.7, 9.3%
Total	860	100.0	100.0	

La tabla 15 muestra los niveles de mercurio total en cabello por actividad laboral. Las actividades con exposición directa a mercurio presentaron mayor número de trabajadores con niveles elevados de mercurio, tal es el caso de los trabajadores de entables, usuarios de entables, mineros y compradores de oro. Sin embargo actividades no relacionadas al mercurio también reportaron casos de trabajadores con niveles elevados de mercurio (hogar, estudiante, agricultor, otras actividades).

Tabla 15. Niveles de Hg total por actividad laboral

Actividad laboral	Mercurio total > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Pequeño minero	31	157	188
% Fila	16.5	83.5	100
Trabajador entable	41	22	63
% Fila	65.1	34.9	100
Usuario Entable	6	21	27
% Fila	22.2	77.8	100
Vendedor de mercurio	0	10	10
% Fila	0	100	100
Quemador amalgama	2	5	7
% Fila	28.6	71.4	100
Comprador de Oro	22	8	30
% Fila	73.3	26.7	100
Minero Frontino.	0	30	30
% Fila	0	100	100
Machuquero	0	6	6
% Fila	0	100	100
Chatarrero	1	13	14
% Fila	7.1	92.9	100
Comerciante	4	64	68
% Fila	5.9	94.1	100
Maderero	0	6	6
% Fila	0	100	100
Ganadero	0	1	1
% Fila	0	100	100
Agricultor	1	4	5
% Fila	20	80	100
Administrativo	2	53	55
% Fila	3.6	96.4	100
Hogar	12	236	248
% Fila	4.8	95.2	100
Estudiante	2	37	39
% Fila	5.1	94.9	100
Ninguno	7	56	63
% Fila	11.1	88.9	100
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

Chi² = 247.2 gl = 16

Con el objetivo de buscar una relación de dependencia entre la exposición directa a mercurio y los niveles en cabello, estas actividades son agrupadas en la variable “actividades relacionadas al mercurio”, logrando de esta forma establecer gran significancia estadística entre las variables.

Tabla 16. Niveles de mercurio total por exposición laboral

Actividad relacionada a Hg	Hg >4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	103	272	375
% Fila	27.5	72.5	100
% Columna	78.6	37.3	43.6
No	28	457	485
% Fila	5.8	94.2	100
% Columna	21.4	62.7	56.4
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 6.1 IC (3.9, 9.6) Chi² = 77.1

El uso de elementos de protección personal es un factor importante para disminuir la absorción de las sustancias químicas a las que el trabajador puede estar expuesto, en nuestro grupo de estudio se consideraron cuatro elementos como son: botas, guantes, overol y máscara para vapores de mercurio. En la siguiente tabla mostramos la frecuencia de uso en las actividades relacionadas con mercurio y donde se puede observar la baja frecuencia con qué son utilizados. Llama la atención en los compradores de oro que por su actividad son el grupo de mayor exposición a vapores de mercurio por lo tanto es obligatorio el uso de máscara para vapores, en nuestra muestra el 46.7% (14/30) refirieron utilizar la máscara, sin embargo de acuerdo a lo observado en el trabajo de campo este porcentaje es mucho menor debido a que no tienen la máscara propiamente dicha o no la utilizan, similar comportamiento se encuentra en los trabajadores de los entables o en los usuarios de entables que están expuestos a mercurio tanto en la forma líquida como a los vapores de mercurio.

Tabla 17. Distribución de los elementos de protección en las actividades relacionadas con la exposición directa a mercurio.

Ocupación	Botas		Guantes		Máscara		Overol		Total
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
Pequeño minero	57	131	17	171	16	172	10	178	188
% Fila	30.3	69.7	9	91	8.5	91.5	5.3	94.7	100
% Columna	54.8	17.3	21	22	23.9	21.7	34.5	21.4	21.9
Trabajador entable	20	43	19	44	14	49	5	58	63
% Fila	31.7	68.3	30.2	69.8	22.2	77.8	7.9	92.1	100
% Columna	19.2	5.7	23.5	5.6	20.9	6.2	17.2	7	7.3
Usuario entable	7	20	3	24	3	24	2	25	27
% Fila	25.9	74.1	11.1	88.9	11.1	88.9	7.4	92.6	100
% Columna	6.7	2.6	3.7	3.1	4.5	3	6.9	3	3.1
Vendedor de mercurio	1	9	5	5	3	7	3	7	10
% Fila	10	90	50	50	30	70	30	70	100
% Columna	1	1.2	6.2	0.6	4.5	0.9	10.3	0.8	1.2
Quemador amalgama	0	7	2	5	0	7	1	6	7
% Fila	0	100	28.6	71.4	0	100	14.3	85.7	100
% Columna	0	0.9	2.5	0.6	0	0.9	3.4	0.7	0.8
Comprador de Oro	2	28	15	15	14	16	1	29	30
% Fila	6.7	93.3	50	50	46.7	53.3	3.3	96.7	100
% Columna	1.9	3.7	18.5	1.9	20.9	2	3.4	3.5	3.5
Minero Frontino.	2	28	2	28	1	29	0	30	30
% Fila	6.7	93.3	6.7	93.3	3.3	96.7	0	100	100
% Columna	1.9	3.7	2.5	3.6	1.5	3.7	0	3.6	3.5
Machuquero	2	4	0	6	0	6	0	6	6
% Fila	33.3	66.7	0	100	0	100	0	100	100
% Columna	1.9	0.5	0	0.8	0	0.8	0	0.7	0.7
Chatarrero	2	12	3	11	2	12	2	12	14
% Fila	14.3	85.7	21.4	78.6	14.3	85.7	14.3	85.7	100
% Columna	1.9	1.6	3.7	1.4	3	1.5	6.9	1.4	1.6
Total	93	254	66	309	53	322	74	351	375

La variable protección que incluye el uso de los elementos de protección personal fué analizada junto con los niveles de mercurio total, la relación de dependencia entre estas variables ($\text{Chi}^2 > 3.84$) pudo ser establecida. Un $\text{OR} > 1$ también comprueba dicha significancia estadística.

Tabla 18. Niveles de mercurio por elementos de protección personal

Protección	Hg < 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	54	82	136
% Fila	39.7	60.3	100
% Columna	41.2	11.2	15.8
No	77	647	724
% Fila	10.6	89.4	100
% Columna	58.8	88.8	84.2
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

$\text{OR} = 5.5$ IC (3.0, 6.1) $\text{Chi}^2 = 74.9$



Un 20.3% (175) de la población quema amalgama en los entables, un 11.7% (101) quema en las viviendas y un 9.3% (80) quema en las compras de oro. Este resultado muestra a los entables como lugares de gran exposición a vapores de mercurio y de riesgo para la población que ahí trabaja (hombres, mujeres, ancianos y niños). De igual importancia la quema de la amalgama en compras de oro y viviendas se convierten en sitios de riesgo para la salud de las personas expuestas.

Tabla 19. Quema amalgama en compra de oro con niveles de mercurio total

Compra de oro	Hg < 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	27	53	80
% Fila	33.8	66.3	100
% Columna	20.6	7.3	9.3
No	104	676	780
% Fila	13.3	86.7	100
% Columna	79.4	92.7	90.7
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 3.3 IC (1.9, 5.4) $\text{Chi}^2 = 23.4$

6.3 DATOS DE HÁBITOS EN LA DIETA Y/O TOXICOLÓGICOS CON NIVELES DE MERCURIO TOTAL

El consumo de pescado contaminado por mercurio ha sido descrito como fuente de exposición para poblaciones donde los cuerpos de agua están contaminados. La siguiente tabla muestra la distribución de consumo de pescado, donde el pescado de río se consume en un 54.4% (468), seguido de un 23.6% (203) de la población que no come pescado, y un 19% (163) que consumen pescado de cultivo.

Tabla 20. Tipo de pescado que se consume

Tipo de pescado	Frecuencia	%	% acumulado
De cultivo	163	19.0	19.0
De mar	26	3.0	22.0
De río	468	54.4	76.0
No aplica	203	23.6	100.0
Total	860	100.0	100.0

El consumo de pescado por semana muestra el bajo consumo para esta población, un 67.1% (577) comen pescado menos de una comida por semana, siendo este referido



realmente como 1-2 veces por año.

Tabla 21. Consumo de pescado por semana

Consumo/semana	Frecuencia	%	IC
<1comida	577	67.1	63.8, 70.2%
1-2comidas	55	6.4	4.9, 8.3%
2-4comidas	13	1.5	0.8, 2.5%
>4comidas	12	1.4	0.8, 2.5%
No aplica	203	23.6	20.8, 26.6%
Total	860	100	

Debido al predominio por el consumo de pescado de río se realiza una tabla tetracórica para buscar relación con los niveles de mercurio total, la relación no pudo ser establecida con las pruebas de significancia aplicadas, aunque los casos de personas con niveles elevados de mercurio se presentan en proporción similar tanto para los que consumen pescado como para los que no comen pescado, nuevamente este comportamiento es observado a través de las variables indicando la exposición de tipo ambiental para esta población.

Tabla 22. Niveles de mercurio total por consumo pescado de río

Mercurio>4.99			
Pescado de río	Si	No	Total
Si	67	414	481
% Fila	13.9	86.1	100
% Columna	51.1	56.8	55.9
No	64	315	379
% Fila	16.9	83.1	100
% Columna	48.9	43.2	44.1
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.79 IC (0.5, 1.1) Chi² = 1.43

Los hábitos toxicológicos como la ingesta de alcohol y el cigarrillo forman parte de nuestras variables. La tabla muestra que un 49.2% de las personas consumen alcohol, valor que es inferior a lo esperado, esto debido a que es conocido el elevado consumo en el municipio, otra situación que explica este resultado es la baja disponibilidad de recursos económicos.



Tabla 23. Distribución por ingesta de alcohol

Ingiere alcohol	Frecuencia	%	% acumulado	IC
No	437	50.8	50.8	47.4, 57.2
Si	423	49.2	100.0	45.8, 52.6
Total	860	100.0	100.0	

Para el caso de los niveles de mercurio total por ingesta de alcohol no se encontró relación por lo tanto la hipótesis de independencia es aceptada, para este caso los niveles de mercurio son independientes de la ingesta de alcohol lo cual se observa con un $\chi^2 < 3.84$ (ver archivo adjunto).

Existe un moderado consumo de cigarrillo, el 17.1% (147) de la población se refiere como fumadora, el hábito de fumar puede convertirse en un factor de riesgo asociado para la intoxicación crónica por mercurio. Al analizar estos resultados con los niveles de mercurio total se observó relación entre las variables, es decir el fumar es independiente de los niveles de mercurio. El 84.4% (726) consumen agua del acueducto, al analizar estos resultados con los niveles de mercurio no se pudo establecer ninguna relación (ver archivo adjunto).

6.4 DATOS DE LOS EFECTOS EN LA SALUD CON LOS NIVELES DE MERCURIO TOTAL

La proporción para los síntomas subjetivos por exposición crónica a mercurio muestran porcentajes elevados para la casi totalidad de las personas evaluadas, los cuales deben ser comparados con los niveles de mercurio en cabello y poder establecer su significancia estadística.

Tabla 24. Distribución de síntomas subjetivos por exposición crónica a mercurio.

Síntomas	Frecuencia	%	IC
Aumento saliva	111	12.9	10.8, 15.4
Cefalea	383	44.5	41.2, 47.9
Impotencia	190	22.2	19.4, 25.0
Inflamación encías	115	13.4	11.2, 15.9
Irritación garganta	253	29.4	26.4, 32.6
Nauseas	162	18.8	16.3, 21.6
Pérdida apetito	166	19.3	16.7, 22.1
Pérdida audición	95	11.0	9.1, 13.4
Pérdida peso	138	16.0	13.7, 18.7
Pérdida visión	230	26.7	23.8, 29.9
Sabor metálico	107	12.4	10.3, 14.9
Sangrado encías	100	11.6	9.6, 14.0
Sudor fácil	327	38.0	34.8, 41.4
Temblor dedos	172	20.0	17.4, 22.9
Temblor labios	98	11.4	9.4, 13.8
Temblor manos	226	26.3	23.4, 29.4
Temblor párpados	193	22.4	19.7, 25.4
Temblor activo	82	9.5	7.7, 11.7
Úlceras boca	109	12.7	10.6, 15.1
Total	860	100.0	

De los 19 síntomas subjetivos evaluados en esta población y, analizados cada uno con los niveles de mercurio total a través de la prueba χ^2 se encuentra que, tres son los síntomas que tienen relación de dependencia con los niveles de mercurio total, tales como: irritación nariz y/o garganta, náuseas y temblor en labios. Al crear la variable triada para estos tres síntomas y compararlo con los niveles de mercurio se observa la persistencia en la relación de dependencia entre ellas, por lo tanto nuestro cuestionario de síntomas subjetivos para la población de Segovia puede ser resumido a esta triada que permiten sospechar la intoxicación mercurial crónica (ver archivo adjunto).

Se debe aclarar que la presencia de un $OR < 1$ no debe ser entendido como factor protector ya que se sabe que el mercurio es tóxico para la salud, al contrario esto dificulta la presentación del cuadro clínico y sindromático clásico de la intoxicación crónica por mercurio siendo esto generado por la neuroadaptación del sistema nervioso ante la exposición al tóxico.



Tabla 25. Síntomas subjetivos por exposición crónica a mercurio con niveles de mercurio total.

Irritación garganta	Hg > 4.99 µg/g			Náuseas	Hg > 4.99 µg/g			Temblor Labios	Hg > 4.99 µg/g		
	Si	No	Total		Si	No	Total		Si	No	Total
Si	26	227	253	Si	14	148	162	Si	6	92	98
% Fila	10.3	89.7	100	% Fila	8.6	91.4	100	% Fila	6.1	93.9	100
% Columna	19.8	31.1	29.4	% Columna	10.7	20.3	18.8	% Columna	4.6	12.6	11.4
No	105	502	607	No	117	581	698	No	125	637	762
% Fila	17.3	82.7	100	% Fila	16.8	83.2	100	% Fila	16.4	83.6	100
% Columna	80.2	68.9	70.6	% Columna	89.3	79.7	81.2	% Columna	95.4	87.4	88.6
Total	131	729	860	Total	131	729	860	Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100	% Fila	15.2	84.8	100	% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100

OR = 0.5 IC (0.3, 0.8) $\text{Chi}^2 = 6.8$

OR = 0.4 IC (0.2, 0.8) $\text{Chi}^2 = 6.7$

OR = 0.3 IC (0.1, 0.7) $\text{Chi}^2 = 7.1$

Tabla 26. Triada de síntomas subjetivos con niveles de mercurio total

Triada síntomas	Hg > 4.99 µg/g		
	Si	No	TOTAL
Si	35	317	352
% Fila	9,9	90,1	100
% Columna	26,7	43,5	40,9
No	96	412	508
% Fila	18,9	81,1	100
% Columna	73,3	56,5	59,1
TOTAL	131	729	860
% Fila	15,2	84,8	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.5 IC (0.3, 0.7) $\text{Chi}^2 = 12.9$

Otro cuestionario importante tenido en cuenta para evaluar efectos en salud por exposición crónica a mercurio se dio con el cuestionario de síntomas neuropsiquiátricos (Q16). Las alteraciones observadas a través de este cuestionario permitieron tener las frecuencias de alteraciones neuropsiquiátricas, las cuales fueron referidas en un gran número de casos, a continuación detalladas en la tabla correspondiente.

Tabla 27. Distribución de síntomas neuropsiquiátricos (Cuestionario Q16) por exposición crónica a mercurio.

Cuestionario Q16	Frecuencia	%	IC
Difícil abrocharse los botones	89	10,3	8.4, 12.6
Sensación de caerse	298	34,7	31.5, 38.0
Anormalmente cansado	378	44.0	40.6, 47.3
Difícil concentrarse	346	40,2	36.9, 43.6
Difícil entender	175	20,3	17.7, 23.2
Difícil realizar actividades	230	26,7	23.8, 29.9
Enojado	401	46,6	43.3, 50.0
Familia olvidadizo	456	53	49.6, 56.4
Fuerza	236	27,4	24.5, 30.6
Hormigueo	343	39,9	36.6, 43.3
Insomnio	388	45,1	41.8, 48.5
Olvida cosas importantes	358	41,6	38.3, 45.0
Olvidadizo	546	63,5	60.2, 66.7
Compresión pecho	280	32,6	29.5, 35.8
Siente menos que antes	205	23,8	21.1, 26.9
Triste	371	43,1	39.8, 46.5
Total	860	100	

De la misma forma que para los síntomas subjetivos, las alteraciones neuropsiquiátricas del cuestionario Q16 fueron analizadas cada una con los niveles de mercurio total, de tal análisis se obtuvieron siete alteraciones neuropsiquiátricas significativas con el mercurio total, en las tablas subsiguientes se presentan los datos. Esto indica que de las 16 alteraciones que se preguntan a través de este cuestionario, siete de las más adelante descritas tienen relación de dependencia con los niveles de mercurio total al ser aplicada la prueba de χ^2 .

Tabla 28. Alteraciones neuropsiquiátricas con niveles de mercurio total

Botones	Hg > 4.99 $\mu\text{g/g}$			Caerse	Hg > 4.99 $\mu\text{g/g}$			Cansado	Hg > 4.99 $\mu\text{g/g}$		
	Si	No	Total		Si	No	Total		Si	No	Total
Si	7	82	89	Si	35	263	298	Si	47	331	378
% Fila	7.9	92	100	% Fila	11.7	88.3	100	% Fila	12.4	87.6	100
% Columna	5.3	11	10.3	% Columna	26.7	36.1	34.7	% Columna	35.9	45.4	44
No	124	647	771	No	96	466	562	No	84	398	482
% Fila	16.1	84	100	% Fila	17.1	82.9	100	% Fila	17.4	82.6	100
% Columna	94.7	89	89.7	% Columna	73.3	63.9	65.3	% Columna	64.1	54.6	56
Total	131	729	860	Total	131	729	860	Total	131	729	860
% Fila	15.2	85	100	% Fila	15.2	84.8	100	% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100

OR = 0.4 IC (0.2, 0.9) $\chi^2 = 4.17$ OR = 0.6 IC (0.4, 0.9) $\chi^2 = 4.29$ OR = 0.6 IC (0.4, 0.9) $\chi^2 = 4.09$

UNIDAD DE PLANEACION MINERO-ENERGETICA

Difícil realizar actividades	Hg > 4.99 µg/g		Total	Familia olvidadizo	Hg > 4.99 µg/g		Total	Parestesias	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No			Si	No			Si	No	
Si	22	208	230	Si	59	397	456	Si	30	313	343
% Fila	9.6	90.4	100	% Fila	12.9	87.1	100	% Fila	8.7	91.3	100
% Columna	16.8	28.5	26.7	% Columna	45	54.5	53	% Columna	22.9	42.9	39.9
No	109	521	630	No	72	332	404	No	101	416	517
% Fila	17.3	82.7	100	% Fila	17.8	82.2	100	% Fila	19.5	80.5	100
% Columna	83.2	71.5	73.3	% Columna	55	45.5	47	% Columna	77.1	57.1	60.1
Total	131	729	860	Total	131	729	860	Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100	% Fila	15.2	84.8	100	% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100

OR = 0.5 IC (0.3, 0.8) $\text{Chi}^2 = 7.8$ OR = 0.6 IC (0.4, 0.9) $\text{Chi}^2 = 3.95$ OR = 0.3 IC (0.2, 0.6) $\text{Chi}^2 = 18.5$

Compresión pecho	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	30	250	280
% Fila	10.7	89.3	100
% Columna	22.9	34.3	32.6
No	101	479	580
% Fila	17.4	82.6	100
% Columna	77.1	65.7	67.4
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.5 IC (0.3, 0.8) $\text{Chi}^2 = 6.5$

Posteriormente es creada la variable Q16 que incluye a las siete alteraciones neuropsiquiátricas con el objetivo de compararlas con los niveles de mercurio total, tal análisis muestra la relación de dependencia con el mercurio. De igual forma persiste la relación entre la variable Q16 como con cada una de las alteraciones.

Tabla 29. Q16 con niveles de mercurio total

Q16	Hg > 4.99 µg/g		TOTAL
	Si	No	
Si	95	600	695
% Fila	13.7	86.3	100
% Columna	72.5	82.3	80.8
No	36	129	165
% Fila	21.8	78.2	100
% Columna	27.5	17.7	19.2
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.6 IC (0.4, 0.9) $\text{Chi}^2 = 6.8$



También se quiso comprobar si con más de siete alteraciones neuropsiquiátricas se presentaría significancia estadística, el resultado determinó que la relación de dependencia con el mercurio total se mantiene hasta 12 alteraciones detectadas a través del cuestionario Q16.

Tabla 30. Q16 con niveles de mercurio total

Q16<12	Hg > 4.99 µg/g		TOTAL
	Si	No	
Si	10	106	116
% Fila	8.6	91.4	100
% Columna	7.6	14.5	13.5
No	121	623	744
% Fila	16.3	83.7	100
% Columna	92.4	85.5	86.5
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.5 IC (0.2, 0.9) Chi² = 4.5

El Minimental State es el tercer test aplicado para detectar déficits en la función cognitiva por exposición crónica a mercurio, este test consta de 19 preguntas, la prueba es catalogada como normal cuando el puntaje final obtenido supera los 22 puntos; para la muestra evaluada que presenta bajo nivel de escolaridad se realizó como el puntaje por debajo de 19 puntos como anormal. El 16% (138) de la población evaluada presentó minimal inferior a 19 puntos (minimal corregido) lo cual indica deterioro cognitivo para estos pacientes.

Tabla 31. Minimental Test de Folstein

Minimental<19 puntos	Frecuencia	%	% acumulado	IC
Si	138	16.0	16.0	13.7, 18.7%
No	722	84.0	100.0	81.3, 86.3%
Total	860	100.0	100.0	

Al tratar de buscar una relación entre el resultado del minimal y el género, esta relación no puede ser establecida es decir el género es independiente del minimal.

Tabla 32. Minimental por género

Género	Minimental<19		Total
	Si	No	
Femenino	60	330	390
% Fila	15.4	84.6	100
% Columna	43.5	45.7	45.3
Masculino	78	392	470
% Fila	16.6	83.4	100
% Columna	56.5	54.3	54.7
Total	138	722	860
% Fila	16	84	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.9 IC (0.6, 1.3)

Chi²= 0.23

El resultado del minimental es independiente de los niveles elevados de mercurio total la hipótesis de independencia es aceptada.

Tabla 33. Niveles de mercurio total por minimental.

Minimental<19	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	22	116	138
% Fila	15.9	84.1	100
% Columna	16.8	15.9	16
No	109	613	722
% Fila	15.1	84.9	100
% Columna	83.2	84.1	84
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 1.0 IC (0.6, 1.7)

Chi²= 0.06

No se encuentra relación entre el estudio de tremor y los niveles de mercurio total, la hipótesis de independencia para ambos casos es aceptada y la significancia estadística no puede ser establecida.

Tabla 34. Estudio tremográfico con niveles de mercurio total

Líneas	Hg > 4.99 µg/g		Total	Estrella	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No			Si	No	
Si	26	105	131	Si	47	201	248
No	105	624	729	No	84	528	812
Total	131	729	860	Total	131	729	860

OR= 1.4 IC (0.9, 2.3) Chi²= 2.5

OR= 1.4 IC (0.9, 1.9) Chi²= 3.7

Las lesiones en cavidad oral presentaron la siguiente distribución: 11.9% (102) halitosis, el 10.9% (94) gingivitis, 10.5% (90) úlceras en cavidad oral, el 8.3% (71) pérdida de dientes y el 7.7%(66) ribete gingival. La prueba de χ^2 fue aplicada para cada una de las lesiones y comparada con los niveles de mercurio total pero no se logró encontrar relación de dependencia para ninguno de los casos.

Tabla 35. Distribución de las alteraciones cavidad oral

Cavidad oral	Frecuencia	%	IC
Gingivitis	94	10.9	1.0, 13.3%
Halitosis	102	11.9	9.8, 14.3%
Pérdida dientes	71	8.3	6.5, 10.3%
Ribete	66	7.7	6.0, 9.7%
Úlceras cavidad	90	10.5	8.5, 12.8%

A continuación se describen las pruebas realizadas para la búsqueda de alteraciones neurológicas por exposición crónica a mercurio. El temblor se presenta en un 11.5% de los casos, seguido de un Romberg positivo en un 5.7% y las alteraciones de coordinación, marcha y sensibilidad con proporciones inferiores al 3%.

Tabla 36. Distribución de alteraciones neurológicas

Alteración	Frecuencia	%	IC
Prueba dedo-nariz	28	3.3	2.2, 4.7%
Prueba índice-índice	23	2.7	1.7, 4.1%
Marcha	16	1.9	1.1, 3.1%
Marcha en punta de dedos	14	1.6	0.9, 2.8%
Movimientos alternos	22	2.6	1.6, 3.9%
Prueba de Romberg	49	5.7	4.3, 7.5%
Temblor	99	11.5	9.5, 13.9%
Sensibilidad superficial	4	0.5	0.1, 0.6%
Sensibilidad profunda	4	0.5	0.1, 0.6%
Marcha en talones	12	1.4	0.8, 2.5%
Temblor brazos	53	6.2	4.7, 8.0
Temblor labios	15	1.7	1.0, 2.9
Temblor dedos	39	4.5	3.3, 6.2
Temblor manos	67	7.8	6.1, 9.8
Temblor párpados	10	1.2	0.6, 2.2

La prueba de χ^2 y OR fue aplicada para cada una de las pruebas del examen neurológico en ninguno de los casos se encontró relación con los niveles de mercurio total, entonces la hipótesis de independencia es aceptada. El $OR < 1$ en todos los casos no debe ser interpretado como un factor protector al contrario la adaptación del sistema nervioso al químico explicaría a baja frecuencia de alteraciones neurológicas para el grupo estudiado (ver archivo adjunto).

En el estudio tremográfico encontró significancia estadística con la aplicación de χ^2 para la ocupación. Al realizar los trazados en líneas y estrellas y compararlo con la ocupación el χ^2 supera ampliamente el valor límite ($\chi^2 > 3.84$).

Tabla 37. Estudio tremográfico por ocupación

Líneas				Estrella			
Ocupación	Si	No	Total	Ocupación	Si	No	Total
Si	290	85	375	Si	236	139	375
% Fila	77.3	22.7	100	% Fila	62.9	37.1	100
% Columna	39.8	64.9	43.6	% Columna	38.6	56	43.6
No	439	46	485	No	376	109	485
% Fila	90.5	9.5	100	% Fila	77.5	22.5	100
% Columna	60.2	35.1	56.4	% Columna	61.4	44	56.4
Total	729	131	860	Total	612	248	860
% Fila	84.8	15.2	100	% Fila	71.2	28.8	100
% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100

OR=0.3 IC (0.2, 0.5) $\chi^2=28.4$

OR= 0.4 IC (0.3, 0.7) $\chi^2=21.9$

6.5 RESULTADOS METILMERCURIO

El consumo de pescado ha sido ampliamente relacionado con los niveles de metilmercurio en cabello, varios estudios han confirmado está hipótesis, lo encontrado en la muestra evaluada de describe así: se realiza una nueva distribución con respecto al tipo de pescado que se consume en Segovia, donde el 51.7% (135) refieren consumir pescado de río, el 24.9% (65) no consumen pescado y el 20.75 (54) comen pescado de cultivo. A partir de estos datos se procede a realizar el análisis con los niveles de metilmercurio con los diferentes tipos de pescado y con las personas que no lo consumen, el χ^2 aplicada para cada variable no demostró relación de dependencia con los niveles de metilmercurio en ninguno de los casos, sin embargo las proporciones similares de los que consumen pescado contra los que no consumen y los niveles de metilmercurio son casi cercanos por lo tanto se continúa con la hipótesis de una exposición ambiental.

Tabla 38. Frecuencia de consumo de pescado en el municipio de Segovia

Tipo pescado	Frecuencia	%	IC
De cultivo	54	20.7	15.9, 26.1%
De mar	7	2.7	1.1, 5.4%
De río	135	51.7	45.5, 57.9%
No aplica	65	24.9	19.8, 30.6%
Total	261	100.0	

Tabla 39. Niveles de metilmercurio por tipo de pescado consumido

Consumo	MetilHg>0.99 µg/g			Consumo	MetilHg>0.99 µg/g			Consumo	MetilHg>0.99 µg/g		
	Si	No	Total		Si	No	Total		Si	No	Total
Consumo pescado cultivo				Consumo pescado de río				No consume			
Si	13	41	54	Si	34	101	135	Si	9	56	65
% Fila	24.1	75.9	100	% Fila	25.2	74.8	100	% Fila	13.8	86.2	100
% Columna	22.4	20.2	20.7	% Columna	58.6	49.8	51.7	% Columna	15.5	27.6	24.9
No	45	162	207	No	24	102	126	No	49	147	196
% Fila	21.7	78.3	100	% Fila	19	81	100	% Fila	25	75	100
% Columna	77.6	79.8	79.3	% Columna	41.4	50.2	48.3	% Columna	84.5	72.4	75.1
Total	58	203	261	Total	58	203	261	Total	58	203	261
% Fila	22.2	77.8	100	% Fila	22.2	77.8	100	% Fila	22.2	77.8	100
% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100

OR =1.1 IC (0.5, 2.2) Chi²=0.1 OR=1.4 IC(0.7, 2.5) Chi²=1.4 OR= 0.5 IC(0.2, 1.0) Chi²= 3.5

Para este subgrupo el consumo de agua proviene en su mayoría del acueducto es decir el 85.8% (224), la relación con los niveles tampoco pudo ser establecida.

Tabla 40. Niveles de metilmercurio por consumo de agua

Consumo agua del acueducto	MetilHg>0.99 µg/g		
	Si	No	Total
Si	52	172	224
% Fila	23.2	76.8	100
% Columna	89.7	84.7	85.8
No	6	31	37
% Fila	16.2	83.8	100
% Columna	10.3	15.3	14.2
Total	58	203	261
% Fila	22.2	77.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 1.5 IC (0.6, 4.0) Chi²=0.9

Cada uno de los síntomas subjetivos por exposición crónica a mercurio son nuevamente comparados con los niveles de metilmercurio tratando de encontrar alguna relación, de los analizados la irritación en nariz y garganta, el temblor en párpados y el temblor en labios tienen relación de dependencia con los niveles de metilmercurio su significancia estadística es establecida a través del Chi². Al crear la variable triada con estos síntomas y analizarlos con los niveles de metilmercurio la relación de dependencia se mantiene.

Tabla 41. Niveles de metilmercurio por síntomas subjetivos

	MetilHg > 0.99µg/g				MetilHg > 0.99µg/g				MetilHg > 0.99µg/g		
	Si	No	Total		Temblores párpados	Si	No		Total	Temblores labios	Si
Si	24	51	75	Si	18	37	55	Si	13	20	33
% Fila	32	68	100	% Fila	32.7	67.3	100	% Fila	39.4	60.6	100
% Columna	41.4	25.1	28.7	% Columna	31	18.2	21.1	% Columna	22.4	9.9	12.6
No	34	152	186	No	40	166	206	No	45	183	228
% Fila	18.3	81.7	100	% Fila	19.4	80.6	100	% Fila	19.7	80.3	100
% Columna	58.6	74.9	71.3	% Columna	69	81.8	78.9	% Columna	77.6	90.1	87.4
Total	58	203	261	Total	58	203	261	Total	58	203	261
% Fila	22.2	77.8	100	% Fila	22.2	77.8	100	% Fila	22.2	77.8	100
% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100	% Columna	100	100	100

OR=2.1 IC (1.1, 38) $\chi^2=5.8$

OR =2.0 IC(1.0, 3.9) $\chi^2=4.4$

OR= 2.6 IC (1.2, 5.7) $\chi^2=6.4$

Tabla 42. Niveles de metilmercurio por triada de síntomas subjetivos

Triada síntomas	MetilHg > 0.99µg/g		
	Si	No	Total
Si	16	29	45
% Fila	35.6	64.4	100
% Columna	27.6	14.3	17.2
No	42	174	216
% Fila	19.4	80.6	100
% Columna	72.4	85.7	82.8
Total	58	203	261
% Fila	22.2	77.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 2.3 IC (1.1, 4.5) $\chi^2=5.6$

Nuevamente para cada alteración neuropsiquiátrica evaluada a través del cuestionario Q16, sólo la alteración de olvidadizo se encontró relacionada con los niveles de metilmercurio en cabello.

Tabla 43. Alteraciones neuropsiquiátricas por niveles de metilmercurio

Olvidadizo	MetilHg > 0.99µg/g		
	Si	No	Total
Si	44	125	169
% Fila	26	74	100
No	14	78	92
% Fila	15.2	84.8	100
Total	58	203	261
% Fila	22.2	77.8	100

OR=1.9 IC (1.0, 3.8) $\chi^2=4.$



Para el minimal no se encontraron relaciones de dependencia con los niveles de metilmercurio. Sin embargo la distribución para un puntaje inferior a 19 puntos se presentó 10.7% (28).

Tabla 44. Frecuencia de minimal

Minimal >19	Frecuencia	%	IC
Si	28	10.7	7.2, 15.1
No	233	89.3	84.9, 92.8
Total	261	100.0	

Cada hallazgo al examen físico fué analizado con los niveles de metilmercurio, de todo el examen sólo temblor en labios y el temblor en párpados resultaron significativos al ser aplicada la prueba de χ^2 , es decir las variables tienen relación de dependencia.

Tabla 45. Niveles de metilmercurio por alteraciones neurológicas

Temblor labios	MetilHg>0.99µg/g		Total
	Si	No	
Si	13	20	33
% Fila	39.4	60.6	100
% Columna	22.4	9.9	12.6
No	45	183	228
% Fila	19.7	80.3	100
% Columna	77.6	90.1	87.4
Total	58	203	261
% Fila	22.2	77.8	100
% Columna	100	100	100

OR=2.6 IC (1.2, 5.7) $\chi^2=6.4$

Temblor párpados	MetilHg>0.99µg/g		Total
	Si	No	
Si	18	37	55
% Fila	32.7	67.3	100
% Columna	31	18.2	21.1
No	40	166	206
% Fila	19.4	80.6	100
% Columna	69	81.8	78.9
Total	58	203	261
% Fila	22.2	77.8	100
% Columna	100	100	100

OR=2.0 IC (1.0, 3.9) $\chi^2= 4.4$



CONCLUSIONES

SALUD

El hallazgo de alteraciones clínicas en la población del municipio de Segovia confirma la presencia de neurotoxicidad por la exposición crónica a mercurio, como consecuencia de la manipulación inadecuada y de la falta de tecnificación de los procesos en los cuales se utiliza este elemento.

Las prevalencias encontradas de las alteraciones clínicas a través de los test neurocomportamentales aplicados en el presente estudio, resultaron más elevadas que las reportadas en el estudio realizado en la región minera de Poconé Brasil tomado como referencia para prevalencias (Volney et al 1996).

Al analizar de cada uno de los 19 síntomas clínicos evaluados y confrontarlos con los niveles de mercurio se determinó que fueron tres los síntomas significativos para tener niveles elevados de mercurio a saber: irritación en nariz y garganta, náuseas y presencia de temblor en labios. Ante la presencia de estos síntomas en la población debe ser sospechada la intoxicación crónica por mercurio.

Se determinan 16 alteraciones de neurocomportamiento evaluadas a través del cuestionario Q16 las cuales fueron significativas y relacionadas con los niveles elevados de mercurio total en cabello, por lo tanto la presentación de estos síntomas en poblaciones de riesgo hace sospechar la presencia de intoxicación crónica por mercurio.

La evaluación neurocomportamental nos permitió diseñar un test definitivo para nuestro grupo estudio y que podría ser aplicado en las poblaciones expuestas a mercurio, instrumento que servirá de apoyo al personal médico para el diagnóstico oportuno de la intoxicación mercurial.



Hay deficiente capacitación por parte de las facultades de Ciencias de la Salud a los profesionales de la salud respecto a los elementos diagnósticos y de tratamiento para la intoxicación mercurial y para otros riesgos químicos encontrados en Segovia. Además de la dificultad para acceder a los servicios de salud por parte de las poblaciones menos favorecidas no afiliadas a sistemas de seguridad social lo que dificulta realizar el diagnóstico de los casos de intoxicación mercurial y de otros problemas de salud importantes de atender en el nordeste antioqueño.

OCUPACIONAL

En el estudio presente la prevalencia para niveles de mercurio total en cabello por encima de $5\mu\text{g/g}$ en la población general del municipio de Segovia se encontró en 15.2%, niveles que son considerados elevados para la población de este municipio, lo que confirma una exposición de tipo ambiental generada a partir de la emisión no controlada de los vapores y desechos líquidos de mercurio desde los entables y compras de oro principalmente. Algunas personas de la muestra incluso recibieron tratamiento previo para la intoxicación mercurial, tratamiento proporcionado por la Dirección Local de Salud del municipio de Segovia indicando esto que la prevalencia estimada para los niveles de mercurio pudiera ser mayor aún a la encontrada.

El 43.6% (375) de las personas evaluadas de una muestra aleatoria trabajan directamente con mercurio, proporción que se considera importante ya que está contaminando el ambiente y la población de Segovia a partir de los vapores y lodos generados tanto de los entables como de las compras de oro. Los trabajadores de estos lugares representan el grupo con mayor exposición a mercurio como lo demuestran los niveles elevados de mercurio en cabello que en su mayoría correspondieron a este grupo de trabajadores informales.

Está confirmado que el uso de los elementos de protección personal en el ambiente laboral, es una condición importante dado que disminuyen el riesgo de absorción a las sustancias tóxicas. Para nuestra población de estudio la absorción de mercurio en el ambiente laboral se presume que se da por dos vías la dérmica (durante la manipulación del mercurio) y la respiratoria (durante la emanación de vapores de mercurio). Los trabajadores de entables y compras de oro por el no uso de los elementos de protección personal y la práctica de técnicas artesanales que utilizan durante el beneficio del oro se encuentran en mayor riesgo laboral, por lo tanto la frecuencia de uso de los elementos fué deficiente.

La producción limpia no es tenida en cuenta en la región durante el proceso artesanal está situación genera la continúa contaminación ambiental. La quema de la amalgama en



entables, viviendas y compras de oro, está afectando el estado de salud de los trabajadores pero además de las personas expuestas de forma indirecta en toda la zona urbana del municipio de Segovia lo cual es muy importante solucionar.

El género masculino se consideró como el de mayor riesgo de presentar niveles elevados de mercurio, dada la situación de que son los hombres los mayormente implicados en la actividad laboral con mercurio.

Se considera que los adultos mayores por estar varios años expuestos al mercurio deberían tener mayor riesgo de presentar niveles elevados de mercurio, esto no pudo ser establecido en el estudio debido, a que ambos grupos de edad los mayores de 38 años y los menores de 38 años resultaron con proporciones casi similares de niveles de mercurio, por lo tanto ambos grupos están expuestos similarmente.

EDUCACIÓN

El desconocimiento por parte de la mayoría de la población con respecto a las verdaderas consecuencias en la salud por la manipulación inadecuada del mercurio, la forma de prevenir sus efectos y el tratamiento adecuado hacen necesario una formación continua en estos aspectos, programa que debe ser iniciado desde las poblaciones más jóvenes que permitan un cambio verdadero cambio en el futuro de estos municipios.

No se cuenta con un centro educativo de formación técnica en los procesos agrícolas y/o mineros, que permita implementar nuevas y seguras tecnologías tanto a los trabajadores actuales del beneficio del oro y agrícolas como a las futuras generaciones que garantice una actividad laboral rentable y segura.

AMBIENTAL

Se demostró estadísticamente que la principal fuente de exposición al mercurio es de tipo ambiental por la emisión de vapores de mercurio y la producción de desechos generados por el beneficio del oro, en contraposición a la fuente alimentaria a través del consumo de pescado, ya que la ingesta de pescado es baja en la población general y este proviene de cultivo.

Se confirma la baja frecuencia de consumo de pescado tomando como referencia el consumo por semana, ya que el 67% (577) de las personas consume menos de una



comida de pescado a la semana. Otra proporción importante es, los que no comen pescado representada en el 23.6% (203). Además al realizar el análisis estadístico no se encontró relación entre el consumo de pescado con los niveles elevados de mercurio en cabello.

Se confirma que la muestra de cabello es un biomarcador confiable, sencillo y fácil de realizar, en personas expuestas crónicamente a mercurio, en contraste con la muestra de orina de 24 horas ya que además es la única matriz apta para estudio de mercurio orgánico (metilmercurio) en estudios poblacionales.

Un segundo grupo de exposición de riesgo incluye a las personas de la población general que aunque no trabajan directamente con el mercurio, por vivir en el municipio y/o convivir con personas que queman amalgama en sus viviendas están en exposición indirecta, cabe señalar amas de casa, estudiantes y otros.

Se hace necesario y urgente un estudio para los grupos de la población infantil y mujeres embarazadas que son grupos de alto riesgo de alteraciones neurológicas.

La distribución predial del casco urbano caracterizada por su densidad y calles estrechas puede permitir mayor concentración de vapores de mercurio y aumentar la permanencia de estos en el ambiente, exponiendo por mayor tiempo a la población general.

La existencia de otras sustancias peligrosas utilizadas para el beneficio del oro hacen imprescindible la aplicación y/o creación de programas de vigilancia en salud laboral y de vigilancia ambiental con el fin de disminuir los riesgos tanto a la población general y trabajadora como a los ecosistemas.

No existe reglamentación para el manejo de los recursos naturales renovables y de los desechos producidos por el beneficio del oro siendo está la causa de la deforestación y contaminación del aire, suelos y fuentes de agua presentes en la región.



RECOMENDACIONES

SALUD

Es imprescindible la reubicación de las plantas de beneficio y las compras de oro que se encuentran localizadas en la zona urbana del municipio, consideradas como una de las fuentes importantes de contaminación humana y ambiental en dicha área. Como bien se ha mencionado, el municipio de Segovia además de estar expuesto a otras sustancias tóxicas como el cianuro y a otros riesgos que deben ser estudiados ampliamente y medidos con el objetivo de realizar un panorama de riesgo ambiental y/o ocupacional integral que permita una buena orientación y desarrollo del programa de vigilancia en salud pública.

Según la caracterización de la biodisponibilidad de los metales (absorción a nivel de tejidos) y de acuerdo al resultado de nuestro estudio el cabello se convierte en el biomarcador de exposición adecuado para poblaciones con exposición crónica a mercurio, es un marcador fácil de obtener, de conservar y de analizar. La muestra de orina debe ser utilizada como control en la respuesta al tratamiento de pacientes intoxicados con mercurio.

Otro aspecto importante que complementa a los biomarcadores de control de mercurio tiene que ver con los test utilizados para evaluar a las poblaciones expuestas a sustancias neurotóxicas. Estos test nos permiten tener una aproximación del efecto en la salud que puede estar ocasionando el tóxico, útiles para realizar diagnósticos tempranos o insospechados de la intoxicación mercurial que no puede ser detectado con el examen médico tradicional.

El personal médico y demás trabajadores de la salud deben recibir educación continuada sobre este tema y sobre los protocolos de tratamiento con el fin de realizar un adecuado y pronto diagnóstico de los casos, evitando que pasen desapercibidos los casos clínicos y no sean tratados a tiempo.



En caso de intoxicación aguda manejada a nivel hospitalario, las personas no deben salir hasta que los niveles de mercurio en las muestras biológicas retornen a parámetros normales. Además, se deben tomar medidas para identificar y prevenir complicaciones posteriores a la intoxicación, especialmente en poblaciones vulnerables tales como mujeres de edad reproductiva o los hijos de mujeres expuestas durante el embarazo. Así mismo se deben dirigir esfuerzos de monitoreo y evaluación a fin de buscar signos de impacto crónico. Entre éstos se encuentran pruebas neurológicas y psicológicas dentro de los 12 a 24 meses después de haber sido expuesta una persona a niveles elevados de mercurio. Es de anotar que estas pruebas neuropsicológicas también deben ser aplicadas en el diagnóstico y manejo de las personas identificadas con intoxicación crónica mercurial (ver anexo).

Realizar estudios para la población infantil y mujeres embarazadas para establecer la real dimensión de los efectos en salud de la población, debido a los efectos genotóxicos que esta sustancia produce.

OCUPACIONAL

Principal énfasis debe hacerse durante el beneficio del oro proceso mediante el cual son emitidos los vapores de mercurio, actividad que debe ser realizada con equipos recuperadores de vapores de mercurio tipo retorta. Incluso se debe tener la posibilidad de retirar los materiales contaminantes, aquí se incluye la vigilancia y control en las viviendas donde se sospeche almacenamiento irregular de mercurio metálico, situación que aumenta el riesgo de la intoxicación no solo crónica sino también aguda.

Procurar mayor participación de las empresas, cooperativas o entes particulares que se relacionan con la actividad minera. Siendo uno de sus objetivos realizar capacitación adecuada en cuanto al manejo, transporte, almacenamiento seguros bajo estándares internacionales de calidad que garanticen la seguridad en los procesos, al tiempo que estas medidas sean periódicamente fiscalizados por personal especializado y/o entrenado, verificando así su efectividad.

Se recomienda la implementación del Centro Minero Ambiental en el municipio de Segovia que permita reubicar las plantas de beneficio del oro donde este proceso se desarrolle con tecnología de punta y a su vez ofrecer cursos de capacitación técnica a cargo de instituciones reconocidas como el SENA (Centro Nacional Minero) y bajo la supervisión de la UPME del Ministerio de Minas y Energía.

EDUCATIVO



Continuar con los programas para educar a la población y trabajadores sobre los peligros del mercurio, enfatizando los riesgos en la salud a corto y largo plazo.

AMBIENTAL

Debido a la importancia de la extracción de minerales en la zona y la peligrosidad de los elementos que se utilizan (mercurio, cianuro), se debe implementar metodologías de vigilancia y control en su uso para disminuir o evitar los riesgos sobre la salud de las personas y la contaminación ambiental.

Respecto a los residuos sólidos, líquidos y vapores emitidos por las diferentes actividades laborales que ponen en riesgo la salud humana y ambiental del municipio requieren análisis y control.

Desarrollar e implementar políticas y procedimientos para el manejo y transporte de todos los materiales peligrosos tanto para las sustancias químicas que ingresan al municipio como para los residuos tóxicos producidos.

Desarrollar planes de respuesta para accidentes tipo derrames de sustancias peligrosas al ambiente y a la vida de la población general, de trabajadores involucrados.

Anexo A

Autor: Jesús Olivero Verbel. Químico Farmacéutico, Universidad de Cartagena

MERCURIO TOTAL EN CABELLO POR DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA Y ABSORCIÓN ATÓMICA A TRAVÉS DEL EQUIPO ANALIZADOR DE MERCURIO LMEX RA – 915+ CON PIROLIZADOR PYRO – 915.

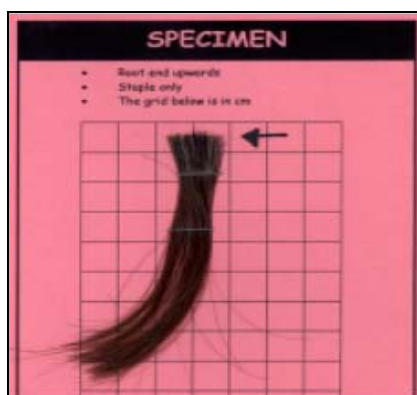
El cabello humano es un excelente indicador de la intoxicación crónica con mercurio, debido a que el metal es acumulado en las proteínas del mismo. El examen de detección es sencillo, seguro, confiable, rápido e indoloro.



Este método permite para la determinación de mercurio total (orgánico) en cabello, utilizando pirolización acoplado con absorción atómica.

Muestreo y preparación de la muestra

Una vez seleccionado un mechón de cabello de la zona occipital, éste es cortado lo más cerca posible al cuero cabelludo en una cantidad aproximada entre 100-200 mg. La muestra es fijada con cinta adhesiva a una hoja de papel, especificando claramente cuál es el segmento próximo o cercano a la raíz y acto seguido es almacenada en un sobre tamaño carta previamente rotulado con el código o nombre del paciente y fecha de recolección, como datos mínimos. La muestra empacada debe permanecer alejada de la luz y colocada preferiblemente en un desecador de vidrio.



Previo al análisis, la muestra es picada de manera muy fina alcanzando un tamaño homogéneo no superior al milímetro de longitud, y depositada en un nuevo sobre pequeño previamente rotulado. Cada muestra debe poseer un número único de identificación.

Análisis de mercurio

Una submuestra de cabello (10-20 mg) es pesada en balanza analítica y colocada en el portamuestras del Piroizador PYRO – 915 previamente calibrado. Empleando calentamiento controlado la muestra de cabello es descompuesta en el atomizador que posee una celda de conversión catalítica, la cual transforma la muestra a dióxido de carbono, agua y mercurio. El vapor con los átomos y las moléculas pasa por último a una celda analítica incorporada en la trayectoria de un espectrofotómetro de absorción atómica que trabaja a una longitud de onda de 254 nm. La absorbancia dentro de la celda es medida como función de la concentración de mercurio en la muestra. El rango típico de trabajo para este método es de 0.1-300 ng de Hg total, con un límite de detección de 0.05 ng para una muestra de 10 mg de cabello.

La determinación analítica de la concentración de mercurio en cabello es realizada empleando una curva de calibración preparada pesando 2, 6, 10, y 14 mg de cabello certificado para contenido de mercurio total. El laboratorio emplea el provisto por la IAEA (Material Certificado 085: 22,3 ng de Hg/mg), los cuales contienen 44.6, 133.8, 223 y 312.2 ng de Hg, respectivamente. Para cada muestra de estándar es registrada su absorbancia en el equipo, y a partir de estos datos es construida una curva de calibración, la cual es considerada adecuada si $R \geq 0.99$. Un peso de estándar equivalente a 50 ng de Hg y otro con 250 ng Hg son analizados para cada 10 muestras con el objeto de evaluar la exactitud de la curva de calibración. Todos los ensayos son realizados mínimo por duplicado y repetidos si el coeficiente de variación es superior a 10%. El control de calidad en términos de exactitud, precisión, rango dinámico lineal y



límite de detección es evaluado empleando, además de la muestra certificada IAEA 085, la IAEA 086 y la NIES CRM No. 13.

REFERENCIAS

Sholupov, S., Pogarev, S., Ryzhov, V., Mashyanov, N., Straganov, A. Atomic absorption spectrometer RA-915+ for direct determination of mercury in air and complex matrix samples. *Fuel Processing Technology*, 2004; 85: 473-485.



Anexo B

Autor: Jesús Olivero Verbel. Químico Farmacéutico, Universidad de Cartagena.

MERCURIO ORGÁNICO (METILMERCURIO) EN CABELLO POR DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA Y ABSORCIÓN ATÓMICA A TRAVÉS DEL EQUIPO ANALIZADOR DE MERCURIO LUMEX RA – 915+ CON PIROLIZADOR PYRO – 915.

Este método permite la determinación de mercurio orgánico (metilmercurio) en cabello, utilizando extracción del metilmercurio de la muestra con posterior pirolización acoplada con absorción atómica.

Muestreo y preparación de la muestra

Una vez seleccionado un mechón de cabello de la zona occipital, éste es cortado lo más cerca posible al cuero cabelludo en una cantidad aproximada entre 100-200 mg. La muestra es fijada con cinta adhesiva a una hoja de papel, especificando claramente cuál es el segmento próximo o cercano a la raíz y acto seguido es almacenada en un sobre tamaño carta previamente rotulado con el código o nombre del paciente y fecha de recolección, como datos mínimos. La muestra empacada debe permanecer alejada de la luz y colocada preferiblemente en un desecador de vidrio. Previo al análisis, la muestra es picada de manera muy fina alcanzando un tamaño homogéneo no superior al milímetro de longitud, y depositada en un nuevo sobre pequeño previamente rotulado. Cada muestra debe poseer un número único de identificación.

Análisis de mercurio

Una submuestra de cabello (15-25 mg) es colocada en un tubo de polipropileno (15 mL) que contiene 2 mL de NaOH 5N y 1 mL de Cisteína 0.5%. La mezcla es calentada a 70°C por 60 minutos hasta disolución completa de la muestra de cabello. Transcurrido este tiempo, la solución resultante es mezclada con 2 mL de HBr 4N, 1 mL de CuSO₄ 1M y 6 mL de Tolueno, agitando vigorosamente por 10 minutos y centrifugando a 3000 rpm por igual período de tiempo. Posteriormente, 5 mL de Tolueno son transferidos a otro tubo al cual es agregado 1 mL de solución que contiene una mezcla 1:1 de hidrocloreuro de Cisteína (0.5 %)-Acetato de sodio (1.2 %), mezclando y centrifugando por el mismo tiempo que en la etapa anterior, y removiendo la fase de tolueno. La solución acuosa posee el metilmercurio. Para la determinación cuantitativa del mismo, 0.1-0.5 mL de la solución son colocados en un porta muestras que contiene 0,5 g de Na₂CO₃. La muestra es pirolizada a 800 °C y el mercurio vaporizado cuantificado empleando una curva de



calibración, en donde los estándares de metilmercurio han sufrido el mismo proceso preparativo que la muestra.

REFERENCIAS

Nakano A., y Miyamoto K. National Institute for Minamata Disease –NIMD- (Japón). Development of an analytical method for methylmercury determination by atomic absorption photometry. Protocolo oficial del NIMD para el análisis de mercurio orgánico en cabello. Actualizado en 2004.

Atallah, R.H., y Kalman, D.A. Selective determination of inorganic and methyl mercury in tissues by continuous flow cold vapor atomic absorption spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology*, 2003; 17(2):87-92.

Sholupov, S., Pogarev, S., Ryzhov, V., Mashyanov, N., Straganov, A. Atomic absorption spectrometer RA-915+ for direct determination of mercury in air and complex matrix samples. *Fuel Processing Technology*, 2004; 85: 473-485.



Anexo C

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ		INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A MERCURIO										
Fecha												
Municipio												
Entrevistador												
Nombre												
Dirección												
		Identificación										
		Teléfono										
1.	Tipo de afiliación	Contributivo		2.	Masculino		3.	Edad				
		Subsidiado			Femenino							
		Particular										
		Ninguno										
4.	Vive zona urbana		Hace cuanto tiempo?	meses		años						
5.	Vive zona rural		Hace cuanto tiempo?	meses		años						
6.	Trabaja zona urbana		Hace cuanto tiempo?	meses		años						
7.	Trabaja zona rural		Hace cuanto tiempo?	meses		años						
8.	Vive en:		10. Ocupación:									
	Entable *		a) Pequeño minero			h) Machuquero						
	Compra de oro *		b) Trabajador de entable			i) Chatarrera						
	Comercio mercurio *		c) Usuario de entable			k) Joyero						
	Joyería *		d) Vendedor de mercurio			l) Estudiante						
	Otro		e) Quemador de amalgama			m) Hogar						
9.	Vive a menos de 500 metros ****		f) Comprador de oro			n) Agricultor						
			g) Minero La Frontino			ñ) Otro						
			Hace cuanto tiempo?	meses		años						
11.	Si trabaja con sustancias químicas utiliza elementos de protección personal?											
	Máscara vapores Hg		Guantes		Botas		Overol		Otro		No aplica	
12.	Manipula o quema mercurio, o está en contacto con alguna otra sustancia química?											
	Mercurio líquido		Quema amalgama		Cianuro		Ácido sulfúrico					
	Plomo		Cal		No aplica		Otro		Cuál?			
13.	Si quema amalgama, dónde lo realiza?											
	Entable		Compra de oro		Vivienda		Otro		Cuál?		No aplica	
14.	Consumo algún tipo de pescado?											
	Cultivo		Río		Mar		No aplica					
15.	Si come pescado con que frecuencia lo realiza?											
	Menos de 1 comida a la semana			17. Cuántos tragos por sentada o semana?			16. Ingiere bebidas alcohólicas?		Si		No	
	1 - 2 comidas a la semana			Hombres	a)	Hasta 5 tragos/sentada o 15 tragos/semana						
	2 - 4 comidas a la semana				b)	> de 5 tragos/sentada o >15 tragos/semana						
	Más de 4 comidas a la semana			Mujeres	a)	Hasta 4 tragos/sentada o 12 tragos/semana						
					b)	> de 4 tragos/sentada o >12 tragos/semana						
					d)	No aplica						
18.	Es fumador? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>											
19.	Cuántos cigarrillos al día?											
	a)	< 10 cigarrillos/día		b)	10-20 cigarrillos/día		c)	> 10 cigarrillos/día		d)	No aplica	



INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A MERCURIO

Fecha: Médico:

Nombre Paciente: Identificación:

ANTECEDENTES PERSONALES

20.	Sufre de alguna enfermedad?	SI	NO	NA		SI	NO	NA
	Diabetes				Hiperuricemia			
	HTA				Hiperlipidemia			
	Enfermedades renales				Cáncer			
	Lesiones en la piel				Otra			

Cuál?

21. Consume algún tipo de medicamento en forma continua?
 SI NO Cuáles?

SINTOMAS SUBJETIVOS POR EXPOSICIÓN A MERCURIO

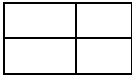
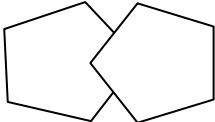
	SI	NO	
22.			Nota irritación y/o picor en nariz y/ garganta?
23.			Le tiemblan los párpados?
24.			Le tiemblan los labios?
25.			Le tiemblan los dedos de la mano?
26.			Le tiemblan las manos?
27.			Si tiene temblores estos le impiden tomar la sopa, beber de un vaso, escribir o vestirse?
28.			Náuseas, vómito, diarrea, digestiones pesadas?
29.			Sabor metálico?
30.			Pérdida brusca de visión?
31.			Pérdida brusca de la audición?
32.			Apatía sexual o impotencia?

CUESTIONARIO DE SÍNTOMAS NEUROTÓXICOS (Q16)



	SI	NO	
33.			Es olvidadizo (a)?
34.			Le han dicho sus familiares y/o amigos que es olvidadizo?
35.			A menudo se le olvida realizar actividades que considera importantes?
36.			Le es difícil entender los programas que ve en televisión o escucha por radio?
37.			Tiene a menudo dificultad para concentrarse?
38.			Se siente a menudo abatido (a) o triste sin motivo?
39.			Se siente a menudo enojado (a) sin motivo?
40.			Le cuesta decidirse realizar actividades que usted sabe debe hacer?
41.			Se siente anormalmente cansado (a)?
42.			Siente a veces como una presión sobre el pecho?
43.			Ha sentido de pronto como que se va a caer al estar de pie o caminando?
44.			Siente a menudo punzadas dolorosas o adormecimiento en alguna parte del cuerpo?
45.			Le resulta difícil abrocharse los botones?
46.			Siente que ha perdido la fuerza en sus brazos o piernas?
47.			Ahora siente menos que antes en sus manos o pies?
48.			A menudo se despierta costándole luego conciliar el sueño?

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A MERCURIO

ITEMS DEL MINIMAL DE CABÁN

	SI	NO	DESCRIPCIÓN	DESTREZA	PUNTOS
49.			Fecha: día numérico, mes y año	Orientación	3
50.			Nombre del día de la semana	Orientación	1
51.			Dibuja un reloj con los números en la secuencia correcta.	Memoria y coordinación visuomotora.	1
52.			Repetición inmediata de tres palabras: reloj, teléfono y campana	Memoria a corto plazo, retención	3
53.			Realiza un dibujo de cuatro cuadrángulos 	Memoria o retención coordinación motora y atención	4
54.			Agarra el papel, dóblalo por la mitad y colócalo sobre las piernas	Aprendizaje y seguimiento de instrucciones en secuencia.	3
55.			Dibujar pentágonos que se intersectan (con dibujo al frente) 	Coordinación visuomotora	1
56.			Repetición palabras antes mencionadas	Memoria a corto plazo	3
57.			Refrán popular. A caballo regalado no se le mira el colmillo.	Capacidad de abstracción de significados.	1

ESTUDIO TREMOGRÁFICO

58.			Escriba su nombre y apellido:		
59.			Dibuje una línea siguiendo el contorno de la línea ondulada por su parte inferior procurando no tocarla. 		
60.			Dibuje una línea siguiendo el contorno de la estrella por su interior procurando no tocarla. 		



EXAMEN FÍSICO POR EXPOSICIÓN A MERCURIO				
		SI	NO	CAVIDAD BUCOFARINGEA
61.				Ribete gingival
62.				Gingivitis
63.				Halitosis
64.				Ulceras boca
65.				Pérdida de dientes
66.				Amalgamas dentales?
		SI	NO	EXAMEN VISUAL
67.				Movimientos oculares anormales
68.				Campimetria anormal
		SI	NO	EXAMEN CARDIOVASCULAR
69.				Tensión arterial <input type="text"/>
70.				Frecuencia cardiaca <input type="text"/>
71.				Ruidos cardíacos anormales
				EXAMEN CUTÁNEO
72.				Lesiones en piel: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
73.				Localización anatómica: cara <input type="checkbox"/> cuello <input type="checkbox"/> brazos <input type="checkbox"/> manos <input type="checkbox"/> otro <input type="checkbox"/>
74.				Tipo de lesión:
				A. Elemental primaria: Única <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/>
				B. Elemental secundaria a: Única <input type="checkbox"/> Múltiple <input type="checkbox"/>
		SI	NO	EXAMEN SISTEMA NERVIOSO
75.				Prueba dedo – nariz anormal
76.				Prueba índice – índice anormal
77.				Movimientos Alternos anormales
78.				Prueba Romberg anormal
79.				Marcha anormal
80.				Marcha en Talones anormal
81.				Marcha punta de Dedos anormal
82.				Sensibilidad Superficial anormal
83.				Sensibilidad Profunda anormal
84.				Temblo: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
				Ubicación del temblor:
85.				Párpados <input type="checkbox"/> Labios <input type="checkbox"/> Brazos <input type="checkbox"/> Manos <input type="checkbox"/> Dedos <input type="checkbox"/>
86.				Reflejos osteotendinosos alterados en extremidades superiores
87.				Reflejos osteotendinosos alterados en extremidades inferiores
		SI	NO	TOMA DE MUESTRA
88.				Cabello <input type="checkbox"/> Sangre <input type="checkbox"/> Orina <input type="checkbox"/>
IMPRESIÓN DIAGNÓSTICA				
CONDUCTA MÉDICA				
<p>_____</p> <p>Firma y Registro médico</p>				

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

UNIDAD DE PLANEACION MINERO-ENERGETICA





Anexo D.

**Autor: Santiago Español Cano. Asesor Científico en Sanidad Laboral y Ambiental
Minas de Almadén, España**

**VIGILANCIA DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL EN LA MINERÍA ARTESANAL DEL
ORO**

Si partimos como planteamiento básico el concepto de salud como: "el mayor grado posible de bienestar físico, psíquico y social, que permite una forma de vida autónoma, solidaria y gozosa". Cuando se elabora una metodología preventiva para riesgo químico o de otro tipo, es necesario evaluar al trabajador o grupo de riesgo desde varios aspectos. La planificación preventiva deberá reunir una serie de características imprescindibles y, que deben responder al contenido de los principios básicos que informan el sistema y al modelo de gestión y organización del proyecto minero artesanal. Como mas importantes se señalan las siguientes:

- La prevención de riesgos laborales es un componente más de la organización de la actividad minera artesanal.
- La responsabilidad de una gestión eficaz recae en todos los actores relacionados con la minería artesanal.
- La formación integral del trabajador, y en especial en seguridad y salud laboral, es garantía de una gestión de la prevención apropiada.
- La información proporcionada a los trabajadores y su participación se consideran imprescindibles, así como la solicitud de consulta si así procediere.

A continuación se presentan los siguientes aspectos a tener en cuenta:

1. ASOCIAR A LOS PRINCIPALES ACTORES INTERESADOS

Este paso consiste en convocar, agrupar y comprometer a la mayor cantidad posible de actores que tienen que ver con la Minería Artesanal. La finalidad es hacer una alianza estratégica entre los actores clave y comprometerlos para lograr cambios en la gestión de los riesgos.

¿QUIENES SON LOS ACTORES INTERESADOS?

Consideramos a cuatro grupos de potenciales participantes:

- a. Las autoridades locales: Se incluye a los representantes del Estado, de la provincia, del distrito, de la ciudad y del poblado (gobernadores, parlamentarios, alcaldes, consejeros, jefes de policía, jefes de bomberos o brigadas, etc.), así como el personal de salud y de educación.
- b. Organizaciones de trabajadores mineros: Se considera a los dueños o empresarios de los centros mineros artesanales, así como asociaciones cooperativas o grupos de mineros artesanales. Como dueños o empresarios que son, tienen la autoridad y responsabilidad dentro de la empresa, de implementar mejoras en el proceso productivo, para hacerlo mas seguro y eficaz. Por otro lado los trabajadores de estas organizaciones de mineros, como contraparte afectada e interesada, son los que mejor conocen los peligros de la actividad minera artesanal y son responsables de que las mejoras implementadas se cumplan, siendo los actores de los cambios hacia una conducta mas segura.
- c. Otros grupos interesados de la comunidad: Se incluye a los líderes de la comunidad, de los grupos religiosos, de las organizaciones de mujeres, etc. En este grupo se busca el compromiso para hacer alianzas y lograr la colaboración de todos los que de alguna manera puedan estar involucrados en la problemática de la minería artesanal.
- d. Organismos de cooperación: Se puede incluir a organismos no gubernamentales nacionales e internacionales. Estos organismos cuentan con personal capacitado, financiamiento y otros recursos que podrían aportar en las diferentes etapas de la implementación de los cambios en el proceso productivo de la minería artesanal.

2. ESTUDIO DEL ENTORNO GLOBAL

De manera esquemática, podemos señalar que el estado de salud de una comunidad está determinado por cuatro variables:

- La biológica o fisiológica: factores genéticos, edad, género, enfermedades asociadas).
- El medioambiente: contaminación física, psíquica, biológica, psicosocial y socio cultural.
- El estilo de vida: hábitos, higiene, alimentación, exposición a otras sustancias, actividades laborales.
- El sistema salud: disponibilidad a los servicios de salud

3. ESTUDIO Y VIGILANCIA DE LAS CONDICIONES LABORALES

3.1 Área de actividad

- Ubicación geográfica y física.
- Instalaciones, maquinaria, herramientas.
- Materias primas, productos intermedios, producto final, plenamente identificadas y con sus respectivas fichas de seguridad (ver anexo B).
- Catálogo de productos tóxicos y peligrosos.
- Operaciones, procesos, diagramas de flujo.
- Puestos de trabajo.
- Relación de trabajadores asignados a los diferentes puestos de trabajo.
- Protecciones colectivas y protecciones individuales.
- Plan de emergencia.
- Formación recibida por los trabajadores.
- Indicadores de sanidad laboral.
- Estudio inicial de impacto ambiental.

3.2 Puesto de trabajo

- Número de trabajadores asignados al puesto.
- Relación de trabajadores y funciones.
- Tareas específicas (frecuencia, medios, % tiempo).
- Condiciones de seguridad.
- Contaminantes ambientales: físicos, químicos, biológicos.
- Medioambiente de trabajo: iluminación, superficie libre, servicios higiénicos.
- Exigencias del puesto: ergonomía, fatiga física, carga mental.
- Organización del trabajo: jornada, ritmo, automatización, comunicación, participación.
- Protecciones colectivas y personales.
- Tipo de actividad: normas, control, problemas, soluciones.
- Reconocimientos médicos previos a desarrollar tareas.
- Reconocimientos médicos en salud: tipo y frecuencia.
- Indicadores de sanidad laboral.
- Estudio inicial de impacto ambiental

4. EVALUACIÓN DEL RIESGO

La podemos definir como el análisis sistemático de la información, a fin de evaluar la relación entre la exposición a los peligros presentes en la actividad minera artesanal y la ocurrencia potencial de un daño a los trabajadores, a las maquinarias y a las herramientas.

Técnicamente, se entiende por evaluación del riesgo la “valoración de la probabilidad de ocurrencia y de la intensidad de los daños esperados por un riesgo determinado”. Como se puede apreciar en esta definición, la valoración del riesgo depende de dos parámetros perfectamente diferenciados:

- La probabilidad de que un riesgo se actualice o concrete.
- Los daños que se puedan producir.

Otra definición mas dinámica y finalista: “La evaluación de los riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para estar en condiciones de tomar decisiones apropiadas sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse”

Del análisis detallado de esta definición se desprende que:

- A través de la evaluación se halla la magnitud de los riesgos que no hayan podido evitarse.
- La cuantificación y valoración de los riesgos se efectúa en función de criterios objetivos estandarizados o comúnmente admitidos.
- A través de la evaluación se obtiene la información precisa para adoptar las medidas preventivas adecuadas.

El proceso de la evaluación de riesgos consta de las siguientes etapas:

- Identificación de los factores de riesgo: determinación del agente químico, instalaciones, maquinaria, herramientas, organización del trabajo, carga física y mental, factores psicosociológicos, condiciones ambientales en los puestos de trabajo etc.
- Asociación de riesgos a los factores identificados.
- Caracterización del peligro: evaluación cuantitativa y/o cualitativa de la naturaleza de los efectos nocivos para la salud y otros asociados con el peligro.
- Evaluación de la exposición: evaluación cualitativa y/o cuantitativa de la magnitud, duración y rutas del agente químico.
- Caracterización del riesgo – Estimación cuantitativa y/o cualitativa (incluyendo las incertidumbres), de la probabilidad de que se produzca un efecto nocivo, conocido o potencial, y de su gravedad para la salud de una determinada población, sobre la base de la determinación del peligro, su caracterización y la evaluación de la exposición.

El paso previo e imprescindible para adoptar medidas preventivas que defiendan la salud del trabajador, se fundamenta en el hecho de conocer en qué medio de las condiciones en que desarrolla su actividad laboral, representa un factor de riesgo para su salud, su vida personal y social y en qué medida también, los hallazgos patológicos que podamos detectar en los controles de salud, pueden estar originados por factores no deseados e imputables al trabajo.

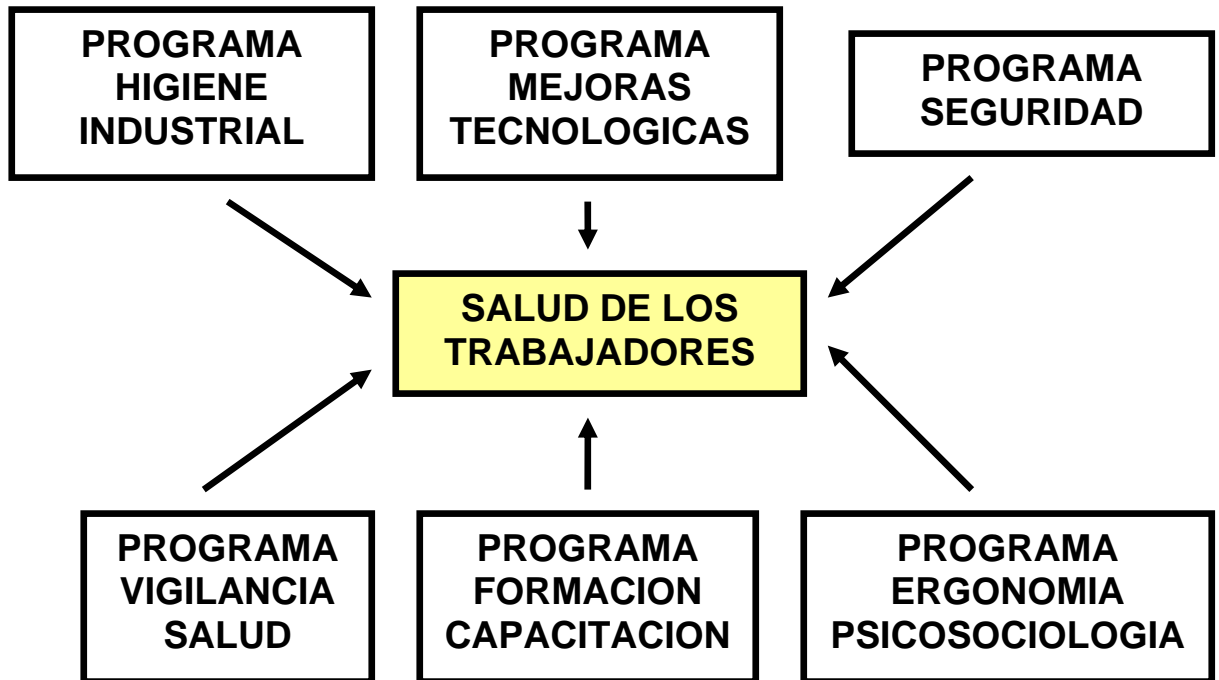
El orden secuencial lógico a seguir en las actuaciones y que deben finalizar en la valoración del riesgo, es:

- a) Recogida de información.
- b) Determinación de puestos de trabajo.
- c) Determinación de elementos peligrosos.
- d) Identificación de trabajadores expuestos.
- e) Identificación de factores de riesgo
- f) Identificación de riesgos y asociación a factores.
- g) Valoración del riesgo (magnitud).

5. FORMULACION DE UN PLAN DE ACCION

El Plan de Acción es el conjunto de acciones destinadas a reducir el riesgo en función de los recursos disponibles, con los que se cuenta o se espera contar. Estas acciones involucran la implementación de soluciones prácticas en Seguridad / Higiene Industrial / Vigilancia de la salud / Ergonomía y Psicosociología laboral / Formación y Capacitación / Mejoras de carácter técnico.

En definitiva si el objetivo final del Plan de Acción es *“Preservar las salud de los trabajadores”*, el esquema a seguir es el siguiente:



En el Estudio de Condiciones de Trabajo (ECT) se tendrá en cuenta la evaluación de las condiciones en que se realiza la actividad laboral, tanto desde el punto de vista subjetivo (trabajadores y técnicos responsables) como objetivo (analistas de puesto de trabajo), así como las consecuencias que estas hayan podido producir en la salud del trabajador (personal sanitario).

La consecuencia final de este proceso es la adopción de medidas preventivas y/o correctivas que mejoren las condiciones de trabajo. En el momento de seleccionar las acciones para el Plan de Acción se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones. En primer lugar, las acciones deben atacar el efecto dañino para la salud de las personas. En segundo lugar hay que hacer un análisis del costo-beneficio de la actividad, es decir poner en la balanza por un lado los recursos a ser invertidos en la acción planificada y por el otro sus impactos o efectos en el trabajo, y ver si se justifica la inversión por la magnitud del efecto positivo.



PLAN DE ACCION

Nombre de la Mina:

Fecha:

Puesto de Trabajo:

Coordinador de Equipo:

Programas	Medidas / Acciones	Costo	Plazo	Responsable
Programa Mejoras Tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de retorta ▪ Protecciones colectivas: sistemas de aspiración, ventilación forzada, captación de polvo ...etc. 			
Programa Higiene Industrial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redes de vigilancia contaminantes: mercurio / ruido / vibraciones partículas en suspensión. ▪ Contaminantes biológicos. ▪ Muestréos personales y ambientales. ▪ Protecciones personales ▪ Medidas de higiene personal 			
Programa Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control de incidentes ▪ Señalización de seguridad ▪ Seguridad de instalaciones ▪ Seguridad de maquinas ▪ Seguridad de productos 			
Programa Vigilancia Salud	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocimientos médicos periódicos específicos según riesgos. ▪ Protocolo de Vigilancia Medica Especifica para el Riesgo Mercurio ▪ Controles biológicos 			
Programa Formación Capacitación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cartillas informativas por puesto de trabajo. ▪ Folletos, carteles (afiches). ▪ Planificación de charlas informativas. ▪ Simulaciones de emergencias ▪ Formación dirigida a Grupos Promotores de Prevención (GPV) ▪ Capacitación del personal sanitario en Toxicología del Mercurio y otros riesgos. 			
Programa Ergonomía Psicosociología	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carga física (postura de trabajo / Actividad física total). ▪ Carga mental ▪ Diseño de puestos de trabajo ▪ Mejoras ergonómicas de herramientas y maquinaria 			



6. VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES

- Planificación anual de reconocimientos médicos en función de los riesgos detectados en los diferentes puestos de trabajo.
- Reconocimiento médico previo al inicio del trabajo. Definición clara de patologías limitantes y excluyentes.
- Diseño y aplicación del “Cuestionario específico para el riesgo mercurio” (trimestral). En general responde a la necesidad de normalizar los reconocimientos médicos de todos los trabajadores expuestos a un riesgo determinado en vistas a efectuar una evaluación del grupo y poder correlacionar los síntomas y signos detectados con otros datos (exploraciones complementarias). Este instrumento también es válido para el seguimiento individual del trabajador expuesto.
- Control biológico mensual. (determinación de niveles de mercurio total en sangre y orina). La toma de muestras biológicas se realiza en condiciones basales a primera hora de la mañana.
- Determinación de los valores máximos permisibles: estos valores pueden ser estimados al correlacionar los niveles biológicos de mercurio en sangre y orina con el estado de salud de todos los trabajadores expuestos a vapor de mercurio.
- Establecer los indicadores de salud laboral para el grupo expuesto. Para el caso de trabajadores expuestos a mercurio metálico los indicadores más utilizados son: mercurio en aire (ambiente laboral), sangre y orina.

7. PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y FORMACIÓN CONTINUADA

En el programa de formación continuada dirigida a los trabajadores, se utilizan como herramientas: charlas, carteles, folletos, videos y publicaciones periódicas. El objetivo de este programa específico para el riesgo de mercurio es, que todos los trabajadores que estén expuestos a vapores de mercurio, adquieran y actualicen conocimientos en relación a: características fisicoquímicas del mercurio, vías de absorción y eliminación, prevención de incidentes, identificación de sintomatología precoz, uso y mantenimiento correcto de protecciones personales, hábitos higiénicos, educación nutricional, fomento de la actividad física, primeros auxilios. Este programa también debe ser aplicado a la población general.

En este programa, el personal sanitario, habiendo sido previamente formado, juega un papel de suma importancia de cara al trabajador y la población general.

UNIDAD DE PLANEACION MINERO-ENERGETICA

8. PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Este programa sustenta como idea básica, el convencimiento de que el primer nivel de prevención lo constituye el propio trabajador. Para ello han de utilizarse medios tales como: encuestas, formularios y entrevistas.

Un apartado importante en este programa son los promotores de prevención de riesgo, estos grupos lo integran trabajadores seleccionados por su marcado interés en la prevención de riesgos y por supuesto reciben una formación mas amplia que el resto de los trabajadores.

9. CONTROL Y SEGUIMIENTO

Cualquier plan de prevención que se instaure debe incluir un programa de seguimiento y control, en base a la definición de "Indicadores de Salud" (Indicadores valorables objetivamente), que nos dé información de como funciona el sistema. El seguimiento se efectúa en distintas unidades operativas: entorno global, empresa, área de actividad, puesto de trabajo, operaciones y/o procesos concretos y por ultimo a nivel individual. Está información permite reforzar y potenciar acciones que se comprueben como positivas y minimizar las negativas para la prevención de riesgos laborales, acciones que si son llevadas a cabo de buena manera conservan la salud de la población general y del medio ambiente.

10. VIGILANCIA PARA LA EXPOSICIÓN HUMANA AMBIENTAL

La vigilancia ambiental constituye la principal estrategia que puede ser utilizada para la eliminación, prevención, mitigación y control de las situaciones de riesgo para la salud pública.

Llevar a cabo una evaluación del riesgo ambiental para estudiar los impactos potenciales a largo plazo vinculados con la exposición crónica a mercurio. Inicialmente, se llevará a cabo una evaluación del riesgo a nivel de detección primaria para identificar vías de exposición y receptores.

La vigilancia toxicológica por exposición ambiental a mercurio en poblaciones humanas debe ser un factor importante en la práctica de la salud pública. Dentro de las actividades a realizar en los diferentes medios se pueden tener en cuenta las siguientes:

11. EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO TERRESTRE

UNIDAD DE PLANEACION MINERO-ENERGETICA

El objeto de estos programas es, vigilar y controlar los efectos contaminantes que la actividad minero-industrial puede generar en los núcleos de población que existen en el entorno. Con el fin de prevenir y minimizar los efectos de los agentes contaminantes pueden producir sobre la salud y el medioambiente de sus habitantes, a la vez que sirva para evaluar el grado de protección y riesgo de la población afectada.

Estos programas también sirven para controlar el cumplimiento de las normas legales de calidad de aire y aguas, controlar episodios puntuales de contaminación, validación de modelos de dispersión y en última instancia junto con el conocimiento de datos meteorológicos, predecir y prevenir la contaminación.

Aquí se debe incluir el estudio en la vegetación y animales en cercanías a las zonas de riesgo, actividades que confirmen el grado de exposición real de receptores ecológicos y por último humanos. Determinar el "Factor de Bioconcentración" ya que el mercurio muestra una clara tendencia a la bioconcentración y biomagnificación.

12. PROGRAMA DE EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL

Se puede realizar mensualmente hasta comenzar épocas de lluvias para luego continuar en forma semanal o bisemanal, y de esta forma obtener dos eventos de muestreo que nos permitan observar el comportamiento de los vapores de mercurio y su posible interacción con los pobladores o trabajadores.

- En este apartado vale la pena tener en cuenta el monitoreo en los diferentes lugares de emisión (entables y compras de oro) con los niveles de mercurio, en las viviendas también puede ser establecido un programa de la calidad del aire interior de las viviendas.
- Un apartado especial debe ser creado para los distribuidores de sustancias químicas donde se incluya manejo, transporte, almacenamiento y plan de respuesta inmediata a emergencias dado que desde estos lugares se pueden presentar derrames y contaminación ambientales.

13. EVALUACIÓN A NIVEL DE AGUAS Y SEDIMENTOS

Monitoreo de los cuerpos de agua presentes en el municipio que incluya a la fauna acuática, tener en cuenta los pozos de cultivo de pescado y un estudio por posible contaminación por aguas subterráneas.

14. MEDIDAS MÉDICAS PREVENTIVAS

Para la población general estas medidas deben estar orientadas principalmente a disminuir riesgo de exposición y ha establecer estilos de vida saludable. Los controles de vigilancia médica por exposición crónica a mercurio pueden utilizar los mismos instrumentos aplicados para los trabajadores expuestos a mercurio.

La cronicidad de las evaluaciones médicas y de laboratorio se deben realizar anualmente para las personas no sintomáticas, la cronicidad varía de acuerdo a los hallazgos clínicos encontrados. Debido a la necesidad de realizar diagnóstico oportunos la OPS/OMS han elaborado un manual de pruebas neurocomportamentales que pueden ser aplicadas cuando el cuadro de la intoxicación mercurial es subclínico, disminuyendo el riesgo del no diagnóstico oportuno (ver anexo C).



Fundación Almadén-
Fco. Javier de Villegas

Dr. Santiago Español Cano
Asesor Científico en Sanidad laboral y Ambiental

Autorizo (siempre que se cite la fuente) el uso y aplicación de la "Metodología Preventiva para el Riesgo Mercurio" diseñada y desarrollada en Minas de Almadén y Arrayanes S.A. en el estudio:

"DETERMINACION DE ALTERACIONES NEUROCOMPORTAMENTALES EN LAS PERSONAS EXPUESTAS CRONICAMENTE A MERCURIO EN LA POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE SEGOVIA – ANTIOQUIA (COLOMBIA)"

Desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Medicina – Departamento de Toxicología. Teniendo como investigador principal a la Dra. Yolanda Sandoval G. como director proyecto Miguel Cote M. y codirector del proyecto Edgar Prieto.

Almadén a 31 de mayo 2006

Fdo: Dr. Santiago Español Cano

BIBLIOGRAFIA

1. HINTON, J y VEIGA, M. Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions / National Institute for Minamata Disease. Forum 2001. Minamata, Japan (Marzo19-20).
2. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente / Evaluación Mundial sobre el Mercurio. Resumen del informe. Ginebra, Suiza: PNUMA, 2002.
3. CARDOSO, P; LIMA, P; BAHIA, M et al. Efeitos Biológicos Do Mercúrio E Seus Derivados Em Seres Humanos: Uma Revisão Bibliográfica / Universidade Federal do Pará Brasil, 2002.
4. Manual de Pruebas Neuroconductuales / Organización Mundial de la Salud – Organización Panamericana de la Salud. San José, Costa Rica 2002.
5. ANGER, K. Neurobehavioural tests and systems to assess neurotoxic exposures in the workplace and community. En : Occupational and Environmental Medicine. Vol. 60, No. 7 (2003); p. 531-8.
6. TIRADO, V; GARCÍA, M; MORENO, J et al. Alteraciones neuropsicológicas por exposición ocupacional a vapores de mercurio en El Bagre, Antioquia. En : Revista Neurología. Colombia. Vol. 31, No. 8 (2000); p. 712-716.
7. OLIVERO, J; JOHNSON, B y ARGUELLO, E. Human exposure to mercury in San Jorge river basin. En : The Science of The Total Environment. Colombia, No. 289 (2002); p. 41 – 47.
8. Seminario Internacional sobre Clínica Y Toxicología del Mercurio. Memorias del I Seminario sobre clínica del mercurio. Caucasia, Antioquia 2003.



-
9. Medición de las concentraciones de mercurio y controles ambientales en la quema de amalgamas provenientes de la minería del oro. Segovia: Grupos de investigación: ciencia y tecnología biomédica (CTB) y pirometalúrgicas y de materiales (GIPIMME) de la Universidad de Antioquia, 2003. 18 Diapositivas: col.
 10. Threshold Limit Values (TLVs) for chemical substances and physical agents & Biological exposure indices (BEIs) the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2002.
 11. OLIVERO, J y JOHNSON, B. El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia / Editorial universitaria: Universidad de Cartagena, 2002; p. 120.
 12. CLARKSON, T; MAGOS, L, y MYERS, G. Toxicology of mercury-current exposures and clinical manifestations. En : New England. Vol. 18, No. 349 (2003); 1731– 37.
 13. HARADA, M. Minamata disease and the mercury pollution of the globe. [online]. Japón [Revisión 10 de marzo de 2005]. National Institute for Minamata Disease. Disponible en internet : <http://www.einap.org/envdis/Minamata.html> .
 14. LYNN, R; GOLDMAN, M y the Committee on Environmental Health. Technical report: Mercury in the environment: implications for pediatricians. En : Pediatrics. Vol. 108, No. 1(2001); p. 197-205.
 15. VEIGA, M. Mercury in artisanal gold mining in Latin America: Facts, fantasies and solutions. Consultant for UNIDO - Expert Group Meeting - Introducing new technologies for abatement of global mercury pollution deriving from artisanal gold mining. Vienna 1997; p. 23.
 16. _____. Mining with communities. Foro UNIDO - Introducing New Technologies for Abatement of Global Mercury Pollution in Latin America. Brasil, 1997; p. 93.
 17. AKAGI, H; y NAGANUMA, A. Human Exposure to mercury and the accumulation of methylmercury that is associated with gold mining in the Amazon Basin, Brazil. En : Journal of Health Science. Vol. 46, No. 5 (2000); p. 323-328.
 18. _____. Assessment for mercury exposure among schoolchildren residing near a gold processing and refining plant in Apokon, Tagum, Davao del Norte,



-
- Philippines. En : The Science of The Total Environment . Vol. 259, No. 1-3 (2002); p. 31-4.
19. ROJAS, M; DRAKE, P y ROBERTS, S. Assessing mercury health effects in gold workers near El Callao, Venezuela. En : Journal Occupational Environmental Medicine. Vol. 43, No. 2 (2001); p. 158-165.
20. REPETTO, M. Toxicología Avanzada. Editorial Díaz de Santos, 1995. ISBN 84-7978-201-3. p. 621.
21. PICAZO, E y FERNANDEZ, J. Los mercuriales. Historia, Toxicología, Toxicocinética y Fisiopatología. Cádiz. En : Actualidad Dermatológica, 1995; p. 683-695.
22. WOOLTORTON, E. Food safety facts on mercury and fish consumption [on line]. Ottawa: Canadian [May 2002] Food Inspection Agency. Disponible en internet : www.inspection.gc.ca/english/corpafr/foodfacts/mercury.html .
23. GRANDJEAN, P; WHITE, R; NIELSEN, A et al. Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining. En : Environmental Health Perspectives. Vol. 107, No. 7 (1999); p. 587-591.
24. MALM O. Gold mining as a source of mercury exposure in the Brazilian Amazon. En : Environ Res. Vol. 77, No. 2 (1998); p. 73-8.
25. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Registry (ATSDR). Toxicological Profile for mercury (monograph). En : Public Health Service, 1993. p. 120-132.
26. GOLDMAN, L y SHANNON, M. Mercury in the Environment: Implications for Pediatricians. Pediatrics. Vol. 108. No. 1 (2001); p. 197-205.
27. SANFELIU, C; SEBASTIA, J; CRISTOFOL, R et al. Neurotoxicity of organomercurial compounds. Barcelona. En : Revista de Neurotoxicología Vol. 5, No. 4 (2003); p. 283-305.
28. CASARETT & DOULL. Manual de Toxicología. Quinta Edición Mc Graw Hill, 2001. ISBN 970-10-2819-8. p. 981



-
29. REPETTO, M. Toxicología Fundamental. Editorial Tercera Díaz de Santos, 1997. ISBN 84-7978-263-3, 406 p.
30. Internacional Programme on Chemical Safety (IPCS) : Environmental Health Criteria 118. Mercury, 1991.
31. MAGOS, L y CLARKSON, T. Atomic absorption determination of total, inorganic and organic mercury in blood. En: Journal of the Association of Official Analytical Chemists. No. 55 (1972); p. 966-971.
32. DOLBEC, J; MERGLER, D; LARRIBE, F et al. Sequential analysis of hair mercury levels in relation to fish diet of an Amazonian population, Brazil. En : Science Total Environmental. Vol. 271, No. 1-3 (2001); p. 87-97.
33. SANTOS, E; CAMARA, V; JESUS, M et al. Contribution to the establishment of reference values for total mercury levels in hair and fish in Amazonia. Brasil. En : Environ Res. Vol. 90, No. 1 (2002); p. 6-11.
34. HARADA M, NAKACHI S, CHEU T et al. Monitoring of mercury pollution in Tanzania: relation between head hair mercury and health. En : Science Total Environmental. Vol. 227, No. 2-3 (1999); p. 249-56.
35. BOISCHIO, A; CERNICHIARI, E y HENSHEL, D. Segmental hair mercury evaluation of a single family along the Upper Madeira Basin, Brazilian Amazon. Río de Janeiro. En : Cadernos. Saúde Pública. Vol.16, No.3 (2000); p. 177-192.
36. ATALLAH, R y KALMAN, D. Selective determination of inorganic and methyl mercury in tissues by continuous flow cold vapor atomic absorption spectrometry. En : Journal of Analytical Toxicology. Vol. 17, No. 2 (1993): p. 87-92.
37. TRASANDE,L; LANDRIGAN, P Y SCHECHTER, C. Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain. En :
Environmental Health Perspectives. Vol. 113No.5 (2005); p.590-596
38. U.S. Environmental Protection Agency, 1997: Mercury Study Report to Congress, EPA-452/R-97-006.



-
39. BELLO, J. Fundamentos de ciencia toxicológica. Editorial Díaz de Santos, 2001. ISBN 84-7078-472-5. p. 349.
40. CRESPO, M; HERCULANO, A; CORVELO, T et al. Mercurio y neurotoxicidad. En : Review Neurology. Vol. 40, No. 7 (2005); p. 441-447.
41. AUGER, A; KOFMAN, O; KOSATSKY, T. Low-Level Methylmercury Exposure as a Risk Factor for Neurologic Abnormalities in Adults. En : Neurotoxicology, No 26 (2005); p. 149-157.
42. U.S. Environmental Protection Agency, 2001. Methylmercury (MeHg) CASRN 22967-92-6.
43. CAPO, M y ALONSO, C. In vitro" effects of methyl-mercury on the nervous system: a neurotoxicologic study. En : Journal Environmental Pathology Toxicology Oncology. Vol. 13, No. 2 (1994); p. 117-23.
44. AZEVEDO, F. Toxicologia do mercurio. Editorial Rima e Intertox, 2003. ISBN 85- 86552-63-1, 272 p.
45. DREIEM, A; GERTZ, C y SEEGAL, R. The Effects of methylmercury on mitochondrial function and reactive oxygen species formation in rat striatal synaptosomes. En : Toxicological Sciences. Vol. 87, No. 1 (2005); p. 56-16.
46. CHENG, J et al. Effect of methylmercury on some neurotransmitters and oxidative damage of rats. China. En : Journal Environmental Science. Vol. 17, No. 3 (2005); p. 469-73.
47. FITSANASKIS, V y ASCHNER, M. The importance of glutamate, glycine, and gamma-aminobutyric acid transport and regulation in manganese, mercury and lead neurotoxicity En : Toxicol Appl Pharmacol. Vol. 204, No. 3 (2005); p. 343-54.
48. LARSEN, J y BRAENDGAARD, H. Structural preservation of cerebellar granule cells following neurointoxication with methyl mercury: a stereological study of the rat cerebellum. En : Acta Neuropathology. Vol. 90, No. 3 (1995); p. 251-6.



-
49. LIMKE, T y HEIDEMANN, S. Disruption of intraneuronal divalent cation regulation by methylmercury: are specific targets involved in altered neuronal development and cytotoxicity in methylmercury poisoning. En : Neurotoxicology. Vol. 25, No. 5 (2004); p. 741-60.
50. ROJAS, M; GUEVARA, H; RINCON, R et al. Occupational exposure and health effects of metallic mercury among dentists and dental assistants: a preliminary study. Valencia, Venezuela. En : Acta Científica Venezolana. Vol. 51, No. 1 (2000); p. 32-8.
51. GUTIERREZ, M. Efectos tóxicos del mercurio. En : Revista de la facultad de medicina Universidad Nacional de Colombia. Vol. 45, No. 3 (1997); p. 139-143.
52. ZAVARIZ, C y GLINA, D. Efeitos da exposição ocupacional ao mercúrio em trabalhadores de uma indústria de lâmpadas elétricas localizada em Santo Amaro, Brasil. En : Cadernos Saúde Pública. Vol. 9 (1993); p. 117-29.
53. KALES, S y GOLDMAN, R. Mercury Exposure: current concepts, controversies, and a clinic's experience. En : Journal and Occupational Environmental Medicine. Vol. 44, No. 2 (2002); p. 143-154.
54. NASCIMENTO, M; GUIMARÃES, G y NAKANISHI, J. Avaliação da contaminação mercurial mediante análise do teor de Hg total em amostras de cabelo em comunidades ribeirinhas do Tapajós, Pará, Brasil. En : Revista. Saúde Pública. Vol. 16 (2000); p. 23-34.
55. MEDRADO, F. Mercurialismo metálico crônico ocupacional. Sao Paulo. En : Revista. Saúde Pública. Vol. 37 No.1 (2003); p. 10-20.
56. DOLBEC, J, MERGLER, D et al. Methylmercury exposure affects motor performance of a riverine population of the Tapajós river, Brazilian Amazon. En : Archive Occupational Environmental Health. Vol. 73, No. 3 (2000); p. 195-203.
57. WEISS, B; CLARKSON, TW y SIMON, W. Silent latency periods in methylmercury poisoning and in neurodegenerative disease. En : Environmental Health Perspective. Vol. 110, No. 5 (2002); p. 851-4.
58. FIEDLER N. Neuropsychological approaches for the detection and evaluation of toxic symptoms. En : Environmental Health Perspectives. Vol. 104, No. 2 (1996); p. 1-10.
-



-
59. SLIKKER, W; BECK, B; SLECHTA, D et al. Cognitive Tests: interpretation for neurotoxicity. En : Toxicological Sciences. No. 58 (2000); p. 222-234.
60. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT-España), 2005. NTP 487: Neurotoxicidad: Agentes neurotóxicos.
61. ELLINGSEN, D; BAST-PETTERSEN, R; EFSKIND, J et al. Neuropsychological effects of low mercury vapor exposure in chloralkali workers. En : Neurotoxicology. Vol. 22, no. 2 (2001); p. 249-58.
62. MEYER, B. A meta-analysis for neurobehavioural results due to occupational mercury exposure. En : Arch Toxicol. Vol. 76, No. 3 (2002); p. 127-36.
63. EVANGELISTA, A. Neurotoxicidad y Comportamiento del Sistema Nervioso. En : Revista de Divulgación y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy. Vol. 7, No. 38.
64. Assessment: Neuropsychological Testing Of Adults Considerations For Neurologists. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology.
65. MAIZLISH, N y FEO, O. Alteraciones Neuropsicológicas en trabajadores expuestos a neurotóxicos. En : Salud de los Trabajadores. Vol. 2, No. 1 (1994); p. 1-33.
66. POWELL, J. Chronic neurobehavioural effects of mercury poisoning on a group of Zulu chemical workers. En : Brain Inj. Vol. 14, No. 9 (2000); p. 797-814.
67. AMADOR, O. Desarrollo de un cuestionario en castellano sobre síntomas neurotóxicos. En : American Journal Medicine Vol. 28 (1995); p. 505-20.
68. SOLE, D. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT-España), NTP 120: Cuestionario médico específico para mercurio.
69. Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Segovia – Antioquia, 2003



-
70. Programa de Vigilancia del Mercurio. Dirección Local de Salud municipio de Segovia, 2005
71. COCK, E y LÓPEZ, W. Aglomeraciones mineras y desarrollo local en América Latina: Conflicto y colaboración en la minería de oro en Segovia y Remedios / Grupo Editor ALFAOMEGA, 2002.

Tabla 1. Datos Poblacionales en Segovia Antioquia, Zona Urbana							Cantidad en la Muestra				
Barrio	Viviendas	Familias	Personas	Pers_Vivienda	Pers_Familia	Fam_Vivi	Viv_Est	Proporción	Selección	Personas	Total
Sector Parque Principal	7	7	16	2,29	2,29	1,00					
Garcia Rovira	8	8	36	4,50	4,50	1,00					
Cll Alfonso López	15	18	53	3,53	2,94	1,20			1	1	1
Cll Los Ángeles	16	19	57	3,56	3,00	1,19			1	1	1
Cll Real	20	23	54	2,70	2,35	1,15			1	1	1
San Jaquin	23	31	91	3,96	2,94	1,35			1	1	1
Segovia (La 70)	25	27	80	3,20	2,96	1,08			1	1	1
Guanana	32	39	132	4,13	3,38	1,22			1	1	1
El Paraíso	33	41	204	6,18	4,98	1,24			1	2	2
El Establo	34	44	167	4,91	3,80	1,29			1	2	2
Sector la Salada	36	43	132	3,67	3,07	1,19			2	2	4
Las Brisas	42	57	230	5,48	4,04	1,36			2	2	4
Cll Junin	54	57	165	3,06	2,89	1,06			3	2	6
Buenos Aires	57	69	262	4,60	3,80	1,21			3	2	6
Cll Lozada	57	64	195	3,42	3,05	1,12			3	2	6
Los Patios	60	72	284	4,73	3,94	1,20			3	2	6
Las Delicias	65	82	333	5,12	4,06	1,26			3	2	6
Bataclan	68	84	331	4,87	3,94	1,24			3	2	6
El Guamo	72	90	305	4,24	3,39	1,25			3	2	6
Los Pomos	80	95	336	4,20	3,54	1,19			3	2	6
Colon	89	117	465	5,22	3,97	1,31			3	2	6
Cll Caratal	89	111	311	3,49	2,80	1,25			3	2	6
Subtotal Barrios de menos de 100 viviendas							982	0,13	42		78
Gaitan	120	155	587	4,89	3,79	1,29			4	2	8
Cll Palace	124	146	494	3,98	3,38	1,18			4	2	8
El Mazanillo	126	140	556	4,41	3,97	1,11			4	3	12
Bolívar	128	157	498	3,89	3,17	1,23			4	2	8
Barbula	130	162	617	4,75	3,81	1,25			6	2	12
Borbollón	132	167	571	4,33	3,42	1,27			6	2	12
La Rasquiña	140	169	635	4,54	3,76	1,21			6	2	12
San Bartola	142	159	540	3,80	3,40	1,12			6	2	12

Cil Sucre	148	167	503	3,40	3,01	1,13			7	2	14
7 de Agosto	149	162	722	4,85	4,46	1,09			7	2	14
Liborio Bataller	150	196	742	4,95	3,79	1,31			8	2	16
San Mateo	158	195	682	4,32	3,50	1,23			8	2	16
Marmajito	190	225	988	5,20	4,39	1,18			8	2	16
Subtotal Barrios de menos de 200 viviendas							1837	0,25	78		160
Briceño	201	245	865	4,30	3,53	1,22			8	2	16
Cil la Banca	201	216	687	3,42	3,18	1,07			8	2	16
La Madre	205	242	882	4,30	3,64	1,18			8	2	16
Caracol	217	260	1045	4,82	4,02	1,20			10	2	20
El Hueso	219	260	1087	4,96	4,18	1,19			10	2	20
Santa Marta	262	320	1278	4,88	3,99	1,22			11	2	22
Argelia	288	338	1278	4,44	3,78	1,17			12	2	24
Subtotal Barrios de menos de 300 viviendas							1593	0,21	67		134
Córdoba	308	385	1287	4,18	3,34	1,25			13	2	26
13 de Mayo	351	398	1612	4,59	4,05	1,13			15	2	30
La Paz	369	440	1775	4,81	4,03	1,19			16	2	32
Subtotal Barrios de menos de 400 viviendas							1028	0,14	44		88
La Reina	412	488	1509	3,66	3,09	1,18	412	0,06	17	2	35
20 de Julio	704	804	3513	4,99	4,37	1,14	704	0,09	30	2	60
Galan	927	1132	4793	5,17	4,23	1,22	927	0,12	39	2	79
Totales	7483	8926	33985	4,54	3,81	1,19	7483	1,00	317		633

Tabla2. Listado de estudiantes inscritos para las encuestas

	Nombre	Grupo	Vis	Total Encuestas
1	Juliana Rojo Bustamante	Paz Verde	1	
2	Julie Francely Velásquez	Paz Verde	1	
3	Daniel Alejandro Henao	Paz Verde	2	
4	Zusel Andrea Sepúlveda	Paz Verde	2	
5	Geovany Bravo Sierra	Paz Verde	3	
6	Farley Gomez Rojo	Paz Verde	3	
7	Camilo Alexander Sepulveda	Paz Verde	4	
8	Johan Estiven Ortiz	Paz Verde	4	
9	James Alberto Giraldo Guerra	Paz Verde	5	
10	Ingrid Dallana Vallejo	Paz Verde	5	
11	Daniela Barrientos	Paz Verde	6	
12	Yesenia Lopez Gil	Paz Verde	6	
13	Erika Susana Barrientos	Paz Verde	*07	
14	Diego Ortega	Colegio Santo Domingo Savio	7	27
15	Freyman Manco	Colegio Santo Domingo Savio	8	27
16	Oscar Mejira Bustamante	Colegio Santo Domingo Savio	9	27
17	Angelica Orrego Cardona	Colegio Santo Domingo Savio	10	26
18	Lina Maria Pérez	Colegio Santo Domingo Savio	11	26
19	Ruby Jilieth Sanchez	Colegio Santo Domingo Savio	12	26
20	Andres Yesid Copete	Colegio Santo Domingo Savio	13	27
21	Maria Eliana Garcia	Colegio Santo Domingo Savio	14	26
22	Leidy Carrillo Serna	Colegio Santo Domingo Savio	15	26
23	Dairo Enrique Ibarra	Colegio Santo Domingo Savio	16	27
24	Hoobert Céspedes	Colegio Santo Domingo Savio	17	27
25	Jhone Jader Rendon	Colegio Santo Domingo Savio	18	27
26	Gloria Avendaño	Colegio Santo Domingo Savio	19	26
27	Omaira Alejandra Ruiz	Colegio Santo Domingo Savio	20	26
28	Joan Arley Correa Tobon	Colegio Santo Domingo Savio	21	27
29	Andres Bravo Cano	Colegio Santo Domingo Savio	22	27
30	Jonatan Andres Quintana Rua	Colegio Santo Domingo Savio	23	27
31	Fabian Andres Torres	Colegio Santo Domingo Savio	24	27
32	Carlos Mario Cortes	Colegio Santo Domingo Savio	25	27
33	Jose Misas Gaviria	Colegio Santo Domingo Savio	26	27
34	Yasmany Alexander Benites	Colegio Santo Domingo Savio	27	27
35	Deimer Joan Ateortua Carrillo	Colegio Santo Domingo Savio	28	27
36	Jeison Smith Díaz García	Colegio Santo Domingo Savio	29	27
37	Michael Alexander Rivas	Colegio Santo Domingo Savio	30	27
38	Marilyn Bed olla H.	Colegio Santo Domingo Savio	31	26
39	Deis Yoersy Gutierrez	Colegio Santo Domingo Savio	32	26
40	Felipe Carmona Cano	Colegio Santo Domingo Savio	33	27
41	Azael A. Ortega	Colegio Santo Domingo Savio	34	27
42	Didier Avendaño	Colegio Santo Domingo Savio	35	27
43	Cristian Montoya C.	Colegio Santo Domingo Savio	36	27
44	Andres Felipe Yepes	Colegio Santo Domingo Savio	37	27
45	Gean Conery Monsalve	Dirección Local de Salud (*07)		32
				860

Tabla 3. Tiempo en años de vivir y trabajar en el municipio

Tiempo de vivir (años) municipio							
Prom.	Mediana	Varianza	DE	Mín.	Máy.	25%	75%
26.6	25	218.6	14.7	00	70	16	38

Tiempo de trabajar (años) municipio							
Prom.	Mediana	Varianza	DE	Mín.	Máy.	25%	75%
11.9	10	116.9	10.8	00	55	2	20

v

Tabla 4. Frecuencia por vivir en predios relacionados o no con el mercurio

Viven con Hg	Frecuencia	%	% acumulado	IC
Si	178	20.7	20.7	18.1, 23.6%
No	682	79.3	100.0	76.4, 81.9%
Total	860	100.0	100.0	

Tabla 5. Niveles de mercurio por ingesta de alcohol

Ingiera OH	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	71	352	423
% Fila	16.8	83.2	100
% Columna	54.2	48.3	49.2
No	60	377	437
% Fila	13.7	86.3	100
% Columna	45.8	51.7	50.8
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 1.3 IC (0.8, 1.8) **Chi² = 1.5**

Tabla 6. Niveles de mercurio total por fumar

Fuma	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	22	125	147
% Fila	15	85	100
% Columna	16.8	17.1	17.1
No	109	604	713
% Fila	15.3	84.7	100
% Columna	83.2	82.9	82.9
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 0.9 IC (0.5, 1.6) **Chi² = 0.01**

Tabla 7. Niveles de mercurio por consumo agua de acueducto

Acueducto	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	117	609	726
% Fila	16,1	83,9	100
% Columna	89,3	83,5	84,4
No	14	120	134
% Fila	10,4	89,6	100
% Columna	10,7	16,5	15,6
Total	131	729	860
% Fila	15,2	84,8	100
% Columna	100	100	100

OR = 1.6 IC (0.9, 2.9) Chi²=2.8

Tabla 8. Distribución de la triada de síntomas subjetivos

Triada síntomas	Frecuencia	%	% acumulado	IC
0	508	59.1	59.1	55.7, 62.4%
1	226	26.3	85.3	23.4, 29.4%
2	91	10.6	95.9	8.6, 12.9%
3	35	4.1	100.0	2.9, 5.7%
Total	860	100.0	100.0	

Tabla 9. Niveles de mercurio total por prueba neurológica

Dedo-nariz	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	5	23	28
% Fila	17.9	82.1	100
% Columna	3.8	3.2	3.3
No	126	706	832
% Fila	15.1	84.9	100
% Columna	96.2	96.8	96.7
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 1.2 IC (0.4, 3.2) Chi²= 0.2

Índice-índice	Hg > 4.99 µg/g		Total
	Si	No	
Si	2	21	23
% Fila	8.7	91.3	100
% Columna	1.5	2.9	2.7
No	129	708	837
% Fila	15.4	84.6	100
% Columna	98.5	97.1	97.3
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 0.5 IC(0.1, 2.2) Fisher=0.3

	Hg > 4.99 µg/g		
Marcha	Si	No	Total
Si	3	13	16
% Fila	18.8	81.3	100
% Columna	2.3	1.8	1.9
No	128	716	844
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	97.7	98.2	98.1
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 1.3 IC (0.3, 4.6) Fisher=0.4

	Hg > 4.99 µg/g		
Punta dedos	Si	No	Total
Si	2	12	14
% Fila	14.3	85.7	100
% Columna	1.5	1.6	1.6
No	129	717	846
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	98.5	98.4	98.4
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 0.9 IC(0.2, 4.1) Fisher=0.6

	Hg > 4.99 µg/g		
Movimientos	Si	No	Total
Si	1	21	22
% Fila	4.5	95.5	100
% Columna	0.8	2.9	2.6
No	130	708	838
% Fila	15.5	84.5	100
% Columna	99.2	97.1	97.4
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 0.2 IC (0.03, 1.9) Fisher=0.1

	Hg > 4.99 µg/g		
Romberg	Si	No	Total
Si	6	43	49
% Fila	12.2	87.8	100
% Columna	4.6	5.9	5.7
No	125	686	811
% Fila	15.4	84.6	100
% Columna	95.4	94.1	94.3
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR= 0.7 IC (0.3, 1.8) Chi²=0.4

	Hg > 4.99 µg/g		
Temblor	Si	No	Total
Si	17	82	99
% Fila	17.2	82.8	100
% Columna	13	11.2	11.5
No	114	647	761
% Fila	15	85	100
% Columna	87	88.8	88.5
Total	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR = 1.2 IC (0.6, 2.1) Chi²=0.3

	Hg > 4.99 µg/g		
S. superficial	Si	No	TOTAL
Si	0	4	4
% Fila	0	100	100
% Columna	0	0.5	0.5
No	131	725	856
% Fila	15.3	84.7	100
% Columna	100	99.5	99.5
TOTAL	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

	Hg > 4.99 µg/g		
S. profunda	Si	No	TOTAL
Si	0	4	4
% Fila	0	100	100
% Columna	0	0.5	0.5
No	131	725	856
% Fila	15.2	84.7	100
% Columna	100	99.5	99.5
TOTAL	131	729	860
% Fila	15.2	84.8	100
% Columna	100	100	100

OR =0 Fisher =0.5

