



**Universidad Nacional Autónoma de México**

Facultad de Filosofía y Letras

Colegio de Geografía

**Impacto socio-económico por la erradicación de  
la minería de mercurio en Peñamiller, Qro., 1990-  
2019**

**TESIS**

Que para obtener el título de Licenciada en Geografía

**PRESENTA**

Olvera Delgado Mariana Maetzin

No. de cuenta: 311132597

**ASESORA**

Dra. María Teresa Sánchez Salazar



Ciudad de México, 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

Para poder concluir mis estudios académicos y esta investigación, se necesitó de gran apoyo por parte de muchas personas cercanas, de diversas experiencias a lo largo de mi vida universitaria con compañeros y profesores, así como de tiempo y dinero proporcionado por personas cercanas, pero también por instituciones.

Por siempre a mi madre Claudia Delgado, por ser uno de los grandes pilares de mi vida, brindarme todo el amor y apoyo incondicional en todos los ámbitos de mi persona. Gracias por sacrificar tantas cosas para poder sacarnos adelante a mi hermana y a mí a pesar de todo. Eres la mejor mamá del mundo, te admiro mucho y eres mi principal inspiración. De ti aprendí que la familia es primero, a ayudar a todo el que lo necesita, que siempre hay que conducirnos de forma ética, moral, pero sobre todo humana. Te amo con todo mi ser.

A mi abue Irene, que prefirió dedicarse a criar a sus nietos y siempre busco nuestra felicidad y bienestar. Por cuidarme cuando estaba enferma, castigarme cuando me portaba mal pero también jugar conmigo cuando tenías un poco de tiempo. A ti por creer en mí, cuando yo más lo necesitaba. Por ti decidí darle una oportunidad a la carrera y me volví en una muy feliz geógrafa. Te amo con toda mi alma.

A mi hermana Bere, por cuidarme desde pequeña. Por tantas enseñanzas y experiencias a tu lado. Por tener una visión diferente de la vida y ayudarme a concretar mi forma de pensar y de creer. Por apoyarme en momentos de crisis personales y académicas, por tantos consejos (que, aunque no siempre los lleve a cabo, me proponían nuevas ideas de pensar). Tú, por ser la mayor, muchas veces cometiste errores o tuviste malas experiencias antes que yo pudiera cometerlos o vivirlos, por lo tanto, aprendí mucho de la vida a partir de ti. Te amo.

A mi tía Tellis y mi prima Xime, por todo el amor y apoyo que me brindan en todo momento. La vida me dio una madre y una hermana extra, con las que puedo compartir muchas experiencias. Ustedes me han demostrado que, aunque la vida puede ser dura, siempre se puede salir adelante. Su fortaleza me inspira. Las amo.

A José, porque en los años que llevas en mi vida nos has brindado cariño y apoyo sincero a mí y a mi familia. Muchas gracias, te quiero.

A Andy, porque tu fuiste la primera persona que me hablo en la carrera. Desde el principio nos volvimos muy buenas amigas, nos entendimos muy bien y siempre me apoyaste en mi vida académica pero también en la personal. Contigo tengo los mejores recuerdos de mi etapa universitaria, y espero siempre estés presente en mi vida, pues eres una de las mejores personas que he conocido, muy inteligente y siempre dispuesta a ayudar. Por último y no menos importante, gracias a ti surgió de alguna forma la idea de esta tesis, por lo que siempre estaré agradecida por eso. Te quiero con todo mi corazón.

A Lau, por ser siempre tan rara y divertida. Por compartir tus variados y extraños conocimientos. Por abrirte tanto conmigo y platicarme desde cosas personales hasta lo que leíste el día anterior. Por apoyarme siempre de todas las maneras posibles y porque siempre estas al pendiente de mis errores y logros. Te quiero mucho.

A Andrés (Toby), por ser un sincero amigo desde que inicie la carrera, por abrirme las puertas de tu casa y tu familia. Gracias por todas esas platicas y risas que compartimos.

A Iván, por ser parte importante de mi vida desde que culmine mis estudios universitarios hasta hoy día. Me ayudas a ser mejor persona y mejor geógrafa, porque me apoyas incondicionalmente y me presionas para siempre dar lo mejor de mí. Porque siempre buscas mi bienestar y mi felicidad. Te amo.

A Juanin y Bob, porque fueron unos seres hermosos, que estuvieron a mi lado mientras me desvelaba haciendo mis tareas o estudiando para exámenes, así como cuando tenía mis altibajos emocionales. Siempre los amaré.

A mis amigos y compañeros de secundaria, prepa y carrera, porque cada uno de ellos compartió horas de clase, conocimientos y experiencias conmigo. Ustedes ayudaron a que mis diferentes etapas académicas fueran mejor, por eso les agradezco a Adrián, Daniel, Tonis, Jenny, Fer Neri, Sofia Anaya, Jorge (Jacks),

Arturo, Luis, Abraham, Karina, Andrés Carrera, Richie, Sebas, Itzel Gallardo, Benjamín (por acompañarme a mi trabajo de campo de esta investigación).

A Javier González, por tu gran apoyo tanto en el ámbito escolar como personal y familiar. Gracias por tu amistad y cariño.

A todos los profesores de la carrera, responsables en gran parte de mi formación académica. Gracias por todas las enseñanzas.

A la Dra. María Teresa Sánchez Salazar, por todo el apoyo, tiempo y enseñanzas que me ha brindado, no solo para realizar esta investigación, sino para realizarme de forma académica y profesional. Gracias por ayudarme a ser mejor geógrafa, no solo para poder integrar todos mis conocimientos, sino para ser consciente socialmente y siempre buscar un bien humano. Usted se ha vuelto una inspiración para mí. Gracias de todo corazón.

A mis sinodales: Dra. María del Carmen Juárez Gutiérrez, Mtro. Jorge Enríquez Hernández, Dr. Enrique Propin Frejomil, Dra. Iracema Gavilán Galicia, por el tiempo dedicado a leer y hacer crítica a mi investigación para mejorarla. También por estar presentes en mi formación académica durante mi tiempo en la universidad.

Al Instituto de Geografía de la UNAM por otorgarme la beca de Iniciación a la Investigación y la beca María Teresa Gutiérrez Vázquez de MacGregor.

También agradezco por el apoyo financiero brindado por Proyecto PAPIIT IN303417 "Atlas de la Minería de México", para poder llevar a cabo el trabajo de campo de esta investigación.

A los mineros de mercurio de Peñamiller, que me permitieron conocer sus áreas de trabajo y me brindaron toda la información posible sobre sus problemáticas laborales. Así como a el Prof. Lucano Hernández García, director de Desarrollo Social del municipio de Peñamiller, por generar los contactos necesarios con los mineros, proporcionarnos el vehículo para llegar a las minas y a su esposa por alimentarnos, sin tener la necesidad de hacerlo. Muchas gracias.

## **Dedicatoria**

A mi madre y abue Irene, por ser la base de mi vida, de mis pensamientos, creencias y vivencias. Por regalarme tanto tiempo, esfuerzo, dedicación y amor para hacer una buena persona de mi ser. Gracias por siempre presionarme para desarrollarme de mejor manera en la parte académica y profesional. Las amo.

## **INDICE GENERAL**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1. MARCO CONCEPTUAL, TEÓRICO Y METODOLÓGICO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. La minería como actividad económica secundaria y sus características .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. La minería en el contexto de la Geografía Económica .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Importancia y perspectivas de la minería del mercurio en México .....</b>	<b>15</b>
1.3.1. El mercurio. Características y aplicaciones	
1.3.2. La producción y comercio del mercurio en el contexto mundial y el papel de México	
1.3.3. Los acuerdos internacionales sobre el mercurio y sus implicaciones ambientales y sobre la salud	
<b>1.4. Antecedentes de trabajos elaborados sobre la minería del mercurio .....</b>	<b>41</b>
<b>Capítulo 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS Y SOCIOECONÓMICAS DEL MUNICIPIO DE PEÑAMILLER EN EL CONTEXTO DE LA MINERÍA DE LA REGIÓN MINERA DE MERCURIO EN QUERÉTARO .....</b>	<b>52</b>
<b>2.1. Características físico-geográficas de la Región Minera de Mercurio .....</b>	<b>52</b>
2.1.1. Características físico-geográficas de la Región Minera de Mercurio: Relieve, clima, vegetación y edafología	
2.1.2. Características geológico-tectónicas regionales y su relación con los yacimientos de mercurio	
<b>2.2. Características sociodemográficas y económicas de la población del municipio de la Región Minera de Mercurio .....</b>	<b>69</b>
2.2.1. Características demográficas	
2.2.2. Características sociales de la población	
2.2.3. Características económicas de la población	

<b>Capítulo 3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA MINERÍA DEL MERCURIO Y MARCO REGULATORIO VIGENTE. ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE LA MINERÍA DEL MERCURIO EN EL MUNICIPIO DE PEÑAMILLER, QRO. ....</b>	<b>103</b>
<b>3.1 Antecedentes históricos de la minería del mercurio en la Sierra Gorda de Querétaro .....</b>	<b>103</b>
<b>3.2 El contexto legal e institucional actual de la minería del mercurio en México .....</b>	<b>107</b>
<b>3.3. Metodología de la investigación .....</b>	<b>111</b>
3.3.1. Problemas y alcances de las técnicas aplicadas durante la realización del trabajo de campo	
<b>3.4. La minería de mercurio en el municipio de Peñamiller, Qro. ....</b>	<b>114</b>
3.4.1. El contexto de la actividad económica municipal y local	
3.4.2. La minería de mercurio en el municipio de Peñamiller, Qro.	
<b>3.5. Impactos socio-económicos esperados ante el cierre de las minas de mercurio en el municipio de Peñamiller .....</b>	<b>147</b>
3.5.1. Disminución del ingreso económico general de la población	
3.5.2. Migración de la población	
3.5.3. Empobrecimiento de las condiciones de trabajo	
<b>3.6. Actividades económicas alternas a la minería de mercurio...</b>	
<b>Conclusiones .....</b>	<b>149</b>
<b>Bibliografía consultada .....</b>	<b>157</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>160</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Producción mundial y nacional de mercurio, y balanza comercial de este mineral en México. 1990-2016 .....	18
Tabla 2.1. Estado de Querétaro: Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) de la población total, 1990 – 2010 (%) .....	72
Tabla 2.2. Región Minera de Mercurio, Qro.:. Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) de la población total, 1990 - 2010 (%) .....	73
Tabla 2.3. Evolución de la población urbana y rural en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 -2010 .....	77
Tabla 2.4. Tasas netas anuales de migración y categoría migratoria de la Región Minera de Mercurio, Qro., 2000 y 2010 .....	80
Tabla 2.5. Alfabetismo y analfabetismo en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 .....	83
Tabla 2.6. Índice y grado de marginación en los municipios de la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 .....	97
Tabla 3.1. Evolución de los precios del kilogramo del mercurio durante el periodo 2008-2017 (pesos mexicanos) .....	141

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Producción mundial del mercurio (ton) .....	21
Figura 1.2. Promedio del precio internacional del mercurio, 1990 – 2016 (U.S. dólares) .....	22
Figura 1.3. Producción nacional del mercurio (ton) .....	23
Figura 1.4. Exportaciones de mercurio en México, 1990 – 2016 (kg.) .....	24
Figura 1.5. Importaciones de mercurio a México, 1990 – 2016 (kg.) .....	26
Figura 1.6. Contaminación por mercurio en el medio ambiente .....	37
Figura 1.7. Efectos del mercurio sobre la salud humana .....	39
Figura 2.1. Localización regional de la Región Minera de Mercurio, Qro.....	54

Figura 2.2. Altimetría e hidrología de la Región Minera de Mercurio, Qro....	56
Figura 2.3. Climatología de la Región Minera de Mercurio, Qro.....	58
Figura 2.4. Uso de suelo y vegetación en la Región Minera de Mercurio, Qro. ....	60
Figura 2.5. Edafología de la Región Minera de Mercurio, Qro. ....	62
Figura 2.6. Geología y tectónica de la Región Minera de Mercurio, Qro.....	66
Figura 2.7. Localización de los yacimientos de mercurio en la Región Minera de Mercurio, Qro.....	68
Figura 2.8. Población total del estado de Qro., 1990 – 2010 (miles de personas) .....	70
Figura 2.9. Población total del municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (miles de personas) .....	71
Figura 2.10. Pirámide de edades del municipio de Peñamiller, Qro., 1990..	75
Figura 2.11. Pirámide de edades del municipio de Peñamiller, Qro., 2000..	75
Figura 2.12. Pirámide de edades del municipio de Peñamiller, Qro., 2010..	76
Figura 2.13. Población del municipio de Peñamiller, Qro., por tamaño de localidad, 2010 (%) .....	78
Figura 2.14. Analfabetismo en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%) .....	82
Figura 2.15. Analfabetismo en el municipio de Peñamiller y el estado de Querétaro, 1990 – 2010 (%) .....	84
Figura 2.16. Población derechohabiente de servicios de salud pública en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%) .....	85
Figura 2.17. Población derechohabiente de servicios de salud pública en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (%) .....	86
Figura 2.18. Viviendas con piso de tierra, agua entubada, drenaje y energía eléctrica en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%) .....	90
Figura 2.19. Viviendas con piso de tierra, agua entubada, drenaje y energía eléctrica en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (%) .....	92
Figura 2.20. Tipos de combustible empleados en las viviendas de la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%) .....	94

Figura 2.21. Tipos de combustible empleados en las viviendas en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (%) .....	95
Figura 2.22. Niveles de pobreza en el municipio de Peñamiller, Qro., 2010 (%) .....	96
Figura 2.23. Evolución de la PEA del estado de Querétaro, 1990 – 2010 (miles de personas) .....	99
Figura 2.24. PEA ocupada en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (miles de personas) .....	100
Figura 2.25. Evolución de la PEA en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2000 (miles de personas) .....	101
Figura 2.26. Distribución de la población ocupada en el municipio de Peñamiller, Qro., por sector de actividad, 2010 .....	102
Figura 3.1. Localización de las minas y la planta de beneficio en el municipio de Peñamiller, Qro. ....	112
Figura 3.2. Poblador de Peñamiller .....	116
Figura 3.3. Entrada a la mina “La Fe” .....	118
Figura 3.4. Entrada a la mina “El Mono” .....	119
Figura 3.5. Entrada a la mina “Cristo Vive” .....	120
Figura 3.6. Constancia de recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales .....	120
Figura 3.7. Planta de beneficio de los comuneros de Plazuela .....	122
Figura 3.8. Zona de hornos de la mina de la localidad de Camargo .....	123
Figura 3.9. Costales o achontes llenos de roca con mineral de cinabrio .....	124
Figura 3.10. Roca con cinabrio .....	124
Figura 3.11. Malacate o sistema de poleas para subir las rocas con cinabrio .....	125
Figura 3.12. Rocas con cinabrio triturada .....	125
Figura 3.13. Horno de beneficio de mercurio .....	126
Figura 3.14. Compartimento del horno .....	127
Figura 3.15. Compartimento del horno con marca de llenado .....	127

Figura 3.16. Horno de gas .....	128
Figura 3.17. Horno de leña .....	128
Figura 3.18. Niples .....	129
Figura 3.19. Mercurio en estado líquido después de pasar por el proceso de horneado .....	129
Figura 3.20. Camino a la localidad de Plazuela con vista a la Sierra Gorda de Querétaro .....	133
Figura 3.21. Horno abandonado de la mina “El Mono” .....	134
Figura 3.22. Desechos de fragmentos de roca sin cinabrio .....	136
Figura 3.23. Localidad de Camargo en la Sierra Gorda de Querétaro .....	137
Figura 3.24. Flujos del mercurio del municipio de Peñamiller en el Estado de Querétaro .....	140
Figura 3.25. Río Extoraz .....	150
Figura 3.26. Orégano silvestre de Peñamiller .....	152
Figura 3.27. Damiana silvestre de Peñamiller .....	153

## INTRODUCCIÓN

Desde el Periodo Prehispánico, en el territorio actual de la República Mexicana, la extracción del cinabrio se realizó de forma incipiente, pero fue importante para las culturas mesoamericanas, debido a que este mineral de color rojo, que es la fuente del mercurio, se empleó principalmente con fines ceremoniales religiosos y en menor medida como colorante. Para las culturas prehispánicas, representaba un vínculo directo con el inframundo, por su peculiar color rojo que hacía referencia a la sangre.

Más tarde, en la Época Colonial, a partir de la invención del método de patio por Bartolomé de Medina para beneficiar los minerales de plata extraídos de las minas, el mercurio se utilizó en dicho proceso, para separar el oro y la plata del resto de los minerales, proceso conocido como “amalgamación”; sin embargo, pese a que en la Nueva España había minas de mercurio, las políticas proteccionistas del gobierno virreinal impidieron la extracción del mercurio en las colonias para no afectar la producción de este mineral en las minas españolas de Almadén, por lo que la importación del mercurio procedente de España para el beneficio del oro y la plata extraída de las minas fue de gran importancia en la Nueva España, ya que era la única forma permitida de obtener este mineral, y por este motivo, las minas de mercurio de la Nueva España fueron abandonadas.

Posteriormente a la Guerra de Independencia, debido a que se cortaron lazos económicos con España, para poder seguir limpiando y purificando el oro y la plata extraídos de las minas de México, se pusieron en operación las minas nacionales de mercurio. El estado de Querétaro se convirtió en uno de los principales proveedores del mineral a nivel nacional por sus importantes yacimientos ubicados en la región de la Sierra Gorda. A partir de entonces, su explotación se realizó de forma intermitente durante diferentes épocas, como ocurrió en el siglo XX en los periodos en que hubo guerras en el entorno internacional, como durante la II Guerra Mundial (1939-1945) y la Guerra de Corea en el decenio de 1950, épocas en que, debido a la demanda, los precios internacionales se elevaron.

Actualmente, esta actividad minera se mantiene vigente en el estado de Querétaro debido a la demanda de este mineral en el mercado global, y se practica solamente en cinco municipios de la Sierra Gorda, en la zona conocida como la Región Minera de Mercurio, ya que como sabemos, la minería tanto de minerales metálicos como de no metálicos está determinada por la localización, disposición y disponibilidad de los yacimientos y esta a su vez por la historia geológica-tectónica del territorio.

Peñamiller es el municipio con mayor cantidad de minas de mercurio en Querétaro, y se ha dedicado a la extracción de este mineral por generaciones y de forma artesanal (pequeña minería y gambusinaje), ya que el ingreso que se genera por la venta del mercurio es bastante significativo, siendo esta actividad la base de la economía del municipio; el predominio de esta actividad también se explica por la falta de otras actividades económicas alternativas, por lo que el cese de esta actividad puede generar fuertes impactos socioeconómicos en la población de este municipio, que no han sido previstos ni estudiados por parte del gobierno estatal.

A nivel mundial, se han tomado medidas para erradicar por completo la minería de mercurio para el año 2032, a partir de la firma del Convenio de Minamata, en 2013 y que entró en vigor en 2017 (a partir de entonces se establecieron como límite quince años para su completa erradicación), ya que la extracción y el beneficio del mercurio provoca importantes daños ambientales por su alta toxicidad y su gran capacidad de traslado en el medio ambiente, así como riesgos para la salud de todo ser vivo que entra en contacto con este mineral, por lo que la firma de este convenio es un intento a nivel internacional por mejorar las condiciones de vida del ser humano a largo plazo.

El gobierno mexicano será el encargado de eliminar este tipo de minería del territorio nacional, pues es el que asignó dicho Convenio y se comprometió a cumplir con sus metas. Pero el gobierno federal también debe ayudar a mejorar las condiciones de vida de su pueblo, por ello se esperaría un mayor acercamiento entre la población del municipio de Peñamiller y los distintos niveles de gobierno para poder eliminar este tipo de minería y que la población no quede desamparada, sin fuentes de trabajo y de ingresos. Sin embargo, se ha observado que los acercamientos de los

mineros en este tema han sido a través de las universidades públicas de los estados de Querétaro y de San Luis Potosí, en donde se discute la eliminación de la minería del mercurio por sus efectos en la salud, no obstante, se tiene en cuenta que debido a las condiciones físico-geográficas del municipio no existen actividades económicas alternativas a las que se puedan dedicar los mineros que queden desplazados por el eventual cierre de las minas.

A partir de lo anteriormente señalado, se estableció como hipótesis de investigación la siguiente: “El impacto socio-económico que sufrirá el municipio de Peñamiller, Querétaro, por la erradicación de la minería de mercurio como consecuencia de que México ha suscrito el Convenio Internacional de Minamata en 2017, por el cual los países se comprometen a eliminar por completo esta forma de minería para 2032; será alto debido a la ausencia de propuestas de actividades económicas alternativas y de conocimiento de los posibles efectos en el municipio.”

Es por lo que, la presente tesis tiene como objetivo principal:

Definir la estructura territorial y la dinámica actual de la actividad minera de mercurio y sus impactos socioeconómicos en el municipio de Peñamiller, Sierra Gorda de Querétaro.

Y como objetivos particulares se tienen los siguientes:

- a) Revisar los antecedentes históricos sobre la minería de mercurio en México y en la Sierra Gorda de Querétaro.
  
- b) Analizar la distribución geográfica actual de la minería del mercurio en la Sierra Gorda y particularmente en el municipio de Peñamiller, los métodos de minado y beneficio, su papel en la creación de fuentes de empleo y las relaciones económicas que establece esta actividad en las escalas local, regional, nacional e internacional.

- c) Examinar los problemas económicos, ambientales y en la salud de la población surgidos en torno a la minería del mercurio en Peñamiller, Querétaro.
  
- d) Estimar los posibles impactos socioeconómicos que surgirán a partir del cese de la actividad minera del mercurio en Peñamiller, Querétaro, y explorar algunas soluciones económicas alternativas, así como prever los efectos del cierre de las minas, como la posible emigración de los habitantes locales.

En la primera parte de la investigación, se establecieron las bases teórico-conceptuales como guía para lograr los objetivos planteados anteriormente. Posteriormente, se realizó una base de datos sobre la producción y comercio de este mineral a nivel mundial y en México, a partir de la cual se elaboraron una serie de gráficas. En este apartado se encontraron vacíos de información, por lo que la información obtenida en campo se volvió de mayor importancia para cumplir con los objetivos de la presente tesis. También se realizaron esquemas para una mejor visualización y entendimiento de los problemas ambientales y de salud que genera la extracción de este mineral.

A continuación, se explican las condiciones físico-geográficas y geológico-tectónicas de la Región Minera de Mercurio de Querétaro, a la cual pertenece el municipio de Peñamiller, para lo cual se elaboraron mapas para una mejor visualización de estas. Así también, se construyeron bases de datos con información cuantitativa sobre las condiciones demográficas, sociales y económicas de la población de la región. Una vez sintetizada la información, se procedió a hacer gráficas y tablas.

La última parte se refiere al trabajo realizado en campo en el municipio de Peñamiller. Para poder responder a las interrogantes que se generaron a partir de los vacíos de información oficial respecto al comercio, producción, aspectos laborales y riesgos en la salud de los mineros, se recurrió a la entrevista semiestructurada con actores clave.

En este orden de ideas, la presente tesis se dividió en tres capítulos principales. El primer capítulo aborda los conceptos referentes a la minería como actividad económica secundaria y su contexto en la Geografía Económica. Profundizando en el tema de la tesis, se identifica la importancia que ha tenido la minería de mercurio a nivel mundial y en México, así como los acuerdos internacionales que existen para mejorar la situación ambiental y de salud relacionados a este mineral.

En el segundo capítulo se examinan las condiciones físico-geográficas y geológico-tectónicas de la Región Minera de Mercurio de Querétaro, y posteriormente las demográficas, sociales y económicas del periodo comprendido entre 1990 y 2010 (a partir de los censos de población y vivienda de INEGI), poniendo mayor énfasis en el municipio de Peñamiller.

En el tercer capítulo se explica la historia de la minería de mercurio en la Sierra Gorda de Querétaro, así como el contexto legal e institucional actual de este tipo de minería en México. Posteriormente se explica la minería de mercurio en el municipio de Peñamiller a partir de la información recabada en campo, su importancia histórica, como la principal actividad generadora de fuente de ingreso de la mayoría de la población del municipio actualmente, la localización de las minas más importantes por su producción, las carencias laborales y los riesgos que implica dedicarse a esta actividad. Con esta información se detectaron los principales impactos sociales que se tendrán con el cese de esta actividad una vez que se cumplan los compromisos derivados de la firma del Convenio de Minamata.

Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo en donde se indican los objetivos que se cumplieron y las complicaciones que se enfrentaron a lo largo de la investigación, así como la situación real de la minería del mercurio en Peñamiller actualmente, y las dificultades a que se enfrentan los mineros, así como la falta de interés del gobierno por regular y mejorar las condiciones laborales y socioeconómicas de estos trabajadores y sus familias. Como parte de la contribución de la presente tesis a la sociedad, específicamente del municipio de Peñamiller, se culmina el estudio con el enunciado de varias actividades económicas alternativas a la minería de mercurio en el municipio.

# CAPÍTULO 1

## MARCO CONCEPTUAL, TEÓRICO Y METODOLÓGICO.

En este capítulo se expondrá las características propias de la actividad minera en general, para así entenderla como un sector de las actividades económicas secundarias, y de esta manera entender porqué la Geografía Económica estudia esta actividad.

Se definirán los tipos de minería que existen (los parámetros para diferenciarlos) y de esta forma poder determinar la categoría en la que se encuentra la actividad minera de mercurio en Peñamiller, Querétaro; y para poder determinar su categoría se examinan datos sobre la producción y comercio del mineral, a nivel internacional y nacional.

Posteriormente se identifican los acuerdos internacionales sobre el mercurio, los cuales México se compromete a implementar. También se mencionan los efectos que tiene el mercurio en la salud humana y en el medio ambiente, ya que de éstos parte la importancia de regular cualquier actividad que se relacione con el mineral, así como el estudiar casos particulares relacionados a la minería de mercurio.

Por último, se identifican investigaciones publicados sobre el mercurio, sus implicaciones en la salud y en el medio ambiente, desde diferentes disciplinas y diversos enfoques.

### 1.1 La minería como actividad económica secundaria y sus características.

La minería es una actividad incluida en el sector secundario de la economía, que si bien en sus inicios tenía un carácter puramente extractivo, con el paso del tiempo ha ido evolucionando y mejorando sus técnicas explotación y beneficio primario hasta convertirse en una industria integrada verticalmente; éste es el caso particular de algunas ramas de la minería metálica, por lo que la minería y la industria

metalúrgica conforman una unidad coherente y es por ello que a la minería verticalmente integrada se le conoce como industria minero-metalúrgica (Coll-Hurtado, Sánchez Salazar y Morales, 2002).

A lo largo del tiempo, las formas de extracción de los minerales, así como su beneficio han variado, y las técnicas empleadas han ido mejorando gracias al avance de la tecnología. Es por lo que, actualmente, las empresas privadas nacionales e internacionales con mayor capacidad adquisitiva pueden acceder a esta tecnología y son las que pueden llegar a zonas de difícil acceso, obtener mayores cantidades de minerales con menor esfuerzo, y, por lo tanto, una mayor ganancia.

Un factor determinante para que se desarrolle o no la minería en una zona, es el valor económico que tiene el mineral a explotar, tanto a nivel nacional como internacional; este último es aún más importante, pues los precios internacionales son los que rigen el valor de los minerales a nivel mundial (Coll-Hurtado, Sánchez-Salazar y Morales, 2002). Incluso si las minas ya se encuentran en operación y el precio internacional del mineral disminuye, es posible que se cierren y abandonen por los costos de operación.

La actividad minera está ligada a los precios que tenga el mineral que se va a extraer, de otra manera no tendría caso la inversión de tiempo y dinero para obtener minerales del subsuelo. Es por lo que tanto la demanda, como la calidad y la disponibilidad del mineral en el mercado pueden definir los precios de este a nivel internacional, lo que significa que, si el mineral es bien cotizado, será más buscado y explotado por los mineros. Sin embargo, las grandes y medianas empresas no tienen la misma capacidad de mitigación de los efectos de la oscilación de los precios internacionales de los minerales que la pequeña minería; es por ello que el pequeño minero y el gambusino se encuentran en un estado de vulnerabilidad e inestabilidad económica constante, y de ello depende que puedan o no obtener el mismo beneficio por su trabajo y tiempo invertidos, generando condiciones desiguales. Cuando los precios caen, el pequeño minero tendrá que decidir si sigue

dedicándose a esta actividad o busca otras fuentes de ingreso, o en su defecto decide emigrar a otras zonas.

## 1.2. La minería en el contexto de la Geografía Económica.

La geografía es una de las ciencias que estudian problemas, fenómenos o procesos que afectan a las sociedades alrededor del mundo (puede ser en épocas pasadas o actualmente) y que tienen que ver con el espacio o un territorio concreto, explica sus causas e interrelaciones, e intenta generar soluciones para mejorar la calidad de vida del ser humano, para ello se basa en el estudio de leyes físicas y sociales, acontecimientos y factores reales y concretos (Bassols, 2005:16).

El ser humano necesita satisfacer sus necesidades materiales, por lo que las actividades productivas son el área de estudio de la geografía económica. Estas actividades se llevan a cabo en la superficie terrestre, por lo que el conocimiento del mundo o de las regiones donde ocurren puede ayudar a mejorar la producción, y a su vez, contribuir al desarrollo de la sociedad. Los seres humanos son factores de producción, que extraen o recolectan, posteriormente distribuyen para el consumo, los artículos obtenidos de la naturaleza directa o modificada (Ibid., 2005: 72).

La geografía económica es una rama de la geografía, la cual, según Bassols (2005: 26) "... estudia los aspectos económicos en su relación con los factores del medio natural y social, las causas de su formación, su distribución espacial y desarrollo en el tiempo, subrayando la diversidad de los fenómenos productivos regionales." Para poder estudiar estos factores, la geografía necesita hacerlo desde el punto de vista histórico (y entender su origen) y poder explicar las causas.

La geografía minera es una rama de la geografía económica, dedicada a estudiar tanto la historia de la extracción de los minerales, los procesos asociados a su formación geológica y su distribución espacial, para poder explicar las actividades económicas que se llevan a cabo a partir de estos, tanto su extracción, su procesamiento y transformación, y la distribución para su consumo, así como sus

relaciones con el entorno social, económico, político y ambiental a diferentes escalas.

La actividad minera en nuestro país es importante, y también como estudio geográfico, ya que, como dice Sánchez-Salazar (1990: 4-5): "... [por] el papel que la minería, a través de la historia económica en nuestro país, ha desempeñado como organizadora del territorio nacional y como creadora de espacios económicos, por su influencia en el poblamiento y en el establecimiento de asentamientos aún en zonas de difícil acceso; en la introducción de vías de comunicación y otras obras de infraestructura; en la conformación y estructuración de regiones al propiciar el desarrollo de otras actividades económicas y estimular los intercambios regionales; en la transformación del medio al motivar la explotación intensiva de otros recursos naturales y favorecer el surgimiento y difusión de procesos contaminantes". Los procesos económicos que dan origen a una configuración espacial determinada deben ser estudiados con detenimiento para poder explicarlos.

En la actualidad, el sistema económico capitalista neoliberal es el que está determinando que se desarrollen ciertas actividades, y que a su vez otras sean desplazadas. En el caso de la minería, es una de las actividades más favorecidas por el capital extranjero en México, por los grandes yacimientos de minerales ubicados en su territorio y que son muy cotizados a nivel mundial. A partir de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se inició la entrada de importantes montos de capital extranjero (principalmente de Canadá y Estados Unidos) en la actividad minera, desplazando así a los medianos y pequeños mineros, para explorar y obtener en concesión los yacimientos más grandes y redituables de México. Por ello tanto, se puede encontrar que una superficie importante del país (12%), está concesionada a empresas extranjeras para la extracción de minerales (Presidencia de la República, 2017).

La explotación minera consiste en cuatro fases, las cuales van desde **1) la exploración del terreno** para poder determinar qué tipo de minerales existen, el tamaño del yacimiento y su potencial (reservas y ley del mineral), para así establecer si es económicamente viable la extracción de estos minerales. Una vez

que se determina que el yacimiento es económicamente redituable, empieza la etapa **2) desarrollo del proyecto**, la cual incluye procesos como la preparación del terreno, la introducción de vías de acceso y comunicación, la construcción de obras para el abastecimiento de agua y energía eléctrica, así como las obras para tener acceso al yacimiento y llevar a cabo la extracción del mineral, y la infraestructura necesaria para realizar su beneficio primario. Una vez preparado el terreno, se inicia la etapa **3) la extracción de los minerales y su beneficio o tratamiento**, para lo cual existen diversos métodos, dependiendo del tipo de mineral y de la tecnología con la que se cuenta. La última fase consiste en **4) el cierre de la mina**, durante la cual se esperaría que la empresa minera realice las obras de restauración y rehabilitación del terreno modificado (Coll-Hurtado, Sánchez-Salazar y Morales, 2002).

Los factores geológicos-tectónicos son parte decisiva en la ubicación de las empresas mineras, así como su distribución espacial (Butler, 1991), es por ello que es necesario estudiar los procesos geológicos-tectónicos y determinar qué tipo de minerales son los que existen, su ubicación y una aproximación de la magnitud de los yacimientos en cuanto a sus reservas minerales, que pueden significar grandes beneficios económicos para los territorios e influir en la redituabilidad para llevar a cabo su explotación.

Una actividad extractiva como la minería implica “hacer uso del suelo y del subsuelo en forma temporal pero intensa, provocando importantes alteraciones al medio ambiente...contaminando directamente las aguas, suelo y aire, en el caso de las plantas de beneficio y fundiciones” (Coll-Hurtado, Sánchez-Salazar y Morales, 2002: 12). Esto nos ayuda a entender que la minería de mercurio no es la única actividad minera que contamina, sin embargo, cada tipo de minería tiene métodos de extracción y beneficio diferentes, lo que significa que algunas modalidades de minería podrán contaminar más que otras, por lo que se deben buscar métodos de tratamiento de estos minerales que sean potencialmente menos agresivos para el medio ambiente, y por ende, para la salud de los habitantes y otros seres vivos que habitan en los sitios aledaños a donde esta actividad se desarrolla.

“La minería es por su propia naturaleza una actividad aleatoria: se subordina a una serie de factores como las oscilaciones de la demanda internacional, las fluctuaciones de los precios internacionales, las modificaciones tecnológicas de la producción industrial, la aparición de nuevos materiales sintéticos que compiten con los minerales, etc.” (Ibid.: 11).

### *Tipos de minería*

La industria minera se puede clasificar dependiendo del volumen de mineral que se extrae y se beneficia (toneladas por día o toneladas por mes), el valor de la producción que genera y la cantidad de personas empleadas en ella, y está determinada por la existencia de un marco legal e institucional que la regula. Para el caso de estudio que nos ocupa, la minería del mercurio nos interesa determinar en qué consiste y cuáles son las características de la pequeña minería y el gambusinaje.

La pequeña minería, de acuerdo con el Reglamento de la Ley Minera (2014: 5), se caracteriza por la obtención de ingresos brutos anuales por ventas de minerales o sustancias, de un máximo de cinco mil veces el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal, así como por la extracción bruta mensual de hasta quince mil toneladas de mineral, es decir, 500 toneladas por día. Este tipo de pequeña empresa debe estar dada de alta en la Secretaría de Hacienda, por lo que sus volúmenes de producción, así como los valores generados, son registrados oficialmente.

Una particularidad de la pequeña minería es que tradicionalmente se ha orientado tanto a la producción de minerales metálicos como el oro, plata, plomo, cobre y zinc (aunque su participación a nivel nacional es minoritaria) como a los minerales no metálicos, tales como carbón, caolín, grafito, sal y yeso (González-Sánchez & Camprubí, 2010), pero también hay que reconocer que domina la producción de caolín, mercurio, estaño, mica, arcillas impuras, bentonita, calcita, dolomita, mármol, perlita, talco y wollastonita (Sánchez-Salazar, 1990; SGM, 2017).

La pequeña minería se caracteriza porque la unidad minera o mina en explotación tiene un solo dueño o pertenece a una pequeña sociedad o cooperativa, por lo que tiene acceso a pocos (o nulos) apoyos financieros gubernamentales; esto significa que es un sector que no puede aspirar a hacer trabajos de exploración, por lo que explotan yacimientos descubiertos hace mucho tiempo, ya sea por la misma población local o por el Servicio Geológico Mexicano (SGM). Otro aspecto importante es que la pequeña minería suele carecer de instalaciones de beneficio primario, -en proporción, un reducido número de pequeñas minas posee una planta de beneficio-, por lo que tiene que recurrir a la mediana o la gran minería para poder procesar su mineral, o simplemente para venderles la producción en bruto para que ellos lo refinan y se queden con esa ganancia; cuando sí poseen instalaciones para procesar el mineral extraído, suelen ser de una capacidad muy reducida y emplear métodos rudimentarios, por lo que carecen de las medidas de seguridad idóneas (Sánchez-Salazar, 1990).

“La pequeña y mediana minería constituyen el sector más tradicional, menos capitalizado y de producción marginal dentro de la actividad minera mexicana...y se avoca particularmente a la extracción de metales preciosos, mercurio y minerales no-metálicos” (Sánchez-Salazar, 1990: 4). Sin embargo, cada vez existe una menor participación de estos sectores en la actividad minera, esto es porque la gran minería ha reducido los espacios disponibles para el mediano y pequeño minero, además de que la falta de apoyos gubernamentales limita cada vez más su participación en la minería metálica dejando pocas formas de minería accesibles a estos sectores, entre ellas la minería del mercurio (SGM, 2007).

Existen otro tipo de mineros que producen volúmenes bajos de mineral y operan en forma de autoempleo, por lo que la venta de su producción suele ser de manera directa pero informal de productor a comprador. Este es el caso de los gambusinos, donde podemos encontrar características como la explotación de depósitos marginales o pequeños que suelen ser propiedad de otros mineros, carencia de capital, trabajo intensivo y con bajos índices de recuperación, acceso insuficiente a los mercados y servicios de apoyo, bajos estándares en la protección a la salud y

en las medidas y condiciones de seguridad en el interior de las minas y para realizar el beneficio del mineral, impacto significativo de esta actividad en el medio ambiente, falta de regulación por parte de instituciones gubernamentales, instrumentación rudimentaria (picos, palas, marros y martillos) para la extracción y beneficio del mineral, y sus técnicas suelen ser artesanales (MMSD, 2002). Por ello, no es difícil encontrar textos que hablen del gambusinaje, la minería artesanal, la minería informal o la minería ilegal como sinónimos de un mismo tipo de minería.

El gambusino se caracteriza por extraer de forma ilegal el mineral de minas que están en operación o abandonadas, por lo que están fuera del marco regulador; esto significa que no suele haber una supervisión de su actividad por parte del gobierno, por lo que el minero no se verá forzado a acatar controles de salud y seguridad, así como a cumplir con los estatutos ambientales. Para poder introducirse en las minas, deben pasar inadvertidos, por lo que ello suele ocurrir a horas no laborales oficialmente, cuando no hay personas que estén vigilando el acceso a la mina. Esta situación se da principalmente en zonas marginales o rurales de países en vías de desarrollo, y solo se puede explicar por la alta demanda de los minerales extraídos y por la “buena” remuneración que puedan obtener de su venta, aunque en muchos de los casos solo se obtienen “salarios” de subsistencia, significando que mientras exista pobreza en estas poblaciones y carezcan de otras alternativas de empleo, el gambusinaje se seguirá impulsando y será una actividad atractiva económicamente para el minero.

La mayoría de los gambusinos son personas de bajos recursos que explotan estos depósitos en condiciones extremadamente severas y a menudo peligrosas, pero cuyas actividades también generan un impacto ambiental considerable (Ibid.). Es muy probable que la gente se arriesgue de esta manera debido a que es la única forma en la que pueden obtener ingresos para sí mismos y para su familia. En la minería artesanal ocurren accidentes con mayor frecuencia, en parte por factores como el desprendimiento de rocas, las altas temperaturas al interior de la mina y la falta de ventilación, el uso inapropiado de explosivos, la falta de conocimiento y preparación, el empleo de equipo obsoleto, entre otros. Para el minero obtener

artículos como cascos, botas, guantes y mascarillas protectoras representa una inversión relativamente fuerte, por lo que no le dan prioridad, potencializando así los efectos de los accidentes.

Por la situación socio-económica, no solo de los mineros, sino de la población en general, es probable que no cuenten con medidas de salubridad adecuadas, acceso al agua potable o atención de salud primaria, ni tampoco tengan acceso a servicios de salud pública capacitados en temas de salud relacionados con la minería, como la detección oportuna de envenenamiento por mercurio, así como la oportunidad de recibir el tratamiento apropiado (Ibid.).

La posición del gobierno ante esta situación, en muchos de los casos, se limita a admitir que existe, pero se deslinda de la existencia de estos problemas porque tampoco cuenta con datos concretos y veraces. En ciertos casos, la mayoría por presiones internacionales, se intenta prohibir este tipo de actividades a través de diversos medios legales. Pero para poder erradicar la minería ilegal, se debe pensar en dar incentivos económicos a la población que habita en los lugares donde este tipo de minería se ha desarrollado tradicionalmente, para que la población realmente se convenza de no practicarla; para ello se debe pensar en actividades económicas alternas, factibles de desarrollar y atractivas, para que la población pueda obtener ingresos casi iguales, y sí es posible superiores a los que obtiene mediante la minería artesanal ilegal; sin estos incentivos, es probable que las iniciativas fracasen porque el minero no cuenta con otra fuente de ingresos a nivel local, y siempre encontrará formas de evadir los controles y de seguir trabajando (Ibid.). Sin embargo, situaciones tales como crisis económicas pueden provocar que una mayor cantidad de personas se introduzca en este tipo de actividades.

### 1.3. Importancia y perspectivas de la minería del mercurio en México.

#### 1.3.1. El mercurio. Características y aplicaciones.

El mercurio es un mineral pesado que se encuentra de forma natural en el medio ambiente. Este mineral se extrae como sulfuro de mercurio (también conocido como cinabrio), y su beneficio se hace elevando la temperatura del sulfuro hasta unos 540°C, para así obtener el mercurio metálico en forma líquida.

En la actualidad, este mineral se utiliza para la limpieza y amalgamación de otros minerales (como son la plata y el oro), para la elaboración de aparatos electrónicos, eléctricos y científicos, para la esterilización del agua, en insecticidas, colorantes, medicinas, etc. (Rowllat, 2013). Esto significa que existe un gran mercado que exige la producción constante de este mineral, convirtiéndolo en un mineral redituable para el pequeño minero, que pone constantemente su vida en riesgo para poderlo extraer y beneficiar.

En el caso del mercurio, la extracción se hace de manera artesanal, y su beneficio produce una alta contaminación en el ambiente, pues al calentarlo, pasa directamente del estado sólido al gas, antes de pasar al estado líquido, y una inhalación excesiva de vapores tóxicos en el pequeño minero y en las personas que estén cerca es altamente perjudicial. La extracción y uso de este metal suele contaminar el suelo, el aire y el agua, por lo que su ingesta puede dañar la salud de los animales o del ser humano: “fuentes hídricas pueden ocasionarles problemas adicionales a las comunidades que viven a lo largo de ellas, donde los pobladores, además de consumir alimentos contaminados con mercurio, también consumen el agua” (Díaz-Arriaga, 2014: 952). La gran permanencia del metal en el medio ambiente por tiempos prolongados pone en riesgo la salud de personas que estén a distancias lejanas de donde se beneficia este metal. Por ello, no es de extrañar que las poblaciones que extraen y benefician este mineral se vean con el paso del tiempo gravemente afectados en su salud: “muchos investigadores están de acuerdo en que la toxicidad del mercurio depende principalmente de la vía y duración de la exposición, la dosis consumida y la edad de la persona” (Ibid.: 953).

En el municipio de Peñamiller, como en el resto de los municipios de la Sierra Gorda y el Semidesierto Queretano, el mercurio se ha extraído por generaciones, y la ingesta constante de agua contaminada ha producido intoxicaciones en gran número de personas que habitan en las comunidades aledañas a las minas o que benefician el mineral. Ello sin mencionar enfermedades como el cáncer, que, en muchos de los casos, no se les quiere relacionar con la ingesta del mercurio por no querer aceptar que su única fuente de ingresos los está dañando, ya que significaría enfrentar sanciones o intervenciones oficiales que afectarían sus medios de subsistencia (MMSD, 2002).

Como sabemos, la minería es una industria de alto riesgo, ya que los mineros dependen de los mercados mundiales, por lo tanto, de los precios internacionales de los minerales a comercializar (Sánchez-Salazar, 1990), este aspecto es importante, ya que los mineros pueden obtener ganancias mucho menores, aunque su esfuerzo y trabajo se mantenga al mismo nivel. Es por eso que el pequeño minero y el gambusino se arriesgan en todos los sentidos para poder obtener, aunque sea, un ingreso mínimo para poder sostener a su familia; esta condición se agudiza si se considera la situación crítica en la que se encuentra nuestro país, al dejar que su población se mantenga con los ingresos mínimos para sobrevivir, deteriorando su calidad de vida y la de su familia, sin poder generar excedentes para poder proyectarse a futuro.

El mercurio que se comercializa a nivel mundial puede provenir de diversas fuentes, pues se puede obtener de la producción minera de mercurio primario, de mercurio reciclado (recuperado de productos usados o de una producción industrial), de mercurio recuperado de la refinación del gas natural, o como subproducto de la extracción o refinación de otros minerales o metales como el zinc, oro o la plata (PNUMA, 2002).

En México, la obtención del mercurio a partir del minado de su fuente prima, el mineral cinabrio, aún prevalece en varias zonas del país. Sin embargo, la extracción de éste se ha mantenido de forma artesanal e informal, por lo que en las últimas décadas no se tienen informes oficiales sobre el volumen que se extrae, las medidas

de protección que aplica el minero, el destino de la producción (el mercado), ni los precios a los que se vende; esto refleja un completo abandono por parte del gobierno federal a este sector de la minería que ha sido muy tradicional en zonas rurales marginadas con este tipo de recursos minerales.

En los últimos años, el problema se ha agravado debido a la firma del Convenio de Minamata. El Convenio de Minamata es un tratado internacional que tiene como objetivo hacer frente al problema de la contaminación por mercurio en el medio ambiente y proteger la salud humana, para lo cual se establece la necesidad de erradicar este tipo de minería. Fue acordado en la quinta sesión de Comité Intergubernamental de Negocios sobre el Mercurio en Ginebra en el 2013, sin embargo, hasta el 2017 entró en vigor. Para cumplir con el objetivo, los países firmantes del convenio decidieron establecer medidas de control como son la prohibición de la apertura de nuevas minas de mercurio, la eliminación gradual de las existentes (en 15 años a partir de la entrada en vigor del convenio), la reducción del uso del mercurio, la promoción de medidas de control de las emisiones a la atmosfera, la tierra y el agua, así como la regulación inexistente del sector de la minería artesanal y a pequeña escala. Para cumplir con estas medidas, se determinó que se apoyaría de forma técnica y financiera a los países en vías de desarrollo.

El gobierno federal reconoce que la minería de mercurio aún se practica en México, pero al no existir datos acerca de la cantidad de empleos que genera, ni los ingresos que puede producir a familias enteras, la adhesión a la firma de dicho convenio significa desamparar a un número significativo de personas que aún se dedican a esta actividad sin tener la más mínima idea de lo perjudicial que puede ser la desaparición de ella como fuente de trabajo para poblados enteros.

### 1.3.2. La producción y comercio del mercurio en el contexto mundial y el papel de México.

Para este subcapítulo, se revisaron los Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana de varios años, a fin de poder analizar los datos oficiales que se tienen sobre la producción, importación y extracción del mercurio en el país, y esta es comparada con la base de datos del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés), de un informe que actualizan cada año, llamado *Mineral Commodity Summaries (MCS)*, en el cual hacen una recopilación de datos de todos los minerales que se extraen a nivel mundial, dando una breve explicación de los usos que le dan a cada mineral, así como aportando cifras sobre su extracción y reservas, a nivel mundial y datos de algunos de los países más sobresalientes en cada tipo de mineral.

Se decidió tomar para el análisis estas dos fuentes de información como principales bases de datos, ya que aportan datos estadísticos para el periodo 1991-2015 en el caso de los Anuarios y para 1994 a 2016, en el caso de los informes de Estados Unidos, además de ser las bases de datos más completas y confiables que se encontraron. Aun así, es importante recalcar que existen años con algunos vacíos de información oficial.

**Tabla 1.1 Producción mundial y nacional de mercurio, y balanza comercial de este mineral en México. 1990-2016.**

Año	Producción mundial (ton)	Precio internacional Bolsa de N.Y. (USD) para el frasco de 76 libras	Producción de México (ton)	Exportaciones de México (ton)	Importaciones de México (ton)	Principales países destino de exportaciones	Principales países origen de importaciones
1990	6175	276 - 287	735	23.18	.387	Brasil, Argentina y El Salvador	Estados Unidos y Reino Unido
1991	4214	127 - 136	340	.328	2151.57	Colombia y Nicaragua	Estados Unidos, Holanda y España
1992	2335	186 - 194	21	1.88	101.89	Estados Unidos, Perú, Cuba	Estados Unidos, España y Finlandia

						y Guatemala	
1993	2555	197 - 200	12	.307	40.54	Estados Unidos	Finlandia, Estados Unidos y España
1994	2136	187	11	.309	27.85	Argentina, El Salvador y Perú	España, Finlandia y Estados Unidos
1995	2820	247	15	s/d	s/d	s/d	s/d
1996	2890	262	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
1997	2730	159.5 (por el Mercado Libre Internacional - MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
1998	2320	140 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
1999	1800	140 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2000	1350	140 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2001	1400	155 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2002	1755	146 - 164	s/d	3.69	43.84	Estados Unidos, Perú y Holanda	Estados Unidos, Holanda y España
2003	1530	170 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2004	1340	342 – 370 (por el MLI)	s/d	.658	24.77	Estados Unidos, El Salvador y Costa de Marfil	Estados Unidos, Holanda, Japón y Francia
2005	1425	702 – 813 (por el MLI)	s/d	5.91	26.20	Argentina, Ecuador y Colombia	Estados Unidos y Francia
2006	1480	650 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2007	1170	530 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2008	1320	600 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2009	1920	600 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2010	2250	1076 (por el MLI)	21	s/d	s/d	s/d	s/d
2011	2010	s/d	21	s/d	s/d	s/d	s/d
2012	1813	1717 – 1888 (por el MLI)	21	261.85	26.58	Perú, Colombia y Guyana	Argentina, China y Estados Unidos

2013	1880	1850 (por el MLI)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
2014	2350	1850 (por el MLI)	s/d	500	s/d	s/d	s/d
2015	3270	1850 (por el MLI)	s/d	300	s/d	s/d	s/d
2016	2500	1402 (por la Unión Europea)	s/d	300	s/d	s/d	s/d

s/d: sin datos.

Fuente: elaboración propia con base en SEMIP 1991, 1992, 1993; SECOFI 1995; USGS 1996 – 2018; SGM 2006, 2014 y SE 2007.

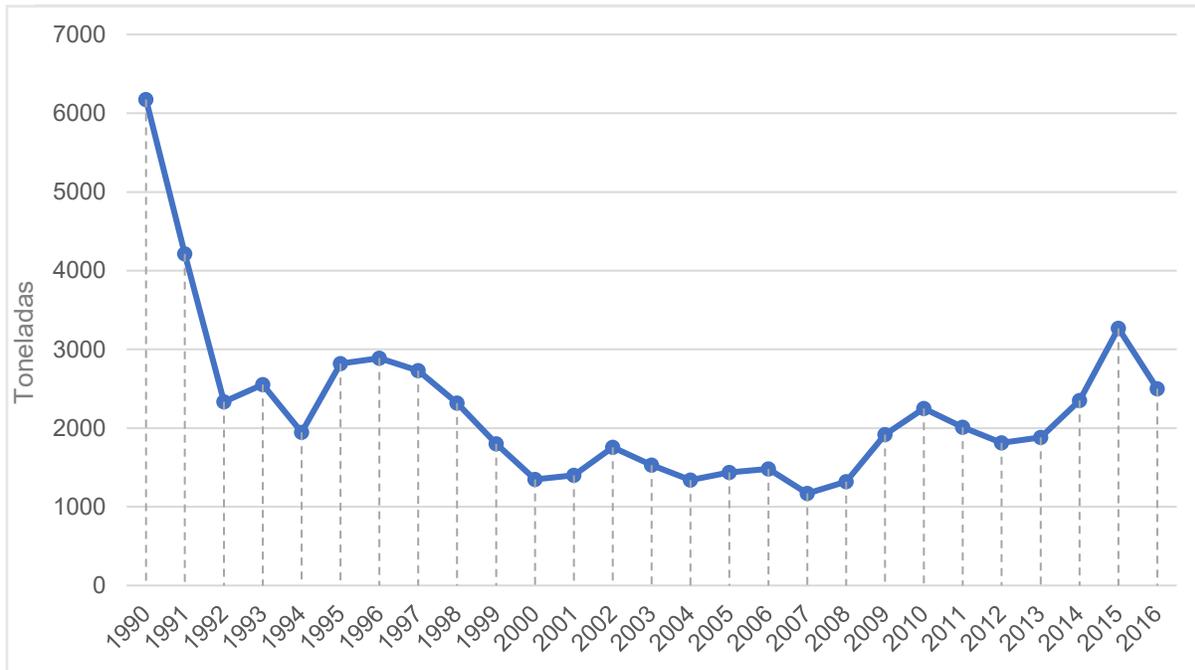
La anterior tabla muestra datos sobre la producción mundial y nacional del mercurio, su precio a nivel internacional, las importaciones y exportaciones de México, así como los países a los que se importa y exporta. Esta información es importante ya que nos genera un panorama general en cuanto a su situación en el mercado internacional. Sin embargo, es importante destacar que los vacíos de información recalcan situaciones como la falta de atención que se tiene por parte del gobierno para regular el comercio de este mineral.

A partir de 1995, existe una ausencia de datos sobre la producción, exportación e importación de mercurio en el Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, hasta el anuario 2003, vuelven a reportar datos para el 2002. También del 2006 al 2011 y del 2013 al 2016, existe un vacío de datos por parte de esta fuente.

Un dato importante para destacar que no se muestra en la tabla, es que a partir del 2003 China se convierte en el principal productor de mercurio a nivel mundial, manteniendo este puesto hasta el 2016, último año del que encontramos información. Significa que a pesar de las diversas investigaciones que muestran los daños a la salud y al medio ambiente, y los esfuerzos internacionales por disminuir la producción, comercialización y utilización de este mineral, sigue existiendo una demanda constante de éste.

Desde 1991, a nivel mundial hubo una reducción de la producción del mercurio, según lo reportado las diversas fuentes, hasta el 2010 que vuelve a elevarse la producción.

**Figura 1.1. Producción mundial del mercurio, 1990 - 2016 (ton.)**

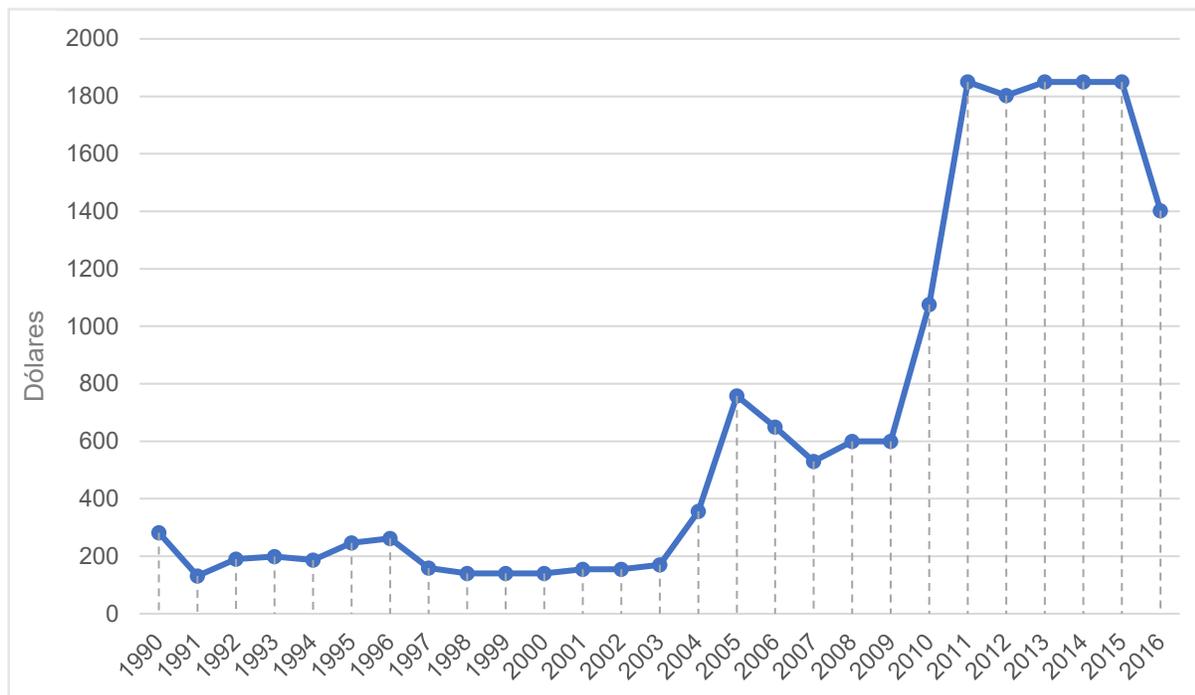


Fuente: elaboración propia con base en SEMIP 1991, 1992, 1993; SECOFI 1995; USGS 1996 – 2018

La Figura 1.1. muestra el comportamiento de la producción mundial del mercurio, en donde podemos ver una disminución general con altibajos a partir de 1991 y hasta 2007, siendo 1990 el año con mayor producción de este mineral, y los años 2000 y 2007 los de menor producción, sin embargo, a partir de 2008 se logra observar un aumento de la producción con ligeras caídas de 2011 a 2013, y otra en 2016. Esta gráfica también demuestra que, a pesar de los intentos a nivel internacional por erradicar este tipo de minería, no se han logrado los objetivos propuestos.

Actualmente, la producción del mercurio directamente de las minas no es la única forma mediante la que se puede obtener este mineral, ya que el mercurio también se obtiene mediante el reciclado. Sin embargo, aún existen muchas comunidades (no solo en México) que subsisten de la explotación minera del mercurio como mineral principal, por lo que el intento de erradicación de este tipo de minería a nivel internacional los perjudica desde el punto de vista económico y social, por ser su única fuente de ingresos para poder subsistir.

**Figura 1.2. Promedio del precio internacional del mercurio, 1990 – 2016 (U.S. dólares)**



Fuente: elaboración propia con base en SEMIP 1991, 1992, 1993; SECOFI 1995; USGS 1996 – 2018

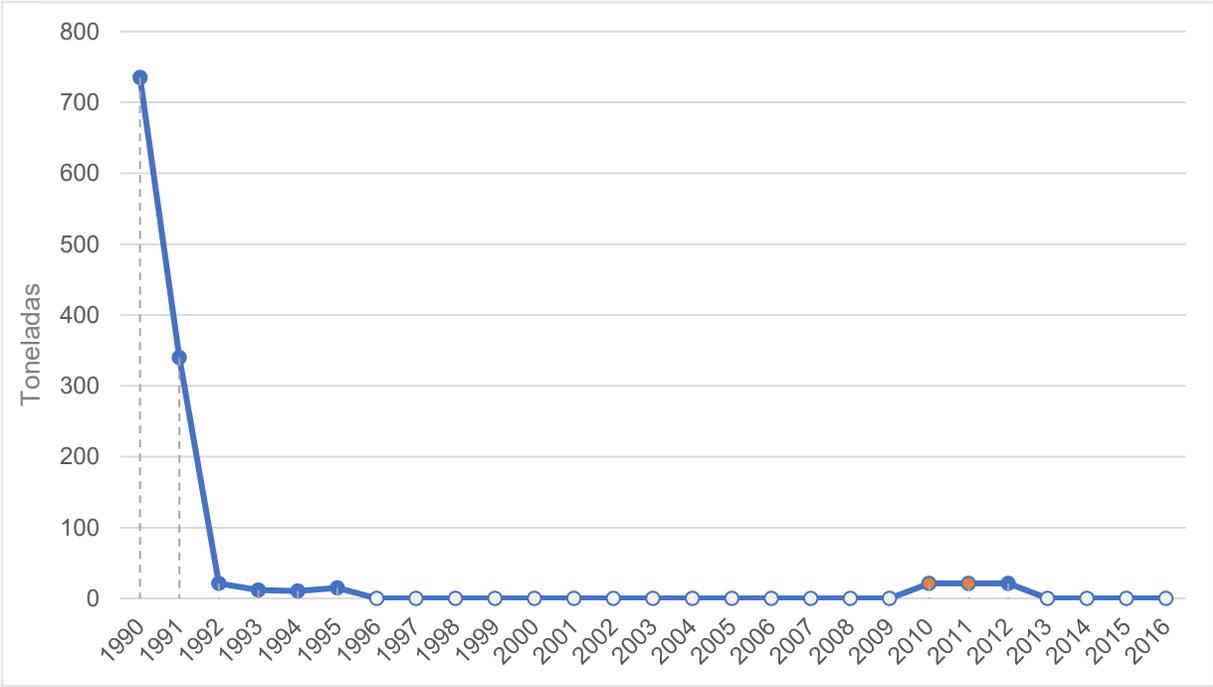
La Figura 1.2. muestra las fluctuaciones del precio del mercurio a nivel internacional por 26 años (1990-2016). En primera instancia, se pensó que tal vez estos movimientos del precio se verían afectados por las variaciones en la producción mundial.

Como se puede observar al comparar las figuras 1.1. y 1.2. ha habido una tendencia a aumentar la producción cuando los precios internacionales de este metal han ido en aumento, como ha ocurrido sobre todo ligeramente a partir de 2008 y de manera más contundente a partir de 2010 y, por el contrario, cuando el precio se ha mantenido bajo, como sucedió durante el decenio de 1990 y los primeros años del siglo XXI, la producción mundial ha disminuido.

Durante los primeros trece años del periodo el precio internacional del mercurio se mantuvo relativamente constante y bajo, aumentando a partir del 2004, si bien tuvo dos ligeras caídas en 2006 y 2007; en los años siguientes se vuelve a incrementar

el precio hasta alcanzar su precio más alto entre 2011 y 2015 para volver a disminuir significativamente en 2016.

**Figura 1.3. Producción nacional del mercurio, 1990 – 2016 (ton.)**



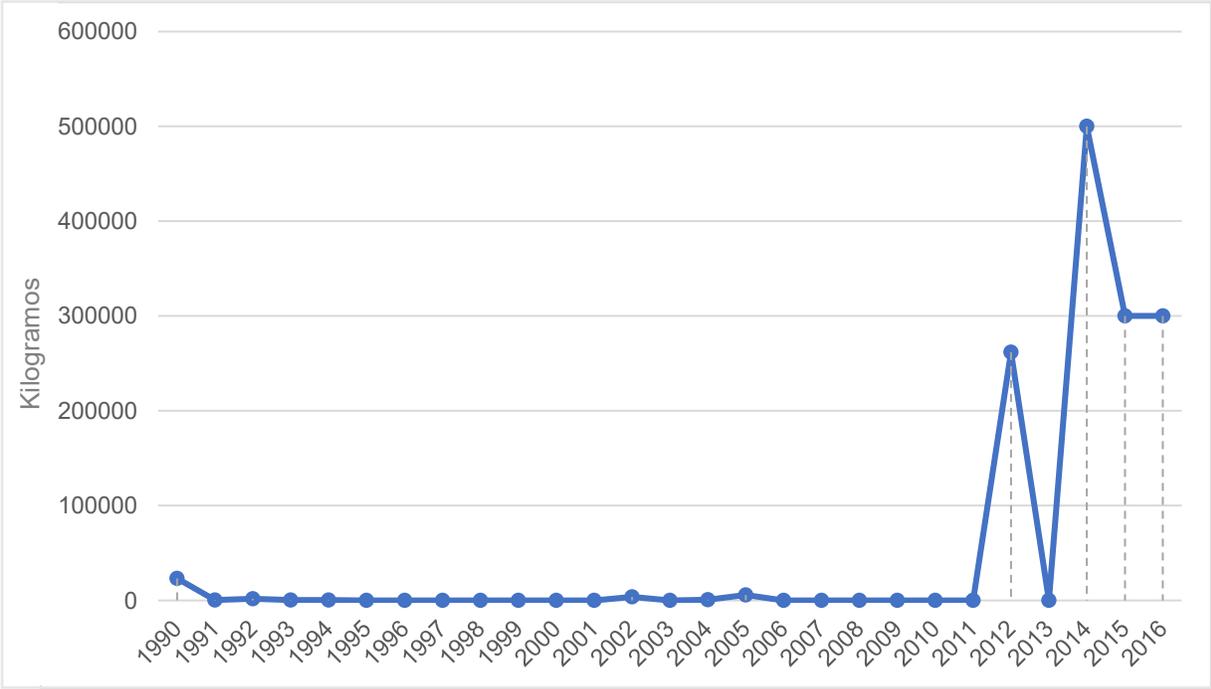
Fuente: elaboración propia con base en SEMIP 1991, 1992, 1993; SECOFI 1995; USGS 1996, 1997, 2012, 2013; SGM 2014

En síntesis, la Figura 1.3. muestra que la producción nacional de mercurio disminuyó drásticamente entre 1990 y 1992, incluso hay dos años (2010 y 2011) en los que no hay datos de producción por extracción, sino por reciclaje (marcadores naranjas), y la mayoría de los años ni siquiera se reporta producción alguna (marcadores sin color), sin embargo, no podríamos afirmar que no hubo producción, sino que tal vez no fue contabilizado oficialmente, llevándonos a la hipótesis de que se extrajo, se benefició y se comercializó de manera irregular.

También se observa que, en aquellos años en que se tiene registro de información estadística, solo en 1990 su producción fue mayor a las 500 toneladas, pero en el resto del periodo la producción de mercurio siempre se ha mantenido en el rango de la pequeña minería.

En los últimos años, como ya hemos visto anteriormente, no existen registros sobre la producción minera de mercurio en México. Sin embargo, hay datos que demuestran que se ha exportado este mineral a otros países (Tabla 1.1). En parte, la falta de información se explica por la informalidad e incluso la ilegalidad con la que se lleva a cabo esta actividad, pero también se debe a la falta de interés por parte del Estado porque exista una verdadera regulación y vigilancia de esta actividad en particular. Esta falta de interés puede estar ligada a factores como la carencia de suficientes inspectores y de presupuesto, la poca información que existe sobre la localización de las minas, el difícil acceso a estas y el alto costo que esto puede representar, etc.

**Figura 1.4. Exportaciones de mercurio en México, 1990 – 2016 (kg.)**



Fuente: elaboración propia con base en SEMIP 1991, 1992, 1993; SE 2004, 2007; SECOFI 1995; SGM 2006, 2014; USGS 2016, 2017, 2018

En el Tabla 1.1. se observa que durante el periodo 1990-2016, solo en doce años se reportaron exportaciones de mercurio. La Figura 1.4. debería mostrar las variaciones en las exportaciones de mercurio en México, sin embargo, debido a que

las cifras son tan reducidas pareciera que no hubo exportaciones, por lo que la Tabla 1.1. demuestra las cifras concretas.

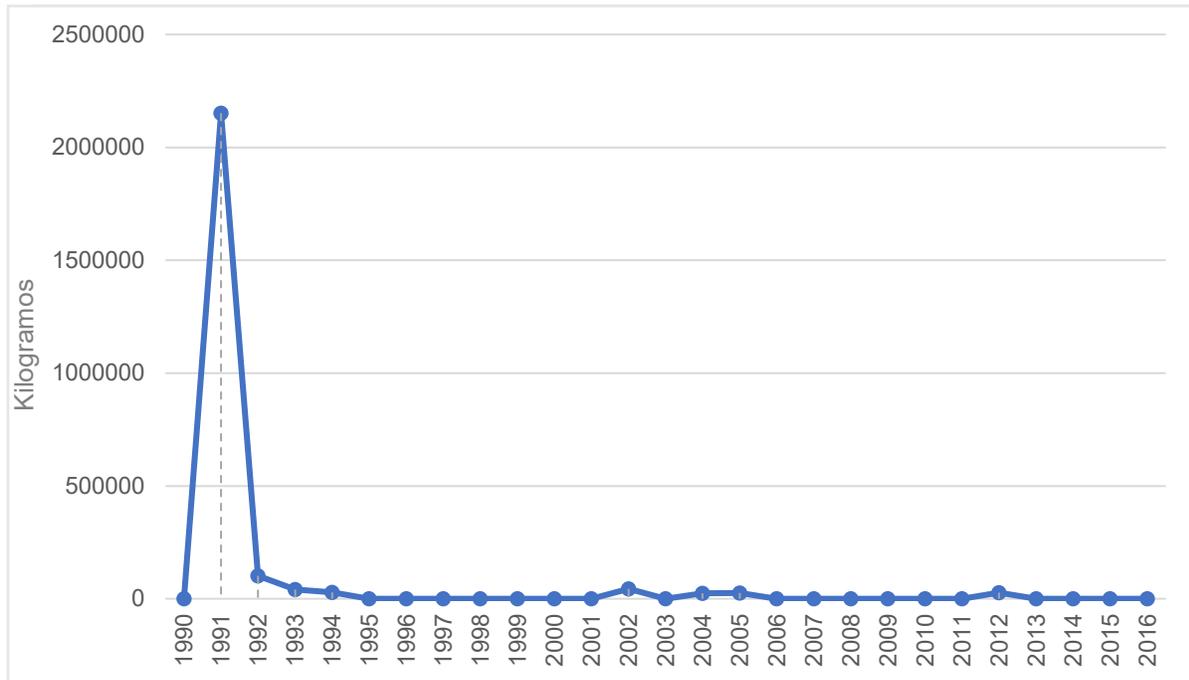
El primer periodo con datos sería de 1990 a 1994, en donde se observa que las cantidades obtenidas fluctúan considerablemente entre los distintos años, desde más de 23 mil kilogramos, como es el caso de 1990 a 307 kilogramos como es el caso de 1993. Es importante también la comparación con los datos anteriormente descritos, ya que se puede observar cuáles son los principales países que compran mercurio. En este periodo Estados Unidos, Argentina, El Salvador y Perú son países que se mantienen como compradores constantes.

El segundo periodo sería del 2002 al 2005 (exceptuando 2003), en donde se observa una fluctuación menor a la del anterior periodo, pero con exportaciones importantes, siendo mayores a media tonelada. En este periodo Estados Unidos, es el país que permanece constante como comprador, sin embargo, vuelven a aparecer Argentina, El Salvador y Perú como principales compradores de mercurio a México.

El tercer periodo que va de 2012 al 2016(exceptuando 2013), corresponde a los años con mayor exportación de mercurio cuando las cifras alcanzan más de dos toneladas por año, el problema que hay en este periodo es la falta de información sobre los países compradores, solamente en 2012 se registra a Perú de nuevo, Colombia y Guyana.

Estos datos son relevantes, pues muestran que México es un país productor y exportador de mercurio, por lo que es curioso que no se tengan registros constantes sobre su producción y exportaciones.

**Figura 1.5. Importaciones de mercurio a México, 1990 – 2016 (kg.)**



Fuente: elaboración propia con base en SEMIP 1991, 1992, 1993; SE 2004, 2007; SECOFI 1995; SGM 2006, 2014.

En la Figura 1.5. podemos observar que México también ha importado mercurio en diferentes momentos durante el periodo 1990-2016. Pareciera ser que no es una compra constante, no obstante, si hacemos una comparación con las cifras de exportaciones, se puede notar que en la mayoría de los años se importa más de lo que se exporta, por lo que también podríamos inferir que existe una demanda interna importante. Es por esto importante tener datos oficiales concretos y confiables sobre la producción tanto nacional como internacional, ya que podría explicar por qué hay una mayor importación que exportación en el país.

Un dato que es posible rescatar a partir de lo descrito anteriormente es que, Estados Unidos es de los países que más nos vende mercurio, incluso es el único que, de manera constante, aparece en todos los registros anuales. También España fue un importante exportador hacia México, por lo menos hasta 2002.

### 1.3.3. Los acuerdos internacionales sobre el mercurio y sus implicaciones ambientales y sobre la salud.

El siguiente subapartado examina los acuerdos internacionales que existen sobre la producción, beneficio, comercio, utilización y manejo del mercurio, ya que más adelante se analizarán las normativas mexicanas para poder evaluar si se apegan a los marcos internacionales y la forma como se aplican a nivel nacional para hacerlas efectivas. También se identificarán y describirán las implicaciones que tiene el mercurio en el medio ambiente y en la salud humana, para poder entender el razonamiento de los acuerdos internacionales en cuanto a este mineral.

#### *Acuerdos internacionales sobre el mercurio*

Los acuerdos internacionales a los que México se ha adherido han respondido a la constante amenaza que representan las emisiones de mercurio generadas por algunas actividades antrópicas, principalmente para el ser humano, pero también el efecto negativo que tienen sobre el medio ambiente. Es por ello que estos acuerdos intentan erradicar paulatinamente la producción primaria de este mineral, para así atender solo el manejo del mercurio a partir de su reciclaje, en tanto se encuentran sustitutos de este metal en sus diversos usos con el fin de que en el futuro no se tenga que recurrir a él. A continuación, se señalan algunos de estos acuerdos internacionales.

- Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN)

El ACAAN tiene como propósito conservar, proteger y mejorar el medio ambiente a partir de la cooperación entre los tres países que conforman Norte América (Canadá, Estados Unidos y México). Este acuerdo se da a partir de la problemática ambiental que se tiene a nivel mundial, pero también surge en el marco de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en el sentido de que los tres países de la región, además de tener objetivos y metas económicas comunes están conscientes de las implicaciones sociales y ambientales. Este acuerdo entró en vigor el 1º de enero de 1994, junto con el TLCAN.

Para poder tener una cooperación trilateral, en este acuerdo se determinó que se creara una Comisión para la Cooperación Ambiental, integrada por un Consejo, un Secretariado y un Comité Consultivo Público Conjunto. En esta comisión participa personal de las tres naciones, con el propósito de discutir asuntos ambientales, supervisar la aplicación de este acuerdo, aprobar el presupuesto anual de la Comisión, así como promover y facilitar la cooperación entre los países (SCCA, 1993: 8-9).

En este acuerdo se reconocen las diferencias tanto físicas como socio-económicas de los tres países, por lo que de eso dependerá la rigidez de las sanciones o la flexibilidad de los puntos establecidos.

Como principales objetivos, se tienen el de proteger y mejorar el medio ambiente, promover el desarrollo sustentable a partir de una cooperación de los tres países tomando en cuenta las metas y objetivos del TLCAN, y se hace énfasis en la creación o mejoramiento de leyes, reglamentos, procedimientos, políticas y prácticas ambientales que vayan acorde a las que ya existen en cada país, y que no se contrapongan con las leyes ya existentes en ellos (Ibid., 1993: 2-3).

Entre las obligaciones que se establecieron para cada país están: generar informes ambientales periódicamente, crear medidas de contingencia ambientales, promover la educación ambiental en la población, así como fomentar la investigación y la creación de tecnología dedicada al mejoramiento ambiental (Ibid., 1993: 4).

- Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN - Mercurio)  
Fase I

La primera parte del PARAN se acordó en 1998, como resultado del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. La primera fase solo recalca los puntos que debe llevar este Plan de Acción que, posteriormente, se establecerá con acciones concretas, a partir de información y datos concretos que se obtengan en los próximos años sobre el mercurio en cada uno de los países ratificantes. Se busca el intercambio de información para poder llegar a un consenso sobre la forma de manejar adecuadamente sustancias químicas que son tóxicas, como lo es el

mercurio. De esta manera la toma de decisiones y acciones se hará de manera informada.

El principal propósito de este Plan de Acción es el de eliminar, o en su defecto disminuir, la contaminación de mercurio en el medio ambiente (en pro de la salud humana) a partir de emisiones antropogénicas de este mineral. Entre las medidas que se proponen para poder lograr esta meta es la de crear y mejorar las políticas regulatorias, así como incentivar la investigación y el mejoramiento de técnicas para la prevención y reducción de las emisiones antropogénicas (Equipo de Tarea de América del Norte para la Instrumentación del PARAN sobre el Mercurio, 1998: 3-4).

Entre las acciones inmediatas, se propone la creación de talleres para intercambiar información ya existente sobre los diversos mecanismos para el manejo adecuado de esta sustancia, también para proponer un proyecto de “sitio de residuos mineros” en Zacatecas, México, con el propósito de muestrear y analizar el mercurio y otro tipo de minerales pesados, para que posteriormente se obtenga una base de datos que pueda ser comparable con la ya existente en Canadá y Estados Unidos (Ibid., 1998: 5).

Por último, se espera que la información y las medidas que se tomen y que tengan resultados positivos, puedan ser aplicados en otros países con este problema, como son los de América Latina y el Caribe.

- Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN - Mercurio)  
Fase II

Constituye una enmienda a la Fase I del PARAN - Mercurio, siendo este un marco en donde se determinan acciones o medidas concretas que cada país debe adoptar conforme a sus posibilidades en un lapso de un año a partir de lo estipulado en esta fase para poder lograr la meta, que es la reducción o eliminación de cualquier tipo de contaminante de mercurio en el medio ambiente y en el ser humano, derivado de la actividad antrópica, y que los niveles de mercurio que existan se deriven plenamente de procesos naturales. Por ello, al final de este Acuerdo se le

encomienda al Grupo de Trabajo de América del Norte para el Manejo de Sustancias Químicas, que cada dos años se notifiquen los avances que se hayan tenido, en cada uno de los tres países como en la región (Equipo de Tarea de América del Norte para la Instrumentación del PARAN sobre el Mercurio, 2000: 27).

Entre los principales objetivos de esta fase, se establece que para 2006 cada país intentará alcanzar una reducción del 50% de sus emisiones de mercurio (ello dependerá de las cifras que cada país haya tenido en su inventario de emisiones de 1990) (Ibid., 2000: 9).

Posteriormente, a partir de las actividades humanas que generan desechos o utilizan este mineral, en el documento se dan diferentes recomendaciones de acciones a llevar a cabo. Entre las más importantes están las siguientes:

a) Para el sector de generación de energía eléctrica, se propone buscar alternativas para ya no utilizar mercurio en esta actividad.

b) Para las fuentes industriales y comerciales, se deben elaborar protocolos de recopilación de datos, de tal forma que puedan ser comparados con los de los otros países y poder determinar las acciones a llevar a cabo dependiendo de la actividad (Ibid., 2000: 10).

c) Entre la producción de diversos artículos, se menciona la fabricación de cloro y sosa cáustica a partir de celdas de mercurio, en donde a las empresas se les sugiere la reducción del uso del mercurio en un 50% para antes del 2005.

d) Para la fabricación de pilas secas, cada país debe estudiar y alentar el uso de otro tipo de pilas que no contengan mercurio ni lo utilicen en el proceso de fabricación.

e) En el uso y fabricación de interruptores, relevadores eléctricos y termostatos se incentiva a la sustitución o reemplazo de estos sí es que contienen mercurio, y a su vez crear programas para su reciclado.

f) Para la fabricación de lámparas fluorescentes de alta intensidad y de gas neón, se sugiere promover la producción y el uso de otro tipo de lámparas no utilicen

mercurio o que lo hagan en mínima cantidad, así como un reciclaje adecuado de las lámparas que ya lo contengan.

g) En el sector de atención médica y odontológica se pretende que cada país cree programas para estudiar alternativas para la reducción o eliminación del uso del mercurio en los diversos tratamientos o instrumentos odontológicos, así como evitar su emisión al aire o agua (Ibid., 2000: 12-15).

También resalta la importancia de generar nuevos mecanismos para el manejo, almacenamiento y procesamiento del mercurio, por lo que primero se necesita un estudio y evaluación de los mecanismos existentes para poder manejar el ciclo de vida del mercurio sin afectar al medio ambiente y así determinar si estos son suficientemente apropiados o se necesitan mejorar, o inclusive pensar en implementar nuevos métodos (Ibid., 2000: 11).

Para poder generar todos estos estudios de manera adecuada, se pide a las naciones proporcionar suficientes recursos científicos y económicos, pero también una vigilancia constante de los niveles de mercurio en el medio ambiente.

Una parte importante es que se pretende hacer un inventario sobre la cantidad de mercurio que se introduce, utiliza, almacena o se pierde en las diferentes actividades humanas en Norte América, para así poder proponer alternativas de minerales o de procedimientos que no contaminen tanto, o en su defecto, si no es posible la eliminación del mercurio en algún proceso, se promoverá la utilización de mercurio secundario (Ibid., 2000: 11).

A partir de los datos recabados por cada una de las naciones y su comparación y complementación, se propone hacer un modelo del transporte atmosférico del mercurio en la zona comprendida por este Acuerdo (Canadá, Estados Unidos y México), y determinar las zonas fuente y las receptoras de mercurio, observando su trayectoria tanto en lo local como en lo regional (Ibid., 2000: 23).

El último punto, pero no menos importante, se refiere a la concientización y educación a la población sobre la problemática que existe a partir del uso del mercurio, para que en las sociedades se reduzca su utilización (directa o indirecta),

pero también para que estén informadas sobre acciones a tomar ante la exposición a este mineral (Ibid., 2000: 25).

- Evaluación mundial sobre el mercurio – PNUMA

Esta evaluación se publicó en el 2002 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Productos Químicos (PNUMA). Tiene como objetivo brindar un panorama general sobre la situación del mercurio a nivel mundial, y de esta manera, concientizar y crear una comprensión del tema, principalmente a las personas o grupos de personas que toman decisiones sobre naciones enteras o regiones.

Empieza explicando las particularidades fisicoquímicas de este mineral, para así poder entender cuáles son las repercusiones que tiene en el medio ambiente (principalmente en la biota) y en el ser humano, por lo que enlista y explica algunas de las enfermedades o reacciones que se tienen identificadas ante la exposición de este mineral, así como las principales fuentes de exposición y de contaminación, tanto naturales como antrópicas.

Entre las fuentes antrópicas se explica cómo es su producción y en qué se utiliza el mercurio, así como algunas técnicas y prácticas de prevención y control de los desechos. Posteriormente, se enlistan iniciativas tanto nacionales como internacionales para el control de las liberaciones de este mineral en el medio ambiente y la limitación del uso y la exposición a este. Concluye explicando cuáles son las limitantes para un buen estudio como es la falta de datos, pero teniendo en cuenta la información existente, se proponen alternativas para hacer frente ante las diversas problemáticas alrededor de este mineral.

- Estrategia comunitaria sobre el mercurio – Comunidad Europea (CE)

Esta estrategia fue planteada en 2006, y su objetivo es dar principios, estrategias y consideraciones, para el uso, tratamiento, comercio y reciclaje del mercurio, no solo tomando en cuenta a los países que conforman a la Comunidad Europea, sino también pensando en la situación mundial.

En principio, comienza la exposición brindando información relacionada con el mineral, y puntualiza las razones por las cuales el mercurio es dañino tanto para la

salud humana, como para el medio ambiente. Con esto resalta la importancia de un buen manejo del mineral, no solo en la Comunidad Europea, sino en todo el mundo, ya que como sabemos, el mercurio puede transportarse a cientos o miles de kilómetros, afectando a otras poblaciones o ecosistemas. También hace énfasis en la necesidad de generar estudios relacionados con los efectos en la salud y en el medio ambiente, para así poder tomar decisiones más asertivas (*Diario Oficial de la Unión Europea*, 2006: 128).

A partir de esto, se señalan diferentes acciones con las cuales se pretende mejorar la situación de la contaminación por mercurio y sus compuestos. Entre ellas destacan: la generación de mecanismos de recogida y tratamiento, de todos los productos que contengan este mineral; la creación de programas para la concientización de la población sobre los riesgos sanitarios y problemas ambientales, relacionados con el mercurio; la aplicación de sanciones tanto económicas como de rehabilitación a las personas o empresas que contaminen con este mineral; y la limitación o control de las emisiones de mercurio a partir de la combustión de diversas energías fósiles (*Ibid.*, 2006: 129-131).

También se busca que la Unión Europea colabore a escala global, fomentando medidas para reducir el comercio de este mineral, controlándolo a partir de medidas jurídicas para así poder intervenir a nivel internacional, así como proporcionando asesoría y asistencia técnica a países en vías de desarrollo para poder ir limitando el uso del mercurio, y en algún momento lograr eliminar su uso (*Ibid.*, 2006: 130-133).

Por último, se propone examinar la posibilidad de habilitar a Almadén, España, para almacenar las reservas de mercurio (y sus compuestos) de la Unión Europea, de forma segura (*Ibid.*, 2006: 132).

- Reglamento (CE) 1102/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo (22 de octubre de 2008)

Este reglamento tiene como principal objetivo el de reducir la exposición de la población al mercurio, a partir de la prohibición del comercio de este mineral, tanto

a nivel nacional, regional, como a otros países no pertenecientes a la Comunidad Europea. Asimismo, crear parámetros para un buen almacenaje del mercurio (ya sea de forma permanente o temporal, o en un lugar subterráneo o en la superficie), incentivar la investigación para encontrar formas de reciclaje de este metal y exigir a las diversas industrias que usan u obtienen el mercurio de forma secundaria, que rindan informes sobre las cantidades utilizadas o generadas, sobre su destino final y las medidas empleadas para su almacenaje, modificación, transporte, etc. También se busca incentivar a que los Estados miembros apliquen sanciones tanto a empresas, como a personas que no cumplan con lo establecido en este reglamento.

Este reglamento se publicó en 2008, aunque la mayoría de las disposiciones entrarían en vigor en 2011 o 2012, ya que se proporcionaría un tiempo prudente para que los países miembros puedan informar tanto a la población en general y a las empresas sobre este reglamento y sus disposiciones, así como tomar medidas tanto legislativas y jurídicas para poder aplicar sanciones a cualquier persona o empresa que no acate estas medidas de escala regional sobre el mercurio.

Entre las empresas que deben reportar cifras relacionadas con el mercurio y disminuir su uso son las del sector cloro alcalino, las de depuración del gas natural o que operan para extraer y fusionar metales no ferrosos.

- Convenio de Minamata

El convenio de Minamata es un acuerdo internacional que intenta hacer frente al problema de contaminación por mercurio a nivel global, esto como respuesta al terrible caso de contaminación en la Bahía de Minamata, Japón (de ahí su nombre), a mediados del siglo pasado. Los trabajos para elaborar este convenio iniciaron en 2009 y entró en vigor el 16 de agosto de 2017.

La enfermedad de Minamata ocurrió a finales de los años cincuenta del siglo pasado, en la Bahía de Minamata, en donde se produjo un envenenamiento de los pobladores (principalmente pescadores), debido a que las industrias de los alrededores vertían sus desechos contaminados con mercurio en esta bahía, siendo

este ingerido por la fauna marina, y esta a su vez por la población local principalmente, generando problemas irreversibles a nivel neurológico que han afectado a varias generaciones de personas.

El convenio de Minamata tiene como principal objetivo hacer frente al problema de contaminación por emisión y liberación antrópica de mercurio y sus compuestos en el medio ambiente a nivel mundial, para así proteger la salud humana. Para cumplir con este objetivo, el convenio describe ciertas medidas que serán acatadas por los países ratificantes; entre las principales medidas se tienen la de controlar el suministro y comercio del mercurio, así como la producción de diversos objetos o productos que utilicen este mineral para su producción o que lo contengan, entre otras.

A partir de la ratificación del Convenio de Minamata y su entrada en vigor el 16 de agosto de 2017, la minería de mercurio en México será erradicada en un lapso de 15 años (ONU, 2017: 17). En este lapso, solo se les permitirá seguir operando a las minas que ya existían antes de la entrada en vigor de este convenio. En este periodo de tiempo se pretende que cada Estado ratificante genere medidas jurídicas para poder eliminar este tipo de minería de forma paulatina, pero también que cree nuevas alternativas de actividades económicas para las poblaciones afectadas por el cese de esta actividad, con el fin de que no se les exponga a situaciones de vulnerabilidad.

Son 128 los países ratificantes del convenio, los cuales se comprometen a cumplir con lo establecido en este convenio, y en el caso de los países en vías de desarrollo y los países con economías en transición a los que no les sea posible poder lograrlo, brindarles apoyos tanto técnicos como financieros para ello. Se pretende que exista apoyo y cooperación entre los países ratificantes, por lo que se pide una transferencia de información sobre las medidas tomadas y los resultados. Los países ratificantes también asumen responsabilidades para cumplir con este convenio, como el de generar medidas jurídicas, así como de vigilancia y castigo para el que no cumpla con la ley. Otra responsabilidad es difundir la información generada a partir de los avances de este convenio a todos los países ratificantes,

así como a la población en general, no solo para generar conciencia, sino para poder generar un cambio en los comportamientos de uso y consumo, a partir de los productos producidos con mercurio o que lo contengan.

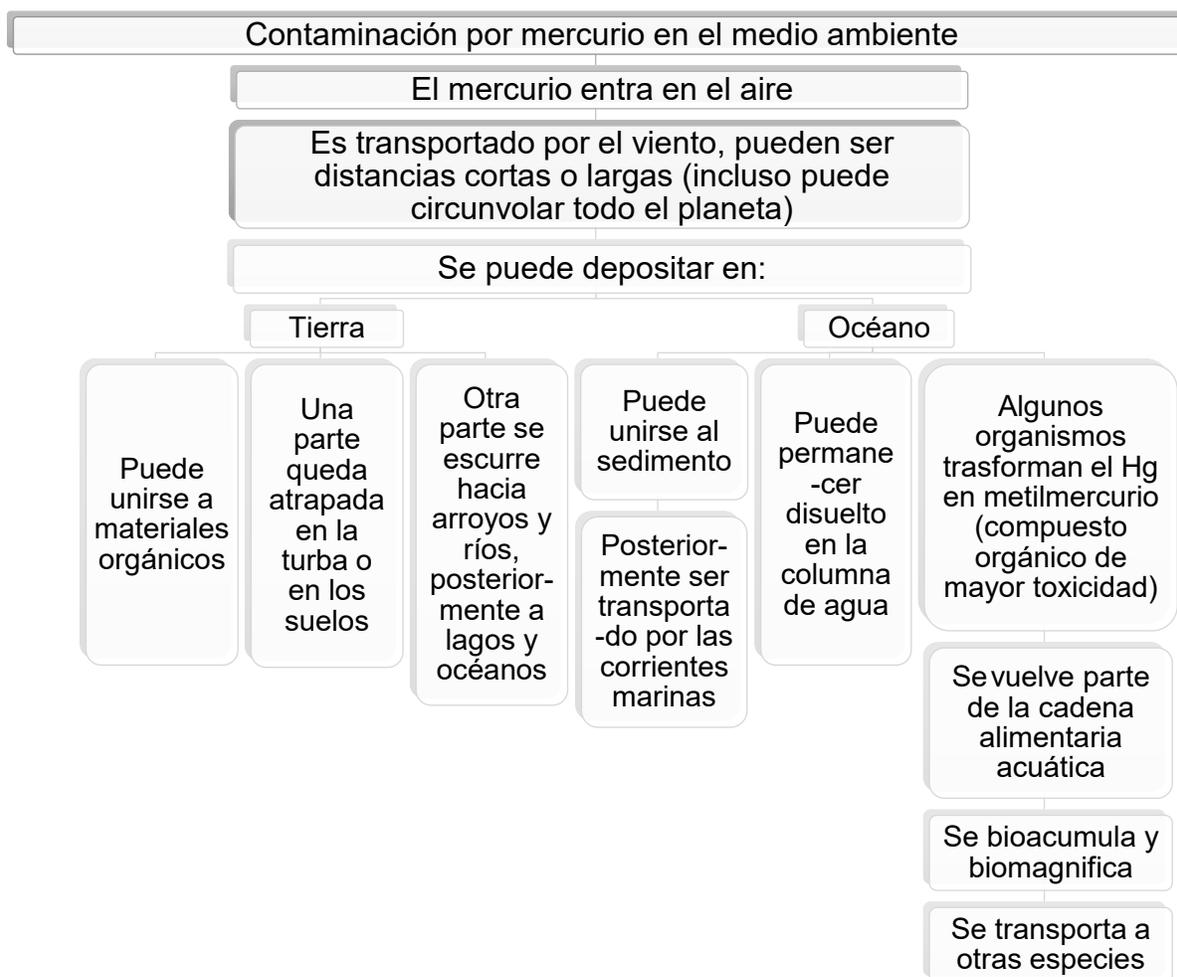
El convenio está conformado por 35 artículos y 5 anexos, en donde se describen las diversas medidas que se deberán tomar por cada uno de los países ratificantes. Con estas medidas se pretende incentivar la generación de conocimiento sobre las características químicas de este mineral; las consecuencias que tiene en la salud humana; las fuentes de donde procede la contaminación por mercurio; la generación de métodos para la recuperación de sitios contaminados; las técnicas para el transporte, almacenamiento y tratamiento del mineral; el comercio nacional e internacional; la disminución o eliminación de los diversos productos que utilicen mercurio en alguna parte de su proceso de producción, entre otros aspectos.

#### *Implicaciones ambientales del mercurio*

Es importante explicar las implicaciones ambientales de la extracción y uso del mercurio ya que de ellas derivan los efectos que tiene este mineral en la salud humana (Figura 1.6.).

Existen dos tipos de contaminación por mercurio al medio ambiente; una de ellas es la contaminación natural que representa un tercio del total de la contaminación, y la otra es la contaminación por actividades antrópicas. Entre las causas de la contaminación por mercurio ocurrida de manera natural, se encuentran las erupciones volcánicas, las emisiones de fuentes geotérmicas, y la erosión de rocas y suelos (Weinberg, 2007: 10). La contaminación por mercurio a partir de actividades antrópicas se produce principalmente por la quema de combustibles fósiles, en la minería artesanal de oro, por la utilización del mercurio como catalizador o alimentador en la fabricación de productos químicos, y en la incineración de residuos médicos (Gaioli, Amoedo y González, 2012: 260).

**Figura 1.6. Contaminación por mercurio en el medio ambiente**



Fuente: elaboración propia con base en Weinberg, 2007.

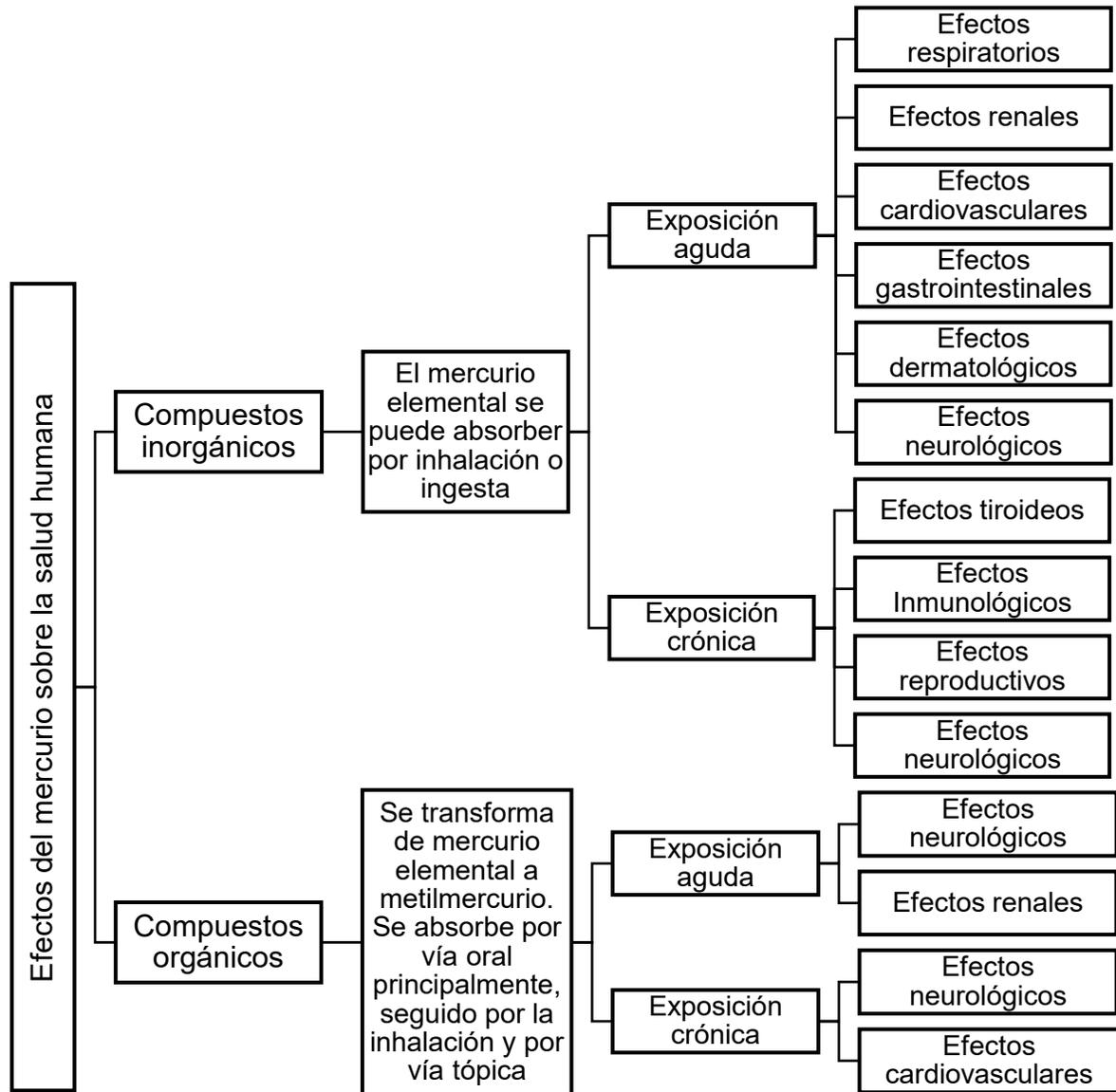
### *Implicaciones del mercurio en la salud humana*

La peligrosidad del mercurio en el ser humano son sus altos niveles de toxicidad, así como la acumulación que va generando en diferentes órganos vitales, produciendo problemas a corto y largo plazo.

También hay que considerar que según el tipo de exposición que se tenga es el nivel de riesgo que se adquiere. Su nivel de toxicidad depende de su forma química, la concentración, la duración de la exposición, la vía por la que fue expuesta la persona o personas y su nivel de vulnerabilidad en el momento de la exposición (Ibid., 2012: 260).

Las principales fuentes de exposición del ser humano a este mineral son: la minería artesanal de oro y el consumo de peces y mariscos, principalmente los que van en lo alto de la cadena alimenticia, como lo son el tiburón, el pez espada, la sierra y el blanquillo, ya que el metilmercurio se bioacumula y biomagnifica en ellos. Dependiendo de la cantidad de ingesta, es el nivel de exposición, sin embargo, no se recomienda el consumo a mujeres que busquen quedar embarazadas, o a las que ya lo están, ni a las que se encuentren en periodos de lactancia, o durante los primeros años de la niñez (Weinberg, 2007: 27).

**Figura 1.7. Efectos del mercurio sobre la salud humana**



Fuente: elaboración propia con base en Gaioli, Amoedo y González, 2012.

La Figura 1.7. muestra qué tipo de efectos en la salud pueden derivarse a partir del tipo de compuesto de mercurio que se ingiera y el tipo de exposición que se tenga.

Los efectos de los compuestos inorgánicos, se puede dividir según se trate de exposición aguda o exposición crónica. Entre los efectos derivados de una exposición aguda se tienen efectos respiratorios como la neumonitis química, el edema agudo de pulmón, la bronquiolitis necrosante, la insuficiencia respiratoria e

incluso la muerte; entre los efectos renales están el síndrome nefrótico, la necrosis tubular y la insuficiencia renal; los efectos cardiovasculares son la hipertensión arterial, la taquicardia y la insuficiencia cardíaca; entre los efectos gastrointestinales destacan: un sabor metálico en la boca, salivación, disfagia, náuseas, diarrea, hemorragia digestiva y shock hipovolémico; los efectos dermatológicos son acroдинia, hiperhidrosis, prurito, exantema y artralgias; los efectos neurológicos más frecuentes son alteraciones cognitivas, sensoriales, motoras y neuroconductuales. Mientras que derivados de una exposición crónica se tienen efectos de tipo tiroideo donde disminuye la T3 y aumenta el coeficiente T4/T3; efectos inmunológicos como alteraciones en las poblaciones linfocitarias y aumento en los niveles de inmunoglobina E; efectos reproductivos, ya que es asociado con un aumento en el número de abortos y dismenorrea; los efectos neurológicos pueden ser alteraciones neuropsiquiátricas como ataques de pánico, ansiedad, labilidad emocional, trastornos de la memoria, insomnio, anorexia, fatiga, disfunción cognitiva y motora, así como alteraciones neuromusculares y polineuropatías (Ibid., 2012: 261).

Los efectos de los compuestos orgánicos también dependen si se derivan de una exposición aguda o una exposición crónica al mercurio. Entre los efectos de la exposición aguda se tienen los de tipo neurológico como la parestesia, ataxia, sordera, alteraciones visuales, temblores, espasticidad muscular e incluso la muerte; y los de tipo renal como necrosis tubular aguda, y glomerulonefritis que puede evolucionar a insuficiencia renal. Mientras que por exposición crónica se tienen los efectos de tipo neurológico, principalmente en las etapas más vulnerables del ser humano (feto y niñez), que es cuando produce alteraciones cerebrales estructurales y funcionales, tales como el autismo, y la exposición de un bebé lactante al mercurio y sus derivados puede generar una disminución en el coeficiente intelectual y retardo mental; en cuanto a los efectos cardiovasculares sobresale la hipertensión arterial en la niñez, para aquellos infantes expuestos al mercurio en la etapa prenatal (Ibid., 2012: 262).

#### 1.4. Antecedentes de trabajos elaborados sobre la minería del mercurio.

En este apartado se examinan algunos de los trabajos que se han realizado sobre la minería desde diferentes perspectivas, partiendo desde 1980 a la actualidad, siendo este un periodo mayor al de la temporalidad que abarca esta tesis, para así poder vislumbrar los diferentes enfoques que se han tenido sobre esta problemática. Se analizan trabajos de minería en general a nivel nacional e internacional, así como más específicamente del estado de Querétaro. También se revisan trabajos particularmente de la minería de mercurio a escala nacional, luego del estado de Querétaro (Región Minera de Mercurio) y se finaliza con trabajos acerca del municipio de Peñamiller.

##### Trabajos sobre minería a nivel internacional

Entre las obras examinadas tenemos los geográficos - históricos sobre la minería a nivel internacional, como el de Leonardo Mazzei (1998), titulado *Expansión de gestiones empresariales desde la minería del norte a la del carbón, Chile, Siglo XIX*, publicado por el Boletín de Historia y Geografía de Chile, en donde el autor intenta determinar el papel que tuvieron las mineras carboníferas en la integración de economías regionales en Chile en el siglo XIX, a partir de las vinculaciones empresariales que se dieron alrededor de esta actividad, principalmente en el norte del país y la región de Concepción.

Un trabajo de tipo histórico es el de Claudia Leal (2009), titulado *La compañía minera Chocó Pacífico y el auge del platino en Colombia, 1897 – 1930*, publicado por la Revistas Uniandes, en donde la autora explica la historia minera del platino en Chocó, y la situación regional en cuanto al otorgamiento de títulos de propiedad privada a empresas extranjeras por parte del Estado, para poder extraer este mineral sin proporcionar regalías.

Entre los trabajos sobre la salud vinculada a la minería está el de Édgar Velandia y Juan Muñoz (2004), titulado *Factores de riesgo de carga física y diagnóstico de alteración osteomuscular en trabajos de minas de carbón en el valle de Ubaté*, publicado por la Revista de Ciencias de la Salud de Bogotá, Colombia; en el cual

los autores evalúan las condiciones de salud tanto generales como osteomusculares de los mineros de carbón a partir de las actividades que llevan a cabo.

Otro trabajo desde de la perspectiva de la salud es el de Jairo Téllez, Mary Carvajal y Ana Gaitán (2004), titulado *Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres*, publicado por la Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia; en el cual habla de diversos casos en diferentes países sobre las enfermedades que genera el cromo en el ser humano, pero se avoca principalmente en la actividad industrial de curtiembres en Bogotá, donde se utiliza cromo en el proceso, por lo que la población se ve en constante exposición, produciéndose graves problemas en la salud.

Entre los trabajos ambientales y la minería se encuentra el de Yamir Torres, María Rodríguez, Ramona Oviedo y Ricardo Herrera (1998), titulado *Ecotecnologías para la rehabilitación de áreas afectadas por la minería en Moa*, publicado por el Instituto de Ecología y Sistemática de la Habana, Cuba; en el cual se habla de propuestas técnicas-metodológicas para rehabilitar zonas de bosques que ya han sido afectadas por la minería.

Otro trabajo de tipo ambiental es la tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de Liset Rodríguez (2018), titulada *Evaluación ambiental de la calidad del agua de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado El Triunfo de la región Madre de Dios – 2016*, llevada a cabo en Perú, en el cual evalúa la calidad del agua en tres pozas identificando los niveles de concentración de metales pesados en esta, de las cuales los pobladores utilizan agua para el consumo humano y para practicar actividades económicas como la pesca.

También se identificaron trabajos geológicos como el de José Artero (1986), titulado *Síntesis geológico – minera de la provincia de Almería*, en el cual explica cómo se fue generando la geología – tectónica de la región donde se encuentra Almería, España y un estudio más detallado de las zonas mineralógicas.

## Trabajos sobre minería a nivel nacional

Entre los estudios históricos de la minería en México se encontró el de Carlos Aguirre (1990), titulado *Mercado interno, guerra y revolución en México: 1870 – 1920*, en donde el autor analiza la formación del mercado nacional antes, durante y después de la revolución, para así poder entender que sucedió con las inversiones extranjeras y nacionales en el sector minero, los niveles de producción, las zonas en que se paralizó la producción minera, incluso los niveles de violencia que sufrió el país en esa época y cómo influyó la violencia en los anteriores aspectos.

Otra investigación de tipo histórico es el de Mónica Blanco (1999), titulado *La inversión extranjera en la minería Guanajuatense y sus repercusiones, 1905 – 1914*, en el cual describe las características que tuvo la inversión de capital extranjero (principalmente norteamericano) en el estado de Guanajuato en el periodo 1905 – 1914, tales como la inversión de capital y el empleo de nuevas tecnologías, así como el impacto económico que tuvo la llegada de estas nuevas empresas.

También destaca el estudio de Francisco González y Antoni Camprubí (2010), titulado *La pequeña minería en México*, en el cual explica lo que es el pequeño minero o “gambusino”, su situación legal, así como los apoyos gubernamentales que se les otorgan, el papel que desempeñan en la economía mexicana y las implicaciones socio-económicas que tiene en estos mineros la entrada de grandes empresas transnacionales a competir por los espacios y la extracción de los minerales.

Un trabajo relacionado con temas de la salud y minería es el de Jesús Mejía, Leticia Carrizales, Verónica Rodríguez, María Jiménez y Fernando Díaz (1999), titulado *Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras*, en el cual los autores hacen una propuesta metodológica para evaluar el nivel de salud de la población de zonas mineras y que de esta forma se tomen medidas públicas bien informadas. Utilizaron como zona de estudio el municipio de Villa de la Paz en el estado de San Luis Potosí.

Entre los estudios sobre minería y medio ambiente se encontró la tesis de maestría en Ciencias en manejo de recursos marinos de Román Ahumada (2017), titulada *Identificación de residuos tóxicos mineros por percepción remota y su verificación geoquímica en El Triunfo (BCS): Propuesta metodológica para priorizar acciones de restauración*, en el cual identifica y georreferencia desechos mineros, a partir de diversas metodologías como el análisis de imágenes satelitales, para poder determinar los niveles de contaminación derivados de la minería y cómo estos son un riesgo para la salud humana de los pobladores.

Otra investigación de tipo ambiental asociado a la minería es el de Ivonne Posada (2011), con su tesis de maestría en Ciencias en manejo de recursos marinos, la cual se titula *Geoquímica ambiental del distrito minero San Antonio, sedimentos de los arroyos de la cuenca de San Juan de los Planes y plataforma continental de bahía La Ventana, BCS, México*, en el cual se intenta identificar el impacto ambiental derivado de la minería desarrollada en el distrito minero de San Antonio y sus alrededores, por lo que el nivel de degradación ambiental se determinó a partir de estudios granulométricos y de identificación de sustancias minerales en los sedimentos de arroyos de la cuenca de drenaje de San Juan de Los Planes y de playa, duna y plataforma continental de Bahía La Ventana.

Entre las obras que analizan la minería desde la perspectiva geográfica, destaca el de Atlántida Coll-Hurtado, María Sánchez-Salazar y Josefina Morales (2002), titulado *La minería en México, geografía, historia, economía y medio ambiente*, en el cual describe la historia minera en México a partir de la Colonia y cómo esta actividad fue evolucionando, así como las diversas regiones metalogenéticas del país, el papel que tiene la minería a nivel económico e incluso los impactos ambientales que generan los diversos tipos de minería.

Otro libro de enfoque geográfico es el de Atlántida Coll-Hurtado y María Sánchez-Salazar (1999), titulado *México: Globalización y espacios mineros*, en donde explica el proceso de globalización en el que se ha visto inmerso el país, no solo como nación sino también como una región (América del Norte) y cómo a partir de ciertas políticas y reformas (principalmente económicas) que cumplen con las visiones

neoliberales, se han abierto los mercados para una inversión extranjera mayoritaria, y cómo la actividad minera en México es una de las más afectadas por estos cambios.

Existen también trabajos de orientación económica sobre la minería como el de Raúl Delgado y Rubén Del Pozo (2001), titulado *Minería, estado y gran capital en México*, en donde intenta explicar los procesos histórico económico-políticos del país, los cuales dieron paso a que las empresas mineras mexicanas se volvieran las principales inversoras en esta actividad, no solo en México, sino en América Latina.

Otro estudio con perspectiva económica es el de Roberto Quintana (2014), titulado *Actores sociales rurales y la nación mexicana frente a los megaproyectos mineros*, en el cual el autor habla de los procesos de acumulación por despojo que se ha dado en las últimas décadas en México, al usurpar las tierras a los campesinos e indígenas por parte de transnacionales, y cómo el propio Estado legitima esta situación, interponiendo los intereses personales y de las grandes empresas sobre el bienestar de la población.

#### Trabajos sobre minería en el estado de Querétaro

Entre los trabajos que existen sobre la minería, particularmente del estado de Querétaro, se encontraron algunos de corte ambiental como el de José Santos, Jhonnatan Coria, José Huezco y Geovanni Rodríguez (2013) titulado *Influencia de jales mineros sobre el río Maconí, Querétaro, y evaluación del proceso de atenuación natural por dispersión*, en el cual evalúan la dispersión física de los jales a partir de los depósitos y la influencia que tienen sobre el río Maconí, pudiendo tener esta dispersión un impacto negativo a nivel ambiental en la zona.

También existen estudios de tipo geológico como el de Rafael Ramírez (2016), que es una tesis de licenciatura en Ciencias de la Tierra, titulada *Geología y evaluación del yacimiento de mármol blanco “Los Trejo” delegación El Doctor, municipio de Cadereyta, Querétaro*, en el cual el autor describe la geología regional donde se encuentran los yacimientos de mármol en Querétaro, pero haciendo un mayor énfasis en la zona de estudio, que es el yacimiento “Los Trejo”.

## Trabajos sobre minería de mercurio en México

Entre las publicaciones referentes a la minería de mercurio a escala nacional, está la de María Romero (2000), titulado *El mercurio y la producción minera en la Nueva España (1810-1821)*, en el cual la autora hace una recopilación de datos sobre el financiamiento, transporte y asignación del azogue a los diferentes tipos de minería de la época, teniendo como contexto la guerra de independencia, la cual influyó en las diversas actividades económicas que se practicaban en el país, pero particularmente a la minería, ya que la organización de la producción así como las formas de distribución se vieron afectadas por este conflicto.

Entre los trabajos antropológicos tenemos el de Luis Barba y Alberto Herrera (1986), titulado *San José Ixtapa: Un sitio arqueológico dedicado a la producción de mercurio*, en el cual estudian diversos elementos arqueológicos que se encontraron en la zona, para determinar si existió algún tipo de actividad relacionada con el mercurio en este sitio, ya que se sabe que en esa región se llegaba a producir mercurio a partir del beneficio del cinabrio.

Un estudio con enfoque ambiental es el realizado por Mario Yarto, Arturo Gavilán y José Castro (2004), titulado *La contaminación por mercurio en México*, el cual da un panorama general del mercurio (composición física, química y los compuestos del mercurio), las fuentes de contaminación y la producción de este mineral, así como la normatividad que existe sobre su manejo.

También se encontró un informe de José Castro (2011), titulado *Informe sobre el mercado del mercurio en México*, el cual muestra un panorama general de la situación política-económica-ambiental del mercurio tanto a escala internacional, así como el nacional, para así poder determinar los niveles de producción y demanda en los diferentes mercados, de esta forma, el autor termina dando recomendaciones en cuanto a la producción y manejo de este mineral, así como el uso alternativo de otros minerales.

Otro de los informes fue elaborado por José Castro (2013), titulado *Evaluación de los suministros de mercurio primario y secundario en México*, el cual tiene como

propósito estimar los suministros de mercurio primario y secundario en el país, generados a partir de diferentes fuentes y residuos, para así poder determinar si es económicamente viable poder obtener este mineral como reciclaje.

Sobre el mercurio y la salud se encontró la investigación de Abraham Ramírez (2014), que es una tesis de maestría en Ciencias en Salud Pública, titulada *Presencia de mercurio en pescado fresco que se comercializa en el área metropolitana de Monterrey*, en la cual intentan determinar si existe presencia de mercurio y sus niveles en el pescado (específicamente mojarra, bagre, róbalo y pez sierra) que más se consume en el área metropolitana de Monterrey, para poder determinar si los niveles están dentro del rango de “aceptable” para el consumo humano.

También hay un estudio sobre el convenio de Minamata y las normatividades que existen en México sobre el mercurio, elaborado por Eric Ferat (2017), que es su tesis de maestría en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad, titulada *Convenio de Minamata y la regulación del mercurio en México*, en el cual analiza lo estipulado en el convenio y lo compara con las normatividades ya existentes en el país para determinar si existe congruencia entre lo ratificado internacionalmente y lo que se regula nacionalmente.

#### Trabajos sobre minería de mercurio en Querétaro (Región Minera de Mercurio)

Existen trabajos de orientación ambiental, como el de Juan Rivera (1996), que es su tesis de licenciatura en Químico Metalúrgico, la cual se titula *Determinación de mercurio en aguas de irrigación y consumo humano, en regiones mineras del Estado de Querétaro*, en donde se analizan diversas muestras de agua que se utiliza para el riego y, por lo tanto, que se terminará consumiendo por el ser humano a partir de la producción agrícola, en los municipios de Cadereyta de Montes, Peñamiller y San Joaquín, y así compararlos con datos de los valles de Querétaro, y determinar si los valores registrados están dentro de lo permitido por las normas, según los gobiernos municipales del estado de Querétaro.

También está la investigación de Rocío Navarro (2009), que es su tesis de licenciatura en Química Farmacéutica Bióloga, la cual se titula *Estudio de los suelos contaminados con mercurio del estado de Querétaro, sus especies y ensayos de biodisponibilidad*, en el que determina los niveles de biodisponibilidad del mercurio en suelos de Pinal de Amoles y San Joaquín, Querétaro, para poder establecer si representan una amenaza para el medio ambiente y para la salud de la población. Concluye que los niveles de concentración de mercurio son elevados, sin embargo, por el tipo de compuesto de mercurio que se encontró, no es un riesgo para la salud y el medio ambiente.

Otro estudio de tipo ambiental es el de Claudia Jiménez (2011), con su tesis de maestría en Ciencias, la cual se titula *Contribución al estudio de las emisiones de Hg en la zona minera de San Joaquín, Querétaro*, en el cual se hacen mediciones de mercurio gaseoso elemental (Hg) en la zona de estudio, por lo que concluye cuales pueden ser las afectaciones de tipo ambiental y en la salud. Entre las afectaciones se encuentra la inhalación excesiva de mercurio en la población, deposición de éste en cultivos de autoconsumo, agua y suelos en general.

Siguiendo en la línea de los trabajos ambientales está el de Gilberto Hernández, Rocío García, Sara Solís, Sergio Martínez, Italia Mercado, Martha Ramírez, Péter Scharek y Gregorio Solorio (2012), titulado *Presencia del Hg total en una relación suelo-planta-atmósfera al sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México*, el cual estudia principalmente el municipio de San Joaquín, con el objetivo de identificar las formas de dispersión del Hg, tanto en suelo, sedimento y terreros, así como determinar el vínculo que existe entre el suelo, el maíz, el agua de lluvia y el vapor de Hg, y sus cantidades.

Asimismo está el estudio de Sandra Martínez (2013), con su tesis de licenciatura en Química, la cual se titula *Estudio bio-geoquímico del mercurio, presente en suelos de origen minero en San Joaquín, Querétaro*, en donde se analizan muestras de suelo para calcular los niveles de concentración total y los tipos de mercurio que pueden existir en las diferentes muestras, para así poder determinar si existe algún

riesgo ambiental o de salud, determinándolo a partir de los niveles aceptables según normas de SEMARNAT.

La tesis de doctorado en Ciencias de la Tierra de Norma Hinojo (2013), titulada *Determinación de gas radón y mercurio como contaminantes dispersos en el suelo en la región de la Sierra Gorda San Joaquín, Querétaro*, también corresponde a la temática ambiental, ya que a partir del análisis de pruebas en el suelo mineralizado de San Joaquín, se determinan los niveles de contaminación de gas radón y mercurio, generados a partir de las minas en este municipio, y así poder definir si generan daño ambiental y/o en la salud humana. Determina que existen altas concentraciones de mercurio, principalmente en las inmediaciones de minas (100 m.) y su transportación a partir del agua y el aire, lo vuelven un riesgo para la salud humana.

Otro trabajo ambiental es el de Rodrigo Martínez (2015), con su tesis de maestría en Ciencias de la Tierra, titulada *Fraccionamiento de suelos contaminados con mercurio en el sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México*, en donde el autor realiza pruebas de fraccionamiento en los suelos que son de uso agrícola y forestal de la zona de estudio, para así determinar los niveles de mercurio presentes en los suelos.

También se encontró un estudio sobre el mercurio y la salud, que es la tesis de licenciatura en Química, de Isela Martínez (2016), titulada *Determinación de mercurio en cabello de dos poblaciones, una al sur de la zona metropolitana de la Ciudad de México (Ciudad Universitaria) y otra de la región minera de San Joaquín, Querétaro*, en la cual intenta hacer una comparación en los niveles de bioacumulación a partir de análisis del cabello de dos poblaciones completamente distintas, teniendo en cuenta que en un poblado (San Joaquín) existe una larga historia de minería de mercurio, mientras que en la otra zona, se estudiará a población estudiantil, que aunque pueda tener contacto con este mineral, se esperaba que sería en menor proporción.

Se determinó que, en las dos muestras, los niveles de mercurio se encontraban por arriba de los límites establecidos por agencias tanto nacionales como

internacionales relacionadas a la salud, en el caso de los estudiantes rebasaba el nivel a una o dos veces del límite establecido, mientras que la población de San Joaquín lo rebasaba hasta en cinco veces el límite. Uno de los principales factores para obtener altos niveles de este mineral son tratamientos capilares como tintes y aclaradores, así como el consumo constante y elevado de mariscos.

Entre los trabajos antropológicos, está el de Elizabeth Mejía y Alberto Herrera (2013) titulado *Minas y mineros: presencia de metales en sedimentos y restos humanos al sur de la Sierra Gorda de Querétaro en México*, donde los autores pretenden determinar si en la época prehispánica existió algún tipo de contaminación ambiental, y a su vez, alguna afectación en la salud de la población de la Sierra Gorda Queretana, a partir de la minería de cinabrio y mercurio en la zona. Este estudio se basa en análisis toxicológicos y de bioacumulación en restos humanos que se han encontrado en la zona y que se han datado de épocas prehispánicas, así como un análisis biogeoquímico de sedimentos asociados a minas de diversas épocas. Entre los resultados, se encuentra un mapa de distribución de localidades arqueológicas y minas de diversas épocas.

Otro estudio antropológico es el de Ezequiel Trejo (2011), que es su tesis de licenciatura en Antropología, titulada *Proceso de trabajo de la minería de mercurio en San Joaquín, Querétaro*, donde explica la historia que se ha tenido en la zona sobre la minería de mercurio y cinabrio, los usos que tuvo en cada época, para así poder explicar las técnicas que actualmente se utilizan para su extracción y beneficio, desde la perspectiva de la antropología social.

#### Trabajos sobre minería de mercurio en Peñamiller

De los pocos trabajos que se encontraron sobre la zona de estudio, se encuentra la tesis de maestría en Ciencias, de Carlos Baca (2014), titulada *Viabilidad territorial versus la minería en "La Plazuela", municipio de Peñamiller, Querétaro*, en la cual analiza procesos sociales, culturales, económicos y ambientales (tanto positivos como negativos) que se derivan de la actividad minera de la extracción del mercurio en la comunidad de La Plazuela, en el municipio de Peñamiller.

También se identificó un informe de la zona de estudio de Pascual Mota (2015), titulado *Exploración, explotación y beneficio de Mercurio (Hg) en la mina “La Fe (fracción B)” La Plazuela, Peñamiller, Querétaro*, en el cual se plantea las características particulares que conlleva una mina para la extracción de mercurio, como son la preparación del sitio, la construcción de obras y el abandono de estas. También plantea la situación legal y de normatividad que va ligada a este tipo de minería, para así posteriormente hacer un análisis de las cuestiones medioambientales (los impactos que está generando) y poder determinar si la mina cumple con todos los requisitos, y si no fuera el caso, cómo poder implementar medidas para que la mina pueda seguir trabajando conforme a la ley.

Hemos de destacar que, en cuanto a trabajos geográficos sobre la minería del mercurio, solo se encontró un trabajo, el cual evoca a la geografía del turismo en una de las minas de mercurio más importantes del mundo que se encuentra en Almadén, España.

No es de extrañar que no se encuentren trabajos geográficos sobre la minería de mercurio, ya que es un tipo de minería que ha ido disminuyendo con el tiempo, por lo que actualmente las minas son muy pequeñas, de las que no se tiene mucha información oficial, y no es un tema de conversación tanto a nivel político como social y de investigación. Es un tema a escala regional (por la localización de las minas), que se ha visto afectado por cuestiones de escala global.

## Capítulo 2.

### **Características físico-geográficas y socioeconómicas del municipio de Peñamiller en el contexto de la minería de la Región Minera de Mercurio en Querétaro.**

En este capítulo se presentan las características físico-geográficas de la *Región Minera de Mercurio* (RMM) en el estado de Querétaro a la que pertenece el municipio de Peñamiller, la cual abarca parte de la Sierra Gorda y el Semidesierto Queretano, ya que a partir del análisis de las condiciones geológico-tectónicas, se explica la presencia y la distribución geográfica de los yacimientos de mercurio en el municipio de Peñamiller, y de los rasgos distintivos de otros componentes biofísicos como el relieve, el clima, la hidrología, el suelo y la flora, así como los factores que favorecen o limitan el desarrollo -tanto de la minería como de otras actividades económicas- en dicho espacio geográfico. También se detalla la situación sociodemográfica y económica de la población en la zona de estudio en el contexto regional, para entender las condiciones de bienestar de los habitantes del municipio, como punto de partida para explicar las circunstancias actuales de la minería del mercurio en Peñamiller, como parte de la Región Minera de Mercurio en Querétaro.

#### **2.1. Características físico-geográficas del municipio de Peñamiller como parte de la Región Minera de Mercurio.**

La Región Minera de Mercurio (RMM) se delimitó a partir de las bases de datos que tiene el Servicio Geológico Mexicano, sobre los yacimientos y las minas que existen de este mineral en el estado de Querétaro. Es por lo que la RMM se conforma de cinco municipios que son: Cadereyta de Montes, Peñamiller, Pinal de Amoles, San Joaquín y Tolimán. Es claro que, por los objetivos de este caso de estudio, se hace mayor énfasis en el municipio de Peñamiller.

La Región Minera de Mercurio en el estado de Querétaro, se encuentra en la parte norte de la región fisiográfica del Semidesierto Queretano y en el sur de la Sierra Gorda.

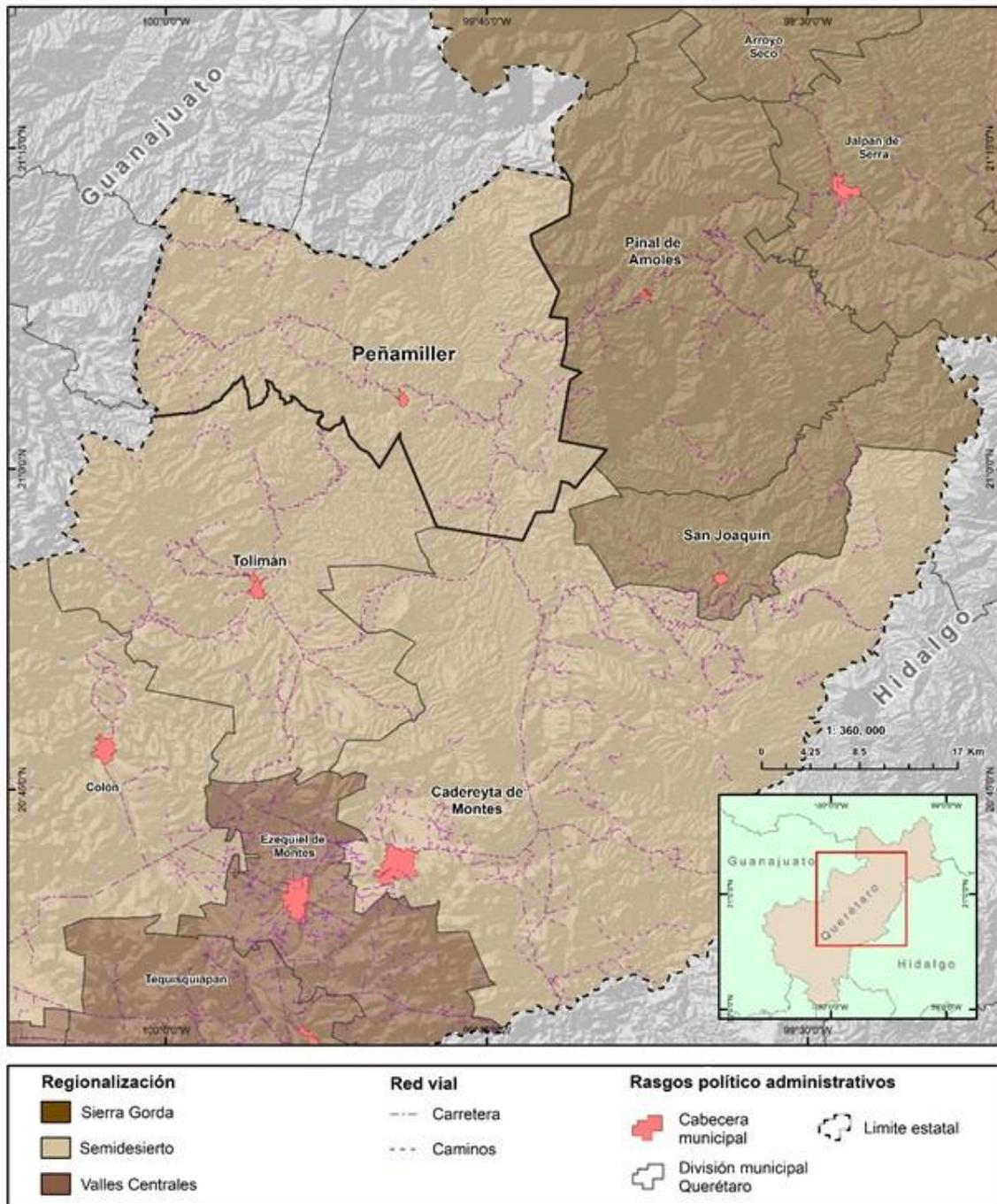
El Semidesierto Queretano posee características áridas originadas por la sombra de sequía que provoca la Sierra Madre Oriental, ya que es una barrera orográfica que impide que los vientos húmedos del Golfo de México lleguen a esta zona. Sus altitudes van de los 1300 a los 1700 msnm (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999: 20). Abarca a los municipios de Cadereyta de Montes, Colón, Peñamiller y Tolimán y cubre una extensión de 3415.6 km<sup>2</sup>, que representa el 29% de la superficie total del estado de Querétaro (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 1986).

La Sierra Gorda es parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental. Abarca a los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles y San Joaquín; con una extensión total de 3789 km<sup>2</sup>, equivalente al 32.2% de la superficie total del estado de Querétaro (Ibid.).

El municipio de Peñamiller se localiza al centro-oeste del Estado de Querétaro; tiene una superficie de 694.902 km<sup>2</sup>, que representa el 5.9% de la superficie total del estado (Gobierno municipal de Peñamiller, 2017). Este municipio se encuentra conectado por dos carreteras principales: por la red estatal libre se conecta con la capital del estado de Querétaro y tiene una dirección noreste, a través de la cual se vincula con el estado de San Luis Potosí; y la red federal libre que viene desde la Ciudad de México, pasando por la parte sureste del estado de Querétaro para llegar también al estado de San Luis Potosí. La cabecera municipal de Peñamiller se encuentra a 78 km lineales de la capital del estado de Querétaro, sin embargo, la carretera que lleva hasta este municipio (red estatal libre) es curvosa en una parte de su trayecto, por lo que son 120 km los que se recorren por esta carretera.

Se dice que este municipio representa la puerta de entrada a la Sierra Gorda, ya que su parte oriental se ubica en la vertiente sur de dicha serranía y forma parte del denominado Semidesierto Queretano (Figura 2.1.).

Figura 2.1. Localización geográfica de la Región Minera de Mercurio, Qro.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 1998, 2014, 2017.

### 2.1.1. Características físico-geográficas de la Región Minera de Mercurio: relieve, clima, vegetación y edafología.

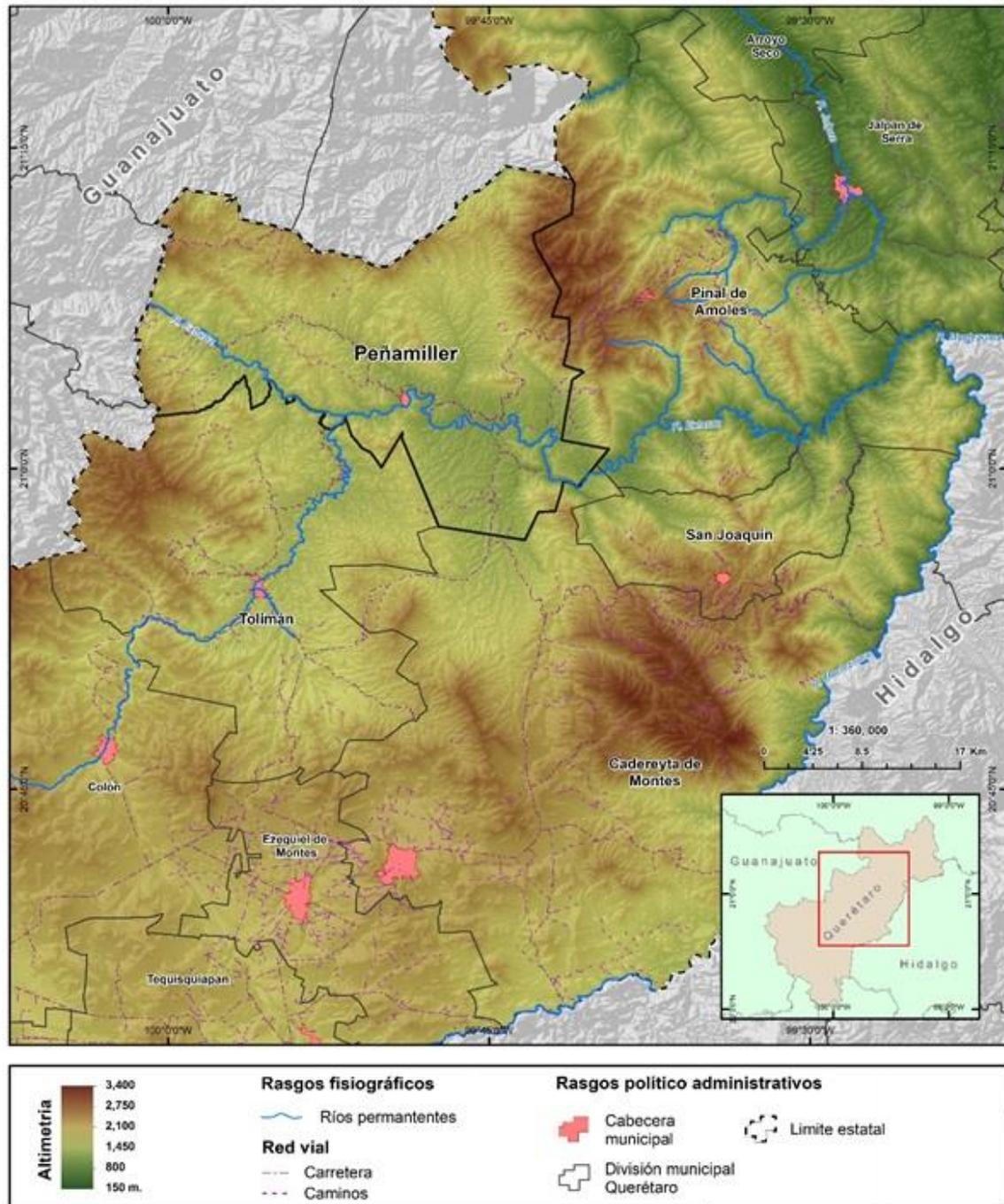
El proceso geológico de la Región Minera de Mercurio en el estado de Querétaro más evidente es el de la orogenia, causado por esfuerzos tectónicos compresivos y distensivos que dieron lugar a la formación de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (SEMARNAP, 1999: 20). La Sierra Madre Oriental tiene una extensión en el estado de Querétaro de 5000 km<sup>2</sup>.

Dentro de la subprovincia de la Sierra Madre Oriental se encuentra la Sierra Gorda, que pertenece a la región orográfica de la vertiente del Golfo de México (Ibid., 1999: 19). La topografía de la Sierra Gorda Queretana se considera abrupta ya que va de los 300 a los 3100 msnm, con una altitud media de 1300 y los 2400 msnm en su mayoría (Ibid., 1999: 20).

La Sierra Gorda pertenece a la región hidrológica del río Pánuco, y se divide en dos cuencas, el río Tambaón o Tamuín ubicado al noreste, y el río Moctezuma que sirve de límite entre los estados de Querétaro e Hidalgo y cuyo principal afluente es el río Extoraz, el cual cruza el municipio de Peñamiller (Gobierno del Estado, 1992, e Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1986, citado por SEMARNAP, 1999).

El municipio de Peñamiller cuenta con altitudes que van desde los 1280 a los 3000 msnm (Figura 2.2.). Las mayores elevaciones que tiene el municipio son parte de la Sierra Gorda, que atraviesa el norte del estado de Querétaro, así como el noreste de Hidalgo, este de Guanajuato y sur de San Luis Potosí.

Figura 2.2. Altimetría e hidrología de la Región Minera de Mercurio, Qro.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 1998,2014 y 2017.

En la Región Minera de Mercurio del estado de Querétaro predominan los climas áridos, principalmente el semiárido templado y el semiárido-semicálido, seguidos por los cálidos, principalmente el semicálido-subhúmedo con humedad media y en menor proporción semicálido-subhúmedo con humedad baja (Figura 2.3.).

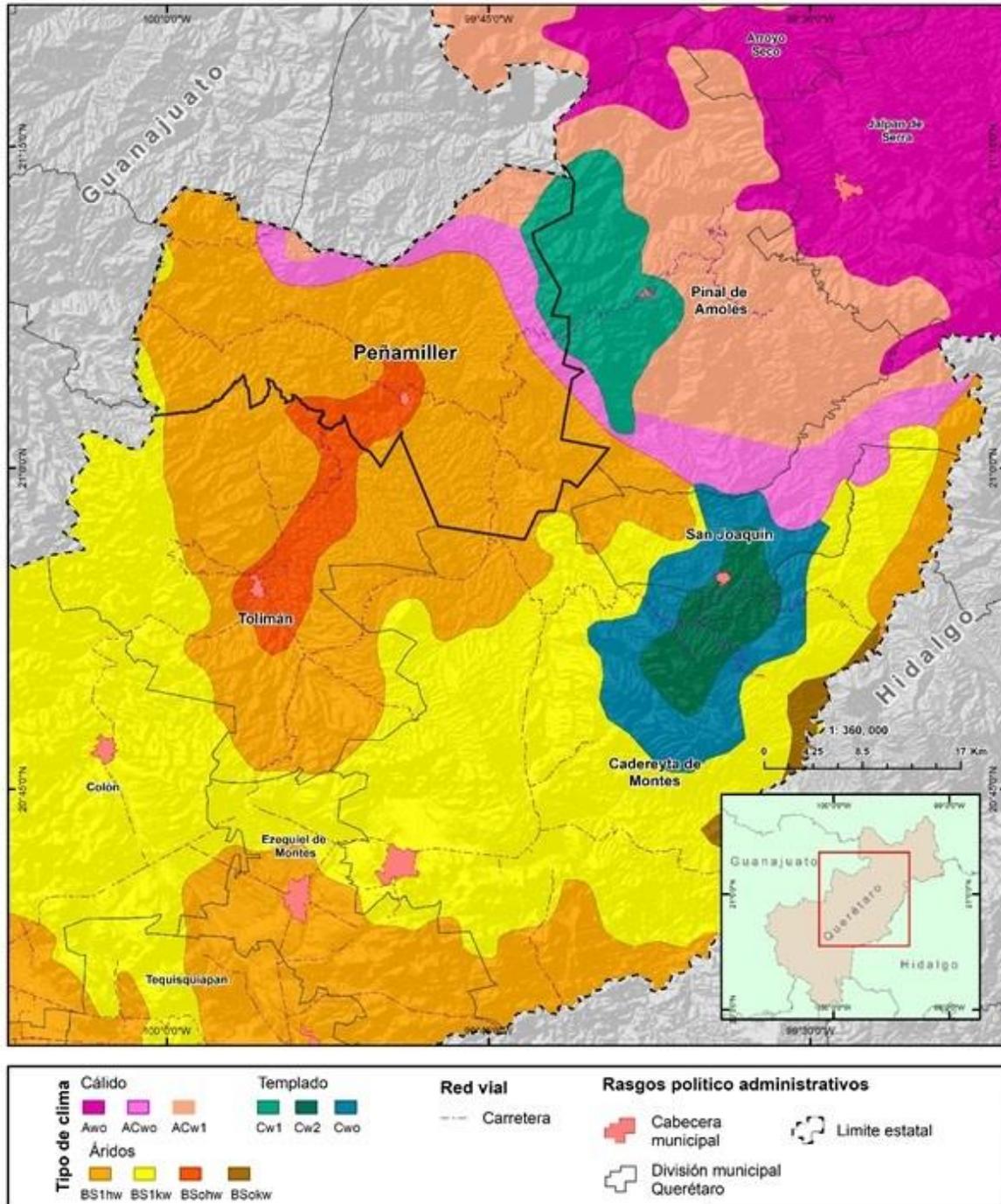
El clima semiárido templado se caracteriza por tener una temperatura media anual entre los 12 y los 18°C, con lluvias en verano. Mientras que el clima semiárido-semicálido se caracteriza por tener una temperatura media anual mayor a los 18°C, con lluvias en verano (García y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1998).

Para los climas áridos y semiáridos el tipo de agricultura que se puede llevar a cabo es de temporal con graves restricciones, esto significa que solo se da un ciclo agrícola en temporada de lluvia (INEGI, 2004:33).

El clima semicálido-subhúmedo con humedad media, tiene una temperatura media anual mayor a los 18°C, con lluvias en verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3. Mientras que el clima semicálido-subhúmedo con humedad baja tiene una temperatura media anual mayor a los 18°C, con lluvias en verano con índice de P/T menor de 43.2 (García y CONABIO, 1998)

Para el clima semicálido-subhúmedo con sus diferentes niveles de humedad, el tipo de agricultura puede ser de temporal con moderadas restricciones, ya que solo se pueden tener dos ciclos agrícolas: uno en temporada de lluvias y solo se necesitaría de riego eventual, y el segundo ciclo puede ser en temporada seca, pero se necesitaría de un riego casi completo. Los tipos de suelo que predominan en este tipo de climas son el luvisol y el acrisol (INEGI, 2004:33).

Figura 2.3. Climatología de la Región Minera de Mercurio, Qro.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI 2014, 2017 y CONABIO 1998.

En la Región Minera de Mercurio de Querétaro se puede observar que predomina la vegetación de tipo matorral, seguido del bosque de pino-encino y la vegetación secundaria (Figura 2.4.).

El tipo de matorral que se encuentra en esta región es matorral submontano, suele presentarse en altitudes de los 1500 a los 1700 msnm, en un clima de tipo seco estepario, desértico y templado; esta vegetación es de tipo arbustiva y puede ser densa, está formada por especies inermes o espinosas, caducifolias por un periodo corto del año (INEGI, 2014:55).

El bosque de pino-encino es característico de zonas montañosas en México. Suele encontrarse en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y la Sierra Madre del Sur. También suele presentarse en altitudes de 1200 a 3200 msnm, en climas de tipo templado, semifrío, semicálido, cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano. La vegetación es perennifolia y caducifolia (Ibid., 2014: 34).

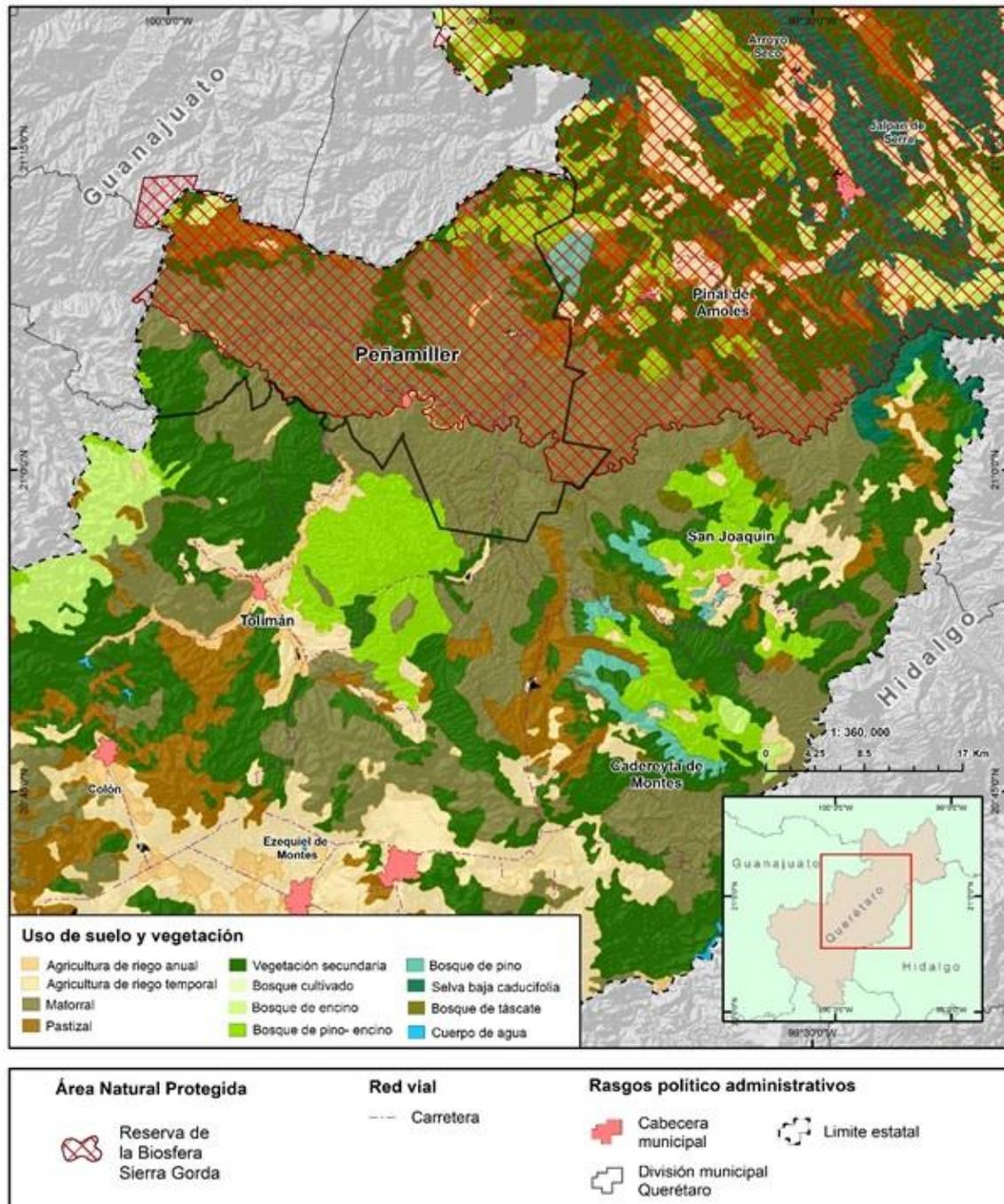
La vegetación secundaria es resultado de la alteración o modificación natural de la vegetación original, que puede ser provocada por algún evento extraordinario, como huracanes, incendios, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, entre otros, por lo que la composición y estructura florística se ven modificadas (Ibid., 2014: 15).

En la RMM del estado de Querétaro también se encuentra la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, ubicada al norte del estado, cuya superficie representa el 32.02% del territorio total del estado. También abarca algunas áreas de los estados de San Luis Potosí, Guanajuato e Hidalgo.

Entre las particularidades de esta reserva es que en ella se encuentran especies tanto vegetales como animales que son endémicas y que se encuentran enlistadas como amenazadas, raras, en peligro de extinción o sujetas a protección especial. También cuenta con recursos hídricos de gran valor, ya que en ella se ubican los

tres grandes afluentes que forman el río Pánuco: el río Moctezuma, el río Extóraz y el río Santa María (SEMARNAP, 1999: 11).

**Figura 2.4. Uso de suelo y vegetación en la Región Minera de Mercurio, Qro.**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI 1998,2013,2014 y 2017.

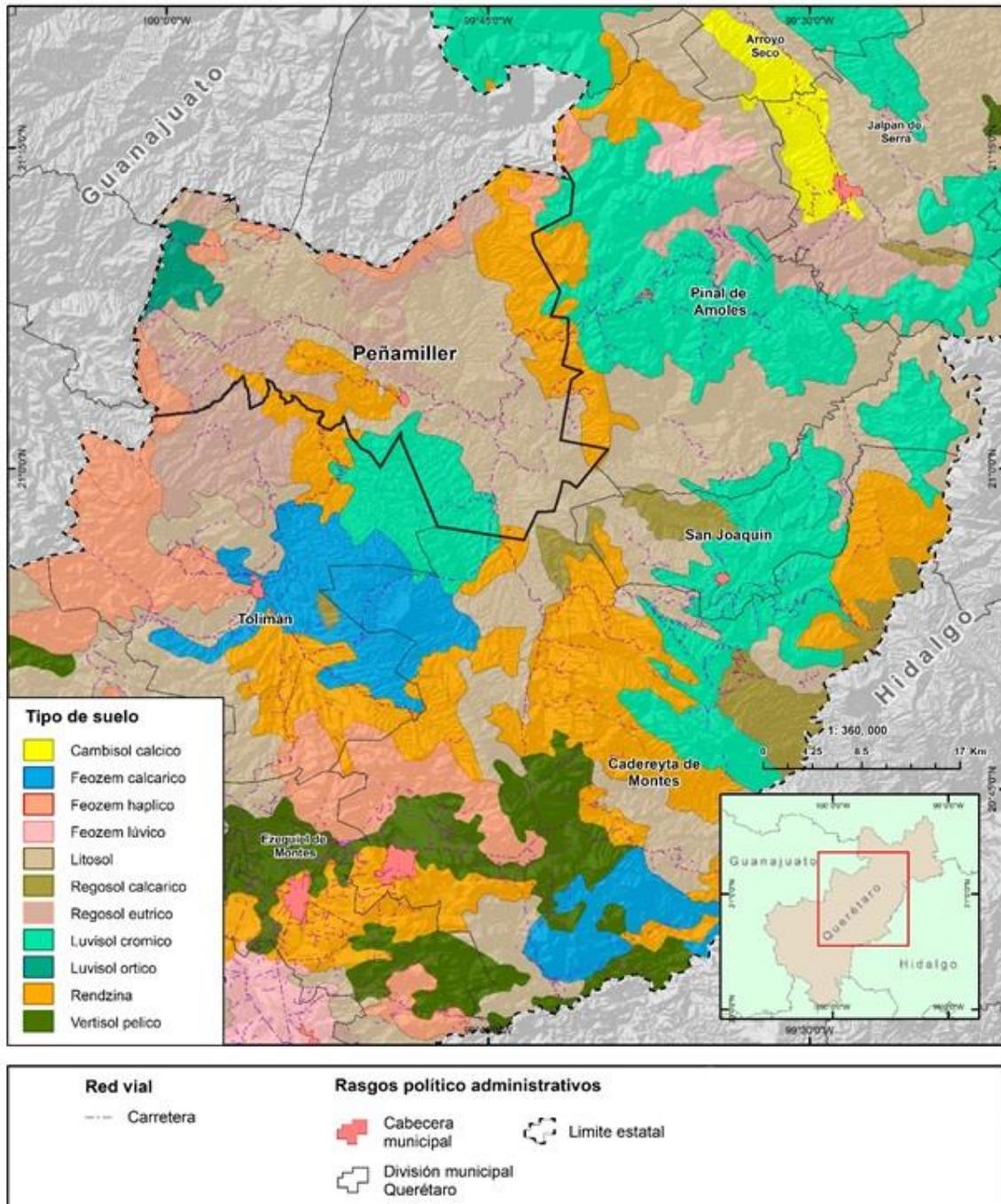
En la Región Minera de Mercurio del estado de Querétaro, predomina el tipo de suelo litosol, seguido por el luvisol crómico y la rendzina (Figura 2.5.).

Los litosoles se caracterizan por ser suelos rocosos, de tepetate o caliche endurecido, con una profundidad menor de 10 cm, se encuentran en gran parte del país por lo que están en cualquier tipo de clima. Se pueden utilizar para el pastoreo no intensivo y para la agricultura del maíz o de nopal, mientras tengan acceso suficiente al agua (INEGI, 2004: 16).

Los luvisoles se caracterizan por un alto contenido de arcilla en el subsuelo y en menor cantidad en lo superficial. Tienen como origen, un material parental de componentes no consolidados y por depósitos eólicos, aluviales y coluviales. Se encuentran en zonas llanas o de poca pendiente y en regiones templadas a cálidas. Este tipo de suelos son aptos para una gran variedad de agricultura, ya que son suelos fértiles (FAO, 2007: 85).

Las rendzinas son suelos someros arcillosos, su primera capa es abundante de materia orgánica, pero con gran pedregosidad, y suelen estar sobre roca caliza o materiales ricos en cal, por lo que son muy fértiles pero muy susceptibles a la erosión. Se encuentran en climas semiáridos, templados o tropicales (INEGI, 2004: 19).

Figura 2.5. Edafología de la Región Minera de Mercurio, Qro.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI 1998, 2014, 2017 y CONABIO 1995.

### 2.1.2. Características geológico-tectónicas regionales y su relación con los yacimientos de mercurio.

La provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (SMO) corresponde a una cordillera de más de 800 km de longitud, constituida en su mayoría por rocas sedimentarias marinas. Presenta un frente tectónico bien definido hacia la planicie costera del Golfo de México. Limita al sur con la FVTM (complejo producto de la subducción de la placa de Cocos y de Rivera con la placa Norteamericana) y termina al NW hasta el centro de Chihuahua y Coahuila.

Su relieve es resultado de la deformación tectónica de rocas mesozoicas y el basamento heterogéneo (constituido en su mayoría de rocas metamórficas gneis, esquistos, sedimentos del Paleozoico o lechos rojos) consecuencia de la Orogenia Laramide producto de esfuerzos compresivos en dirección NE (Eguiluz, Aranda y Marett, 2000), proceso geológico que se mantuvo activo durante el Cretácico superior hasta el Paleoceno de la era Cenozoica.

Estructuralmente, la SMO está compuesta de pliegues sinclínicos y anticlínos, cabalgaduras, fallas normales y laterales con dos principales estilos de deformación, el primero denominado *thin skinned* (relacionado con el fallamiento normal e inverso únicamente de la porción superficial de la cubierta sedimentaria marina del Jurásico) y la segunda denominada *thick skinned*, el cual se manifestó por la reactivación de fallas del basamento generadas durante la apertura del Golfo de México ocurrida en el Triásico-Jurásico (Chávez, 2016); dicho movimiento fue consecuencia de la convergencia de la placa Farallón por debajo de la Norteamericana con impacto tanto en la región de trincheras como en la porción meridional de la placa continental a causa del bajo ángulo de subducción (Padilla, 1982; Padilla, 2007).

Un evento de relevancia para la formación de la SMO es la separación del supercontinente Pangea, que inicia en el área del Golfo de México. Se manifiesta con la presencia de lechos rojos localizados estructuras de extensión (*horsts* y *grabens*) que afectaron de igual manera el basamento premesozoico de la SMO. El

desplazamiento del supercontinente culmina en el Jurásico Superior, mientras que el proceso de apertura del golfo culmina en el Jurásico Medio Tardío, durante este periodo, la sedimentación continental es condicionada por procesos tectónicos distensivos, mientras que las variaciones en el nivel del mar tienen como consecuencia la depositación de grandes paquetes de evaporitas; a este periodo le siguió una época estable en las condiciones tectónicas hasta el Cretácico Temprano, con la formación de extensas plataformas carbonatadas calizas y margas, intercaladas con lutitas, y otras rocas sedimentarias como limolitas y areniscas (Padilla, 2007). Es importante mencionar que la actividad tectónica de la SMO implicó distintos mecanismos de deformación. En la porción sur, la relación con la acreción del Terreno Guerrero con el inicio del plegamiento “sugieren que la acreción del Terreno Guerrero influyó de manera importante en la generación de la deformación de la cadena plegada” y al norte “la existencia de una gruesa secuencia evaporática en la base de la cobertura sedimentaria marina en el NE de México... y la ocurrencia dominante de pliegues de despegue, sugiere que la deformación debió ser controlada por despegues regionales” (Chávez, 2016).

Morfológica y estructuralmente, la SMO se encuentra dividida en cuatro subprovincias: la sierra del norte, las sierras atravesadas, la sierra alta y la sierra baja. El área de estudio se localiza mayormente en la subprovincia de las Sierras altas dominadas por rocas calizas del Mesozoico (Formaciones El Doctor y Tamaulipas) que conforman grandes anticlinales con diaclasas, fracturas, fallas normales de mediana extensión y cabalgaduras, cañones y gargantas; y las Sierras bajas que mantiene las mismas características estructurales que la anterior con un predominio de rocas calizas y calizas arcillosas con una importante presencia de rocas ígneas (riolitas, andesitas y basaltos) principalmente en las zonas cercanas a la FVTM (Suárez, 2006)

#### *Formaciones geológicas y estratigrafía de la Sierra Gorda de Querétaro*

El área de estudio se encuentra embebida en la Sierra Gorda de Querétaro; estratigráficamente, el sector occidental según datos del Servicio Geológico Mexicano (cartas geológicas F14-C58, 1998; F14-C67, 2007; F14-C57, 2007; F14-

C48, 1998; F14-C47, 1998) se compone de meta-areniscas del Jurásico inferior que se manifiestan en afloramientos en el lecho del río Tolimán a las que le sobreyacen una secuencia vulcano-sedimentaria y epimetamórfica en cuya base aparece un conglomerado de clastos bien redondeados seguido de una secuencia de areniscas intercalada con bancos de pedernal y tobas riolíticas (Formación [Fm.] San Juan de la Rosa) del Jurásico medio y superior, seguida de un depósito formado por intercalaciones de lutitas apizarradas, calizas arcillosas, areniscas y areniscas volcánicas en estratos delgados en la porción inferior de la formación; hacia la porción superior se tienen estratos de margas, calizas y lutitas del Jurásico superior-Cretácico inferior (Fm. Las Trancas). Del mismo periodo, de manera discordante aflora una intercalación de caliza y lutita (Fm. La Peña Azul) y sobre estas formaciones aparece un paquete de rocas calcáreas formada de calizas arrecifales, calizas grises bien estratificadas en capas medias, intercaladas con caliza masiva lenticular del Cretácico inferior a inicios del inferior (Fm. El Doctor); a esta formación sobreyacen de forma concordante depósitos del Jurásico superior conformados de estratos delgados de lutitas calcáreas, margas, calcarenita y lentes de pedernal (Fm. Soyatal).

En el Terciario, el dominio terrígeno del Eoceno-Oligoceno, se evidencia con depósitos discordantes de un conglomerado de clastos subangulosos de caliza, pedernal y lutita (Fm. El Morro), que subyace a depósitos ígneos producto de la generación de planos estructurales que permitieron el emplazamiento de rocas ígneas, conformados por coladas de lava de composición andesítica y basáltica, tobas y aglomerados del Terciario superior (Fm. Las Espinas). Por la actividad magmática intrusiva afloran cuerpos intrusivos en dirección preferencial NW-SE de composición que varía de granodiorita a diorita, y que fue posterior a la deformación laramídica; están asociados a fracturas de rumbo N-S y fallamiento normal NE y NW. Durante el Cuaternario, el cese de la actividad magmática en esta región dio paso a la formación de conglomerado polimíctico, aluviones y depósitos fluviales (Figura 2.6.).



### *Origen del mercurio en la Sierra Gorda de Querétaro*

Según lo descrito por Vélez (2007:28) “Las áreas geológicas con presencia de mercurio están relacionadas con límites de tectónica de placas, vulcanismo reciente, mineralización de metales base y preciosos y altos flujos de calor cortical”.

De acuerdo con la historia geológico-estructural y tectónica, la presencia del mercurio o mineral cinabrio o sulfuro rojo de mercurio se atribuye a la actividad hidrotermal post-magmática de bajas temperaturas (de tipo epitermal); el origen de los yacimientos de este mineral está relacionado con cámaras magmáticas subcorticales, activación tectónico-magmática en regiones plegadas, y comúnmente están emplazados en zonas de fallamiento profundo asociados a cuerpos intrusivos de composición ácida.

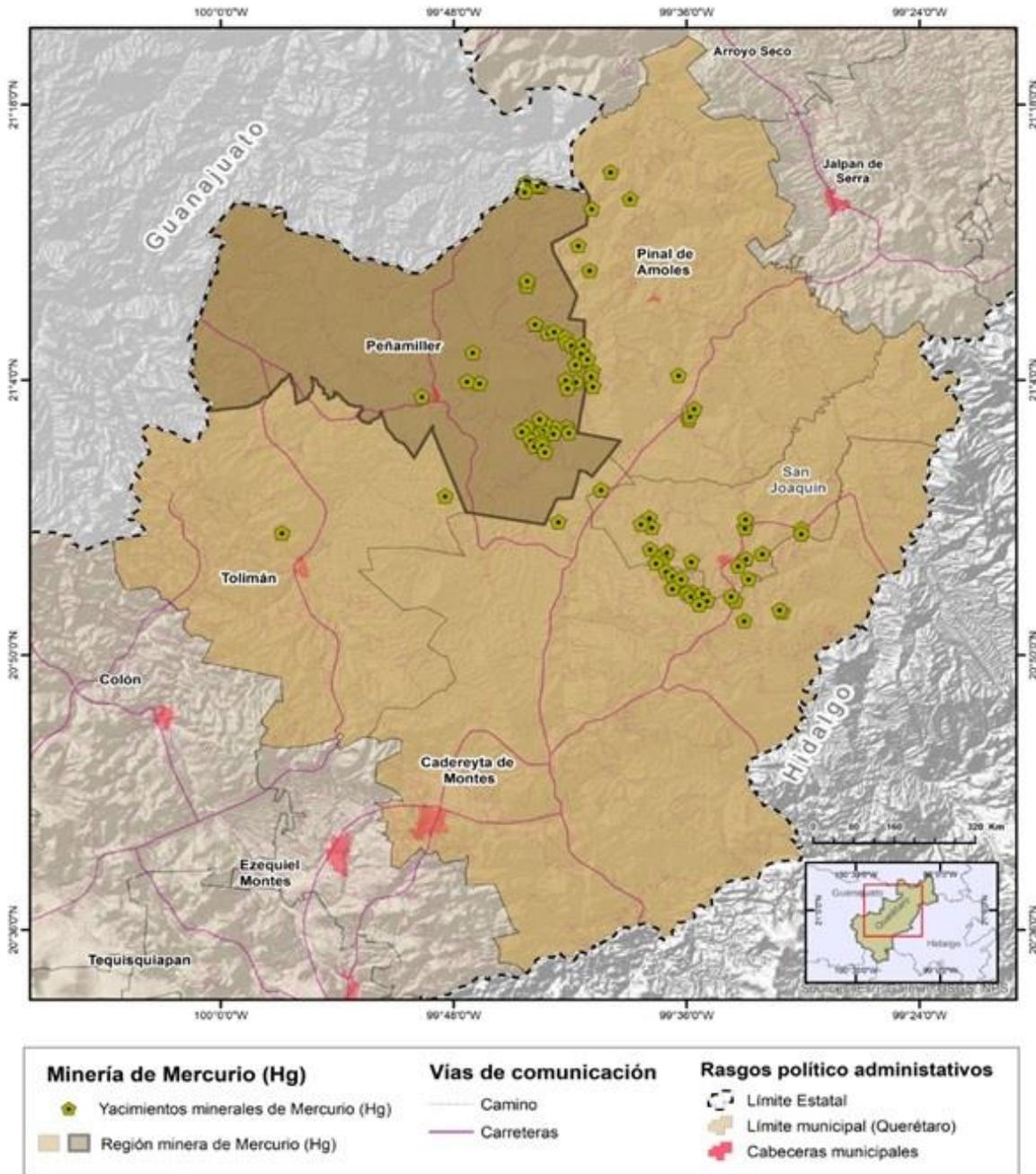
En las porciones superiores o en los flancos de las estructuras anticlinales que se encuentran en la Región Minera de Mercurio, es donde se localizan generalmente los yacimientos de este mineral (Zamora y Piñeiro, 1963). Vélez (2007:29) afirma que: “La secuencia sedimentaria de la zona sufrió un intenso plegamiento durante la revolución Laramide y propició el emplazamiento de cuerpos intrusivos que se manifiestan como pequeños diques y sill, a los que se atribuye el origen de la mineralización. Ésta ocurre en relleno de fracturas y cavidades y está constituida por cinabrio y metacinabrio, que forman vetas y pequeñas bolsas de mineral. Los espesores oscilan de unos cuantos centímetros hasta 3 m, el rumbo de las estructuras es N40°W con buzamiento vertical. La roca anfitriona es lutita de la Formación Soyatal-Mexcala.”.

Los yacimientos se presentan como vetas, lentes, menas o chimeneas (Vassallo, 2008; Martínez, 2013) que en la región de Peñamiller se encuentran encajonados en rocas calizas y lutitas en general, del Cretácico Superior (Mota, 2015).

Los yacimientos de mercurio detectados por el SGM se ubican en las inmediaciones de la Sierra Gorda (Figura 2.7.). La mayoría de éstos se encuentran principalmente en el municipio de Peñamiller, seguido de San Joaquín y Cadereyta (en los límites entre estos dos municipios), Pinal de Amoles y por último Tolimán. Los yacimientos

se encuentran en una franja orientada de sureste a noroeste. La Figura 2.7. muestra cómo se identificó la Región Minera de Mercurio y la importancia del municipio de Peñamiller para la región y el estado en la minería del mercurio.

**Figura 2.7. Localización de los yacimientos de mercurio en la Región Minera de Mercurio, Qro.**



Fuente: elaboración propia con base en el SGM, 2018 e INEGI, 2014.

## 2.2. Características sociodemográficas y económicas de la población del municipio de Peñamiller como parte de la Región Minera de Mercurio

Las condiciones sociales, económicas, históricas y políticas de la población de la RMM, y en particular del municipio de Peñamiller, son la base para entender las circunstancias en las que se ha tenido que desenvolver la población y las razones que ayudan a entender el florecimiento de la minería del mercurio como fuente de ingresos importante para la población local. Sus características, así como sus procesos de cambio son los que se intentan desarrollar en este apartado para tener un panorama cuantitativo de las condiciones de vida de la población en general, y el escenario en el que está inmerso la población minera (Valerdi, y Vega, 2019: 208).

### 2.2.1. Características demográficas.

#### *Evolución de la población total y tasas de crecimiento demográfico*

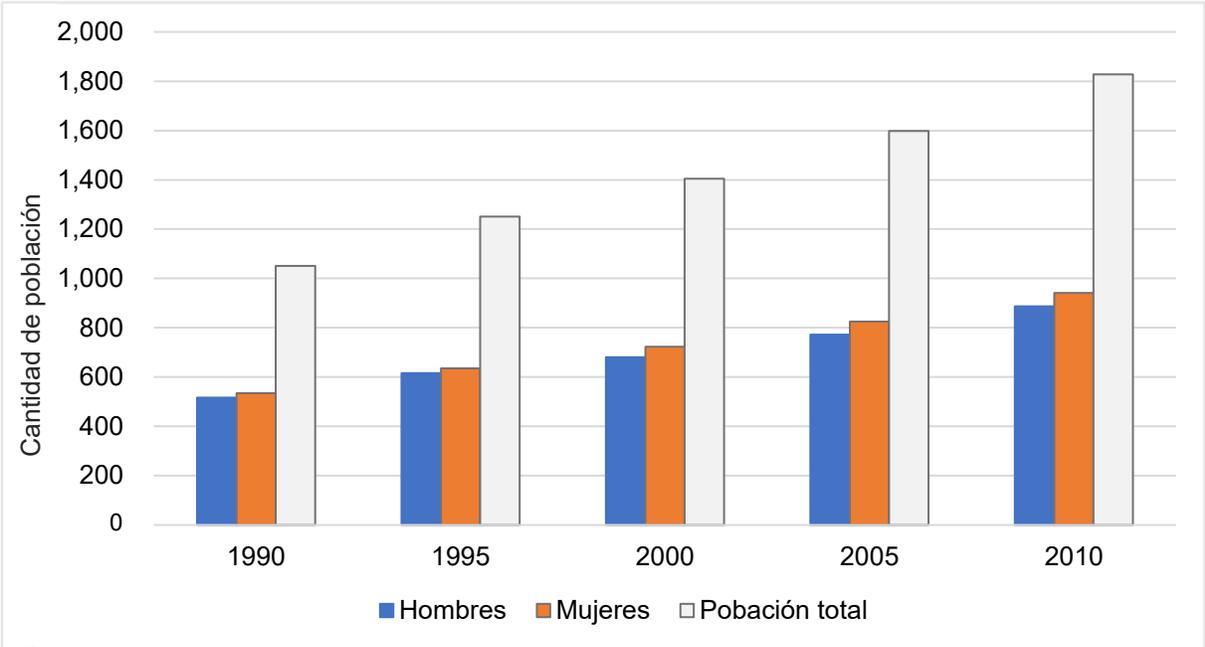
La población del estado de Querétaro va en aumento en los últimos años, como se observa en la Figura 2.8. Este comportamiento en la población puede explicarse no solo por el crecimiento natural, sino sobre todo por las migraciones y el incremento de la oferta de trabajo en el estado (principalmente en la ciudad y su zona metropolitana debido al auge de la industria); también por una mejora en la calidad de vida de la población, y con ello nos referimos a los servicios de salud principalmente, lo que ha contribuido al aumento de la natalidad y al decremento en la mortalidad. La población siempre busca mejores oportunidades de trabajo y educación, así como mejores servicios de salud y con una mayor oferta de estos servicios.

Todo ello en su conjunto, ha generado altos índices de inmigración en el estado de Querétaro, como parte además de la política del gobierno federal de desalentar el

crecimiento de la industria en la Zona Metropolitana del Valle de México y reorientarlo hacia otras entidades federativas como Querétaro.

Aunque el estado de Querétaro aumente su población de manera general, no quiere decir que todos los municipios se comporten de la misma manera, ni que estén generando las mismas oportunidades laborales y de educación, o que la diversidad y calidad de los servicios con que cuentan sean similares. Es por ello que el estudio de las condiciones sociales, económicas y demográficas de la población de la Región Minera de Mercurio de Querétaro y particularmente de Peñamiller, deben realizarse de forma particular, sin olvidar por supuesto el contexto estatal.

**Figura 2.8. Población total del estado de Qro., 1990 – 2010 (miles de personas)**

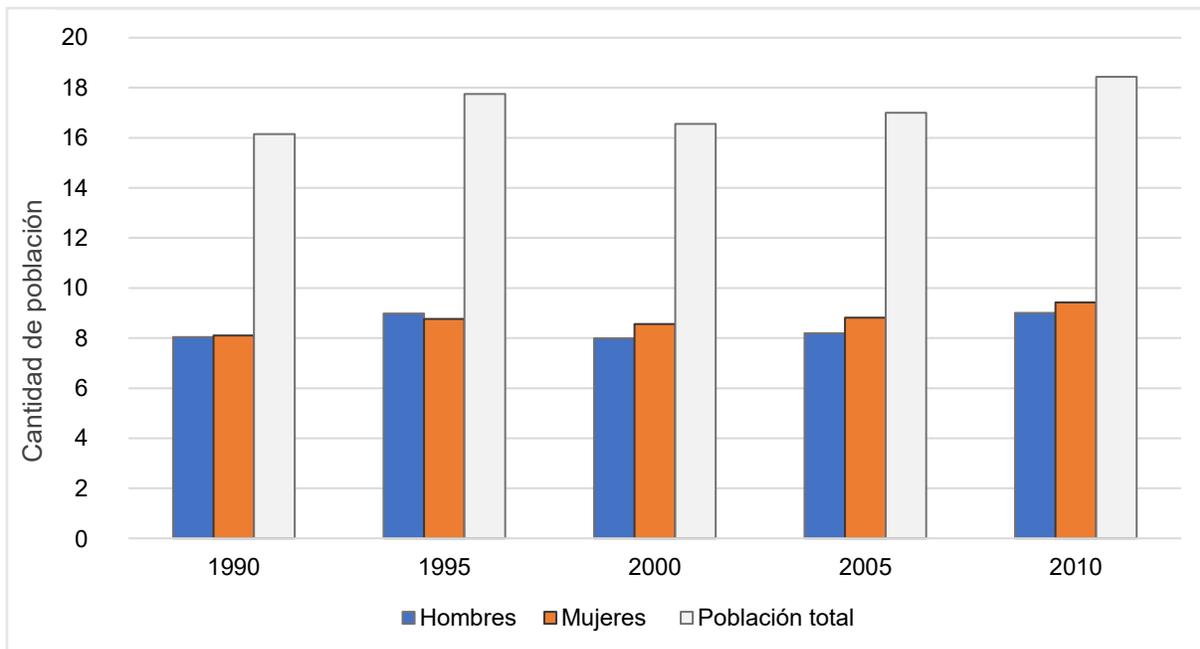


Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 1990; 1995; 2000; 2005; 2010.

La población de Peñamiller en el periodo 1990 al 2005 tuvo fluctuaciones en su volumen total, sin embargo, entre estos dos años se podría decir que los cambios en el número de habitantes fueron muy ligeros (Figura 2.9.). Para 2010 se observa un aumento en la cantidad de población, que puede estar relacionada con un auge en la minería del mercurio debida al aumento del precio del mineral entre 2005 y 2010.

Este aumento podría ser el reflejo del regreso de la población que ha emigrado a otros lugares del país anteriormente (principalmente a la ciudad de Querétaro), para volver a trabajar en las minas de mercurio.

**Figura 2.9. Población total del municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (miles de personas)**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 1990; 1995; 2000; 2005; 2010.

La tasa de crecimiento medio anual (TCMA) del estado de Querétaro (Tabla 2.1.) se observa que en veinte años se duplicó en comparación con la RMM (Tabla 2.2.) en la que se observa cambios muy ligeros.

El estado de Querétaro se conforma de 18 municipios, la RMM se conforma de cinco, por lo que esta región representa el 28% del total de los municipios, es por ello que se esperaría que tuviera una población equivalente a este porcentaje. Pero no se puede generalizar, ya que cada municipio tiene características particulares que los vuelven diferentes, como la superficie que ocupa, sus características físico-geográficas que los hacen más o menos aptos para los asentamientos humanos, así como las políticas públicas que van apoyando o limitando a ciertas áreas para que se desarrollen económicamente y, por lo tanto, aumenten su población.

Para 1990 la población de la RMM representó solo el 10.6% de la población total del estado de Querétaro, mientras que para el último año del periodo (2010), dicha proporción disminuyó a 7.9%, de lo que se puede concluir que otras zonas del estado, como por ejemplo la parte sur y centro fueron más favorecidas por los programas económicos del gobierno, por lo que su población aumentó, en tanto que la RMM mantuvo su situación de rezago económico, lo que se reflejó en que si bien aumentó su población, lo hizo de forma muy discreta respecto al resto del estado.

**Tabla 2.1. Estado de Querétaro: tasa de crecimiento medio anual (TCMA) de la población total, 1990 – 2010 (%)**

Estado de Querétaro	Población total (habitantes)			Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) (%)		
	1990	2000	2010	1990-2000	2000-2010	1990-2010
	1051235	1404306	1827937	2.9	2.7	5.7

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

En el municipio de Peñamiller se registra una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 0.66% desde 1990 hasta el 2010, que es el crecimiento más bajo de toda la RMM, solo superado por la del municipio de Pinal de Amoles, otro municipio cuya economía se centra en la economía del mercurio, que fue negativa (Tabla 2.2.). Entre 1990 y 2000 dicha tasa fue menor, 0.24%, además de ser la TCMA más baja de toda la región (Tabla 2.2.) de lo que se infiere que el municipio ofrece muy pocas perspectivas de desarrollo económico para la población, y las oportunidades de empleo existentes no contribuyen a arraigar a sus habitantes. Entre 2000 y 2010 en Peñamiller se observa una TCMA en aumento, de 1.08% (Tabla 2.2.), siendo mayor que en la década anterior, pero continúa siendo la más baja de la región, solo superada por la TCMA de Pinal de Amoles que fue negativa, lo que nuevamente reafirma las débiles oportunidades de empleo que presentan el municipio de Peñamiller, y su vecino, Pinal de Amoles a nivel regional, si bien el aumento en el ritmo de crecimiento de Peñamiller en comparación con el periodo anterior puede deberse a la reactivación de la economía asociada a la minería del mercurio.

**Tabla 2.2. Región Minera de Mercurio, Qro.,: Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) de la población total, 1990 - 2010 (%)**

Municipio	Población total (habitantes)			Tasa de crecimiento medio anual (TCMA) (%)		
	1990	2000	2010	1990-2000	2000-2010	1990-2010
Cadereyta de Montes	44944	51790	64183	1.42	2.16	1.79
Peñamiller	16155	16557	18441	0.24	1.08	.66
Pinal de Amoles	25789	27290	27093	0.56	-0.07	-0.24
San Joaquín	6229	7665	8865	2.09	1.46	1.78
Tolimán	17990	21266	26372	1.68	2.17	1.93
<i>Total regional</i>	<i>111107</i>	<i>124568</i>	<i>144954</i>	<i>1.15</i>	<i>1.52</i>	<i>1.33</i>

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

### *Estructura de la población por edad y sexo*

La estructura de la población se obtuvo a partir de los Censos de Población y Vivienda de INEGI de los años 1990, 2000 y 2010; los cuales dividen está en grupos quinquenales de edad y sexo. Esta información se representa en pirámides poblacionales para observar con mayor detalle el comportamiento de la estructura de la población.

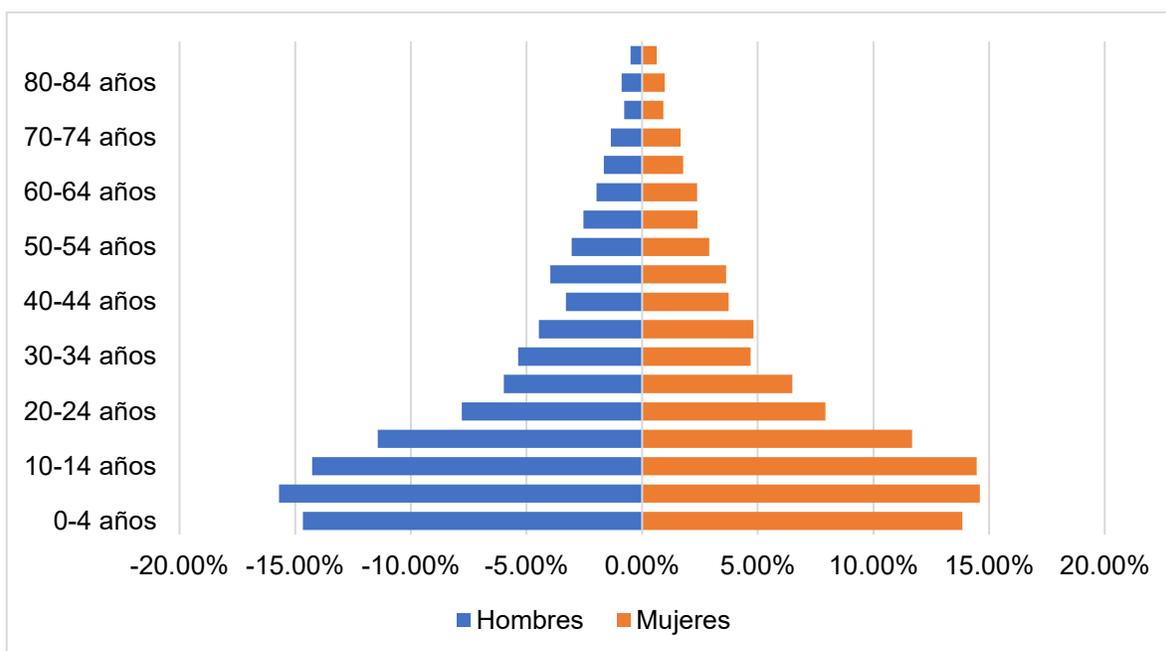
Si observamos las pirámides poblacionales de 1990 y 2000 del municipio de Peñamiller (Figura 2.10. y 2.2.4.), encontramos pirámides de tipo progresiva, en donde la base es más ancha, lo cual indica que se trata de una población con natalidad alta, y por lo tanto, hay un mayor número de infantes y adolescentes en el municipio. Para 1990 la población femenina representaba el 50.2% por lo que era ligeramente mayor a la masculina. Para el año 2000 aumentó la población femenina a 51.7% de la población total. Conforme aumenta la edad, va disminuyendo la cantidad de población, lo cual puede explicarse por una migración de la población principalmente en edad productiva y una mortalidad progresiva.

En la pirámide de edades de 2000 se observa un pequeño ensanchamiento en la mayoría de las edades, lo cual refleja un mayor número de habitantes, sin embargo, para el 2010 la pirámide poblacional (Figura 2.12.) es de tipo estacionaria o

estancada, la cual refleja menor nivel de natalidad, pero también de mortalidad, que se puede explicar a partir de una mejora en la calidad de los servicios de salud y del aumento en campañas anticonceptivas a nivel nacional. Se puede observar un ensanchamiento de la pirámide en edades de población joven, lo cual podría explicarse por el crecimiento natural de la población, pero también por una baja emigración de la población en edad de trabajar, ya que en el municipio existen actividades económicas bien remuneradas. En este año la población femenina es de 51.1% de la población total. En las dos décadas, aunque la población aumenta se mantiene casi en los mismos porcentajes, por lo que existe una proporción equilibrada entre sexos en los diferentes años, pero también en los diferentes grupos de edad.

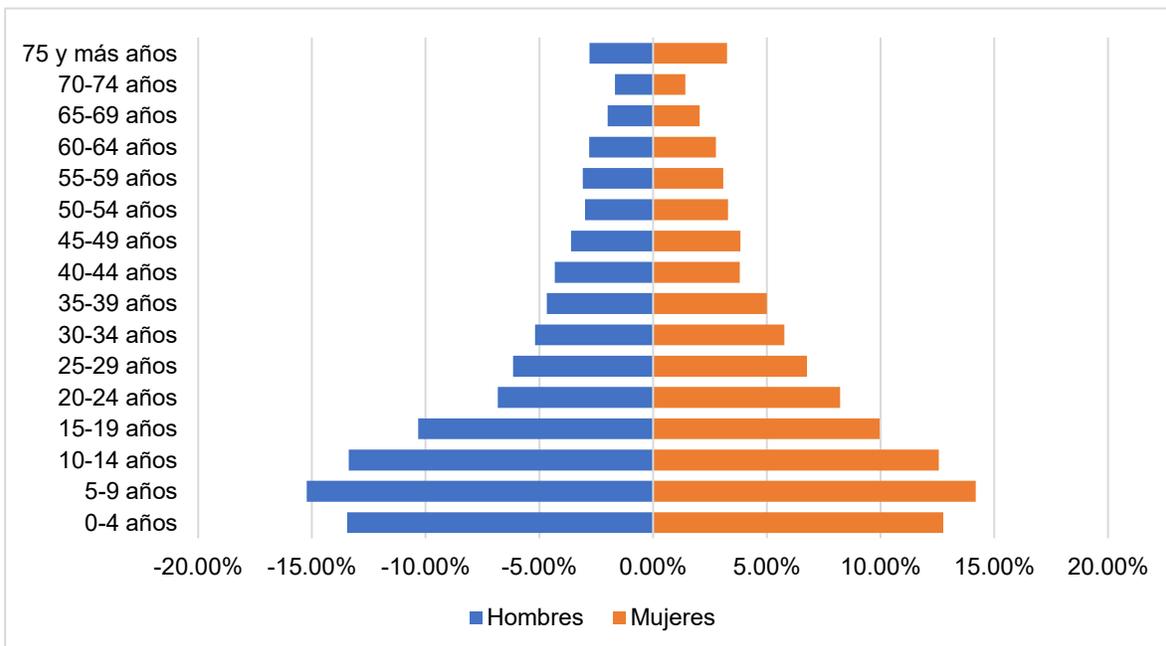
En los años representados en las pirámides, el grupo poblacional de adultos en edad avanzada siempre mantiene sus volúmenes bajos en comparación con otros grupos poblacionales, aunque entre el 2000 y el 2010 se observa un ligero aumento en su volumen. En 1990 la población de 65 años o más, representaba el 5.5% de la población total. En el año 2000 este sector de la población representó el 6.6%, aumentando solo 1.1%. Para el último año (2010) este sector se elevó representando un 8.6% de la población total.

**Figura 2.10. Pirámide de edades del municipio de Peñamiller, Qro., 1990**



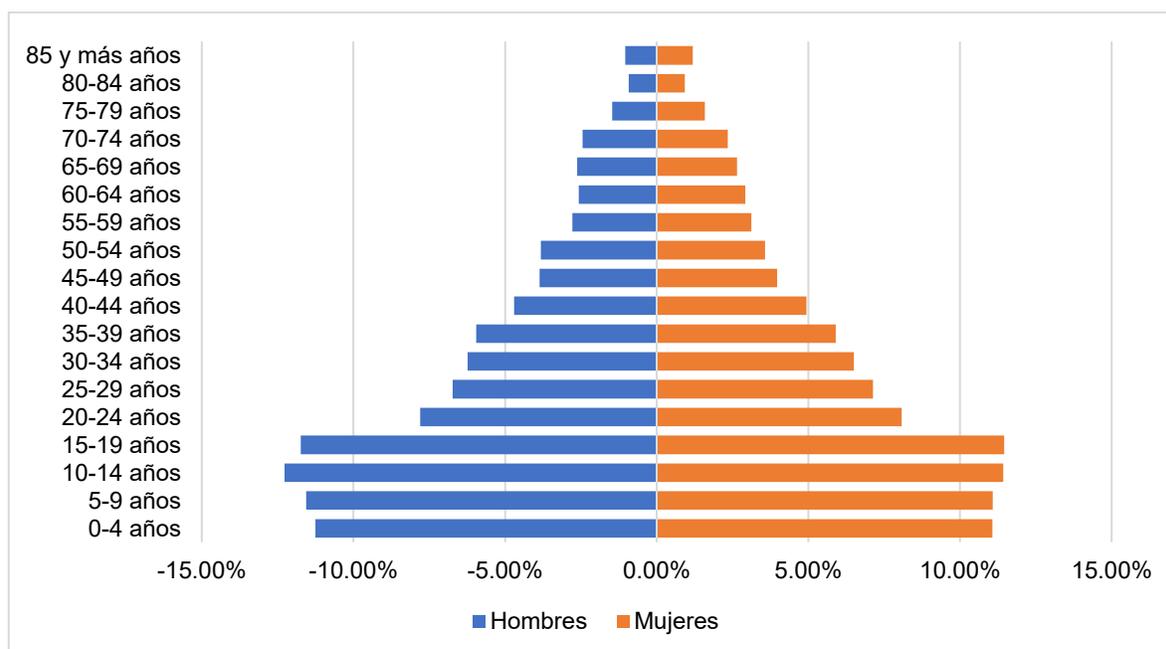
Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1990.

**Figura 2.11. Pirámide de edades del municipio de Peñamiller, Qro., 2000**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2000.

**Figura 2.12. Pirámide de edades del municipio de Peñamiller, Qro., 2010**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 2010.

### *Población rural y urbana*

En la Región Minera de Mercurio (RMM), se tiene un total de 473 localidades para 1990 (Tabla 2.3.), mientras que para el último año del cual pudimos obtener datos (2010) observamos que aumenta el número de éstas hasta 930 localidades, casi el doble de localidades en 20 años, sin embargo, sólo una localidad pasó de ser de tipo rural a urbana (tomando en cuenta el parámetro propuesto por la Dra. María Teresa Gutiérrez de MacGregor y Mtro. Jorge González Sánchez (2001), en donde a partir de diez mil habitantes en una localidad, ésta puede considerarse como urbana) la cual se ubica en el municipio de Cadereyta de Montes.

El municipio de Peñamiller en 1990 tenía un total de 109 localidades, mientras que para el 2010 el número aumenta a 157, (44% de incremento) siendo el 100% de ellas de tipo rural, debido a que, en el municipio, que posee un total de 18,441 habitantes, no existen localidades de más de 10 mil habitantes.

Por otra parte, datos obtenidos de Secretaría de Desarrollo Social (2010), nos muestran que casi el 50% de la población vive en localidades de entre 100 a 499 habitantes, mientras que un poco más del 30% vive en localidades de entre 500 a

1499 habitantes y un 20% vive en comunidades menores a los 100 habitantes, por lo que existe una gran dispersión de los habitantes en el municipio y su distribución es desigual entre las localidades (Figura 2.13.). Ello puede estar asociado a la topografía accidentada de gran parte del territorio municipal y a las dificultades para comunicarlo, lo cual redundaría también en la mayor o menor accesibilidad que tienen sus habitantes a los diferentes servicios, como podrían ser los de salud y educación, así como a las diferencias en la calidad de estos.

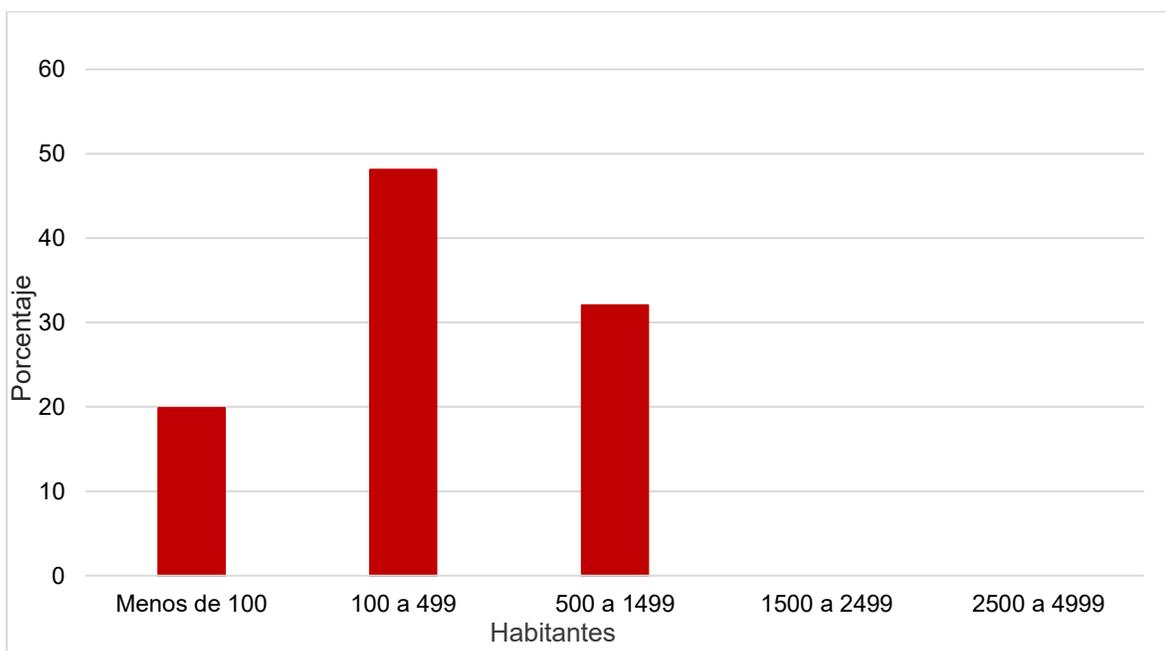
**Tabla 2.3. Evolución de la población urbana y rural en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 -2010**

Municipio	Localidades rurales				Población rural			
	1990		2010		1990		2010	
	Número	% del total	Número	% del total	Población (hab.)	% del total	Población (hab.)	% del total
Cadereyta de Montes	125	26.42	319	34.33	44 944	40.45	50 836	38.62
Peñamiller	109	23.04	157	16.89	16 155	14.54	18 441	14.01
Pinal de Amoles	141	29.8	227	24.43	25 789	23.21	27 093	20.58
San Joaquín	40	8.45	76	8.18	6 229	5.60	8 865	6.73
Tolimán	58	12.26	150	16.14	17 990	16.19	26 372	20.03
<i>Total regional</i>	<i>473</i>	<i>100</i>	<i>929</i>	<i>100</i>	<i>111 107</i>	<i>100</i>	<i>131 607</i>	<i>100</i>
Municipio	Localidades urbanas				Población urbana			
	1990		2010		1990		2010	
	Número	% del total	Número	% del total	Población (hab.)	% del total	Población (hab.)	% del total
Cadereyta de Montes	Ninguna		1	100	Ninguna		13 347	100
<b>Peñamiller</b>	<b>Ninguna</b>		<b>Ninguna</b>		<b>Ninguna</b>		<b>Ninguna</b>	
Pinal de Amoles	Ninguna		Ninguna		Ninguna		Ninguna	
San Joaquín	Ninguna		Ninguna		Ninguna		Ninguna	

Tolimán	Ninguna		Ninguna		Ninguna		Ninguna	
<i>Total regional</i>	<i>0</i>		<i>1</i>	<i>100</i>	<i>0</i>		<i>13347</i>	<i>100</i>
Municipio	Total de localidades				Total de población			
	1990		2010		1990		2010	
	Número	% del total	Número	% del total	Población (hab.)	% del total	Población (hab.)	% del total
Cadereyta de Montes	125	26.42	320	34.4	44 944	40.45	64 183	44.27
Peñamiller	109	23.04	157	16.88	16 155	14.54	18 441	12.72
Pinal de Amoles	141	29.8	227	24.4	25 789	23.21	27 093	18.69
San Joaquín	40	8.45	76	8.17	6 229	5.60	8 865	6.11
Tolimán	58	12.26	150	16.12	17 990	16.19	26 372	18.19
<i>Total regional</i>	<i>473</i>	<i>100</i>	<i>930</i>	<i>100</i>	<i>111 107</i>	<i>100</i>	<i>144 954</i>	<i>100</i>

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

**Figura 2.13. Población del municipio de Peñamiller, Qro., por tamaño de localidad, 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en SEDESOL, 2010.

### *Población hablante de lenguas indígenas*

Según los datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 1990), en Peñamiller el 0.3% de la población total, de cinco años y más, hablaba alguna lengua indígena. Para el año 2000 (INEGI, 2000) se registró que el 0.25% de la población total, de cinco años o más, hablaba alguna lengua indígena. Por último, en el 2010 el INEGI registro un 0.27% de población total, de cinco años o más, que hablaba alguna lengua indígena. Entre el año 1990 y el 2000 se observa una disminución poco significativa de la población hablante de alguna lengua indígena del 0.05%, mientras que del año 2000 al 2010 existe un aumento de esta población a un 0.07%, que podría explicarse también con el aumento de la población en general en el municipio, aunque en realidad es un aumento incipiente.

Podemos destacar de lo anterior, que la población de Peñamiller hablante de alguna lengua indígena es insignificante, lo cual refleja que en los últimos años la población indígena es prácticamente inexistente en el municipio.

### *Movimientos migratorios*

La migración la define la Organización Internacional para las Migraciones (2006) como "Movimiento de la población hacia el territorio de otro Estado o dentro del mismo que abarca todo movimiento de persona sea cual fuere su tamaño, su composición o sus causas; incluye migración de refugiados, personas desplazadas, personas desarraigadas, migrantes económicos." Generalmente, las migraciones de la población tienen como propósito mejorar las condiciones de vida, ya sean de salud, trabajo, educación, social, políticas, etc.

Por muchos años, el principal destino de los migrantes mexicanos (principalmente población rural) fue Estados Unidos, en parte por su cercanía, pero también porque existían oportunidades laborales (principalmente en el campo y la construcción), pero también por la diferencia de salarios y del valor de la moneda entre ambos países, lo que generaba que el esfuerzo y el riesgo que implica cruzar la frontera de forma valiera la pena. Sin embargo, con la industrialización de las ciudades también éstas se volvieron un polo de atracción para la población, por lo que las principales

ciudades del país crecieron de forma acelerada en las últimas décadas por este factor.

El Consejo Nacional de Población realizó el cálculo de las tasas netas anuales de migración y categoría migratoria, tanto a nivel estatal como municipal, a partir de los datos obtenidos de los Censos de Población y Vivienda de INEGI.

**Tabla 2.4. Tasas netas anuales de migración y categoría migratoria de la Región Minera de Mercurio, Qro., 2000 y 2010**

Municipio	2000		2010	
	Tasa neta anual	Categoría migratoria	Tasa neta anual	Categoría migratoria
Cadereyta de Montes	2.644	Atracción media	-2.375	Expulsión media
Peñamiller	4.822	Atracción elevada	-5.025	Expulsión elevada
Pinal de Amoles	-5.806	Expulsión elevada	-5.834	Expulsión elevada
San Joaquín	-12.247	Expulsión elevada	-4.018	Expulsión elevada
Tolimán	3.383	Atracción media	-2.652	Expulsión media

Fuente: elaboración propia con base en las estimaciones del CONAPO a partir de INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda 2010.

En la Tabla 2.4. podemos observar que la RMM fue modificando su categoría migratoria en una década, ya que para el año 2000, tres de los cinco municipios mantenían un nivel de atracción ya fuera medio o elevado, significando que las condiciones de vida atraían a población de otros lugares. Mientras que para el 2010, todos los municipios tienen una categoría migratoria de expulsión media y elevada, reflejando una reducción en la calidad de vida de la población y la ausencia de fuentes de empleo, por lo que buscan mejores condiciones en otros lugares, ya sea dentro del estado, del país o en el exterior.

En el caso de Peñamiller, se puede apreciar un cambio significativo en una década, ya que para el año 2000 su categoría migratoria es de tipo “atracción elevada” con una tasa neta anual de 4.8, lo que significa que mucha gente percibía al municipio como un buen lugar para desarrollarse a nivel social, económico, educativo y de salud, y se puede decir que era un municipio con alto nivel de atracción de inmigrantes. Sin embargo, para el año 2010 se invierten los papeles, ya que su categoría migratoria cambia a “expulsión elevada”, siendo este el segundo

municipio expulsor de la RMM con una tasa neta anual de -5.02. Mientras que para este mismo año el estado de Querétaro tenía una categoría migratoria de “atracción elevada” por lo que se trata de una situación completamente opuesta al promedio estatal, debido al enorme peso de atracción que en conjunto mantiene la región sur del estado, la de mayor dinamismo económico de la entidad.

## 2.2.2. Características sociales de la población

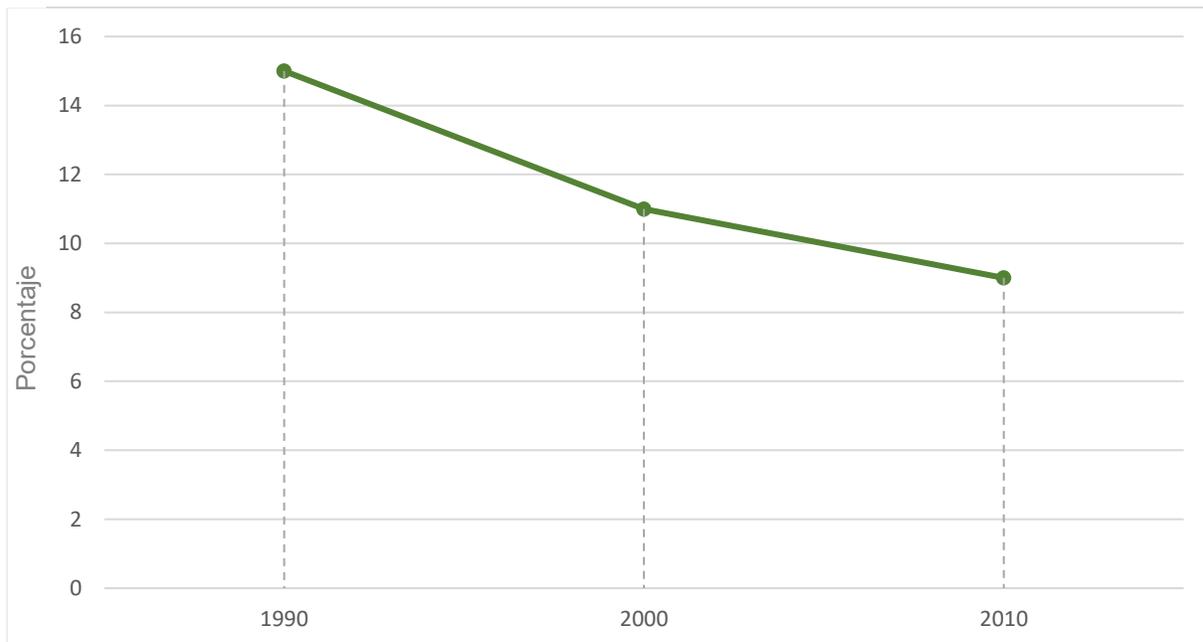
### *Educación*

El acceso a la educación no solo simboliza un mayor conocimiento para la población, o los antecedentes para enfrentarse al mercado de trabajo con mayores posibilidades de éxito, sino que facilita la vinculación del ser humano con su entorno y a su vez con otras personas al interior de su hogar y al exterior (Consejo Nacional de Población, 2010: 15).

El analfabetismo es una limitante para un pleno desarrollo de las personas, así como en su participación en una sociedad. Esta carencia de acceso a la educación incrementa la vulnerabilidad socioeconómica y cultural de cada persona a nivel personal, familiar y social; cabe señalar que, en muchos de los casos, es un patrón que se repite por generaciones (Ibid.).

Es por lo que, para un mejor análisis regional y local, se obtuvo el porcentaje de analfabetismo, calculado a partir de las bases de datos de los Censos de Población y Vivienda de INEGI (1990; 2000 y 2010). De estas bases se obtuvo el total de la población de 15 años o más que no sabían leer ni escribir, por lo que se hizo una comparación con la población total y así obtener este porcentaje. En la Figura 2.14. se puede observar que el porcentaje de analfabetismo en la RMM entre 1900 y el 2010 fue disminuyendo considerablemente.

**Figura 2.14. Analfabetismo en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

En Peñamiller, para 1990, el 13.5% de la población total era analfabeta, para 2000 el porcentaje de analfabetismo se redujo a 9.9%, mientras que para en 2010 éste era del 8.8%, es decir, tuvo una reducción muy ligera. La mayor disminución de población analfabeta fue entre 1990 y el 2000, con un aproximado de 500 personas, sin embargo, entre el 2000 y el 2010 la cifra de población analfabeta prácticamente se estanca (solo disminuye en 22 personas), no obstante, en esta década la población aumentó considerablemente, por lo que podemos deducir que la calidad de los servicios de educación, así como su accesibilidad mejoraron, si bien el analfabetismo no disminuyó considerablemente, sino que la población analfabeta se mantuvo, lo cual tiene que ver con la gran dispersión de la población, 100% rural,

y la falta de accesibilidad asociada a la insuficiencia de caminos adecuados (Tabla 2.5.).

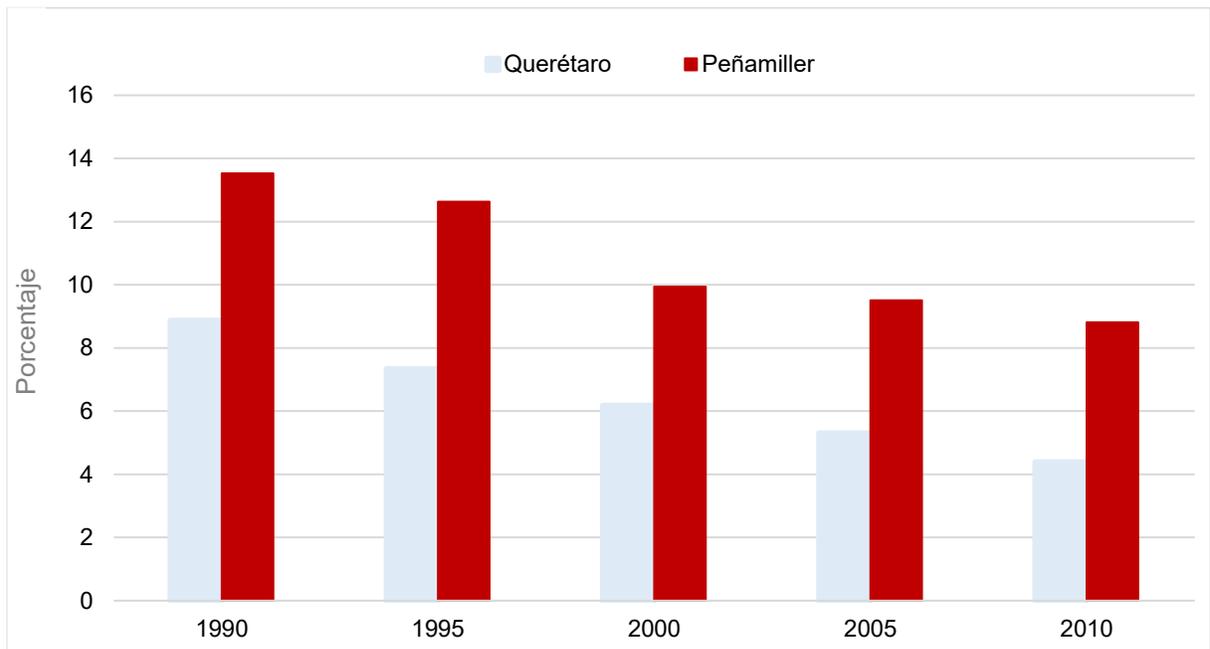
**Tabla 2.5. Alfabetismo y analfabetismo en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990  
– 2010**

Municipio	1990			2000			2010		
	Población total (hab.)	Población alfabeta	Población analfabeta	Población total (hab.)	Población alfabeta	Población analfabeta	Población total (hab.)	Población alfabeta	Población analfabeta
Cadereyta de Montes	44 944	18 192	6 627	51 790	24 167	5 964	64 183	36 339	5 605
Peñamiller	16 155	6 866	2 185	16 557	7 929	1 646	18 441	10 396	1 624
Pinal de Amoles	25 789	9 213	3 786	27 290	10 866	3 207	27 093	13 407	2 786
San Joaquín	6 229	2 226	1 115	7 665	3 273	1 016	8 865	4 430	1 059
Tolimán	17 990	7 479	2 457	21 266	10 505	2 265	26 372	15 257	2 157
Total regional	111 107	43 976	16 170	124 568	56 740	14 098	14 4954	79 829	13 231

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

El porcentaje de analfabetismo que existe en Peñamiller, comparado con el del estado de Querétaro (Figura 2.15.), es prácticamente del doble, por lo que se podría decir que el analfabetismo de Peñamiller presenta todavía una proporción alta, además de que un volumen considerablemente elevado de la población presenta niveles bajos de escolaridad.

**Figura 2.15. Analfabetismo en el municipio de Peñamiller y el estado de Querétaro, 1990 – 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 1990; 1995; 2000; 2005; 2010.

También hay que destacar que en el municipio de Peñamiller el nivel más alto de educación al que puede acceder la población es el bachillerato, ya que en todo el municipio no existen escuelas de nivel superior (ni públicas ni privadas). Es por lo que la población que quiere acceder a un nivel de educación superior debe emigrar a otro municipio o a otro estado.

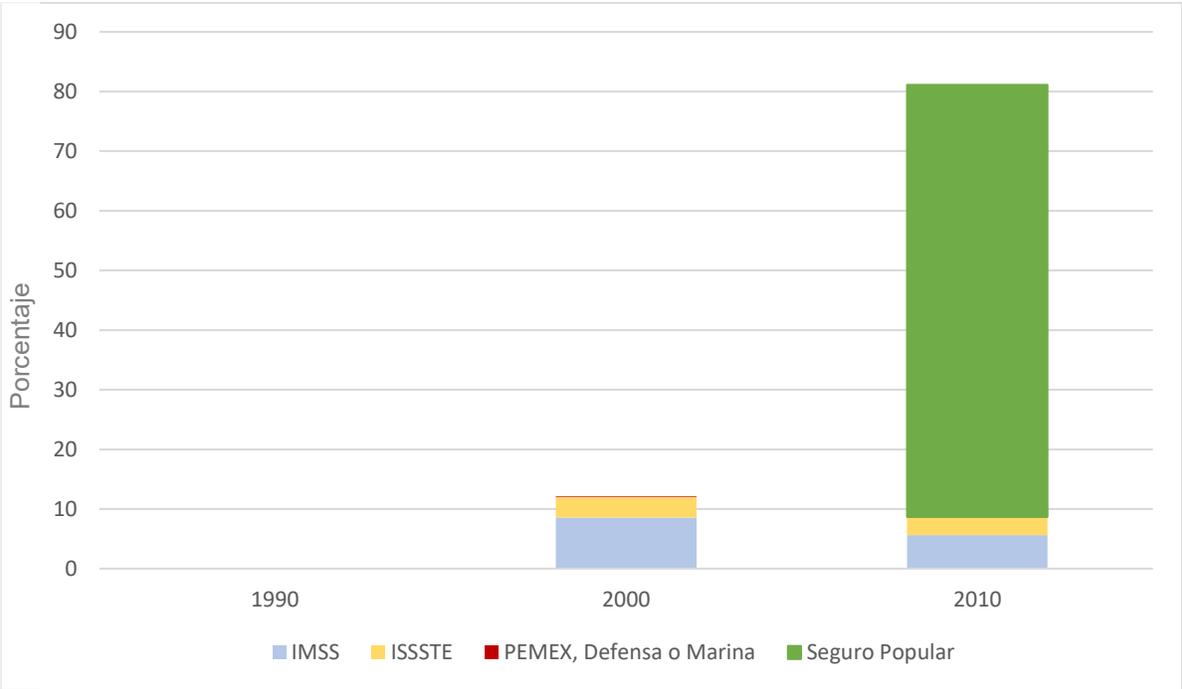
Para julio del 2019 se pretende abrir un campus por parte de la Universidad Autónoma de Querétaro en la localidad de Camargo, Peñamiller, en donde se ofrecería la carrera de Ingeniería en Innovación y Desarrollo de Proyectos Productivos y en un futuro se piensa llevar una escuela de Artes y Oficios por parte de esta Universidad.

#### *Derechohabiencia en instituciones de salud públicas.*

Por lo que se refiere a la derechohabiencia a servicios de salud que tiene la RMM, se obtuvieron datos para los años 2000 y 2010 a partir de los Censos de Población y Vivienda del INEGI (Figura 2.16.).

Para el año 2000, el 12.1% de la población total de la RMM tenía algún tipo de servicio médico asociado a las dependencias federales, en donde destaca el IMSS con 8.6% de la población, seguido del ISSSTE con 3.4% y, por último, los proporcionados por PEMEX, la Secretaría de la Defensa o la Secretaría de Marina con 0.1%. Para 2010, solo el 8.64% de la población total de la RMM tenía algún tipo de servicio médico asociado a las dependencias federales, en donde destaca el IMSS con 5.61% de la población, seguido del ISSSTE con 2.9% y, por último, los proporcionados por PEMEX, la Secretaría de la Defensa o la de Marina con 0.04%. Se observa entonces que en una década disminuyó el porcentaje de población que contaba con servicios de salud públicos.

**Figura 2.16. Población derechohabiente de servicios de salud pública en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 2000; 2010.

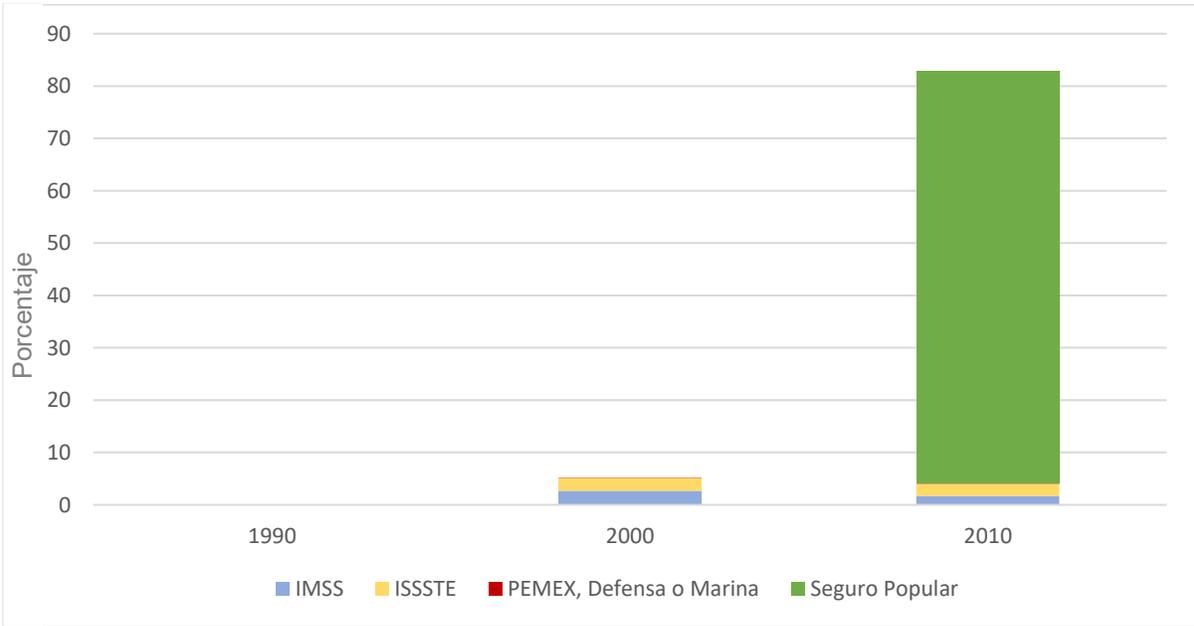
En la Figura 2.17. se observa que en el municipio de Peñamiller para el año 2000 el porcentaje de población con acceso a servicios de salud gratuitos es del 5.2%, destacando el IMSS con 2.6% de la población total, seguido del ISSSTE con 2.5%

y por último los servicios proporcionados por PEMEX, la Defensa o la Marina con 0.02%.

Mientras que para 2010 el porcentaje de población con acceso a servicios de salud gratuitos disminuye a 4.04%, destacando de nuevo el IMSS con 1.7%, seguido del ISSSTE con 2.3% y por último los proporcionados por PEMEX, la Defensa o la Marina con 0.04%.

Con estos porcentajes se puede concluir que aproximadamente el 95% de la población se encuentra en estado vulnerable, al no poder acceder a servicios de salud de forma gratuita, esta situación se torna más aguda debido a que el 73% de la población total del municipio presenta algún grado de pobreza. Parecería indispensable que, en estas condiciones, se pudiera brindar el acceso a servicios de salud gratuitos y de buena calidad a los habitantes de este municipio, lo cual sería un apoyo dado su bajo nivel económico, ya que no tendrían que invertir dinero ni más horas de su tiempo a conseguir los recursos económicos para poder pagar los servicios de salud.

**Figura 2.17. Población derechohabiente de servicios de salud pública en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 2000; 2010.

## *Vivienda*

Las condiciones de vivienda nos muestran el nivel de desarrollo de una localidad, pero también tienen un impacto en la forma de desenvolverse de las personas a nivel social, educacional y económico, aunque no es completamente decisivo que a partir de estas condiciones una persona no pueda aspirar a mejoras en su calidad de vida. Escenarios en donde la población no tiene acceso a servicios básicos y la calidad de vivienda es bajo, representan un riesgo para los habitantes, ya que los vuelve vulnerables a enfermedades que pueden causar incluso la muerte.

Las principales ciudades están provistas de todo tipo de servicios con diversos niveles de calidad, así como de una infraestructura vial adecuada para que la población pueda acceder a ellos.

En los municipios de la RMM no existe ninguna localidad urbana, por lo que los habitantes solo tienen acceso a los servicios que les brindan sus cabeceras municipales, y la calidad de estos suele ser baja a media. También hay que considerar que, para poder acceder a servicios de calidad alta, es probable que se necesiten grandes sumas de dinero con que los habitantes de esta región no cuentan.

En los municipios del norte de la RMM las vialidades son menos adecuadas, ya que son sinuosas, en parte por la orografía (Sierra Gorda) que no permite el fácil acceso a las comunidades. Pero también existe un escaso interés por parte del gobierno estatal para invertir y construir vialidades de mejor calidad y que realmente integren a las comunidades rurales.

Podemos decir que las condiciones de vivienda e infraestructura están estrechamente relacionadas con el contexto territorial, y por lo tanto económico y político, en el que se encuentra la población.

Para entender las condiciones de vivienda en la RMM y particularmente de Peñamiller, se obtuvieron a partir del Censo de Población y Vivienda de INEGI

(1990; 2000 y 2010) datos sobre el número de viviendas particulares, el número de ocupantes y el número de cuartos por vivienda.

En 1990, en la RMM había un total de 19 516 viviendas particulares para un total de 111 107 habitantes, de las cuales en el 16.2% de las viviendas habitaban nueve o más personas, en el 13.8% habitaban cinco personas y en el 13.6% habitaban cuatro personas, lo que significa que en el 43.6% de las viviendas particulares habitaban cuatro, cinco o nueve y más personas. También se observó que el número de cuartos que predominaba en las viviendas particulares era de dos a cuatro, en 76% de estas. El 33.4% de las viviendas solo tenían dos cuartos, mientras que el 29.1% tenían tres cuartos y por último el 13.1% tenían cuatro cuartos. Esto se asocia a la condición de ruralidad predominante en las viviendas de este municipio.

Para 2000 en la RMM había un total de 24 727 viviendas particulares para un total de 124 568 habitantes, de los cuales en el 16.5% de las viviendas habitaban cuatro personas, en el 15.6% habitaban cinco personas y en el 14% habitaban tres, lo que significa que en el 46.1% de las viviendas particulares habitaban entre tres a cinco personas. El número de cuartos que predominaba en las viviendas particulares era de uno a tres en el 85% de éstas. El 34.4% de las viviendas solo tenía dos cuartos, mientras que el 31.1% tenía un solo cuarto y por último el 19.4% tenía tres cuartos.

Para el último año del que se obtuvieron datos, en 2010, en la RMM había un total de 32 744 viviendas particulares para un total de 144 954 habitantes, de los cuales en el 18.9% de las viviendas habitaban cuatro personas, en el 16.8% habitaban cinco personas y en el 15.7% habitaban tres, lo que significa que en el 51.4% de las viviendas particulares habitaban entre tres a cinco personas. El número de cuartos que predominaba en las viviendas particulares era de dos a cuatro cuartos en el 75.6% de estas. El 31.1% de las viviendas solo tenía tres cuartos, mientras que el 23.1% solo tenía dos cuartos y por último el 21.4% tenía cuatro cuartos.

Con estas cifras podemos observar que en dos décadas disminuyó el número de habitantes por vivienda particular, y al reducirse el hacinamiento en las viviendas, se generan mejores condiciones de vida para cada habitante en términos generales.

El número de cuartos en cada vivienda se mantuvo entre dos a cuatro cuartos, por lo que, de la primera década estudiada, en que existía un gran número de habitantes por vivienda y un número reducido de cuartos, para 2010 se pudo observar que el número de habitantes y el número de cuartos pasó a ser relativamente proporcional. Sin embargo, no son las mismas condiciones para todos los habitantes y las estadísticas podrían generalizarse para ambos casos.

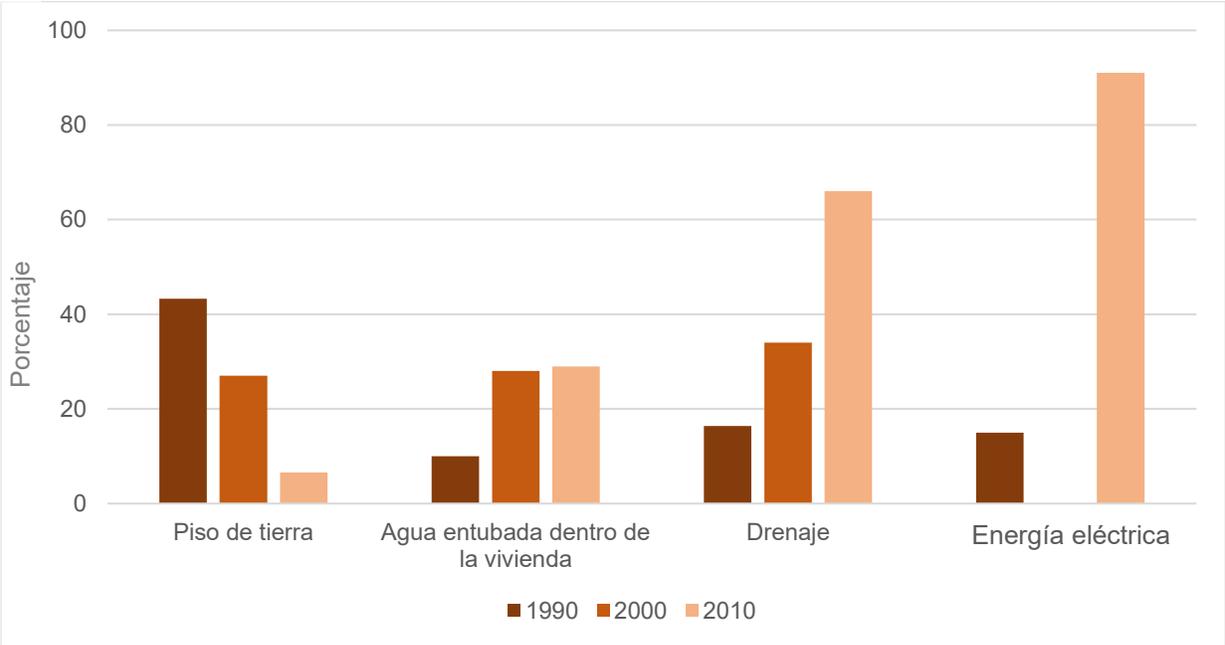
Las condiciones internas de cada vivienda ayudan (o en algunos casos perjudican) en el desenvolvimiento personal, familiar y colectivo de las personas. Es por lo que a continuación se analizan diversas características, tanto a nivel de la RMM como en el municipio de Peñamiller particularmente. Se obtuvieron datos de algunos servicios básicos con los que debería contar cada vivienda, y a su vez, algunas condiciones de ésta. Entre ellos están el porcentaje de viviendas con piso de tierra, con agua entubada dentro de la vivienda, drenaje y energía eléctrica.

En la RMM se observa a partir de los datos obtenidos de los Censos de Población y Vivienda del INEGI (1990; 2000; 2010), que el porcentaje de viviendas con piso de tierra va disminuyendo en cada década, por lo que en 1990 el 43.3% de las viviendas mantenían esta condición, pero para el 2010 la proporción había disminuido a un 6.6%. El porcentaje de agua entubada al interior de la vivienda aumentó principalmente entre 1990 y 2000 en un 18%, mientras que de 2000 a 2010 solo aumentó en un 1%, por lo que menos de la mitad de las viviendas de la RMM tenían acceso al agua entubada en el interior de éstas. La conexión al drenaje en las viviendas aumentó considerablemente en estas dos décadas, aumentando de un 16.4% en 1990 al 66% para el 2010. Por último, se obtuvieron datos sobre la existencia del servicio de energía eléctrica en las viviendas, en donde se tuvieron los mayores cambios, pues para 1990 solo el 15% de las viviendas tenían acceso a energía eléctrica, y para 2010 dicho porcentaje se había incrementado hasta 91% en la RMM (Figura 2.18.).

En general, podemos observar que las condiciones de la vivienda en la RMM han mejorado en las últimas décadas, aunque no todas al mismo nivel ni al mismo ritmo. Se esperaría que las condiciones fueran igual para todos los municipios y todas las

localidades; sin embargo, en la realidad, y en un entorno de bajos ingresos municipales, es de esperarse que en las localidades de mayor concentración poblacional se encuentren las mejores condiciones de vida por su accesibilidad a servicios básicos dentro de las viviendas, así como por el otorgamiento de apoyos económicos para mejorar las características del interior (como lo es sustituir el piso de tierra por otro de mejor calidad que reduzca las condiciones de insalubridad).

**Figura 2.18. Viviendas con piso de tierra, agua entubada, drenaje y energía eléctrica en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

Las características anteriormente examinadas para la RMM, también se analizan para el municipio de Peñamiller a partir de los Censos de Población y Vivienda de INEGI (1990; 2000; 2010). El porcentaje de piso de tierra en el municipio disminuyó considerablemente en estas dos décadas, de un 40% del total de las viviendas, a solo un 5% de ellas para el 2010. El comportamiento del porcentaje en cuanto al agua entubada al interior de las viviendas es un poco anómalo, ya que para 1990 solo el 5% de las viviendas contaban con este servicio, para el año 2000 aumentó al 31%, pero para el último año estudiado (2010), disminuye a un 25%, esto significa que el número de viviendas en estas dos décadas aumentó significativamente,

aunque no el número de viviendas con acceso a agua entubada al interior de ellas. El porcentaje de viviendas conectadas al drenaje aumentó del 15.3% en 1990 al 73% en 2010. Por último, el servicio de energía eléctrica en las viviendas de este municipio también se vio favorecido, con un aumento del 14% al 90% de la población para el mismo periodo (Figura 2.19.).

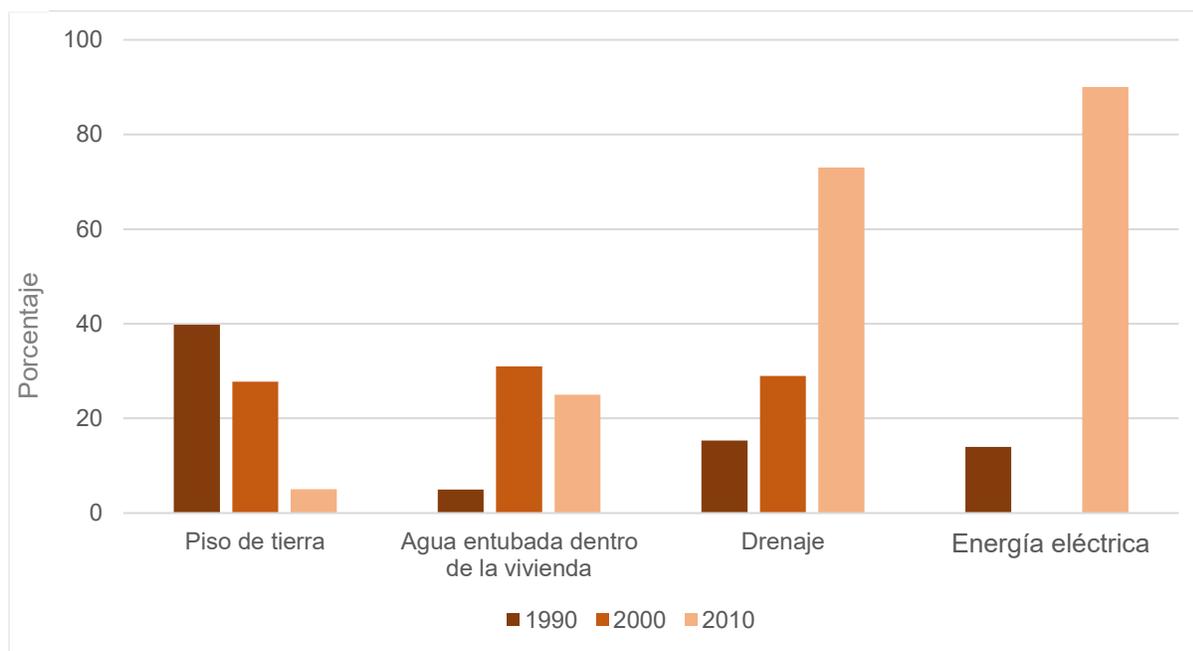
Las condiciones de las viviendas en el municipio varían conforme al grado de importancia que le da tanto el gobierno como la población. Algunos programas gubernamentales en las últimas décadas han sido dirigidos a personas de escasos recursos, que se encuentran en situación vulnerable, entre ellos se encuentra el de mejorar las condiciones del piso al interior de la vivienda, por lo que la disminución de pisos de tierra en el municipio podría estar relacionada con este programa. También la infraestructura necesaria para poder llevar energía eléctrica a todas las localidades del país está completamente ligada a las políticas públicas de cada localidad, municipio y estado, por lo que se puede observar que también ha sido una prioridad para el gobierno mexicano mejorar esta condición, pues es la característica que más despunta en los datos.

El gobierno tiene la responsabilidad de proporcionar el servicio del drenaje (tubería) a nivel de la vía pública, sin embargo, la conexión que pueda tener la vivienda hacia este servicio queda por completo bajo la responsabilidad del propietario del predio (más allá de los permisos que se tengan que solicitar y los costos). Este servicio es de vital importancia ya que, la falta de él puede significar implicaciones negativas en la salud de los habitantes de un hogar o una comunidad.

Por último, las conexiones dentro de la vivienda a la red de agua entubada, se percibe que es una cuestión atribuida particularmente a quien construye y diseña su vivienda, por lo que no es un servicio que represente una preocupación para el gobierno. Este aspecto es muy importante, ya que contar con este servicio contribuye a un mejor saneamiento de la población, mejoraría la calidad de la salud y, por lo tanto, la calidad de vida de sus habitantes, quienes estarían menos expuestos a enfermedades (principalmente estomacales) que pueden perjudicar

otros órganos del cuerpo y causar daños a largo plazo en el funcionamiento neurológico y/o motriz, e incluso la muerte de los individuos.

**Figura 2.19. Viviendas con piso de tierra, agua entubada, drenaje y energía eléctrica en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

El tipo de combustible que se utiliza dentro de casa para la preparación de los alimentos también es un indicador del nivel de desarrollo de la población, ya que demuestra el tipo de servicios a los que esta tiene acceso, no solo por la infraestructura y equipamientos existentes en una localidad, sino también por el nivel de ingresos económicos con los que se cuente, haciendo accesibles o no algunos insumos. Los datos recabados en los Censos de Población y Vivienda de INEGI (1990; 2000,2010) establecen que la población utiliza principalmente cuatro tipos de combustibles para el uso doméstico, la leña o el carbón, el gas, el petróleo y la electricidad.

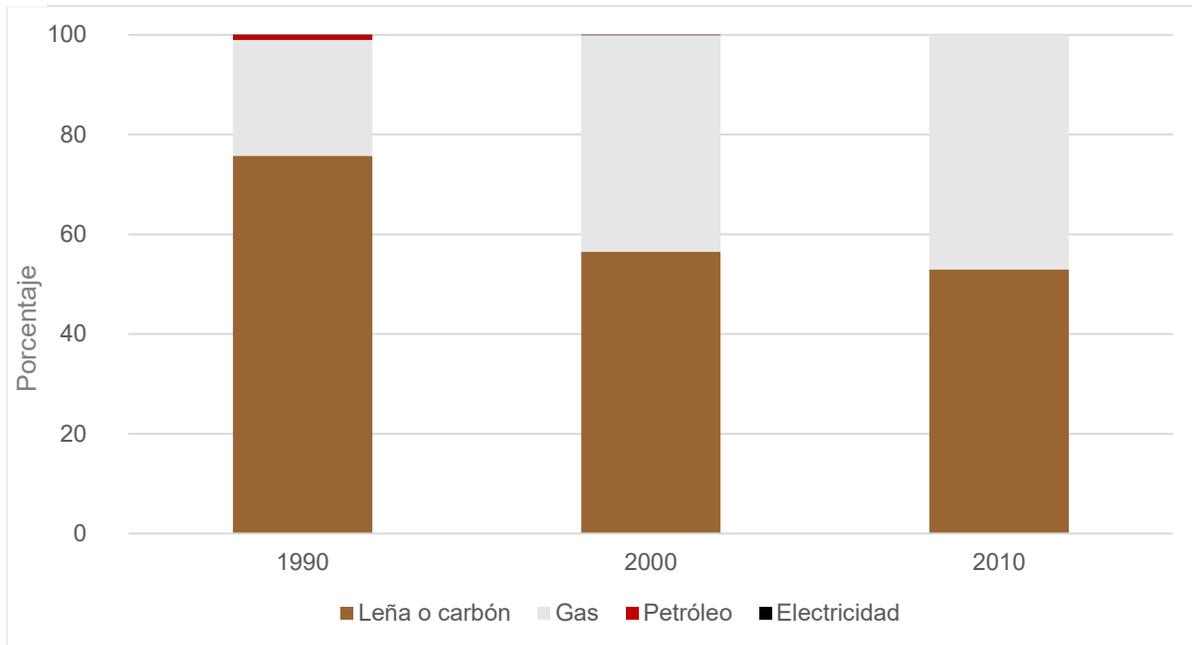
En la RMM, en los tres años estudiados se observa que el uso de leña o carbón ha disminuido, aunque siempre permanece como el principal combustible utilizado, con el mayor porcentaje. En el uso de gas se observa un aumento siendo usado en el 47% de las viviendas para el 2010. El petróleo se utilizó de forma efímera, ya que

para 1990 solo el 0.8% de las viviendas en la región lo utilizaban, mientras que para ese mismo año la electricidad solo se utilizaba en un 0.3% de las viviendas como combustible. Para el 2000, el uso de petróleo y la electricidad disminuyeron a 0.01% y 0.08% respectivamente. Por último, para 2010 ya no existen datos de uso de petróleo o energía eléctrica (tal vez porque de verdad se erradicó el uso de estos combustibles dentro de la vivienda).

En la Figura 2.20. se puede observar que, en los tres años analizados, predomina el uso de leña y carbón principalmente, seguido del gas y, por último, en menor proporción el petróleo y la energía eléctrica. Por lo anterior, es conveniente analizar qué factores socioeconómicos explican esta situación.

En muchos lugares del país actualmente se sigue usando la leña o el carbón para la preparación de alimentos, principalmente, y/o como generador de luz y de calor. Este combustible es de tradición cultural, con fácil acceso para muchas comunidades principalmente rurales del país, es barato y no significa un gasto mayor, pues en comparación al gas, éste requiere de una estufa, una lámpara o un calentador para utilizarlo. Esto no significa que la población no prefiera utilizar este tipo de combustible (gas), sino que puede ser económicamente más accesible utilizar la leña o el carbón.

**Figura 2.20. Tipos de combustible empleados en las viviendas de la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (%)**

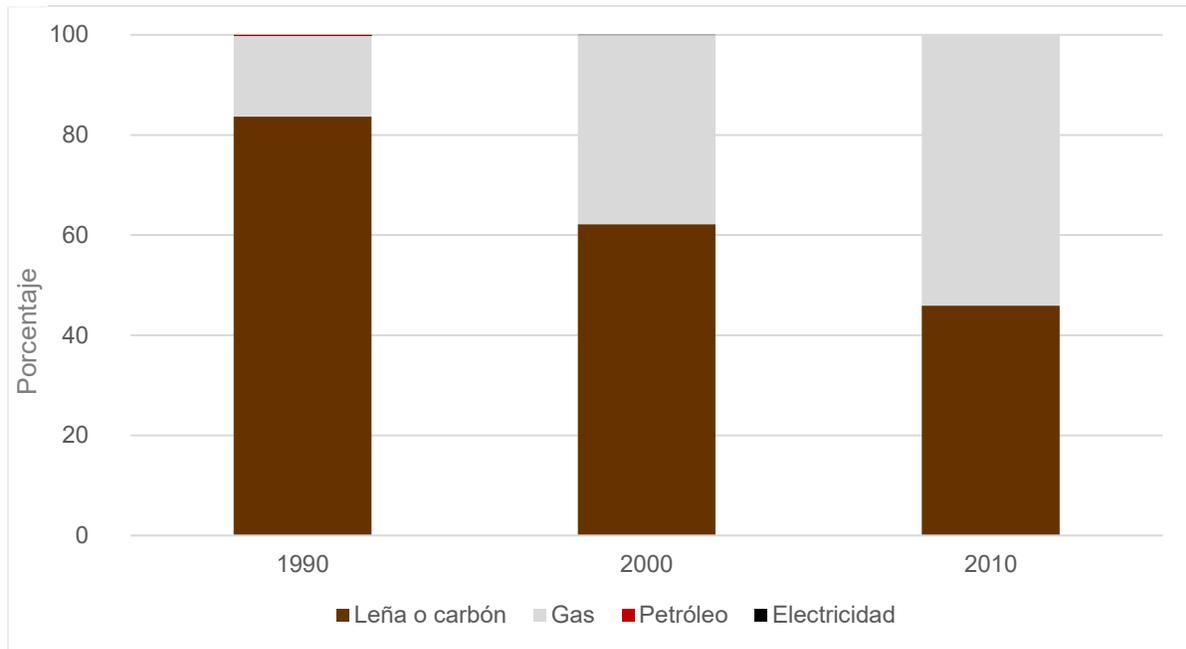


Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

En el caso particular de Peñamiller, en la Figura 2.21. se puede observar el comportamiento del uso de combustible en las viviendas tiene proporciones similares al de la RMM. El uso de leña o carbón en las viviendas disminuyó en estas dos décadas, del 83% para 1990 a un 45.3% para 2010. El uso de gas aumentó del 16% de las viviendas del municipio en 1990 a 53% de las mismas para 2010, convirtiéndose en el principal combustible. El petróleo se utilizó en 1990 solo en 0.1% de las viviendas, eliminando su uso por completo para el año 2000. Por último, la electricidad se utilizaba en un 0.07% de las viviendas para 1990, disminuyendo al 0.06% para el 2000 y eliminándose por completo para el 2010.

La infraestructura necesaria para llevar el gas a todo el país ha mejorado en los últimos años, prueba de ello es el aumento en su uso doméstico. De esta forma se minimizan riesgos de enfermedades respiratorias en la población, pero también se contamina menos el medio ambiente inmediato y reduce la tala de árboles (ilegal en muchos de los casos) en el entorno de las localidades.

**Figura 2.21. Tipos de combustible empleados en las viviendas en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2010 (%)**



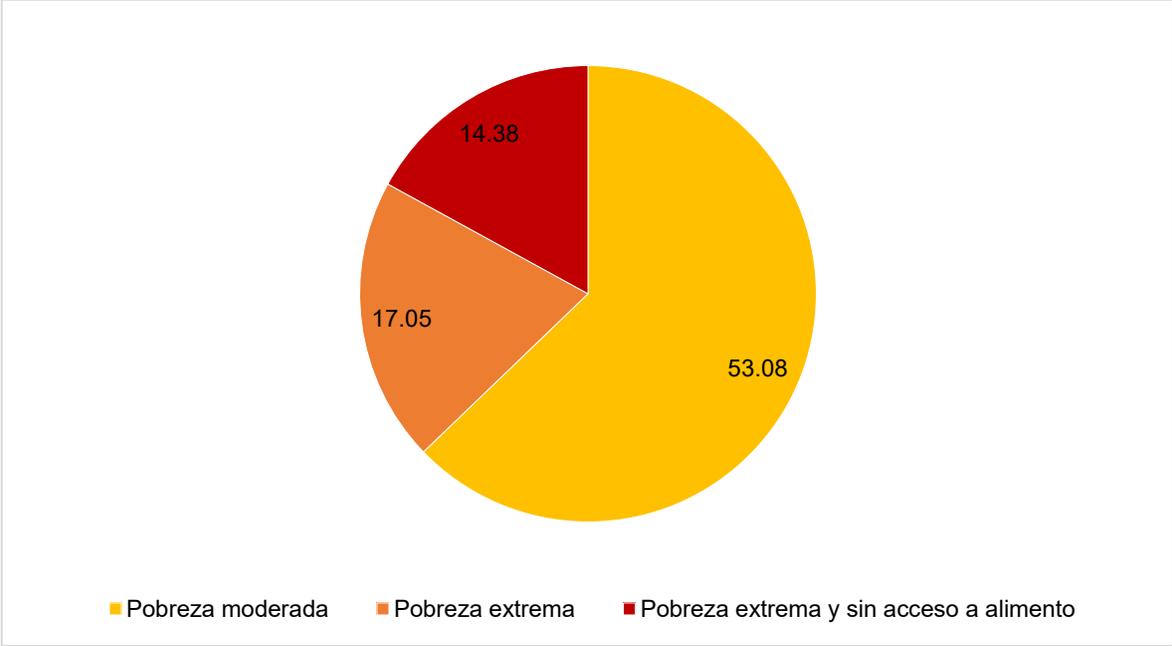
Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

### *Pobreza y marginación*

En el municipio de Peñamiller, en 2010 el 70.13% de la población se encontraba en situación de pobreza (SEDESOL, 2010); esta situación contrasta con los datos del estado de Querétaro (CONEVAL, 2010) que señalan que el 41.4% de la población se encontraba en situación de pobreza y de ella el 82.1% se mantenía en pobreza moderada, mientras que el 17.9% se encontraba en situación de pobreza extrema.

La Figura 2.22. muestra los tipos de pobreza que existen en el municipio y cuánto representan del total de la población en estado de pobreza.

**Figura 2.22. Niveles de pobreza en la población del municipio de Peñamiller, Qro., 2010 (%)**



Fuente: elaboración propia con base en SEDESOL, 2010.

El índice de marginación según CONAPO (2010: 9) es "... una medida-resumen que permite diferenciar entidades y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas."

En apartados anteriores de este capítulo, se identificaron algunos de estos aspectos a escala regional y local, como son la educación, el tamaño de las localidades y las condiciones de vivienda, y estas a su vez, están reflejadas en el índice de marginación. Este índice es un análisis cuantitativo realizado por CONAPO a partir

de datos obtenidos en los Censos de Población y Vivienda de los años 1990, 2000 y 2010 publicados por el INEGI.

En la Tabla 2.6. se puede observar que el grado de marginación que tiene la RMM para el año 1990 es "alto" en cuatro de los cinco municipios y en uno es "muy alto". Para 2000, aunque el índice de marginación mejoró en los cinco municipios, el grado de marginación se mantuvo en el mismo nivel que una década anterior. Por último, para 2010 mejoraron las condiciones generales de vida de los municipios (educación, vivienda, ingresos monetarios y la distribución de la población), por lo que el grado de marginación mejoró de grado "muy alto" a "alto" y de "alto" a "medio" en algunos casos, y sólo el municipio de San Joaquín mantuvo la misma categoría.

En el caso del municipio de Peñamiller, se observa una mejoría en el índice de marginación en estas dos décadas, por lo que pasa de grado "alto" de marginación en 1990, a grado "medio" para el año 2010.

**Tabla 2.6. Índice y grado de marginación en los municipios de la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 - 2010.**

Municipio	1990		2000		2010	
	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice de marginación	Grado de marginación
Cadereyta de Montes	0.283	Alto	0.142	Alto	0.061	Medio
Peñamiller	0.407	Alto	0.326	Alto	0.314	Medio
Pinal de Amoles	1.223	Muy alto	1.159	Muy alto	0.808	Alto
San Joaquín	0.777	Alto	0.506	Alto	0.533	Alto
Tolimán	0.268	Alto	0.11	Alto	0.15	Medio

Fuente: elaboración propia con base en CONAPO, Datos abiertos del índice de marginación 1990-2015.

El estudio cuantitativo de las condiciones sociales de la población (niveles de educación, salud, vivienda, y pobreza y marginación) de la RMM pero particularmente de Peñamiller, para diferentes años, nos permite tener un panorama general de la calidad de vida de la población en ese municipio.

Estos datos estadísticos deben ser comparados con información cualitativa (obtenida principalmente en campo) para así poder tener una imagen más real de

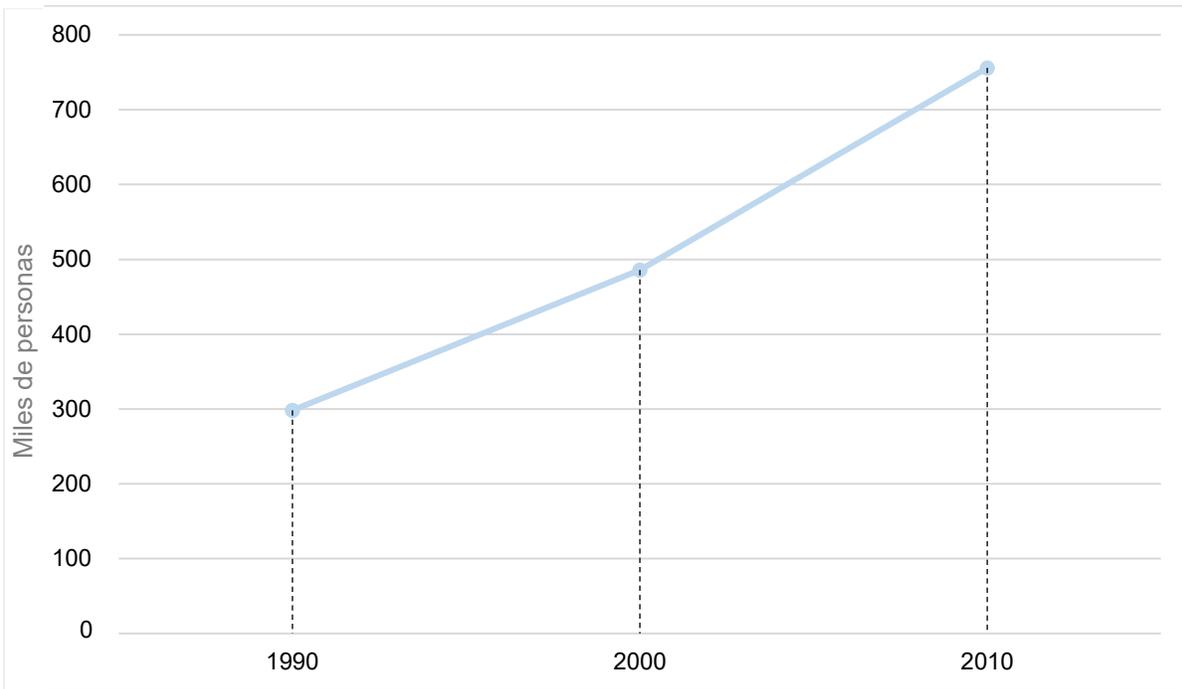
las condiciones de vida del sector de la población objeto de este estudio, que es el de los mineros.

### 2.2.3. Características económicas de la población.

El estado de Querétaro en las últimas décadas ha experimentado un cambio muy notorio en su economía y ello se ha visto reflejado en sus características demográficas y sociales. Su industrialización durante las últimas décadas, en gran medida enfocada hacia la rama de la producción de autopartes y desde la primera década de este siglo reorientándose hacia la industria aeronáutica, principalmente en la Ciudad de Querétaro, la ha vuelto un polo de atracción para la población no solo del estado, sino de todo el país. Esto a su vez se traduce en una mayor demanda de viviendas, servicios e infraestructura y, en consecuencia, para poder crear todas estas obras se necesita mano de obra (en su mayoría barata), que a su vez genera olas de migración principalmente desde los municipios queretanos con niveles socioeconómicos menores.

Es por lo que desde 1990 hasta 2010, podemos observar un incremento de la Población Económicamente Activa (PEA), de apenas unas 300 mil personas a casi 800 mil, lo que representa un aumento del 167%, más del doble. Se esperaría que este comportamiento se mantuviera en todo el estado; sin embargo, la mayoría se concentra en el suroeste de este, ya que es la zona en donde se concentra la industria, lo cual ha contribuido a ampliar las desigualdades territoriales entre los municipios del sur y los del norte de la entidad (Figura 2.23.).

**Figura 2.23. Evolución de la PEA del estado de Querétaro, 1990 – 2010 (miles de personas)**

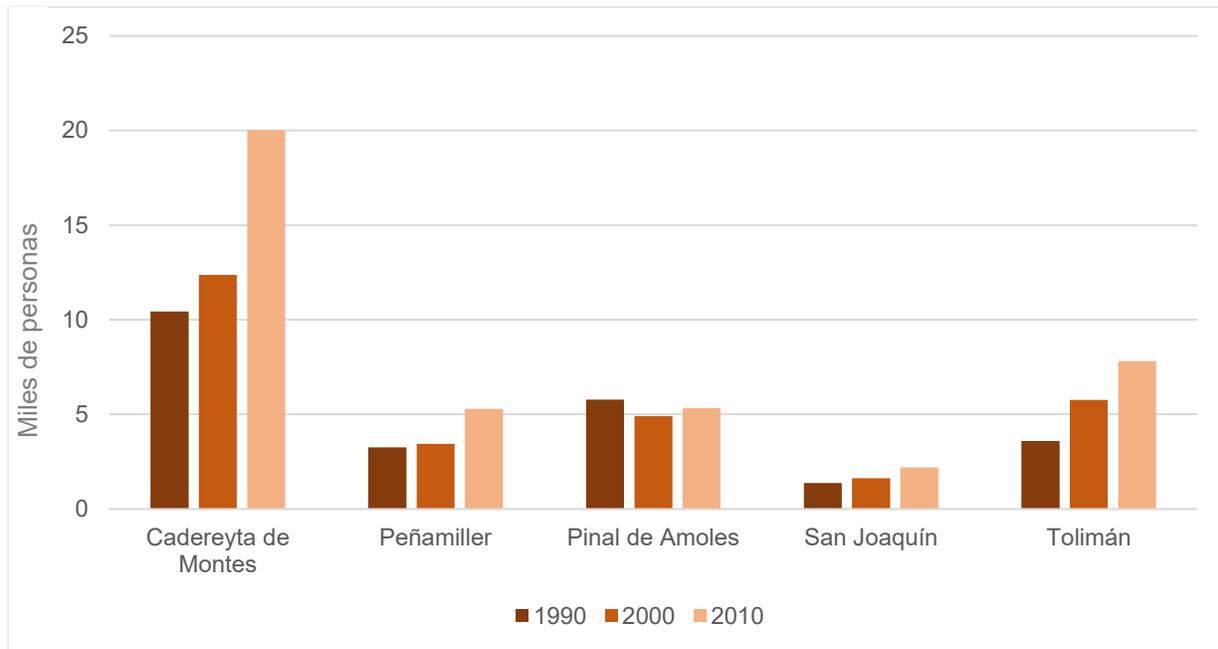


Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

La RMM se encuentra precisamente en una ubicación geográficamente opuesta a la parte industrializada del estado de Querétaro, por lo que como se puede observar en la Figura 2.24. que el comportamiento de la PEA no es comparable con la del estado. El municipio que tiene un mayor crecimiento en la PEA ocupada es Cadereyta de Montes, elevándose a casi el doble en dos décadas. Sin embargo, tres municipios (Tolimán, Peñamiller y San Joaquín) aunque elevaron su PEA ocupada, lo hicieron de forma incipiente, de tal forma que, si juntáramos la PEA de estos tres municipios para el año 2010, no llegaría a los niveles de la PEA de Cadereyta de Montes. Por último, Pinal de Amoles tuvo una reducción de su PEA de 1990 al 2010 en términos absolutos, por lo que si se compara con la Tabla 2.3. referente a la condición migratoria de los municipios de la RMM, se puede afirmar

que el factor determinante que explica la reducción de la PEA es la alta tasa de migración del municipio.

**Figura 2.24. PEA ocupada en la Región Minera de Mercurio, Qro., 1990 – 2010 (miles de personas)**

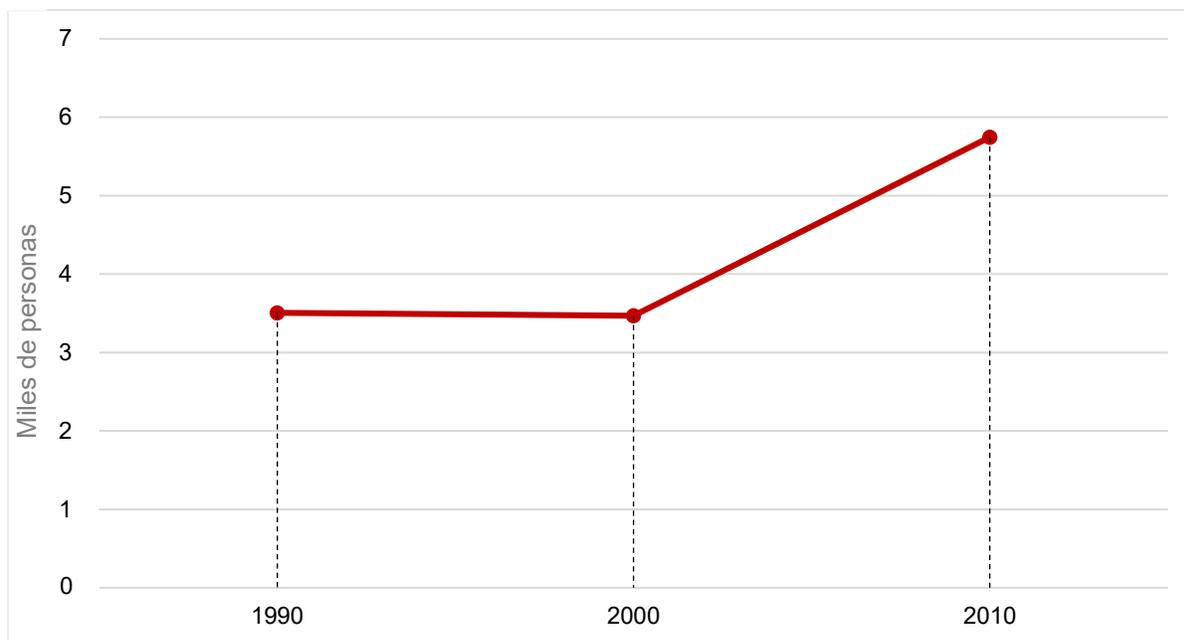


Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

El municipio de Peñamiller tiene un comportamiento particular en estas dos décadas. En la Figura 2.25. se muestra el comportamiento de la PEA en los años estudiados, y se observa que de 1990 a 2000 hay un estancamiento en el volumen de la PEA, sin embargo, de 2000 a 2010 la PEA aumentó significativamente, de 3 469 a 5 746 personas, y representó en 2010 sólo el 31% de la población total del municipio.

Esto significa que la fuerza laboral del municipio se incrementó gracias muy probablemente a la población migrante que regresó a sus lugares de origen y a la población local que quedó arraigada, debido al auge que tuvo la minería del mercurio durante este periodo como fuente de trabajo.

**Figura 2.25. Evolución de la PEA en el municipio de Peñamiller, Qro., 1990 – 2000**  
(miles de personas)



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1990; 2000; 2010.

En la Figura 2.26. se examina la distribución de la población ocupada en Peñamiller (2010) por sector de actividad [actividades primarias (verde), secundarias (rojo) y terciarias (azul)] y por grupo de actividad económica.

Las actividades primarias se dedican al aprovechamiento de los recursos naturales renovables, por lo tanto, dentro de este tipo de actividades están la agricultura, la ganadería, la pesca, la caza, y la actividad forestal. Podemos observar en la Figura 2.26. que este tipo de actividades ocupan al 17% de los trabajadores del municipio.

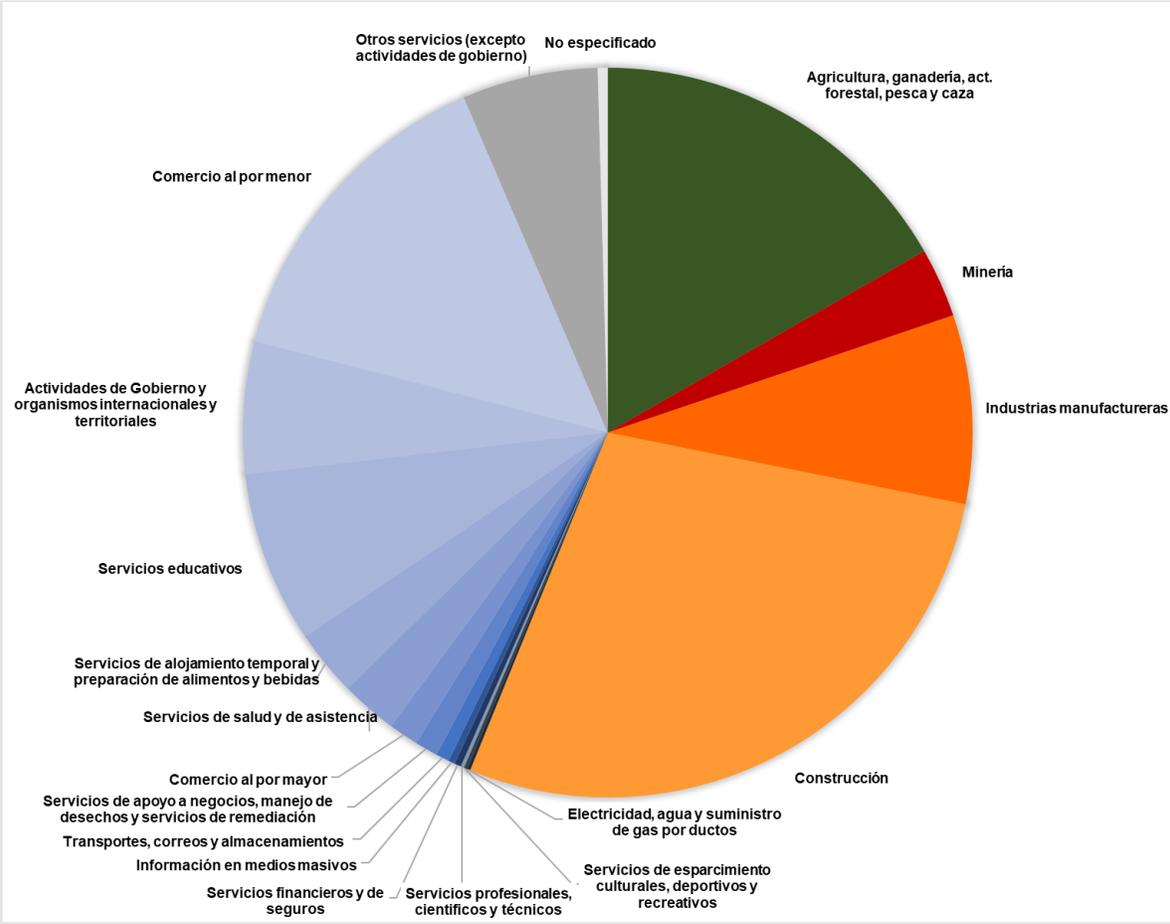
Las actividades secundarias se dedican a la transformación de las materias primas para así obtener productos de consumo final o, en algunos casos, para abastecer a otras industrias. Este sector representó un 39% del personal ocupado del municipio.

Por último, las actividades terciarias incluyen el transporte, el comercio y los servicios a la población y a las actividades económicas. Representan el 44% de la población ocupada del municipio.

Entre las principales actividades económicas del municipio se encuentran: construcción (28% de la PEA total), agricultura, ganadería, actividad forestal, pesca y caza (17%), comercio al por menor (14.5%), manufacturas (8%), y minería (3% de la PEA total).

Para efectos de la presente tesis, es importante destacar que el porcentaje de la población ocupada en Peñamiller en la actividad minera se refiere a los trabajadores que están registrados oficialmente, sin embargo, sabemos que es un municipio de gran tradición minera, pero de tipo informal, por lo que se podría cuestionar si las cifras son correctas o el subregistro se debe a la clandestinidad de la actividad.

**Figura 2.26. Distribución de la población ocupada en el municipio de Peñamiller, Qro., por sector de actividad, 2010**



Fuente: elaboración propia con base en SEDESOL, 2010.

## Capítulo 3.

### **Antecedentes históricos de la minería del mercurio y marco regulatorio vigente. Estructura y características de la minería del mercurio en el municipio de Peñamiller, Qro.**

#### 3.1 Antecedentes históricos de la minería del mercurio en la Sierra Gorda de Querétaro.

Los acontecimientos geo-históricos relacionados con la zona de estudio objeto de esta tesis que a continuación se van a describir, están ligados tanto con la historia de la minería del cinabrio y su subproducto el mercurio, desde las más antiguas civilizaciones de la humanidad, como con la evolución socio-política de la zona de estudio en específico. Para ello, el proceso evolutivo de la minería del mercurio en la Sierra Gorda de Querétaro se dividió en cuatro etapas geo-históricas, que representan puntos quiebre en su historia:

*I. De las comunidades nómadas primitivas a las civilizaciones sedentarias del periodo prehispánico*

*Existen evidencias del uso de minerales por el ser humano desde la etapa lítica (30000 – 7000 a.C.) para algún uso rudimentario, como elaborar puntas de flechas, rascadores, puntas de proyectil, pintura, etc. En esta etapa, ya existían grupos nómadas con estilo de vida de cazadores-recolectores en la Sierra Gorda, que aprovecharon los yacimientos de minerales de la zona de forma muy somera (Langenscheidt, 2006).*

Hacia el año 7000 a.C. a nivel mundial, y aproximadamente en el 2500 a.C. en la región de la Sierra Gorda, los grupos humanos empezaron a utilizar técnicas para practicar la agricultura, con lo que se convirtieron en civilizaciones sedentarias y fueron encontrando una mayor diversidad de usos de los minerales, concretamente en el caso de la Sierra Gorda (Ibid.). También alrededor del 7000 a.C., en algunas cuevas de Turquía se hicieron pinturas rupestres, en las cuales se pudo identificar

que el pigmento utilizado fue el cinabrio, siendo este uno de los rastros más antiguos de uso de este mineral metálico por el hombre (Omnia, 2017). Entre 1600 y 1500 a.C., los egipcios usaban el mercurio en ritos funerarios, principalmente por los grupos sociales de mayor estatus socioeconómico (Academia Nacional de Medicina, 2006). Hacia el 1200 a.C. las diferentes dinastías chinas explotaban minas de mercurio en la zona de Kwichan, para utilizarlo como pintura y también para el consumo de los emperadores, ya que se creía que podía prolongar su tiempo de vida (Ibid.). En México, aproximadamente en el año 1000 a.C. el cinabrio fue utilizado por la cultura Olmeca (costas del suroeste y sur del Golfo de México), los Mayas (sureste de México) y los Teotihuacanos (centro de México) para ungir a sus muertos, y en algunas ocasiones, como elemento empleado para pintar murales o vasijas; este mineral provenía principalmente de la Sierra Gorda y en menor proporción, de Zacatecas (Pérez y Herrera, 2013).

En el siglo IV a.C. se comenzó a explotar una de las minas de mercurio más grandes e importantes del mundo en la historia de la humanidad en Almadén, España, por los cartagineses (Las minas, 2018). Los griegos y los romanos utilizaron el cinabrio (probablemente de Almadén) para pintar o incluso como ungüento, hacia el año 400 a.C. (Academia Nacional de Medicina, 2006). En el siglo VIII d.C. los Toltecas tuvieron influencia sobre las comunidades asentadas en la zona de la Sierra Gorda, y más específicamente en Peñamiller, por lo que puede existir alguna relación de esta civilización con la extracción del mercurio y su traslado a Teotihuacán para su comercio. Por último, en el siglo XIII d.C., un pueblo proveniente de Árido América se asentó en la Sierra Gorda; eran conocidos como los “Pames”, pertenecientes al grupo Chichimeca, que en la época de la Colonia desempeñaron un papel importante en la producción del azogue (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2018).

## *II. La Época Colonial*

A nivel mundial, entre los siglos XVI y XIX, el mercurio tuvo diversas aplicaciones, principalmente en la medicina (como tratamiento para la sífilis), como desinfectante y en la amalgamación del oro y la plata para su purificación (Academia Nacional de

Medicina, 2006). En el siglo XVI, la Corona española decide importar mercurio desde Almadén, para emplearlo en la amalgamación en las minas de oro y la plata, no solo de la Nueva España sino de todas las colonias españolas en América, por lo que la mina de Almadén adquirió gran importancia para abastecer de este mineral indispensable para la floreciente actividad minera. Por ello en 1559, la producción y comercio del mercurio fue declarado por la Corona española monopolio del Estado, y las minas americanas solo podían utilizar el mercurio que España les proveía con la prohibición de utilizar el procedente de yacimientos ubicados en sus territorios (Lang, 1969).

Sin embargo, trasladar el mercurio desde España era complicado, no solo por el trayecto marítimo, sino porque tenía que ser transportado a la capital del Virreinato y de ahí redistribuido a las minas de los diferentes territorios, por lo que se llegó a pensar en extraer mercurio en la Nueva España para poder tener un flujo constante de este mineral. Por esta razón, en 1557 llegaron a la Sierra Gorda los primeros españoles con planes de conquista, ya que los grupos chichimecas que allí habitaban controlaban las minas de azogue e impedían a los españoles su extracción, pero fue hasta el siglo XVIII que se logró el completo control y colonización de esa zona con el apoyo de las misiones de la Sierra Gorda fundadas por fray Junípero Serra (Langenscheidt, 2006).

Así, en 1748 se fundó la comunidad de Peñamiller (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2018).

### *III. De la Independencia de México a los años ochenta del siglo XX*

Como bien se sabe, después de la independencia de México se cortaron muchos de los lazos, y en muchos casos, de los beneficios que proporcionaba España a sus colonias, entre ellos el suministro de mercurio para la minería. Es hasta 1821 cuando se logró normalizar el abasto de mercurio en el país, mediante su extracción de las minas ubicadas en el territorio mexicano para no depender de la importación. Este suministro se mantuvo hasta 1835, ya que una empresa extranjera comenzó a extender su monopolio del mercurio a nivel mundial, afectando la producción nacional hasta 1850. A partir de esta fecha y hasta 1905 México importó mercurio

de forma constante, pero también hubo un incremento de la producción en las minas del país (Herrera, 1990).

Más tarde, de 1932 a 1968, en la bahía de Minamata, Japón, se detectó un incremento en la presencia de una enfermedad desconocida para la población, la denominada enfermedad de “Minamata”, la cual producía a quienes enfermaban problemas fisiológicos irreversibles y mortales. Al principio no se tenía idea de cuáles eran las causas de dicha enfermedad, sin embargo, los japoneses se dieron cuenta de que una empresa química tiraba sus desechos en la bahía, y se encontró que entre dichos desechos había mercurio inorgánico y metil-mercurio, lo que contaminaba las aguas marinas, y a su vez, la fauna del lugar; posteriormente, los peces y los moluscos eran extraídos para el consumo de la población; además, por tradición cultural, los habitantes de Japón son importantes consumidores de productos alimenticios procedentes del mar. A partir de este acontecimiento, se empezaron a crear campañas para estudiar los efectos del mercurio en el ser humano, con el fin de concientizar a la población, a las empresas y a los gobernantes del daño que este mineral puede provocar no solo a la salud, sino al medio ambiente (Red Internacional para la Eliminación de los COP, 2014).

Durante el periodo 1960-1970, hubo un auge en la producción de mercurio procedente de las minas ubicadas en la Sierra Gorda. En Peñamiller se explotaron 128 minas, lo que originó una gran derrama económica en las localidades rurales del municipio. A consecuencia de ello, en 1962 se inició la introducción de servicios básicos en la cabecera municipal, como agua potable, energía eléctrica, aulas escolares y centros de salud. En los siguientes dos decenios, hubo un descenso en la producción debido a la disminución de la demanda en el mercado mundial y las minas de mercurio del estado de Querétaro tuvieron una producción esporádica e intermitente (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2018).

#### *IV. De 1990 a la época actual.*

En 1990 comenzaron las negociaciones sobre un Tratado de Libre Comercio que originalmente incluía solo a Estados Unidos y a México; en 1992 finalizaron las negociaciones. El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) entró

en vigor en 1994 incluyendo también a Canadá como socio comercial (Tratado de Libre Comercio de América del Norte, 2012). En ese mismo año, se realizaron las gestiones para la creación del Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Querétaro (CECyTEQ) con una unidad académica en el municipio de Peñamiller, la cual se convirtió en la máxima casa de estudios de este municipio (Ibid.).

En 2009, empezaron los debates y los trabajos en relación con el Convenio de Minamata a nivel internacional, el cual entró en vigor en 2017 con el objetivo de hacer frente al problema de la contaminación ambiental causada por el mercurio y a la necesidad de proteger la salud de la población, a través de la eliminación paulatina de la minería de mercurio en los países ratificantes, -estableciendo como año tope 2032-, pero también dando un tratamiento adecuado al mercurio ya existente en los diversos objetos que se han producido a lo largo del tiempo y que aún lo contienen (Organización de las Naciones Unidas, 2017).

### 3.2 El contexto legal e institucional actual de la minería del mercurio en México.

En México, todas las actividades económicas están reguladas por leyes, a veces de forma directa y a veces de forma indirecta. Para el caso de la minería, existe una ley específicamente para regular toda esta actividad, sin embargo, hay otras leyes que pueden regular aspectos particulares de la minería, como es el caso de la Ley federal del trabajo, Ley general del equilibrio ecológico y protección al medio ambiente y la Ley general de salud.

También existen normas oficiales mexicanas (NOM) las cuales regulan situaciones específicas. La diferencia entre las leyes y las normas es que las leyes deben pasar por un proceso legislativo en las Cámaras, en el cual se discuten y en su caso se aprueban por dichos órganos legislativos; en cambio, las NOM no pasan por este proceso, son modificables conforme a las circunstancias a las cuales se quiere

aplicar y también por la dependencia que las tiene a su cargo. Es por ello que las leyes tienen un mayor peso e importancia al momento de la aplicación.

Por lo tanto, para efectos de la tesis explicaré los principales artículos de estas leyes, y que se ven directamente relacionadas con la actividad minera del mercurio.

La Ley Minera rige esta actividad económica, atribuye obligaciones y derechos a los diversos participantes de la actividad. El Estado mexicano tiene la obligación de: “elaborar y dar seguimiento al programa sectorial en materia minera y coordinar la elaboración y evaluación, así como dar seguimiento a los programas institucionales, regionales y especiales de fomento a la pequeña y mediana minería y al sector social” (Ley Minera, 1992: 4).

Otra de sus obligaciones más importantes para este sector es el solicitar información sobre la producción, beneficio y destino de los minerales a las empresas (Ibid.).

La Ley minera también establece como obligación de la Subsecretaría de Minería de la Secretaría de Economía el mantener actualizado el Registro Público de Minería y la Cartografía Minera (Ibid.). Por último, dicha dependencia debe verificar el cumplimiento de los deberes y las obligaciones impuestas por esta Ley a quienes se dediquen a la actividad minera e imponer sanciones a quienes no las lleven a cabo (Ibid.).

De entre las obligaciones que tienen que cumplir las concesiones, asignaciones mineras y las plantas de beneficio están: “rendir informes estadísticos, técnicos y contables...” (Ibid.:15), por lo que es responsabilidad de las dos partes -autoridades y concesionarios/empresarios mineros-, tanto solicitar informes periódicos como la entrega de los mismos. Existen más obligaciones estipuladas en la Ley, sin embargo, la mayoría son dirigidas a la regulación de empresas con capital para invertir en obras de exploración, levantamientos topográficos, pruebas de experimentación metalúrgica, etc. En toda la Ley no es mencionado cómo se ayuda al pequeño y mediano minero, y el procedimiento mediante el cual pueden regularizar su condición de trabajo ante la Ley. Esto refleja el favoritismo que genera esta Ley a la Inversión Extranjera Directa y al capital minero transnacional.

La Ley Federal del Trabajo (1970) pretende conseguir un equilibrio entre los factores de producción y la justicia social, propiciando un trabajo digno o decente en todo tipo de relaciones laborales. Para ello la Ley dicta que: “se entiende por trabajo digno o decente aquél en el que se respeta plenamente la dignidad humana del trabajador... se tiene acceso a la seguridad social, y se percibe un salario remunerador, se recibe capacitación continua para el incremento de la productividad con beneficios compartidos, y se cuenta con condiciones óptimas de seguridad e higiene para prevenir riesgos de trabajo” (p. 1).

También la Ley dicta que no se le puede impedir el trabajo a ninguna persona mientras se mantenga en el margen de lo lícito.

Esta Ley determina las obligaciones de los patrones, entre las más importantes destacan el proporcionar a los trabajadores las herramientas de trabajo en buen estado y de buena calidad, así como reponerlas cuando su tiempo de vida útil cese. También, cumplir con las NOM en materia de salud, seguridad, medio ambiente y trabajo, así como contar con el material completo y adecuado para proporcionar atención de primeros auxilios a los trabajadores de ser necesario (Ley Federal de Trabajo, 1970: 29-31).

A partir de los diferentes sectores económicos, la Ley tienen un apartado específico para poder determinar de manera particular los derechos y obligaciones. En el caso de los trabajadores en minas, los artículos más relevantes son el 343B en el cual la Ley determina que todas las zonas de trabajo deben contar con un sistema de seguridad y salud efectivo. El 343C dicta que deben existir estudios y análisis para mantener este sistema de seguridad, informar a los trabajadores sobre los diferentes riesgos y peligros asociados a su actividad, y capacitar constantemente a los trabajadores.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (LGEEPA), contiene algunos señalamientos, los cuales pueden intervenir en la actividad minera de mercurio, pero también hablan de la calidad en el medio ambiente en el que se debería desenvolver cualquier ser humano.

Un punto importante en esta Ley dice que “La erradicación de la pobreza es necesaria para el desarrollo sustentable” (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente, 2015: 15), lo cual queda en contradicción con los indicadores sociodemográficos y económicos que anteriormente se mostraron, ya que Peñamiller es un municipio con índices de pobreza y marginación altos, pero también una parte de su territorio se encuentra dentro de un área natural protegida, y por si fuera poco, una buena parte de la población se dedica a un tipo de minería que es contaminante al medio ambiente y también daña la salud de quienes la practican.

Esta Ley también determina que “El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población.” (Ibid.: 15). Ello viene aunado con la idea anterior, en donde todas estas condiciones están íntimamente ligadas.

Es por lo que la LGEEPA prevé este tipo de situaciones en ciertos sectores de la sociedad, por lo que en el artículo 21 señala obligaciones al gobierno federal para diseñar, desarrollar y aplicar instrumentos económicos para incentivar el cumplimiento de esta Ley.

El artículo 28 establece que en las zonas de minas y plantas de beneficio se deben elaborar evaluaciones de impacto ambiental, para determinar que estas actividades no producen un desequilibrio ecológico.

Por último, la Ley General de Salud tiene como principal objetivo otorgar a todo mexicano el derecho al bienestar físico y mental, así como una buena calidad de vida. Para lograr este objetivo, el Sistema Nacional de Salud se debe encargar de proporcionar servicios de salud de buena calidad a toda la población y prevenir daños sanitarios. También busca que se mantengan las condiciones ambientales para reducir riesgos en la salud de la población. Otro objetivo de importancia es la modificación de patrones culturales que determinan hábitos, costumbres y actitudes relacionados con la salud.

Una de las disposiciones del Sistema Nacional de Salud es la de garantizar servicios de salud a los grupos vulnerables, que en el caso de los mineros de Peñamiller entrarían en esta categoría.

También la Secretaría de Salud, junto con autoridades laborales e instituciones públicas de seguridad social, promoverán, desarrollarán y difundirán investigación para prevenir enfermedades y accidentes relacionados con el ámbito laboral.

### 3.3. Metodología de la investigación

Ante la falta de información de fuentes oficiales sobre la minería del mercurio en el municipio de Peñamiller, la investigación tuvo que apoyarse en la obtención de información primaria directamente en campo, y para ello se realizó una visita de trabajo al municipio de Peñamiller del 2 al 5 de enero de 2019. Dicha visita recibió el apoyo financiero del Proyecto PAPIIT IN303417 "Atlas de la Minería de México".

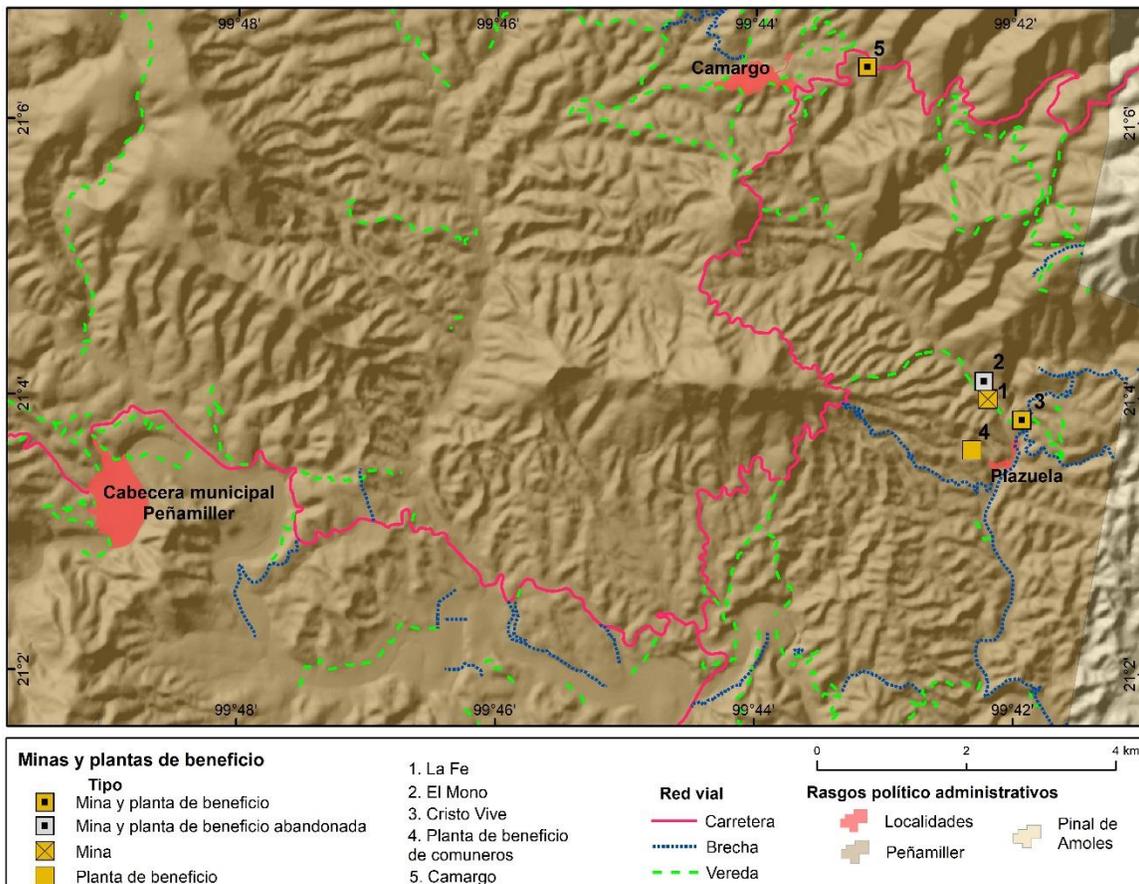
Los objetivos de la investigación de campo fueron los siguientes:

1. Ubicar las principales zonas mineras del municipio.
2. Observar el proceso de minado y de beneficio del mercurio, así como las herramientas que utilizan y las medidas de seguridad que se implementan en todo el proceso de la minería.
3. Detectar los principales riesgos para los mineros que se dedican a esta actividad.
4. Obtener información sobre el comercio del mineral, como lo son las condiciones del mercado, el precio de venta, el contrato con los intermediarios, los usos a que se destina el mercurio, entre otros.
5. Identificar otras actividades económicas alternas que se pueden desarrollar en las comunidades mineras del mercurio.

Como actividad previa al trabajo de campo se estableció contacto con el Prof. Lucano Hernández García, Director del área de Desarrollo Social del Ayuntamiento de Peñamiller, que serviría como contacto directo con los mineros.

La investigación de campo se llevó a cabo en la cabecera municipal del municipio de Peñamiller, y otras dos localidades, Plazuela y Camargo, ya que el contacto establecido con el gobierno municipal creyó pertinente llevarnos a esos dos sitios mineros debido a que son los de mayor importancia, por la cantidad de minas que existen en el caso de la localidad de Plazuela, y por tener una de las minas más grandes del municipio en el caso del poblado de Camargo. En total, durante el recorrido se visitaron cuatro minas y una planta de beneficio en la zona de Plazuela y una mina con su planta de beneficio en la zona de Camargo (Figura 3.1.).

**Figura 3.1. Localización de las minas y la planta de beneficio en el municipio de Peñamiller, Qro.**



Fuente: elaboración propia a partir de datos recabados en campo, 2019.

Previamente a la realización de las visitas que se programaron, se tuvo una entrevista con el Prof. Lucano Hernández García acerca de la estructura económica del municipio y las actividades económicas que se desarrollan en el municipio, esta información fue complementada con las pláticas sostenidas con los pobladores de la localidad de Peñamiller.

Para la obtención de información me apoyé en la observación directa como recurso metodológico, pero también se emplearon otras herramientas como la entrevista semiestructurada y la georreferenciación de las minas y plantas de beneficio visitadas a partir de imágenes satelitales.

Se obtuvo información primaria principalmente cualitativa gracias a las entrevistas realizadas con los mineros y los pobladores locales, y en menor medida, de tipo cuantitativo, por la falta de información y datos estadísticos que pudieran ser proporcionados por el gobierno municipal y estatal.

### 3.3.1. Problemas y alcances de las técnicas aplicadas durante la realización del trabajo de campo.

La observación de un escenario esperado, que en este caso era poder reconocer y apreciar directamente el trabajo dentro y fuera de las minas de mercurio, fue limitada por la reducción experimentada por los precios del mercurio en las fechas en las que se acudió a realizar las visitas, ya que solo una mina en la localidad de Camargo y una planta de beneficio en la localidad de Plazuela se encontraban operando a menos de su capacidad instalada. Las demás minas y plantas que se visitaron tenían suspendidas sus actividades (Figura 3.1.). Por lo anterior, solo se pudieron realizar 10 entrevistas, así como observaciones directas de los espacios laborales y de la infraestructura con que contaban las minas y las plantas de beneficio visitadas.

Este factor también afectó la cantidad de entrevistas que se planteaba llevar a cabo, ya que la mayoría de los mineros no se encontraban en las minas a las que se acudió, sin embargo, esta situación ocasionó que, en varios de los casos, quienes proporcionaron la información que se necesitaba, eran actores clave en el

funcionamiento de estas, de modo que la información cualitativa que se obtuvieron de dichas entrevistas fue de gran valor y permitió comprender de forma integral el funcionamiento de la minería del mercurio. Las imágenes satelitales nos ayudaron a ubicar las minas y planta de beneficio visitadas, estas se obtuvieron del *base map* de ArcGis, debido a la alta calidad de las imágenes y a que eran las más recientes que se pudieron conseguir de la zona.

### 3.4. La minería de mercurio en el municipio de Peñamiller, Qro.

#### 3.4.1. El contexto de la actividad económica municipal y local

De acuerdo con lo señalado por las autoridades del municipio de Peñamiller y según lo observado durante el trabajo de campo, en la cabecera municipal la población sólo puede trabajar en tres sectores económicos, ya que son los únicos que permiten mantener ingresos y prestaciones más o menos estables: el sector salud, el gobierno o la educación. Asimismo, se practica también el comercio, aunque en muy pequeña escala.

En la cabecera municipal los servicios educativos son limitados, ya que solo se cuenta con un centro preescolar, una primaria, una secundaria pública y un plantel de bachillerato; en consecuencia, la plantilla de profesores también es reducida. En cuanto a los servicios de salud, solo hay un centro de salud público y un par de consultorios médicos particulares, por lo que tampoco parece ser una actividad que represente una fuente de empleo importante; incluso se pudo observar que en el centro de salud público había estudiantes de medicina haciendo su servicio social, lo que parece reflejar que se cuenta con pocos médicos de planta. Los estudiantes de servicio social no están bajo contrato ni tampoco son de la localidad, el municipio o el estado de Querétaro. Por lo que se refiere al sector gobierno, se trata de puestos rotativos que son ocupados por periodos cortos (cambian cada tres años) y el Ayuntamiento no tiene una plantilla de trabajadores grande, ni tampoco cuentan con todo tipo de prestaciones.

En los alrededores de la localidad de Peñamiller, se practica la agricultura en la vega del río Extoraz. La agricultura genera empleos que son temporales y cuyas condiciones dependen de diversos factores. Por ejemplo, el cultivo y la cosecha de la nuez depende de su ciclo vegetativo, anteriormente era de gran importancia por su producción y valor comercial, gracias a las acequias que se construían en los bordes del río Extoraz. Recientemente, el gobierno estatal prohibió hacer o tener acequias, de tal forma que los nogales se han ido secando y desapareciendo. La pizca de orégano y damiana silvestre en los cerros, que también se realiza periódicamente para el consumo local y su comercio, está condicionada a los permisos otorgados para realizar dicha recolección por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)<sup>1</sup>, los cuales se pueden renovar cada año o cada dos años por los ejidatarios. Anteriormente, también se trabajaba la vara del sauz, con la cual se elaboraban artesanías como canastos que se comercializaban en la ciudad de Tequisquiapan, al sur del estado de Querétaro; sin embargo, la entonces SAGARPA, canceló los permisos otorgados para cortar esta planta, debido a que se presentó un problema importante de plaga, con lo cual se eliminó también esta fuente de empleo.

Actualmente, en el municipio solo se cultiva frijol y maíz como agricultura de subsistencia, además de cacahuate, aguacate y piñón como agricultura comercial.

Es importante destacar que la práctica de la ganadería en la zona es complicada, ya que el agua es escasa y los terrenos son poco aptos para tener cualquier tipo de ganado. La ganadería es de subsistencia, y los campesinos (solo algunos) suelen tener de tres a cuatro cabezas de ganado, principalmente cabras o vacas. Debido a que se trata de una zona de semidesierto, la pastura natural escasea, por lo que quien pretende dedicarse a esta actividad, debe contar con recursos suficientes para comprar alimento para el ganado.

En la Figura 3.2. podemos observar a un poblador caminando con su cabra (aunque en el momento llevaba a tres en total), pero al fondo se observa un corte transversal

---

<sup>1</sup> Llamada Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) hasta el período presidencial de Enrique Peña Nieto.

del cerro, en donde se ve que el suelo está poco desarrollado, por lo que la roca está prácticamente completa y poco intemperizada.

**Figura 3.2. Poblador de Peñamiller**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

En el área de Desarrollo Social del municipio se desarrollan programas para el mejoramiento de las viviendas en las 136 comunidades de Peñamiller; también atienden programas sociales, como el abastecimiento de leche a través de DICONSA con su programa de LICONSA. También se apoyan proyectos productivos para la ganadería y la agricultura, con lo que se intenta mejorar las condiciones de vida de la población a través de ellos.

Por su parte, el sector comercial de la cabecera municipal está conformado principalmente por tiendas de abarrotes, algunos establecimientos de alimentos preparados (restaurantes, fondas, loncherías), panaderías, farmacias (que normalmente ofrecen el servicio de consultorio médico) y un par de puestos ambulantes con oferta de frutas y verduras.

### 3.4.2. La minería de mercurio en el municipio de Peñamiller, Qro.

#### *a) Permisos y concesiones*

Los permisos y concesiones para trabajar las minas de mercurio los otorga el gobierno estatal, por lo que el gobierno municipal normalmente no tiene conocimientos acerca de qué requisitos se pide a los mineros, ni cuenta con inventarios de las minas en actividad. En la mayoría de las minas existentes, no son los mineros los concesionarios, por lo que tampoco están informados acerca de los lineamientos que deben cumplirse para poder solicitar una concesión.

Como sabemos, la Ley minera establece entre sus obligaciones invertir en obras de exploración, levantamientos topográficos, pruebas de experimentación metalúrgica, entre otros, lo cual no es el caso de la minería de mercurio en Peñamiller, ya que su actividad no está regulada ni genera suficiente capital para poder invertir en estudios, capacitación o mejoramiento de su herramienta y técnicas de extracción.

#### *b) Propiedad de las minas y formas de organización laboral*

##### *- Zona minera de Plazuela*

La primera mina que se visitó se llama “La Fe” (Figura 3.3.) y está ubicada en la localidad de Plazuela (Figura 3.1.). El dueño de la mina es originario del municipio de Ezequiel Montes y les renta la mina a los mineros que actualmente la trabajan por tres años, a cambio del 25% de las ganancias obtenidas por la extracción del mercurio. El dueño de la mina no ofrece ningún tipo de prestaciones a los mineros, ni tampoco se hace responsable ante ellos por las enfermedades o accidentes que se puedan presentar como resultado del trabajo en el interior de la mina. Tampoco les proporciona el equipo necesario para realizar su labor, por lo que todos los gastos generados en la mina son cubiertos por los propios mineros, incluso si funcionarios del gobierno estatal llegaran a cobrar alguna multa o a clausurar la mina, los mineros son los responsables de cooperarse para cubrir el monto de la multa y de cumplir con las normas.

En la mina de "La Fe" trabajan 12 mineros en una jornada de nueve horas al día (de 8 am a 4 pm) de lunes a viernes y el sábado solo laboran medio día. Este grupo de 12 mineros se dividen el trabajo que hay que realizar y, por lo tanto, las ganancias obtenidas de manera equitativa.

**Figura 3.3. Entrada a la mina "La Fe"**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

La segunda mina a la que se acudió se llama "El Mono" (Figura 3.1. y Figura 3.4.), y se trata de una mina prácticamente abandonada, por lo que en el entorno de ella no pudo encontrarse a alguien que pudiera proporcionar información acerca de sus actividades y de las razones por las cuales fue abandonada, aunque nos mencionaron que hace unos años fallecieron tres mineros dentro de la mina, y es probable que esta sea la razón por la que cerraron la mina.

**Figura 3.4. Entrada a la mina “El Mono”.**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

La tercera mina que se visitó en esta zona se llama “Cristo Vive” (Figura 3.1.), y fuimos recibidos por el ejidatario Concepción García (se observa en la figura 3.5., siendo el segundo de derecha a izquierda), quien en el momento de la visita se ostentaba como el Presidente de los ejidatarios de la zona. Esta mina es propiedad de 24 ejidatarios, los cuales se organizaron para explotarla y obtener la concesión; todos sus papeles y permisos están en regla, y a la vista de todos (Figura 3.6.). Como dueños de la mina, los ejidatarios se encargan de supervisar que los mineros lleguen al sitio de trabajo y vigilar el desarrollo de las labores al interior de la mina; también están al pendiente de revisar que no falte gasolina, gas o herramientas de trabajo; qué esté funcionando correctamente la bomba para la extracción del agua y el malacate para subir el mineral desde el nivel de extracción.

**Figura 3.5. Entrada a la mina “Cristo Vive”.**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.6. Constancia de recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

Los ejidatarios compran toda la herramienta y equipan a los mineros; no les dan prestaciones, pero se hacen cargo de los gastos cuando hay accidentes de trabajo. Las ganancias obtenidas, después de pagar a los mineros y sufragar los costos de los insumos necesarios para la extracción del mineral, se reparten equitativamente entre los ejidatarios.

La mayoría de los ejidatarios propietarios de esta mina (entre el 60% y 70% de ellos), son de edad avanzada (mayores de 60 años) por lo que cada 28 días contratan a mineros jóvenes para que extraigan el mineral, y cada fin de mes los finiquitan y los vuelven a contratar. Esto con el fin de que no generen antigüedad en el trabajo y, con ello, derechos laborales. En la mina trabajan aproximadamente 30 mineros. Las jornadas de trabajo son de tres horas diarias de lunes a sábado, y establecen un máximo de dos turnos al día para una persona; las actividades comienzan a las ocho o nueve de la mañana y el pago para cada peón o minero es de trescientos pesos por turno.

Además de las tres minas ya señaladas, en la zona minera de Plazuela también se visitó una planta de beneficio perteneciente a un grupo de 15 comuneros (Figura 3.1. y Figura 3.7.), los cuales también poseen una mina que no pudo ser visitada debido a que no estaba en funcionamiento en ese momento. Todos los comuneros cooperan para comprar las herramientas necesarias, y también se hacen cargo de los gastos cuando se produce algún accidente. De igual forma, las ganancias se reparten equitativamente entre todos.

**Figura 3.7. Planta de beneficio de los comuneros de Plazuela.**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

*- Zona minera de Camargo*

La quinta y última mina que fue visitada fue la de Camargo (Figura 3.1. y Figura 3.8.). Esta mina tiene un solo concesionario, Marín Torres, el cual “es dueño” a partir de la entrada de la mina hacia adentro de ella, porque de la entrada de la mina hacia afuera pertenece a los ejidatarios de la zona. Los mineros que laboran en esa mina tienen un contrato con el concesionario para pagarle una renta por extraer el mineral, sin embargo, él no se hace responsable por los accidentes que puedan ocurrir dentro o fuera de la mina, ni tampoco cuando hay que realizar el pago de alguna multa; el concesionario tampoco otorga a los mineros ningún tipo de prestación ni les proporciona el equipo adecuado para que puedan trabajar, y por ello los mineros opinan que el concesionario se hace rico sin hacer nada, ni poner nada a cambio de la renta que recibe.

Cada uno de los mineros paga al concesionario dos tapitas de refresco de 600 mililitros (ml.) llenas al ras de mercurio a la semana (10 tapitas son aproximadamente 1 kg de mercurio), lo que, en conjunto entre todos los mineros

suma un aproximado de 40 kg. de mercurio al mes, y de esta ganancia, el concesionario a su vez les entrega mensualmente a los ejidatarios ocho kg. de mercurio.

En esta mina hay una comisión de mineros bien organizados encargados de que la actividad minera que realizan cumpla con las normas oficiales. Esta comisión se ocupa también de enviar a algún representante las juntas que convoca el gobierno estatal, y también es la que firma el “contrato de renta de la mina” con el concesionario.

Actualmente hay 200 mineros trabajando en esta mina. Las jornadas de trabajo son de 8 de la mañana a 12 de la tarde, mientras que en los hornos donde se beneficia el mineral pueden trabajar todo el día. En la mina se trabaja de lunes a sábado durante todo el año. De acuerdo con la organización de esta mina, a los mineros se les paga ya sea con un costal o “achonte” (como allá se les conoce) al día, de aproximadamente 40 a 65 kg de roca con cinabrio, o bien si así lo prefieren, se les entregan mil doscientos pesos a la semana como pago por su trabajo.

**Figura 3.8. Zona de hornos de la mina de la localidad de Camargo**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

### *c) Técnicas utilizadas para la extracción y el beneficio del mercurio*

Los mineros se introducen a la mina para cortar la roca con contenido de cinabrio (Figura 3.10.), y a continuación la sacan en costales (achontes) (Figura 3.9) o cubetas (Figura 3.3.), cargados por ellos mismos en la espalda o ayudados por un

malacate (Figura 3.11) accionado mediante un sistema de poleas, que sube el mineral desde el nivel en que se está trabajando. Una vez extraídos, los fragmentos de roca deben ser triturados por los mineros, para así obtener pedazos de roca más pequeños que puedan ser introducidos en los hornos de fundición (Figura 3.12.).

**Figura 3.9. Costales o achontes llenos de roca con mineral de cinabrio.**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.10. Roca con cinabrio**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.11. Malacate o sistema de poleas para subir las rocas con cinabrio**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.12. Rocas con cinabrio triturada**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

Cada horno tiene aproximadamente entre siete y diez compartimentos de forma tubular, cada uno de los cuales tiene un diámetro de aproximadamente 25 cm. y 130 cm. de largo (Figura 3.13. y Figura 3.14.). Los hornos se precalientan por dos horas antes de que les sean introducidos los pedazos de roca que han sido reducidos a tamaños adecuados. Estos compartimentos se llenan de partículas de roca hasta  $\frac{3}{4}$  de su altura (Figura 3.15.), ya que si se llenaran por completo se perdería mucho mercurio. Los hornos se calientan por debajo, por medio de la combustión de gas (Figura 3.16.) o de leña (Figura 3.17.), de esta forma se eleva la temperatura de la roca con contenido de cinabrio, lo que hace que el mercurio se sublime pasando directamente al estado gaseoso, y se eleve, de modo que al llegar a los “niples” (tubos que salen de la parte posterior del horno) (Figura 3.18.) el mercurio se condense y descienda para ser vertido en un recipiente (usualmente utilizan botes de yogurt) ya en estado líquido (Figura 3.19.).

**Figura 3.13. Horno de beneficio de mercurio**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.14. Compartimento del horno**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.15. Compartimento del horno con marca de llenado**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.16. Horno de gas**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.17. Horno de leña**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.18. Niples**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.19. Mercurio en estado líquido después de pasar por el proceso de horneado**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

La descarga de las partículas de roca con contenido mineral en los hornos se hace cada cuatro a seis horas aproximadamente (dependiendo de la cantidad de metal que contenga la roca) y una vez concluido el proceso de fundición, se saca la “basura”, es decir, la roca ya sin cinabrio del horno para volver a recargar éste con nuevos volúmenes de roca mineralizada. En las épocas de actividad minera constante, usualmente los hornos están prendidos casi toda la semana, a excepción de un día (sábado o domingo generalmente) con el propósito de limpiarlos. Una vez obtenido el mercurio, este es almacenado para su venta.

*d) La minería de mercurio como actividad tradicional familiar*

Los mineros a los que se pudo entrevistar a lo largo del recorrido realizado son originarios del propio municipio de Peñamiller y ahí residen; todas sus vidas se han dedicado a la minería de mercurio, e incluso comentaron que empezaron en esta actividad desde antes de alcanzar la mayoría de edad, ya que se trata de una actividad de tradición familiar.

La experiencia directa y la transmisión de conocimientos de sus familiares mineros y de los compañeros de trabajo es lo que comprende todo el adiestramiento de estos mineros, pues nunca han recibido algún tipo de capacitación formal para llevar a cabo su labor ni para saber cómo manejar el mercurio o conocer algo sobre el mercado de este mineral, o sobre los tipos de apoyo gubernamental, ya sea monetarios o para la adquisición de herramientas de trabajo que en su caso pudieran existir.

La minería de mercurio como actividad tradicional familiar, ha generado patrones culturales que determinan hábitos, costumbres y actitudes relacionados a esta actividad, pero algunas de ellas han repercutido en la salud no solo de los mineros, sino también de sus familias, por lo que deben ser modificadas para eliminar riesgos.

Actualmente, aunque la minería del mercurio se sigue practicando de esta manera, los hijos de algunos mineros han preferido dedicarse a otras actividades, como estudiar alguna carrera en otros municipios o estados si es que se tiene la

posibilidad económica, o bien trabajar como obreros en fábricas o en la construcción. Ello en parte por el riesgo y el desgaste físico que la minería del mercurio implica.

*e) Herramientas de trabajo, equipos de seguridad y envases de almacenaje del mercurio*

#### *Generalidades*

En todas las minas formalmente registradas se utiliza el malacate (sistema de poleas) (Figura 3.11.) para extraer los fragmentos de roca que contiene el mineral cinabrio desde el interior de la mina. Estos son depositados en cubetas y con el mismo sistema de poleas se suben hasta la entrada de la mina para su traslado a los hornos de fundición.

Por lo que se refiere al equipo que utilizan los mineros dentro de la mina como parte de las medidas de seguridad para realizar su actividad, incluye como mínimo los cascos y las botas, además de palas para introducir los fragmentos de roca en las cubetas, los costales o en los hornos de fundición.

#### *Particularidades*

En la mina “La Fe” (Figura 3.1.) también utilizan como herramientas de trabajo martillos y picos para romper la roca, así como botes para el acarreo. Como equipo de seguridad al interior de la mina, los mineros llevan lámparas (aparte de la iluminación ya instalada dentro de la mina) y franelas.

En la mina “Cristo Vive” (Figura 3.1.) también utilizan como herramientas de trabajo martillos neumáticos para romper la roca. Como equipo de seguridad al interior de la mina, emplean lámparas de led y lámparas de carburo para poder determinar la presencia de gases tóxicos y la ausencia de oxígeno, ya que si la lámpara se apaga es señal de estas situaciones. Para el manejo de la roca mineralizada en los hornos los trabajadores utilizan como equipo de seguridad máscaras para evitar la inhalación de vapores tóxicos.

En la planta de beneficio perteneciente a los comuneros (Figura 3.1.), los trabajadores utilizan un gancho para poder abrir los hornos sin tocarlos. Como equipo de seguridad utilizan máscaras para evitar la inhalación de vapores tóxicos y guantes para no quemarse con los hornos.

En la mina de la localidad de Camargo (Figura 3.1.) también utilizan como herramientas de trabajo costales o “achontes” (Figura 3.9.) para el acarreo de los fragmentos de roca; martillos, picos, martillos neumáticos para romper la roca y dinamita para poder hacer más grande el túnel de la mina. Como equipo de seguridad utilizan guantes dentro de la mina y mascarillas en la zona de hornos. En esta mina se supervisa que cada minero cumpla con las medidas de seguridad previamente acordadas, de lo contrario, se les castiga impidiéndoles trabajar por uno o dos días.

En las minas se ocupaban dos tipos de envases para almacenar el mercurio y de esta forma comercializarlo:

- Tarros de fierro. En estos se pueden almacenar de 30 a 45 kg de mercurio. En la mina “Cristo Vive” y en la planta de beneficio de los comuneros utilizan este tipo de envases.
- Botellas de plástico de refresco de 600 ml. En estas se pueden almacenar entre 8.3 a 8.7 kg de mercurio. La mina “La Fe” y la mina de la localidad de Camargo utilizan este tipo de envase.

f) *Características de las minas y las plantas y gastos realizados para la producción de mercurio*

En el municipio de Peñamiller pueden existir distintos tipos de pequeña minería del mercurio, desde la muy pequeña o microminería, desarrollada por un grupo muy reducido de mineros, poco capitalizada que emplea técnicas muy rudimentarias, a la pequeña minería más organizada, con más inversión de capital, medidas de seguridad y mayor número de trabajadores. Ambas coexisten también con el gambusinaje, sobre todo cuando dentro de los periodos de baja en los precios de los minerales, las minas suspenden su actividad temporalmente y sufren el

abandono de su infraestructura, circunstancia que es aprovechada por los gambusinos para extraer mineral de manera clandestina de las minas que no les pertenecen.

A continuación, se presentan las características de estos tres tipos de minería ejemplificados con tres estudios de caso que se tuvo oportunidad de visitar durante el recorrido de trabajo de campo en el municipio de Peñamiller.

Las minas de mercurio ubicadas en la zona de Plazuela se encuentran dispersas y se accede a ellas a través de caminos de terracería entre barrancas, ya que esta parte del municipio se caracteriza por su topografía accidentada (Figura 3.1. y Figura 3.20.).

**Figura 3.20. Camino a la localidad de Plazuela con vista a la Sierra Gorda de Querétaro**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

La mina "La Fe" (Figura 3.1.) es un ejemplo de microminería. La entrada a la mina es solo un agujero excavado en una de las paredes de la sierra por el cual se desciende hasta unos 80 metros en la vertical, por unas escaleras de madera muy rudimentarias y solo se tiene una cuerda para que los mineros se sujeten durante el descenso y el ascenso (Figura 3.3.). Dentro de la mina se instaló un sistema de iluminación que requiere una planta de energía eléctrica, para cuyo funcionamiento se necesita realizar un gasto aproximado de mil pesos de diésel a la semana.

En esta mina los mineros se cooperan para comprar toda la herramienta de trabajo y el equipo de seguridad, ya que son costosos. El gasto semanal que realizan los mineros para la fundición de la roca mineralizada es de nueve mil pesos semanales.

La mina “El Mono” (Figura 3.1.) es otro ejemplo de microminería; la entrada de la mina es también un agujero excavado en la sierra, pero en este caso el socavón tiene dirección horizontal y se puede ingresar libremente unos 20 a 30 metros aproximadamente, hasta llegar a una reja que impide el acceso a la mina. La zona de hornos de fundición de esta mina está destruida, por lo que no se aprecia que tuviera un uso en tiempos recientes (Figura 3.21.).

**Figura 3.21. Horno abandonado de la mina “El Mono”**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

Por su parte, la mina “Cristo Vive” (Figura 3.1.) ya puede considerarse como pequeña minería y es una de las minas de mercurio más grandes de la región y, por lo tanto, una de las más productivas, además de mantener una actividad continúa.

Todos los insumos necesarios para la producción, y las herramientas de trabajo son adquiridos por los ejidatarios dueños de la mina, y para realizar dichas compras no reciben apoyo por parte del gobierno. En la mina se debe bombear el agua constantemente para extraerla a fin de que la mina se mantenga en buen estado y no haya derrumbes; a veces se les paga a los bomberos para que saquen el agua.

Los gastos constantes en la mina son, en primer lugar, la compra de diésel para hacer funcionar la bomba y el generador de energía eléctrica (cuando no llega la energía eléctrica del cableado público), por lo que utilizan dos tambos de diésel de 200 litros cada uno a la semana, lo cual implica un gasto de ocho mil pesos por semana. Adicionalmente, gastan veinticuatro mil pesos al mes de electricidad para el alumbrado de la mina y los malacates que permiten la extracción del mineral. Y en la planta de fundición realizan un gasto de aproximadamente veinticinco mil pesos a la semana en gas para el calentamiento de los hornos.

También se ha tenido que construir una barda para proteger la entrada de la mina y la planta de beneficio debido al incremento en la frecuencia de los robos; los muros de la barda tienen de 4 a 5 metros de altura; también se colocaron cámaras, e inclusive se están construyendo puestos de vigilancia en lo alto de los cerros. La situación de inseguridad ha hecho necesario contratar seguridad privada.

Esta mina cuenta con una planta de beneficio que no se visitó durante el recorrido de campo debido a que los hornos no estaban prendidos en ese momento y no había algún trabajador que diera la explicación.

La que sí pudo visitarse fue la planta de fundición propiedad de los comuneros, la cual se encuentra lejos de la mina que pertenece a los mismos dueños y que surte de mineral a dicha planta. En los alrededores del sitio donde estaba el horno, se pudo observar que había montañas de desechos (fragmentos de roca ya sin el cinabrio) (Figura 3.22.). La distancia entre la mina y el horno de fundición hace

pensar que tenga como objetivo esconder la situación insalubre e insegura de la mina a las autoridades correspondientes, y que de esta forma no reciban multas o les clausuren la mina.

**Figura 3.22. Desechos de fragmentos de roca sin cinabrio**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

Las herramientas de trabajo son de todos los mineros porque se cooperan para comprarlas. Utilizan dos pipas de gas para calentar los hornos, lo cual representa un gasto de entre quince y veinte mil pesos mensuales. En la mina se llegan a pagar diez mil pesos mensuales de diésel que es utilizado en las plantas eléctricas que hacen funcionar el malacate y que sirven para iluminar el interior de la mina.

Por su parte, la mina ubicada en la localidad de Camargo (Figura 3.1. y 3.4.22) también es grande y la extracción y beneficio que allí se realizan pueden considerarse como pequeña minería. La mina tiene tres entradas en dirección horizontal, y los mineros entran a ella caminando sin problemas, y a partir de las 12 pm aproximadamente ya no se introducen a la mina ya que el polvo que se levanta al realizar la extracción del mineral puede ser muy tóxico, además de que no se logra ver bien por dentro. Para que circule el aire, los mineros utilizan un compresor

que trabaja con diésel; el costo de este combustible implica un gasto de quinientos pesos a la semana.

**Figura 3.23. Localidad de Camargo en la Sierra Gorda de Querétaro**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

Adentro de la mina había varios túneles horizontales de entre 200 y 450 metros de longitud, por los cuales se distribuyen los diferentes grupos de trabajo; dependiendo de si un grupo de trabajo encuentra mineral, entonces ese mineral les pertenece para extraerlo. Solo en una de las entradas existen túneles de acceso al nivel de extracción en dirección vertical, por lo que ahí se utiliza un malacate que requiere energía eléctrica para funcionar, por lo que a la semana se realiza un gasto de dos mil pesos en electricidad.

También es importante destacar que, en esta mina, los hornos que se emplean para separar el mercurio de la roca funcionan con leña; la leña se compra por medidas

denominadas “cuerdas”, las cuales son trozos de madera que miden aproximadamente dos metros de largo por uno de alto unidos por cuerdas. Una cuerda cuesta setecientos pesos y dura todo un día para mantener prendido un horno.

Para entrar a la mina y el área de beneficio se utiliza equipo de seguridad, que se compra individualmente; si los mineros no cumplen con las medidas de seguridad, se les castiga sin poder trabajar por uno o dos días. Cada minero debe cubrir los gastos médicos que pueda tener, ya que ninguno de ellos tiene prestaciones por parte del dueño de la mina.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (2015) determina que: “El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural de los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población.” (p.15). En el caso de la minería del mercurio no se verá un verdadero cambio en las actividades económicas (en cuestión de mejoramiento y el cuidado del medio ambiente), hasta que no se mejoren las condiciones socioeconómicas de la población y la ayuda gubernamental, ya sea con capital, estudios o la entrega directa de nuevas técnicas, herramientas o equipos de trabajo (hornos).

#### g) *Producción del mercurio*

La capacidad de producción de cada mina depende de varios factores, tales como la cantidad de mineros y su organización, el número de horas que laboran, las herramientas y la tecnología que utilizan para la extracción y el beneficio, entre otros.

Anteriormente, se presentó un panorama general de las condiciones en que se trabaja en las minas y las plantas de beneficio, lo cual ayuda a entender las condiciones laborales, pero también la cantidad de mineral que puede extraerse en cada mina.

Es importante destacar que los volúmenes de extracción, beneficio y comercio del mineral no son reportados a las autoridades locales o estatales en ninguna de las minas, debido a que no se los exigen.

En la mina “La Fe” (Figura 3.1.) cada semana produce entre 80 a 90 kg. de mercurio.

En la mina “Cristo Vive” (Figura 3.1.), suelen extraerse 200 costales de roca mineralizada (cada uno pesa 60 kg.) al día, lo que representa la capacidad de un camión de volteo.

En la planta de beneficio de los comuneros (Figura 3.1.), se comentó que en la mina suelen extraer entre 60 y 80 kg. de mercurio por semana como producto final.

Por último, en la mina de la localidad de Camargo (Figura 3.1.), usualmente un minero extrae tres kilogramos de mercurio a la semana, aunque, actualmente con la baja de los precios, necesita sacar ocho kilogramos semanales para poder subsistir.

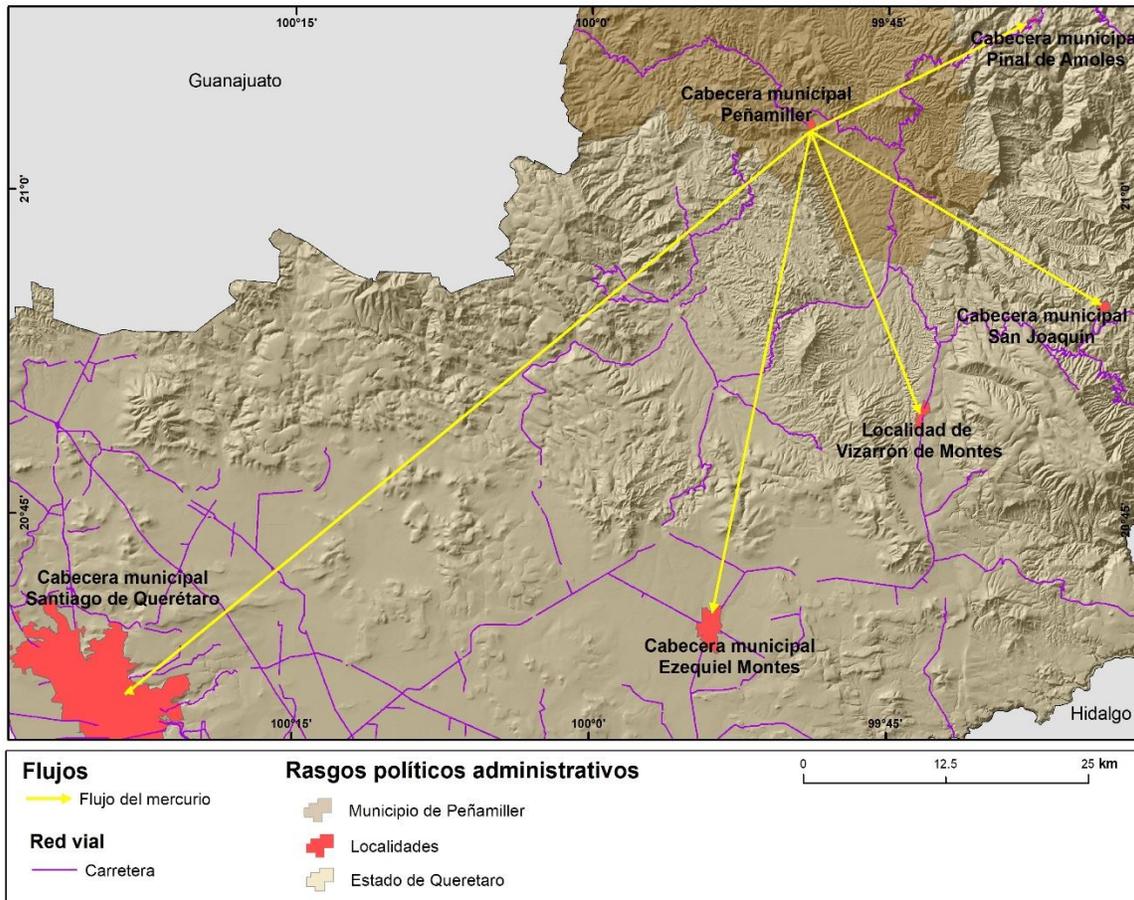
#### *h) Comercialización del mercurio*

La comercialización del mercurio en el municipio de Peñamiller ocurre de la misma forma en todas las minas.

El comprador llega directamente a las minas, pero no celebra un contrato de compra-venta de mercurio con los mineros, sino que esta actividad se realiza de una manera informal, por lo que el mercurio es vendido al mejor postor; el comprador se lo lleva en los mismos recipientes en que los mineros los guardan (ya sea en tarros o en botellas de refresco).

Los mineros no saben de dónde vienen los compradores, solo se cree que acuden de las localidades del Vizarrón de Montes, San Joaquín, Pinal de Amoles, Ezequiel Montes y de la Ciudad de Querétaro (Figura 3.24); regresan a sus localidades de origen con el mercurio para comercializarlo. Estos no pertenecen a ninguna empresa, son intermediarios o “coyotes” (como ellos les llaman) y son los que tienen el trato directo con los compradores finales, por lo tanto, ningún minero sabe a dónde se llevan el mercurio ni en que es utilizado.

**Figura 3.24. Flujos del mercurio del municipio de Peñamiller en el Estado de Querétaro**



Fuente: elaboración propia a partir de datos recabados en campo, 2019.

Algunos mineros saben que el mercurio puede ser utilizado para la amalgamación del oro, sin embargo, no saben si el que ellos producen es para tal propósito.

*i) Variaciones del precio del mercurio en los últimos años*

La evolución de los precios del kilogramo de mercurio para el periodo 2008-2019, de acuerdo con la información proporcionada por los mineros entrevistados, se puede observar en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Evolución de los precios del kilogramo del mercurio durante el periodo 2008-2017 (pesos mexicanos).**

Año	Precio del mercurio (Pesos por kilogramo)
2008	180
2012	1100
2015	380
2017	600
2018	700-1400
2019 (enero)	400-650

Fuente: elaboración propia con información directa proporcionada por los mineros entrevistados.

A partir del año 2011 se consideró que hubo un auge en la minería de mercurio como lo refleja el aumento en el precio del kilogramo durando siete años, de 2012 en que alcanzó \$1,100.00 el kilogramo, hasta finales del 2018 en que luego de alcanzar un máximo de 1400 pesos el kilogramo bajó prácticamente a menos de la tercera parte con algunas variaciones. Se esperaba que para el mes de febrero de 2019 se volvieran a elevar los precios.

*j) Enfermedades y accidentes relacionados con la minería de mercurio*

Como se explicó anteriormente, la Ley Federal del Trabajo (1970:1) dicta que: “se entiende por trabajo digno o decente aquél en el que se respeta plenamente la dignidad humana del trabajador... se recibe capacitación continua... se cuenta con condiciones óptimas de seguridad e higiene para prevenir riesgos de trabajo”. Por ello, se esperaría que estas condiciones de trabajo idóneas sean las que estén presentes en las minas de mercurio.

En todas las minas visitadas, los mineros entrevistados señalaron que ningún minero que ellos conozcan padece alguna enfermedad relacionada con la minería ni con el manejo del mercurio, ni tampoco tenían conocimiento de que hubieran ocurrido accidentes mayores al interior de las minas en donde ellos trabajan.

Sin embargo, señalaron la existencia de una enfermedad relacionada con la inhalación de vapores tóxicos de mercurio cuando el mineral es procesado en los hornos; a este mal le llaman “engasado”, y se manifiesta con temblores en el cuerpo, pero en particular en las manos, dolores de cabeza, se hinchan los labios y se les ponen amarillos, se caen los dientes y dejan de tener apetito; pero por los comentarios que externaron, parece ser que se referían a una enfermedad del pasado, porque afirmaban que actualmente ya no se presentaba.

Los accidentes que suelen suceder al interior de la mina son machucones, golpes por caída de rocas o caídas de los mineros por la estructura y morfología interna de las minas y los tipos de acceso que tienen.

En la mina abandonada “El Mono” (Figura 3.1.), hace varios años habían fallecido algunos mineros por inhalar vapores tóxicos en el interior de esta. Pero eso no ha sucedido en las otras minas, ya que se intenta siempre mantener una buena ventilación y que los mineros ingresen a las minas bien alimentados y no en estado alcohólico.

Un problema de salud que se presenta con frecuencia es el alto nivel de alcoholismo que hay entre los mineros, por razones como las jornadas laborales tan cortas, pues trabajan tres o cuatro horas diarias, la percepción de un buen ingreso económico, que suele no mantenerse por un periodo considerable, y la falta de actividades de recreación en las localidades. Por ello, en varias minas se han tenido que tomar medidas más estrictas de seguridad, ya que se comentaba que a veces los mineros llegan alcoholizados o con resaca a cubrir sus jornadas de trabajo, lo cual puede provocar daños en la salud de los mineros, pero también accidentes dentro y fuera de la mina, que pueden poner en peligro su vida, la de sus compañeros e incluso su actividad minera, pues las autoridades podían clausurar la mina por esta razón.

Entre las medidas que se tomaron, es no dejar trabajar a los mineros los días en que se presenten alcoholizados, con lo cual dejan de recibir su ingreso, y en caso de reincidir ya no se les permite laborar en la mina.

En la mina de la localidad de Camargo (Figura 3.1.), por parte de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se les hizo un estudio de orina y sangre a los mineros para determinar si existían residuos del mineral en su organismo y si padecían alguna enfermedad vinculada al continuo contacto con el mercurio, y los resultados de dicho estudio arrojaron que todos los mineros muestreados tenían algún nivel de mercurio en su sistema, sin embargo, hasta el momento en que se les practicó el estudio no se les había desarrollado ninguna enfermedad relacionada con este metal.

De los mineros entrevistados, ninguno cuenta con prestaciones, por lo que la mayoría de ellos corre con los gastos médicos en caso de necesitarlos por alguna cuestión laboral (solo en la mina "Cristo Vive" se les apoya económicamente en el caso de requerir alguna atención médica).

Ninguno de ellos acude tampoco a las clínicas o unidades familiares de Peñamiller, porque no están bien equipadas y en la mayoría de los casos carecen de medicamentos. En caso de accidentes o enfermedades graves, la mayoría recurre al Hospital General de Cadereyta de Montes o en algunos casos viajan hasta la ciudad de Querétaro para atenderse.

Durante el recorrido de trabajo realizado en el municipio de Peñamiller se visitó el Centro de Salud ubicado en la cabecera municipal, pues se pensó que sería el más grande del municipio y, por lo tanto, el más equipado para atender cualquier incidente relacionado con la minería de mercurio. Sin embargo, los encargados de dicho centro nos comentaron que ahí casi no llegan mineros a atenderse.

La clínica de Peñamiller solo está equipada con un consultorio, un área de medicina preventiva y un área de observación. No cuenta con equipamiento para hospitalización ni para realizar cirugías.

Es por lo que a nivel local no pudo obtenerse información relacionada con enfermedades o accidentes de los mineros y sus familiares. Asimismo, los mineros tampoco relacionan ninguna enfermedad que se presente en la familia con la actividad minera de la zona, ya que ellos piensan que los efectos de dicha actividad

en la salud se quedan solamente en el área de trabajo. Si existe algún tipo de enfermedad en las familias que esté relacionada con contaminación por mercurio, no lo sabremos, pues no hay registros de ello en el Centro de Salud local, ni los mineros reconocen esa relación.

Es importante recordar que una de las disposiciones del Sistema Nacional de Salud es garantizar los servicios de salud a los grupos vulnerables (el cual es el caso de los mineros de Peñamiller). Pero no solo se trata de proporcionar un consultorio médico, sino también el equipamiento necesario para poder responder de manera adecuada a las necesidades específicas de la población, así como proporcionar servicios de salud de calidad para que las condiciones de vida de la población puedan mejorar. En definitiva, Peñamiller no cumple con los requisitos; su servicio público de salud es deficiente y vulnera significativamente a la población, ya que esta necesita desplazarse a otros municipios, lo cual significa tiempo y dinero invertido, para poder atenderse de manera adecuada, y es probable que tenga que invertir aún más en un médico particular para poder tener un servicio de salud adecuado a sus necesidades.

*k) Vínculos entre los gobiernos municipal y estatal y los mineros del mercurio*

Las dependencias con las que los mineros suelen tener contacto para tener todos los permisos en regla para realizar su actividad son la Secretaría de Trabajo, la PROFEPA, la SEMARNAT y el gobierno estatal. En algunos casos, la única relación entre el minero y el gobierno es cuando llega algún funcionario a la mina con el fin de cobrar una multa, sin embargo, pareciera que no es una relación en donde el gobierno busca el bienestar de los mineros o brindarles algún tipo de apoyo, sino solo poder obtener un ingreso monetario.

Es por lo que los mineros procuran acatar las normas de seguridad principalmente para que no les cierren su única fuente de ingresos.

Algunos representantes del gobierno estatal se han acercado a los mineros desde hace ocho años para informarles acerca del contenido del Convenio de Minamata y de sus objetivos (aunque una parte de los mineros no están seguros de qué es dicho

convenio, creen que es una dependencia o una secretaría del gobierno), sin embargo, los mineros están molestos porque solo se les ha comentado que la minería del mercurio es perjudicial y que deberían dedicarse a otra actividad, pero no les proponen otra actividad económica alterna.

Los mineros piensan que la extracción de mercurio nunca va a cesar, y que, por lo tanto, lo que debería hacer el gobierno para ayudarlos es eliminar el “coyotaje” o los intermediarios, y conseguirles los contactos directos con el mercado, para así poder obtener mayores ganancias que les permitan invertir en herramientas de trabajo o en mejorar su equipo de seguridad y las técnicas de minado y beneficio, y de esta forma contaminar lo menos posible al medio ambiente y disminuir el riesgo para su salud.

En julio de 2018, el gobierno estatal organizó foros con los mineros de Peñamiller, San Joaquín y Pinal de Amoles, y los funcionarios les aseguraron que les ayudarían con este tema, sin embargo, señalan que no han recibido respuesta a sus demandas todavía. También solicitan apoyo para comprar nuevas retortas (hornos), que contaminen menos, ya que se enteraron de que en Zacatecas utilizan unas retortas que reducen al 1% el escape de los vapores tóxicos (mercurio en estado gaseoso) a la atmosfera, mientras que los que utilizan en las minas de esta región permiten que se escape hasta el 30% de dichos vapores, por lo que tienen un alto grado de ineficiencia, de manera que si pudieran adquirir estos nuevos hornos, contaminarían menos y producirían más mayor cantidad de mercurio.

#### *1) El Convenio de Minamata*

El Convenio de Minamata estipula la suspensión total y definitiva de la minería del mercurio en los países ratificantes (entre ellos México), con el fin de combatir la contaminación ambiental por este mineral y también evitar riesgos en la salud de la población.

El municipio de Peñamiller será uno de los más afectados de la región de la Sierra Gorda de Querétaro ante la eliminación de esta actividad, ya que no existen otras actividades económicas alternas en las que se puedan emplear los mineros, con lo

cual dejarán de percibir ingresos por esta actividad, afectando con ello también a familias enteras que viven de esta actividad. Pero, además, la derrama económica que genera la minería del mercurio beneficia a otro tipo de actividades como el pequeño comercio y el transporte.

De todos los mineros entrevistados, los de la mina “La Fe” (Figura 3.1.), en la localidad de Plazuela, fueron los únicos que no tenían conocimiento de la existencia del Convenio de Minamata. Los demás mineros tenían alguna idea de lo que era, y lo que ellos entendían es que el gobierno les iba a prohibir seguir con la actividad minera de mercurio. Algunos de ellos mencionaron que se enteraron sobre la existencia de este convenio a través de pláticas informativas que recibieron por parte de la Universidad Autónoma de Querétaro y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, sin embargo, ellos no tienen las facultades para generar actividades económicas alternas, ni para apoyarlos monetariamente.

Para ninguno de los mineros entrevistados es factible el cese de la actividad minera de mercurio mientras exista mineral disponible en los yacimientos y haya compradores que les ofrezcan buenos precios, aunque esta actividad adquiera el estatus de ilegal. La Ley Federal del Trabajo (1970) dicta que no se le puede impedir el trabajo a ninguna persona mientras se mantenga en el margen de lo lícito, sin embargo, el hecho de que el gobierno pretenda cerrar todas las minas de mercurio del territorio nacional debido a que esta actividad sea declarada ilegal, podría generar preocupación y tensión en la zona de estudio; por esta situación, el gobierno tendrá que poner en perspectiva qué tipo de actividades económicas alternas propondrá para no desamparar a toda la población minera del mercurio y a sus familias.

En el caso de que no puedan continuar trabajando como mineros del mercurio, por sus niveles de escolaridad y su experiencia laboral, los trabajadores desplazados emigrarían a las principales ciudades del país para trabajar en fábricas (principalmente los mineros jóvenes) y en la construcción (los mineros de edad avanzada). E incluso, algunos mineros consideran que, si fuera necesario, llegarían a delinquir, ya sea robando o secuestrando personas para subsistir.

### 3.5. Impactos sociales esperados ante el cierre de las minas de mercurio en el municipio de Peñamiller.

#### 3.5.1. Disminución del ingreso económico general de la población.

La minería de mercurio en Peñamiller se ha convertido en un eje articulador de las otras actividades económicas del municipio, ya que es el principal ingreso económico de la población. Esto significa que cuando hay un alza en los precios del mercurio, la población minera se dedica a esta actividad, y para ello demanda productos básicos, como la alimentación, con lo cual se beneficia el comercio, y servicios como el transporte y actividades recreativas.

La economía del municipio está muy ligada con la minería de mercurio, tanto así que cuando los precios del mercurio disminuyen en el mercado, la población minera sale del municipio (principalmente a la ciudad) en busca de trabajo. Esto se refleja en el cierre de comercios y la reducción del servicio de transporte a nivel local y regional.

El cierre total de las minas de mercurio y la nula oferta de actividades económicas alternas para paliar esta situación significará el estancamiento o el declive de la economía del municipio.

#### 3.5.2. Migración de la población.

Una respuesta constante de la población entrevistada en relación con lo que ocurrirá en el municipio y la cabecera municipal si se cierran las minas de mercurio, con lo que se cancelará esta fuente de trabajo, o bien continúan funcionando con precios bajos en el mercado, que representan menores ingresos para los mineros, será la emigración de la población, no solo la que se dedica a la minería o la que se encuentra en edad productiva, sino también de familias enteras emigrarán a otros municipios o estados en busca de trabajo y de una mejor calidad de vida, la cual incluye la educación para los miembros de la familia en edad de estudiar.

Para la población, dejar sus lugares de origen, puede ayudar a mejorar sus condiciones de vida, si encuentran oportunidades de trabajo, y educación y salud

con altos índices de calidad. Pero en el caso de la población minera de Peñamiller, donde la escolaridad no rebasa el grado de bachillerato, el nivel de ingresos económicos que pueden percibir apenas es suficiente para llevar su día a día, pero no para poder ahorrar, de ahí el sentimiento de incertidumbre que existe ante la posibilidad de tener que emigrar y ante la calidad de vida a que podrían aspirar en el lugar al que lleguen.

El tipo de empleo al que pueden aspirar los mineros será como albañiles en la construcción, o si tienen suerte, como obreros en una fábrica de las áreas industriales del sur del estado de Querétaro. La cantidad de dinero que tengan ahorrado podrá definir la zona en la que estén en posibilidad de mudarse, y lo que determinará la calidad de los servicios educativos, de salud e incluso de transporte a los que puedan aspirar.

La población minera de Peñamiller (y en general toda la población del municipio) se encuentra en estado de vulnerabilidad constante ya que dependen completamente del comportamiento del precio del mercurio, por lo que las fluctuaciones que se presenten en dicho precio pueden comprometer la calidad de vida de familias enteras. Pero ante este nuevo escenario, en el que las minas sean cerradas por completo, la vulnerabilidad social se agudizará. La perspectiva de verse obligados a emigrar a otro lugar para buscar otras alternativas de trabajo en las que probablemente perciban ingresos menores por jornadas de trabajo más largas, y para asentarse en una nueva vivienda que se compre o por la que se pague una renta, significará un alto impacto en la economía familiar.

### 3.5.3. Empobrecimiento de las condiciones de trabajo.

Por último, sabemos que la actividad minera de mercurio se realiza en forma de autoempleo en la mayoría de los casos, no se genera información oficial sobre sus condiciones laborales ni sobre el comercio del mineral, por lo que se puede interpretar que, aunque existan concesiones para trabajar estas minas, la falta de interés por parte del gobierno mexicano para regular la actividad, la convierte hasta cierto punto informal y, en consecuencia, a veces se pueden ver atropellados los derechos laborales de los mineros.

Cuando se preguntó a los mineros entrevistados en campo qué es lo que harán cuando las minas cierren y la actividad adquiriera el estatus de ilegal, la mayoría de ellos consideró que debido a que el gobierno no realiza un monitoreo continuo de la minería de mercurio, mientras exista mineral que se pueda extraer y un comprador que esté dispuesto a ofrecer un precio razonable por él, esta actividad se seguirá practicando. Sin embargo, ante el escenario de una minería desarrollada en un contexto de ilegalidad, existe un riesgo constante de que las condiciones de trabajo para los mineros empeoren.

La situación de ilegalidad de la actividad también podría suscitar un alza de los precios del mineral, provocando que más personas decidan dedicarse a la minería de mercurio.

### 3.6 Actividades económicas alternas a la minería de mercurio

Cuando se acudió a la zona de estudio, entre los objetivos del trabajo de campo estaba el de observar el entorno físico-geográfico del municipio para explorar propuestas de actividades económicas que fueran realmente una alternativa a la minería del mercurio, con ingresos equiparables a los de esta actividad, para que los mineros y sus familias no tuvieran la necesidad de emigrar o dedicarse a actividades ilícitas cuando se cierren las minas.

Es por lo que el acopio de información directa del entorno físico-geográfico regional, la observación y la utilización de técnicas cualitativas como la entrevista, fueron de gran utilidad para explorar algunas alternativas de actividades económicas que se podrían proponer una vez que se prohíba oficialmente la minería del mercurio.

De la experiencia directa en campo, se derivó que existen algunas actividades económicas que antes se practicaban en el municipio, que por diversas cuestiones han cesado, otras que se realizan de forma intermitente y otras que no se desarrollan actualmente pero que las autoridades municipales quieren implementar.

Entre las alternativas viables está la de reactivar la elaboración de artesanías con vara de Sauz, mediante un programa de apoyo que permita eliminar la plaga que actualmente está atacando la vegetación de la zona; otra opción sería la de impulsar la silvicultura en las partes altas y húmedas de la Sierra Gorda que no pertenecen al Área Natural Protegida, como una actividad sustentable, regulada, que podría ser incluyente y además atraería al turismo ecológico.

Un problema existente en el municipio y que afectaría impulsar otras actividades económicas alternas es la dificultad de acceso y calidad del agua disponible, ya que en su mayor parte proviene del río Extoraz (Figura 3.25.), el cual se encuentra contaminado porque el drenaje se encuentra conectado a este río y la cabecera municipal no cuenta con una planta tratadora de aguas negras y ello puede generar problemas de salud para la población que la consume o tenga contacto con ella. Este problema es la razón por la que el gobierno prohibió la construcción de acequias en la ribera del río Extoraz.

**Figura 3.25. Río Extoraz**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

También es importante recalcar que no todos los pobladores de Peñamiller son dueños de parcelas (por lo tanto, tampoco todos los mineros), y, además, no todas las parcelas cultivables están junto al río, por lo que, en muchos casos, habría que invertir en algún tipo de bomba si se quiere tener acceso al agua para la agricultura. Esta situación determina que no toda la población que posee alguna porción de terreno puede vivir de la agricultura.

La producción de nuez puede ser una actividad económica alterna viable, que anteriormente ya existía y, por ende, la población local está familiarizada con ella. Era tan importante la producción y tan significativa para el municipio que se organizaba la “Feria de Peñamiller”, y se promocionaba como “La feria de la nuez”, en la que se realizaban eventos gastronómicos y culturales alusivos a ésta.

El alto precio de la nuez, y el cultivo del nogal podría contribuir a generar empleos, pero también a reactivar otros sectores económicos como el transporte y el comercio de bienes básicos para la población. También puede ser un factor que ayudaría a atraer al turismo.

Pero para poder llevar a cabo esta actividad de forma constante, primero se debe resolver el problema de la contaminación del agua, y a partir de esta medida, el gobierno local deberá permitir de nuevo la construcción y el mantenimiento de las acequias, para que los nogales ya existentes produzcan de nuevo el fruto de nuez y además sea posible impulsar la plantación de nogaleras.

La producción de cacahuete es una actividad que ya existe, pero tiene limitantes por la naturaleza del ciclo vegetativo de la planta, por lo cual no es atractiva para la población. La producción de cacahuete es de tipo temporal, y tarda en obtenerse, por lo que no puede garantizar un ingreso constante. Además, no se puede sembrar otro tipo de cultivo al mismo tiempo que el cacahuete, por lo que el agricultor tendría que decidir a qué cultivo prefiere dedicar su parcela. También se trata de un cultivo que demanda mucha agua por lo que debe estar cerca de una fuente constante de ésta. Por último, no se vislumbra la existencia de un mercado importante para este producto fuera del ámbito local y, por lo mismo, no genera grandes ingresos. En este sentido, la población percibe que es mejor dedicarse a cultivar frijol y maíz, ya

que pueden cultivar los dos al mismo tiempo y se puede destinar tanto para consumo propio como para la venta local.

La pizca de orégano (Figura 3.26.) y de damiana (Figura 3.27.), es una actividad alterna ya existente en el municipio, pero solo se puede realizar por temporadas, y se debe tener el conocimiento de cómo realizar el corte, para que vuelvan a crecer. El costal de damiana de 45 kg. se comercializa a \$1000 aproximadamente, pero también se puede elaborar licor de damiana, shampoo y pomada de orégano, con lo cual se da un plusvalor al producto y podría generarse un comercio regional, nacional, e incluso internacional si se buscan los canales adecuados. La oferta de estos productos también puede ser un atractivo adicional para el turismo, si se hace una buena publicidad a los productos.

**Figura 3.26. Orégano silvestre de Peñamiller**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

**Figura 3.27. Damiana silvestre de Peñamiller**



Fuente: tomada por la autora durante el trabajo de campo, 2019.

En algún momento también se intentó la producción de amaranto para su venta, pero, aunque se obtuvieron buenos volúmenes de producción, no se pudieron colocar en el mercado, con lo cual se generaron pérdidas y no se volvió a cultivar. Ante esto, el gobierno local podría apoyar en la búsqueda de posibles mercados cercanos, tales como Peña Bernal, Tequisquiapan o la ciudad de Querétaro, y que se mantengan como lugares de venta constantes, pero también podrían impulsar la elaboración de diversos productos a base del amaranto, con lo cual se incrementaría su valor

Otra posible fuente de trabajo alternativa que se podría impulsar en el municipio es el turismo de fin de semana. Si bien existen algunos inconvenientes, en virtud de que la cabecera municipal no tiene un acceso tan fácil y directo, dado que no se encuentra sobre la carretera que viene de San Juan del Río o la que viene de Querétaro y que se dirige a la Sierra Gorda (Pinal de Amoles).

Sin embargo, para poder impulsar el turismo, se debe ofrecer algún atractivo específico, que haga que la gente decida trasladarse a este municipio, aunque sea de complicado acceso y ello signifique dedicarle tiempo al traslado. Por ello, un proyecto del Presidente Municipal actual, para atraer al turismo es el de colocar tirolesas en algunas áreas de esparcimiento. Para ello deben explorarse los posibles atractivos paisajísticos y los derivados de las características físico-geográficas del territorio, para identificar los más llamativos para incluir en algún programa, mediante la oferta de una gama diversa de actividades recreativas.

En administraciones gubernamentales pasadas se ha pretendido proponer a la cabecera municipal para ingresar al programa de pueblos mágicos, pero no se ha logrado porque las diferentes administraciones no se han puesto de acuerdo para mejorar la fisonomía del poblado, a través de uniformar los colores de las construcciones, pavimentar las calles, etcétera, lo cual limita sus posibilidades de que cumpla con los parámetros que se evalúan para ser nombrado como “pueblo mágico”.

Según la SECTUR (2017): “Un pueblo mágico es una localidad que tiene atributos únicos, simbólicos, historias auténticas, hechos trascendentes, cotidianidad, que significa una gran oportunidad para el aprovechamiento turístico atendiendo a las motivaciones y necesidades de los viajeros.” En el caso de Peñamiller, encontramos que tiene un valor simbólico histórico al ser uno de los primeros asentamientos de la época colonial de la Sierra Gorda (1748), ya que su origen se asocia a las campañas colonizadoras y evangelizadoras de los pueblos nómadas, tales como los Pames y los Chichimecas. Sin embargo, en la cabecera municipal no existen museos o edificios históricos que muestren o cuenten la historia del lugar, tampoco se han propuesto rutas o paseos que hagan alusión a ese pasado ni tampoco se han diseñado visitas guiadas.

Entre los requisitos para poder formar parte de este programa están los de elaborar un inventario de los recursos y atractivos turísticos naturales, históricos y monumentales y culturales del lugar propuesto, con su localización y el estado en el que se encuentran. Peñamiller no cuenta todavía con este inventario, sin

embargo, entre los atractivos y recursos con los que cuenta la cabecera municipal destacan algunos cerros, el Área Natural Protegida, el río, flora y fauna endémica representativa, vistas escénicas, la iglesia como edificio histórico, artesanías propias de la región y una fiesta popular.

No obstante contar con estos recursos y atractivos naturales y culturales, se tendría que aumentar la cantidad y la calidad de ellos, así como tener en cuenta que no por tenerlos pueden ser explotados para el turismo, como en este caso los cerros, el Área Natural Protegida, el río y la fauna.

También deben haber construido infraestructura hotelera, locales para servicios alimenticios y contar con servicio médico para poder soportar la llegada de los turistas, lo cual no es el caso de este municipio, por lo que tendrían que buscar la manera de invertir o buscar inversores privados.

Es importante destacar que este tipo de programa para fomentar el turismo solo se podría aplicar en la cabecera municipal, por lo que no todo el municipio sería beneficiado por esta actividad, pero podría contribuir a reactivar la economía municipal, ya que los habitantes de otras localidades del municipio podrían trasladarse semanalmente o en temporadas específicas de mayor afluencia de visitantes para ofrecer algún tipo de bien o servicio.

Una oportunidad para reactivar de alguna manera la economía local que beneficiaría en particular a los pobladores de Camargo, es la actual construcción del Campus de la Universidad Autónoma de Querétaro en esta localidad. Se espera que para julio de 2019 ya esté funcionando, con la carrera de Ingeniería en Innovación y Desarrollo de Proyectos Productivos, para empezar, y en un futuro se piensa abrir también una escuela de Artes y Oficios dependiente de la misma Universidad. La población de administrativos, de profesores y estudiantil demandará cierto tipo de servicios que los pobladores podrán ofrecer, como son cuartos o viviendas para el alojamiento de los estudiantes, café internet, papelerías, lugares de preparación de alimentos y para el esparcimiento, se demandará más transporte público, el mejoramiento y aumento de los servicios médicos, así como de las vías públicas, entre otros.

Entre la población entrevistada en campo, se comentó que en Camargo también hay yacimientos de ónix, pero se dice que no se han explotado por falta de capital para desarrollar las minas, por lo que esta podría convertirse en una alternativa de actividad económica en el futuro próximo.

En la actualidad la mayoría de las alternativas señaladas para reactivar la economía una vez que se cancele oficialmente la minería de mercurio, tienen problemas de diversa índole para poderse llevar a cabo en un periodo de tiempo corto.

El gobierno de México firmó un tratado internacional que busca una mejora en el medio ambiente, pero no se dio a la tarea de investigar de qué manera impactaría a las comunidades mineras productoras de mercurio. Esto genera un dilema, ya que se está anteponiendo la situación ambiental no solo a nivel local sino a nivel mundial, a la situación socioeconómica concreta de una población que de por sí ya es vulnerable. ¿Cómo decidir cuál es más importante al interior del país?

En lo personal creo que primero se debe apoyar a la población local desarrollando acciones que contribuyan a mejorar su situación socioeconómica, y para no dejar de lado la situación ambiental, ayudar a mejorar sus condiciones laborales, por lo que realizar aportaciones con estudios, tecnología nueva y capital con el fin de sustituir los hornos de fundición actuales por otros hornos más modernos que no contaminen al medio ambiente sería una de las mejores respuestas por parte del gobierno para poder mitigar estos dos aspectos.

Otra forma de apoyar la economía de los mineros productores de mercurio y por lo tanto de todo el municipio, sería mediante acciones que generen conexiones directas entre los productores locales y los compradores, ya sean nacionales o extranjeros) de esta forma se eliminaría el intermediarismo, y ello coadyuvaría a la mejora de las condiciones laborales. Esta medida también permitiría llevar un registro oficial de información sobre la producción, la distribución y el comercio de este mineral que sigue siendo demandado por la industria.

## **Conclusiones**

En México, la historia de la minería del mercurio se remonta desde tiempos prehispánicos, teniendo altas y bajas en su producción en diferentes temporalidades desde entonces. En la zona de la Sierra Gorda de Querétaro, se mantiene esta actividad minera hasta la actualidad, de forma artesanal, ya que se transmite de generación en generación. La Región Minera de Mercurio de Querétaro, se identificó a partir de los municipios que practican este tipo de minería, entre ellos se encuentra el municipio de Peñamiller, siendo este el que tiene la mayor cantidad de minas de mercurio. En la investigación se detectó que esta actividad es la que genera mayor cantidad de fuentes de trabajo y por lo tanto de ingreso para la población de este municipio, por lo que es la base de la economía de este. Su importancia radica en la falta de actividades económicas alternas, esto principalmente por las características físico-geográficas extremas, como es su topografía tan accidentada que dificulta su acceso, el clima seco y la falta de humedad, la escasez de agua y la falta de suelos fértiles.

En el municipio de Peñamiller, se identificó a partir de información oficial, que su situación socio-demográfica es deficiente, pues tiene altos niveles de marginación (uno de los más marginados del estado), con más de la mitad de la población en algún grado de pobreza y por lo tanto es un municipio donde su población emigra a otros municipios o estados en busca de mejores condiciones de trabajo, educación y de vida. Esta situación es una respuesta a las limitaciones que tiene la población en educación principalmente, ya que solo se puede estudiar hasta nivel medio superior en el municipio, provocando que la población en edad de trabajar solo pueda dedicarse a la actividad rural (en menor proporción por las condiciones físico-geográficas del municipio) y a la actividad minera de mercurio; por lo que la población que quiera y pueda superarse académica y laboralmente, tiene que buscar oportunidades en otros lugares. La falta de alternativas de actividades económicas genera que el municipio tenga un crecimiento incipiente, comparado con cifras estatales o nacionales.

Dentro de los problemas de esta investigación, el principal se relaciona con la falta de información oficial relacionada con la ubicación exacta de las minas, su producción y comercio del mercurio, ya que no está regulada por las autoridades (de ningún nivel), y por lo tanto es una actividad que se mantiene de manera informal. Esta falta de información determinó el no poder completar con éxito el objetivo principal de la investigación, pues al no poder acudir a todas las minas del municipio y no tener su ubicación exacta, así como la ausencia de información sobre su destino final, propició que no se pudiera definir su estructura territorial ni las relaciones económicas a diferentes escalas.

La falta de información oficial determinó la importancia del trabajo en campo, ya que se identificó la relación que existe entre el gobierno municipal y los mineros de mercurio, pero también se pudo observar y recabar información sobre las condiciones de trabajo de los mineros, estimaciones de la producción y como es el proceso de compra-venta del mineral. La convivencia con los pobladores del municipio ayudó a que la población externara su opinión sobre la actividad (la importancia que tiene en el municipio), y las posibilidades de actividades económicas alternativas que ellos creían que se podrían llevar a cabo.

Otra complicación fue examinar los problemas ambientales y en la salud de la población surgidos en torno a la minería del mercurio en el municipio de Peñamiller. Esto debido a la falta de información y de estudios dedicados específicamente a este tipo de minería y al municipio seleccionado, por lo que las estimaciones de las implicaciones ambientales y de salud, se establecieron a partir de investigaciones realizadas en otros lugares. Aquí la información obtenida en campo no fue de gran ayuda, ya que la población prefiere no hablar sobre los riesgos ambientales y de salud ocasionados por esta actividad, pues aceptar estos problemas podría poner en riesgo su actividad económica.

Por último, la investigación se señalan algunas alternativas de actividades económicas que se pueden llevar a cabo en el municipio ante la inminente eliminación de este tipo de minería; sin embargo, para poder llevar a cabo estas actividades, se necesita de inversión económica externa a la población y al del

presupuesto municipal, pues no sería suficiente. La inversión que necesita el municipio para poder eliminar la minería del mercurio y activar otras actividades económicas para no desamparar a la población de Peñamiller, debe ser por parte estancias del gobierno estatal y federal.

La aplicación del Convenio de Minamata tendrá implicaciones sociales y económicas regionales, que deben analizarse a mayor profundidad por parte de las autoridades mexicanas, tomando en cuenta no solo los indicadores poblacionales, sino que deben acudir directamente a las minas para que se puedan hacer informes completos de la actividad minera de mercurio, y se generen medidas que favorezcan al medio ambiente y a la salud de la población, con el fin de cumplir con lo estipulado en el convenio, pero que se piense principalmente en el mejoramiento de la calidad de vida de la población del municipio, y de ser el caso, modificar los estatutos del convenio para no generalizarlo a todas las regiones mineras de mercurio del país, sino tomar en consideración las implicaciones para los casos particulares como el de Peñamiller.

## Bibliografía

- Academia Nacional de Medicina, (2006). *Seminario internacional sobre clínica del mercurio – Memorias*. Colombia: Academia Nacional de Medicina – Fundación Pro Agua. Recuperado el 21 de febrero 2018 en: <https://books.google.com.mx/books?id=oQ4Z6cQ1E0oC&pg=PA40&lpg=PA40&dq=arist%C3%B3teles+y+el+cinabrio&source=bl&ots=nwT5pNKHKg&sig=EYbQh9-nzdj5DmnqFpp9GXrLwTE&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj9hcur5rjZAhUU3YMKHeeECq4Q6AEIMjAB#v=onepage&q=arist%C3%B3teles%20y%20el%20cinabrio&f=false>
- Aguirre, C. (1990). Mercado interno, guerra y revolución en México: 1870-1920. *Revista Mexicana De Sociología*, 52(2), 183-240.
- Ahumada, R. (2017). *Identificación de residuos tóxicos mineros por percepción remota y su verificación geoquímica en El Triunfo (BCS): Propuesta metodológica para priorizar acciones de restauración*. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional.
- Altolaquirre, Y., Campanero, R., Campos, S. y P. Font. (s/a). *Almadén y su historia minera: ¿Indicios de sostenibilidad?* Recuperado el 21 de febrero 2018 en: [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-44157/Almaden\\_2\\_Final.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-44157/Almaden_2_Final.pdf)
- Artero, J. (1986). Síntesis geológico-minera de la provincia de Almería. *Ciencias, Boletín del Instituto de Estudios Almerienses*. (6), 57-59.
- Baca, C. (2014). *Viabilidad territorial versus la minería en “La Plazuela”, municipio de Peñamiller, Querétaro*. Tesis de maestría. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. México.
- Barba, L. y A. Herrera (1986). San José Ixtapa: Un sitio arqueológico dedicado a la producción de mercurio. *Revista del Instituto de Investigaciones Antropológicas*, 23 (1). México, UNAM, pp. 87-104.
- Bassols, A. (2005). *Geografía socioeconómica de México: Aspectos físicos y económicos por regiones*. México: Trillas.
- Butler, J. (1991). *Geografía económica: Aspectos espaciales y ecológicos de la actividad económica*. México: Limusa.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, (2014). Reglamento de la Ley Minera. México: *Diario Oficial de la Federación*. 31 de octubre de 2014
- Carrillo, M. (1990). Geometría estructural de la Sierra Madre Oriental, entre Peñamiller y Jalpan. Estado de Querétaro. *Revista del Instituto de Geología*, 9(1). México, UNAM, pp.62-70.
- Castro, J. (2011). *Informe sobre el mercado del mercurio en México*. Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Chávez, G. (2016). La Sierra Madre Oriental de México, un cinturón orogénico de pliegues y cabalgaduras de la Cordillera de Norteamérica. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, Año 19, no. 82. Recuperado el 18 de febrero 2019 en: <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=6714>
- Coll-Hurtado, A. y M. Sánchez-Salazar (1999). México: globalización y espacios mineros. *Baética: Estudios de arte, geografía e historia*, (21), 35-56.

- Coll-Hurtado, A., Sánchez-Salazar, M. y J. Morales (2002). *La minería de México*. [Colección Temas Selectos de Geografía de México]. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social - CONEVAL (2010). *Pobreza estatal – Querétaro*. Distrito Federal, México.
- Consejo Nacional de Población - CONAPO (2010). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010*. Distrito Federal, México.
- Delgado, R. y R. Del Pozo (2001). Minería, Estado y gran capital en México. *Economía e Sociedad*, (16), 105 – 127. Campinas, Brasil.
- Diario Oficial de la Federación – DOF (2018). *Ley Federal del Trabajo 1970*. Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Recuperado el 28 de marzo 2019 en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/125\\_020719.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/125_020719.pdf)
- (2015). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 1988*. Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Recuperado el 28 de marzo 2019 en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>
- (2018). *Ley General de Salud 1984*. Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Recuperado el 28 de marzo 2019 en: [http://www.salud.gob.mx/cnts/pdfs/LEY\\_GENERAL\\_DE\\_SALUD.pdf](http://www.salud.gob.mx/cnts/pdfs/LEY_GENERAL_DE_SALUD.pdf)
- (2014). *Ley Minera 1992*. Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Recuperado el 28 de marzo 2019 en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/151\\_110814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/151_110814.pdf)
- Diario Oficial de la Unión Europea, (2006). Estrategia Comunitaria sobre el mercurio. Resolución del Parlamento Europeo referente a la estrategia comunitaria sobre el mercurio (2005/2050(INI)).
- Diario Oficial de la Unión Europea (2008). Reglamento (CE) N° 1102/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2008, relativo a la prohibición de la exportación del mercurio y al almacenamiento seguro del mercurio metálico.
- Díaz-Arriaga, F. (2014). *Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano*. EUA, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Cockrell School of Engineering. The University of Texas at Austin.
- Eguiluz, S., Aranda, M. y Marett, R. (2000). Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53, pp. 1-26.
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México* (2018). “Estado de Querétaro de Arteaga”. México: Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Recuperado el 28 de febrero 2018 en: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM22queretaro/municipios/22013a.htm>

- Equipo de Tarea de América del Norte para la Instrumentación del PARAN sobre el Mercurio. (1998). *Plan de acción regional de América del Norte para el manejo del mercurio – Fase I*. Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Equipo de Tarea de América del Norte para la Instrumentación del PARAN sobre el Mercurio. (2000). *Plan de acción regional de América del Norte para el manejo del mercurio – Fase II*. Comisión para la Cooperación Ambiental.
- FAO (2007). *Base referencial mundial del recurso del suelo: Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Félix, J. (2008). “Las minas prehispánicas en La Sierra Gorda: El Cinabrio”. *El oficio de historiar*. Recuperado el 7 de febrero 2018 en: <http://eloficiodehistoriar.com.mx/2008/05/22/las-minas-prehispanicas-en-la-sierra-gorda-el-cinabrio/>
- Ferat, E. (2017). *Convenio de Minamata y la regulación del mercurio en México*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Gaioli, M., Amoedo, D. y D. González (2012). Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Archivos argentinos de pediatría*, 110(3), 259-264.
- García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - CONABIO (1998). *Catálogo de metadatos geográficos*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Gobierno Municipal de Peñamiller (2017), *Información general del municipio de Peñamiller*. México. Recuperado el 17 de mayo 2018 en: <http://www.penamiller.gob.mx/index.php/nuestro-municipio#Localizacion>
- González-Sánchez, F. y A. Camprubí, (2010). La pequeña minería en México. México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol.62, no.1, pp. 101-108.
- Gutiérrez de MacGregor, M. y J. González (2001), Propuesta para fijar 10 000 habitantes como límite de una localidad urbana. En *Investigaciones geográficas*, 44. Boletín del Instituto de Geografía. México: UNAM, pp.103-118.
- Hernández, G., García, R., Solís, S., Martínez, S., Mercado, I., Ramírez, M., Scharek, P. y G. Solorio (2012). Presencia del Hg total en una relación suelo-planta-atmósfera al sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 15(1), 05-15.
- Herrera, I., (Jul-Sep, 1990) Mercurio para refinar la plata mexicana en el siglo XIX. *Historia Mexicana*, Vol.40, No.1 pp. 27 – 51. México: Colegio de México. Recuperado el 5 de febrero 2018 en: [https://www.jstor.org/stable/25138340?seq=4#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/25138340?seq=4#page_scan_tab_contents)
- Hinojo, N. (2013) *Determinación de gas radón y mercurio como contaminantes dispersos en el suelo en la región de la Sierra Gorda San Joaquín, Querétaro*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ho, D. (2014, enero 22). Entrevista a la química Delia Ho – La contaminación por mercurio genera graves daños físicos y ambientales. Recuperado el 21 de

- febrero 2018 en: <http://www.dicyt.com/imprimir/la-contaminacion-por-mercurio-genera-graves-danos-fisicos-y-ambientales&inpress=false>
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal - INAFED (1986). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México – Querétaro de Arteaga". México: INAFED. Recuperado el 2 de agosto de 2018, de: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM22queretaro/regionalizacion.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía - INEGI (1990). *Censo General de Población y Vivienda*. Aguascalientes, México: INEGI.
- (2000). *Censo General de Población y Vivienda*. Aguascalientes, México: INEGI.
- (2004). *Guía para la interpretación de cartografía: Edafología*. México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- (2010). *Censo General de Población y Vivienda*. Aguascalientes, México: INEGI.
- (2014). *Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250 000: serie V*. México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- (2016). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2016*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jiménez, C. (2011). *Contribución al estudio de las emisiones de Hg<sup>0</sup> en la zona minera de San Joaquín, Querétaro*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Lang, M. (1969). *La búsqueda de azogue en el México Colonial*. Universidad de Salford. Recuperado el 7 de febrero 2018 en: [http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18\\_1/apache\\_media/UF9QJR4K\\_H9BX6DJECMSPU2MFEGN2D6.pdf](http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/UF9QJR4K_H9BX6DJECMSPU2MFEGN2D6.pdf)
- Langenscheidt, A. (2006). "La minería en la Sierra Gorda. México", *Arqueología Mexicana*, no. 77, pp. 46-52. Recuperado el 21 de febrero 2018 en: <http://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/la-mineria-en-la-sierra-gorda>
- Las Minas (s/a). *De Almadén*. Recuperado el 21 de febrero 2018 en: <http://dealmaden.com/lasminas.htm>
- Leal, C. (2009). La compañía minera Chocó Pacífico y el auge del platino en Colombia, 1897 – 1930. *Revistas Uniandes: Historia crítica*, 39E, 150 – 164.
- Magister (2012). "Educación secundaria – Biología y Geología". España. Recuperado el 17 de mayo 2018 en: <http://www.magister.es/temas/temamu-bg-2012.pdf>
- Martínez, I. (2016). *Determinación de mercurio en cabello de dos poblaciones, una al sur de la zona metropolitana de la Ciudad de México (Ciudad Universitaria) y otra de la región minera de San Joaquín, Querétaro*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Martínez, R. (2015). *Fraccionamiento de suelos contaminados con mercurio en el sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez, S. (2013). Comportamiento del mercurio total en los sistemas terrestres del distrito minero de San Joaquín, Qro. Aplicación de modelos geoestadísticos y de regresión con árboles de decisión. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado de Ciencias de la Tierra. México.
- Martínez, S. (2013), *Estudio bio-geoquímico del mercurio, presente en los suelos de origen minero en San Joaquín, Querétaro*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mazzei, L., (1998). Expansión en gestiones empresariales desde la minería del norte a la del carbón, Chile, siglo XIX. *Boletín de Historia y Geografía*, 14, 249-265.
- Mejía, E. y A. Herrera (2013). I Minas y mineros: Presencia de metales en sedimentos humanos al sur de la Sierra Gorda de Querétaro en México. *Chungará (Arica)*, 45(1), 161-176.
- Mejía, J., Carrizales, L., Rodríguez, V., Jiménez, M. y F. Díaz. (1999) Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. *Salud pública de México*, 41, S132 – S140.
- MMSD. (2002). Cap. 13 Minería artesanal y en pequeña escala. En *Abriendo Brecha – Minería, minerales y desarrollo sustentable* (pp. 430-459). Londres, Reino Unido: Insitute for Environment and Development.
- Mota, P. (2015). Manifestación de impacto ambiental particular - Exploración, explotación y beneficio de Mercurio (Hg) en la mina “La Fe (fracción B)” La Plazuela, Peñamiller Querétaro. Servicios Técnicos forestales del Norte de Querétaro SA de CV. Recuperado el 18 de febrero 2019 en: <https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgiraDocs/documentos/qro/estudios/2015/22QE2015MD010.pdf>
- Navarro, R. (2009). *Estudios de los suelos contaminados con mercurio del estado de Querétaro, sus especies y ensayos de biodisponibilidad*. Tesis de licenciatura. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Omnia (2017). “El adiós al mercurio. México”, *VanguardiaMx*. Recuperado el 21 de febrero 2018 en: <https://www.vanguardia.com.mx/articulo/el-adios-al-mercurio>
- Organización Internacional para las Migraciones - OIM (2006). “Los términos clave de migración”. Ginebra, Suiza: Organización Internacional para las Migraciones. Recuperado el 10 de enero 2019 en: <https://www.iom.int/es/los-terminos-clave-de-migracion#Migraci%C3%B3n>
- Organización de las Naciones Unidas - ONU (2017). *Convenio de Minamata sobre el mercurio*. Textos y anexos. PNUMA. Suiza
- Padilla, R. (1982). Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo and Monterrey, México. Tesis de Doctorado. Universidad de Austin, Texas.

- Padilla, R. (2007). Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 59:19-42.
- Pérez, E. y A. Herrera. (2013). "Minas y mineros: presencia de metales en sedimentos y restos humanos al sur de la Sierra Gorda de Querétaro en México". *Chungará (Arica)*, 45(1), pp. 161-176. Recuperado el 7 de febrero 2018 en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562013000100008>
- PNUMA/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2002). Evaluación mundial sobre el mercurio. Suiza: PNUMA Productos Químicos.
- Posada, I. (2011). *Geoquímica ambiental del distrito minero San Antonio, sedimentos de los arroyos de la cuenca de San Juan de los Planes y plataforma continental de bahía La Ventana, BCS, México*. Tesis de maestría. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Presidencia de la República (2017). *Quinto informe de gobierno del presidente Enrique Peña Nieto*. México: Presidencia de la República.
- Quintana, R. (2014). Actores sociales rurales y la nación mexicana frente a los megaproyectos mineros. *Problemas del desarrollo*, 45(179), 159-180. Recuperado el 11 de septiembre 2018 en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-70362014000400008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362014000400008&lng=es&tlng=es).
- Ramírez, A., (2014). *Presencia de mercurio en pescado fresco que se comercializa en el área metropolitana de Monterrey*. Tesis de maestría. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Ramírez, R., (2016). *Geología y evaluación del yacimiento de mármol blanco "Los Trejo" delegación El Doctor, municipio de Cadereyta, Querétaro*. Tesis de licenciatura. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Red Internacional para la Eliminación de los COP - IPEN (2014). Introducción a la contaminación por mercurio y al convenio de Minamata sobre el mercurio para las ONG. Suecia.
- Rivera, J. (1996). *Determinación de mercurio en aguas de irrigación y consumo humano, en regiones mineras del Estado de Querétaro*. Tesis de licenciatura. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Rodríguez, L. (2018). *Evaluación ambiental de la calidad del agua de tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica en el centro poblado El Triunfo de la región de Madre de Dios – 2016*. Tesis de licenciatura. Perú: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Romero, M. (2000). El mercurio y la producción minera en la Nueva España (1810 – 1821). *Historia Mexicana*, Vol. 49, No. 3, pp. 349-377.
- Rowlatt, J. (2013, 23 de diciembre). El mercurio, un metal bello, pero fatal. BBC Mundo [en línea] Recuperado el 5 de febrero 2018 en: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/12/131207\\_mercurio\\_contaminacion\\_peligros\\_oro\\_az\\_finde](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/12/131207_mercurio_contaminacion_peligros_oro_az_finde).
- Saavedra, E. y M. T. Sánchez Salazar, (2008). Minería y espacio en el distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX. *Investigaciones Geográficas*, no. 65. México: Instituto de Geografía, UNAM. Recuperado el 19 de agosto 2018 en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112008000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112008000100007)

- Sánchez-Salazar, M. T. (1990). *Análisis de la organización territorial de la actividad minera en México*. Tesis de doctorado. México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Santos, J., Coria, J., Huezco, J. y G. Rodríguez. (2013). Influencia de jales mineros sobre el río Maconí, Querétaro, y evaluación del proceso de atenuación natural por dispersión. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(3), 645-660.
- Secretaría de Desarrollo Social - SEDESOL (2010), *Unidad de Microrregiones – Cédulas de Información Municipal*. México. Recuperado el 23 de mayo 2018 en: <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=pdzp&ent=22&mun=013>
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca - SEMARNAP (1999). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra Gorda*. México, Instituto de Ecología, SEMARNAP.
- Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental - SCCA. (1993). *Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte – Entre el gobierno de Canadá, el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el gobierno de los Estados Unidos de América*. SCCA/Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental. Canadá.
- Secretaría de Economía - SE. (2004, 2007). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. México: SE/Secretaría de Economía.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial - SECOFI. (1995). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. México: SECOFI/Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal - SEMIP. (1991, 1992, 1993). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. México: SEMIP/Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal.
- Servicio Geológico Mexicano - SGM (2006, 2014). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. SGM/Secretaría de Economía. México.
- (1998). *Carta geológico-minera Jalpan F14-C48*, Querétaro e Hidalgo. SGM, Secretaría de Economía.
- (1998). *Carta geológico-minera Peña Miller F14-C47*, Querétaro y Guanajuato. SGM, Secretaría de Economía.
- (1998). *Carta geológico-minera San Joaquín F14-C58*, Querétaro e Hidalgo. SGM, Secretaría de Economía.
- (2007). *Carta geológico-minera San Pablo Tolimán F14-C57*, Querétaro SGM, Secretaría de Economía.
- (2007). *Carta geológico-minera Tequisquiapan F14-C67*, Querétaro y Guanajuato. SGM, Secretaría de Economía.
- Suárez, O. (2006). *Susceptibilidad a deslizamientos de laderas en la sierra madre oriental*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería.

- Téllez, J., Carvajal, M. y A. Gaitán. (2004). Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. *Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia*, Vol. 52, No. 1, 50 – 61.
- Torres, Y., Rodríguez, M., Oviedo, R. y R. Herrera. (1998). *Ecotecnologías para la rehabilitación de áreas afectadas por la minería en Moa*. Instituto de Ecología y Sistemática de la Habana, Cuba.
- Tratado de Libre Comercio de América del Norte (2012). *Historia del TLCAN*. Recuperado el 28 de febrero 2018 en: <http://www.tlcan.com.mx/historia-del-tlcan.html>
- Trejo, E. (2011). *Proceso de trabajo de la minería de mercurio en San Joaquín, Querétaro*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- Gobierno de los Estados Unidos. Servicio Geológico de los Estados Unidos - USGS. (1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). *Mineral Commodity Summaries*. Virginia: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).
- Velandia, E. y J. Muñoz. (2004). Factores de riesgo de carga física y diagnóstico de alteración osteomuscular en trabajos de minas de carbón en el valle de Ubaté. *Revista de ciencias de la salud de Bogotá*, 2 (1), 24-32. Colombia.
- Valerdi, M. y J. Vega (2019). Del cuestionario a la entrevista, de la entrevista al testimonio - Alcances y limitaciones. En: Lamy, B., Trabajo de Campo - *Diferentes senderos desde los estudios sociales*. Guanajuato: Editorial Ítaca.
- Vassallo, L., (2008). *Yacimientos minerales metálicos*. México, Centro de Geociencias, UNAM.
- Velasco, M. (2010). “Descripción de la Sierra Gorda Queretana. México”, *El oficio de historiar*. Recuperado el 17 de mayo 2018 en: <http://eloficiodehistoriar.com.mx/2010/08/24/descripcion-de-la-sierra-gorda-queretana/>
- Vélez, J., (2007). *Inventario físico de los recursos minerales del municipio Peñamiller, Querétaro*. México, Servicio Geológico Mexicano – Fideicomiso de fomento minero.
- Weinberg, J. (2007). Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG. Network: International Pops Elimination.
- Yarto, M., Gavilán, A. & J. Castro. (2004). La contaminación por mercurio en México. *Gaceta Ecológica*, vol. 72.
- Zamora, S. y F. Piñeiro (1963). *Reconocimiento preliminar de las minas de los puerquitos, El verdadero paraíso, La fe, La perla y La Guadalupe, en el distrito*

*minero San Joaquín, Estado de Querétaro. México, Consejo de Recursos Naturales No Renovables, SGM.*

## Anexo

<i>I. Aspectos socioeconómicos del minero</i>						
1. Sexo	Hombre			Mujer		
2. Edad		3. Nivel de estudios				
4. Lugar de nacimiento	Estado		Municipio		Localidad	
5. Lugar de residencia	Estado		Municipio		Localidad	
6. Estado civil	Soltero		Casado	Viudo	Divorciado	Unión libre
7. ¿Cuántas personas viven con usted, edad y ocupación?		Edad	Ocupación		Edad	Ocupación
	1				6	
	2				7	
	3				8	
	4				9	
	5				10	
8. ¿Usted vive de la actividad minera de mercurio?					Sí	No
9. ¿Cuántas minas hay en la región? ¿Dónde se encuentran?						
10. ¿A qué edad empezó a practicar la actividad minera?						
10a. ¿Cuántos años tiene de ser minero?						
11. ¿Sus padres, abuelos o esposo practicaban esta actividad?					Sí	No
12. ¿Sus hijos practican o piensan dedicarse a esta actividad?					Sí	No
12a. ¿Por qué?						
13. ¿Cuántos meses al año se dedica a la actividad minera?						
14. ¿A qué se dedica cuando no practica la actividad minera?						
15. ¿Por qué se dedica a la actividad minera?						
16. ¿Con cuántas personas trabaja o conforma su equipo de trabajo?						
17. ¿Tiene prestaciones?					Sí	No
17a. ¿De qué tipo?			IMSS/ISSSTE/Seguro Popular INFONAVIT/FOVISSSTE			
Fondo de ahorro/Caja de ahorro		Ayuda de transporte/despensa/vacaciones			Becas para estudiar	
18. ¿Cómo califica su estado de salud?			Muy malo	Malo	Bueno	Muy bueno
Indicar padecimientos						
<i>II. Aspectos técnicos: herramientas, organización</i>						
19. ¿Qué tipo de equipo utiliza para desempeñar su labor?						

<b>20. ¿Es equipo propio o se lo proporciona la empresa o cooperativa?</b>		
<b>20a. Si es propio, ¿cómo lo adquirió?</b>		
<b>21. ¿Quién es el propietario de la mina? ¿Es propiedad privada?</b>		
<b>22. Si es cooperativa, ¿Cómo se distribuyen los beneficios de lo obtenido en la minería?</b>		
<b>23. ¿Dónde se ubica la mina?</b>		
<b>24. ¿Qué método utilizan para extraer el mineral y qué herramientas utilizan?</b>		
<b>25. ¿Qué cuidados hay que tener para trabajar en este tipo de minería?</b>		
<b>25a ¿Cuáles son los riesgos más comunes?</b>		
<b>25b ¿Cuáles son las medidas de seguridad que se tienen dentro de la mina?</b>		
<b>25c ¿Existe algún programa de capacitación para los mineros por parte de la empresa? ¿En qué consiste?</b>		
<b>26. ¿La mina tiene planta de beneficio?</b>	Sí	No
<b>26a. Si la respuesta es no, ¿dónde, quién y cómo benefician el mineral y qué herramientas utilizan?</b>		
<b>26b. Si la respuesta es sí, ¿de qué tipo, cómo benefician el mineral y qué herramientas utilizan?</b>		
<b>26c. ¿Dónde se ubica?</b>		
<b>27. ¿Sabe si existe algún programa gubernamental que apoye a los mineros del mercurio para adquirir o renovar equipos?</b>	Sí	No
<b>27a. ¿Se ha beneficiado de alguno?</b>	Sí	No
<b>27b. ¿De qué tipo?</b>		
<b>28. ¿Hay reuniones con las autoridades municipales o estatales sobre el manejo del mercurio, regulación en el comercio de éste, o en el desarrollo de esta actividad?</b>	Sí	No
<b>29. ¿Qué tipo de gastos suele tener cada vez que labora? (gasolina, alimentos, pasajes, otro)</b>		

30. Haciendo un balance entre sus ingresos y gastos, ¿considera que las ganancias obtenidas son suficientes para cubrir sus gastos cotidianos y mantener a su familia?	Sí	No
30a Si la respuesta es negativa, ¿Cómo compensa los ingresos insuficientes?		
<b>III. Elementos laborales y de comercio</b>		
31. ¿Cuál es su puesto en la mina o planta de beneficio y que tipo de actividades realiza?		
32. ¿Cuántas horas del día labora?		
33. ¿Cuántos días a la semana labora?		
34. ¿La mina labora todo el año?	Sí	No
34a Si la respuesta es negativa, ¿De qué depende que la mina este activa?		
35. ¿Dónde almacenan el mineral extraído?		
36. ¿A quién venden su producción (empresa/persona)?		
36a. ¿Tienen algún contrato con el comprador?	Sí	No
36b. ¿De qué tipo?		
36c. ¿Usted sabe a dónde llevan este mineral?	Sí	No
36d. ¿A dónde?		
36e. ¿Usted sabe en qué o para que utilizan este mineral?	Sí	No
36f. ¿En qué tipo de envases o contenedores almacenan, transportan y comercian el mercurio?		
37. ¿En cuánto venden su producción? (volumen*precio)		
38. Aproximadamente, ¿Cuánto mineral extraen a la semana o al mes por persona o a nivel empresa/cooperativa?		
<b>IV. La minería de mercurio y el Convenio de Minamata</b>		
39. ¿Usted sabe qué es el Convenio de Minamata?	Sí	No
40. ¿Usted sabía que, a partir de la firma del Convenio de Minamata, se intenta erradicar la minería de mercurio a nivel nacional?	Sí	No
40a. ¿Desde cuándo lo conoce?		
40b. ¿Cómo lo conoció?		
41. A partir de la firma del Convenio de Minamata, ¿usted ha notado algún cambio en la forma de extraer y beneficiar el mercurio?	Sí	No

<b>41a. ¿Cuál es el cambio?</b>		
<b>41b. ¿Usted ha notado algún cambio en la intervención del gobierno municipal o estatal para que dejen de practicar este tipo de minería?</b>		
<b>41c. ¿Cuál es el cambio?</b>		
<b>41d. ¿Usted ha notado alguna variación en el precio del mercurio?</b>	Sí	No
<b>41e. ¿Cuánto ha variado?</b>		
<b>42. ¿Usted ha pensado en qué actividad se va a ocupar cuando prohíban la minería de mercurio en el país?</b>		
<b>43. ¿El gobierno local/municipal/estatal les ha propuesto alternativas de actividades económicas?</b>	Sí	No
<b>43a. ¿Cuáles son estas actividades alternas?</b>		
<b>43b. ¿Usted estaría dispuesto a dedicarse a alguna de ellas? ¿Cuál?</b>		
<b>43c. ¿Qué tipo de actividades económicas propondría usted para llevar a cabo en el municipio?</b>		
<b>44. ¿Usted sabe si la empresa o cooperativa reportan la producción y ganancias al gobierno?</b>	Sí	No
<b>45. ¿Sabe cuáles son los efectos que tiene el contacto con el mercurio en la salud humana?</b>		
<b>46. ¿Usted o su familia ha padecido de alguna enfermedad relacionada con este mineral?</b>	Sí	No
<b>46a. ¿Quién? ¿Cuántos años tenía?</b>		
<b>46b. ¿De qué tipo?</b>		
<b>46c. ¿Qué tipo de exposición con el mineral tuvo?</b>		
<b>46d. ¿A qué clínica u hospital acudió?</b>		

<b>46e. ¿La empresa o cooperativa se hicieron responsables de los gastos?</b>	Sí	No
<b>47. ¿Cuenta con afiliación a alguna institución de salud pública? / ¿Cuál?</b>	Sí	No
<b>48. ¿Usted sabe cuáles son los efectos que tiene el mercurio en el medio ambiente?</b>	Sí	No
<b>48a. ¿Cuáles?</b>		
<b>49. ¿Usted cree que se logre erradicar la minería de mercurio por completo a partir de generar alternativas de actividades económicas, o cree que se recurrirá a la ilegalidad y clandestinidad de la actividad?</b>		
<b>50. ¿Usted o alguno de sus familiares ha pensado en emigrar a otro lugar por la falta de alternativas de actividades económicas o por el nivel de educación/salud?</b>		
<b>50a. ¿A qué lugar migraría?</b>		
<b>50b. ¿Tiene familiares que ya lo han hecho? ¿A dónde?</b>		
<b>50c. ¿Envían dinero a su familia?</b>		
<b>50d. ¿Cada cuánto?</b>		
<b>50e. ¿Con qué institución la envían?</b>		