

Minería: salud en riesgo y pobreza en Fresnillo, Zacatecas

Mining: health at Risk and Poverty in Fresnillo, Zacatecas

Mariana Ramírez-Herrera, Eduardo Rodríguez Gutiérrez, Alicia Monserrath Gutiérrez Mauricio, Juan Armando Flores de la Torre

Resumen

La minería ha demostrado ser una actividad altamente contaminante que afecta tanto a ecosistemas como a poblaciones humanas. El presente estudio tiene como objetivo ofrecer una aproximación a los efectos de los metales pesados en la salud humana, presentar evidencia sobre esta contaminación en espacios agrícolas, así como destacar la escasa relación que existe entre la minería como actividad económica y el bienestar producido sobre las comunidades donde se asienta. Para ello se utiliza una metodología mixta integrada por una revisión bibliográfica sobre los efectos contaminantes de la minería, se procesan y analizan datos abiertos e información acerca de las condiciones socioeconómicas de las poblaciones mineras y, finalmente, se realiza un estudio de suelo y agua consistente en un muestreo, procesamiento y detección de metales pesados. Todo ello permite evidenciar a la minería como un lastre en materia de salud y pobreza en aquellos lugares donde se establece, tal es el caso de las comunidades aledañas a las minas en Fresnillo, Zacatecas, donde las condiciones de pobreza no sólo no han sido superadas, sino que se han profundizado y, donde además se pone en riesgo la salud de la población como consecuencia de la contaminación ambiental por metales pesados.

Palabras clave: contaminación ambiental; pobreza; minería; riesgos sanitarios..

Mariana Ramírez-Herrera 

Universidad Autónoma de Zacatecas – México. mrramirez@uaz.edu.mx

Eduardo Rodríguez Gutiérrez

Universidad Autónoma de Zacatecas – México. eduro@uaz.edu.mx

Alicia Monserrath Gutiérrez Mauricio

Universidad Autónoma de Zacatecas – México. aliciagtzm14@gmail.com

Juan Armando Flores de la Torre 

Universidad Autónoma de Zacatecas – México. armando.flores@uaz.edu.mx

<http://doi.org/10.46652/rgn.v8i36.1068>

ISSN 2477-9083

Vol. 8 No. 36 abril-junio, 2023, e2301068

Quito, Ecuador

Enviado: marzo 22, 2023

Aceptado: junio 01, 2023

Publicado: junio 15, 2023

Publicación Continua

Abstract

Mining has proven to be a highly polluting activity affecting ecosystems and human populations. This study aims to offer an approximation to the effects of heavy metals on human health, present evidence of this contamination in soil and water, and highlight the scarce relationship between mining as an economic activity and the well-being produced in the communities where it settles. To do this, a mixed methodology is used, consisting of a bibliographic review about the polluting effects of mining, the use of open data and information on the socio-economic conditions of mining towns, as well as a soil and water analysis consisting of sampling, processing, and detection of heavy metals, which, finally, makes it possible to demonstrate gold and silver mining as a burden on health and poverty in those places where it settles, such is the case of the communities surrounding the mines in Fresnillo, Zacatecas, where the conditions of poverty not only could not be overcome, but have deepened, and where the health of the population is also put at risk as a consequence of environmental contamination by heavy metals.

Keywords: environmental pollution; poverty; mining; health risks.

1. Introduction

La contaminación ambiental se ha convertido en un tema de interés global, en un asunto de seguridad nacional y en un tópico presente en la vida cotidiana de las sociedades modernas. En teoría, la preocupación por disminuir o remediar sus efectos es apenas tan grande como el interés por descubrir sus causas y prevenirlas. Sin embargo, en la práctica, las acciones que se llevan a cabo para reducir las actividades altamente contaminantes se contraponen con el 'progreso', más aún, entran en contradicción con la esencia misma del modelo de desarrollo dominante (Dasgupta, 2013).

En este sentido, no existe un mecanismo efectivamente capaz de conciliar las actividades de explotación y contaminación de la naturaleza con la noción de equilibrio y respeto ambiental (Spaiser et al., 2016); ambos conceptos son resultado de un juego de suma cero, donde lo que pierde uno lo gana el otro. El propio análisis del discurso de la sustentabilidad permitió evidenciar que ese concepto de desarrollo sólo pretende perpetuar en el largo plazo un modelo económico explotador y contaminante que observa a la naturaleza como un medio al servicio de los grandes capitales, que no busca satisfacer las necesidades esenciales de la mayoría de la población sino aquellos deseos diseñados por el mercado, cuyos satisfactores sólo pueden pagar unos pocos, mientras la mayoría subsiste en condiciones de pobreza y marginación (Escobar, 1996).

De esta forma, se vuelve imperativo evidenciar ¿cuál es la realidad en la que viven las poblaciones mineras?, así como ¿cuáles son los riesgos potenciales a los que se exponen los habitantes de las comunidades aledañas a las minas, derivados de la contaminación que las empresas extractivistas provocan en el ambiente? analizándose los efectos que su actividad provoca sobre las condiciones de salud y bien-estar en la población directamente afectada, tomando como caso de estudio dos comunidades mineras de Fresnillo, Zacatecas.

El origen de los males

Mientras la minería permaneció en su forma pre-intensiva, los beneficios de su explotación fueron para la comunidad; sin embargo, una vez que pasó a manos de los colonizadores y se convirtió en intensiva, esta actividad económica estuvo “supeditada a los intereses y al patrón de desarrollo de otras naciones”; primero por los españoles, después por los ingleses, franceses, alemanes, americanos y, posteriormente por los canadienses. Desde entonces, la explotación minera se caracterizó por la explotación humana, la contaminación y la devastación del paisaje (Coll-Hurtado et al., 2002). Actualmente, en Zacatecas son 17 los municipios que se dedican a la explotación de oro y plata, destacando por su volumen de producción Fresnillo, Chalchihuites, Mazapil, Morelos y Sombrerete (INEGI, 2023a).

La importancia de la minería en el estado ha radicado en ser el principal motor de atracción de Inversión Directa tanto nacional como extranjera, lo que se traduce en una concentración de importantes compañías explotadoras de metales preciosos y otros minerales. En la Tabla 1 se enlistan las principales empresas explotadoras de oro y plata, que se encuentran activas en el territorio estatal, así como el tipo de explotación que realizan y la superficie en la que operan, lo que permite dimensionar la magnitud de la actividad minera y la riqueza del subsuelo zacatecano. Al mismo tiempo, al reconocerse los riesgos de la contaminación derivada del extractivismo minero y la importante extensión de sus actividades en el estado, se plantean interrogantes sobre la salud del suelo de aquellos municipios que por siglos han visto desarrollar la minería en su territorio.

Tabla 1. Empresas explotadoras de oro y/o plata en el estado de Zacatecas

Municipio	Minerales	Empresa / Propiedades en operación	Tipo de explotación / Extensión (superficie)
Chalchihuites	Au, Ag	Pan American Silver Corp / La Colorada	Subterránea / 1,300 ha.
	Ag	First Majestic Silver Corp. / Del Toro	Subterránea / 2,159 ha.
Concepción del Oro	Au, Ag	Aura Minerals Inc. / Mina Aranzaza	Subterránea y a cielo abierto / 11,072 ha.
Fresnillo	Ag, Au	Fresnillo PLC / Saucito	Subterráneas / 146.32 ha.
Ojocaliente	Ag, Au	Minera Frisco SAB de CV / Mina El Coronel	Cielo abierto / 293.69 ha.
Mazapil	Ag, Au	Minera Frisco SAB de CV / Mina Calcosita-Salaverna	Subterránea / 300 ha.
	Ag, Au	Newmont Goldcorp Corp. / Peñasquito y Noche Buena	Cielo abierto / 1,820.68 ha.
General Pánfilo Natera	Au, Ag	Alien Metals Ltd. / Mina San José	Subterránea / 1,500 ha.
Morelos	Ag	Capstone Mining Corp. / Mina Cozamín	Subterránea / 775 ha.
Sombrerete	Ag	Grupo México / Unidad San Martín	Subterránea / 1,000 ha.
Pinos	Ag, Au	Candelaria Mining Corp. / Mina Catanava	Subterránea / 3,816 ha.
Veta Grande	Ag	Santacruz Silver Mining Ltd. / Mina Veta Grande	Subterránea / 1,100 ha.

Fuente: Elaborado por Mariana Ramírez Herrera con información de Alien Metals Ltd., 2023; Candelaria Mining Corp., 2023; Capstone Mining Corp., 2023; First Majestic Silver Corp., 2023; Fresnillo PLC., 2019 y 2023; Grupo México SAB de CV., 2023; JDS Energy & Mining Inc., 2023; Newmont Goldcorp Corp., 2013; Pan American Silver, 2023; Santa Cruz Silver Mining Ltd., 2023; Secretaría de Economía, 2023.

Como se muestra en la Tabla 1, la mayor cantidad de explotaciones mineras de oro (Au) y plata (Ag) en el estado de Zacatecas se realiza de forma subterránea, lo que no significa que sus efectos contaminantes sean menores que aquellos que se dan a cielo abierto. La razón es que una parte importante de los riesgos ambientales de la minería radican no sólo en la explotación de los minerales sino sobre todo en los procesos que se realizan para separar los distintos metales, ya que en tales procesos se añaden sustancias tóxicas y oxidantes, altamente dañinas para los ecosistemas. En este sentido, con la introducción de la lixiviación química inicia un proceso de aprovechamiento industrial que produce una contaminación silenciosa pero profunda de todos los componentes de la naturaleza ubicados en las zonas mineras y sus alrededores. Actualmente, la cianuración o lixiviación química es el método más utilizado para la extracción de oro y plata para la recuperación de los metales -objeto de la explotación (Nava-Alonso, 2018).

Por ello es importante señalar que en la mayoría de las explotaciones mineras de Zacatecas se emplean los métodos de lixiviación y flotación, destacando el Cianuro de Sodio (NaCN) y el Plomo (Pb) como desechos contaminantes, los cuales pueden provocar en el organismo diversas reacciones que van desde intoxicaciones y envenenamiento, hasta el desarrollo de cáncer o la muerte. Al respecto, dada la enorme cantidad de metales que han sido extraídos en el estado es difícil cuantificar los desechos químicos que durante los procesos de extracción, beneficio, traslado y almacenamiento han podido depositarse en el suelo, el agua y el aire, afectando a poblaciones enteras durante siglos.

Minería y pobreza en Zacatecas

Lo primero que debe decirse es que pese a la impresionante cantidad de yacimientos y a la riqueza de su geografía, Zacatecas no ha sido capaz de desarrollar un mecanismo interno de acumulación y crecimiento económico que se traduzca en el desarrollo sostenible del estado, debido principalmente a que toda la riqueza que es y ha sido extraída del subsuelo no se ha invertido en las zonas explotadas, que han quedado dañadas y contaminadas, condenado a las poblaciones mineras a la pobreza y la desigualdad (Burnes Ortíz, 2010).

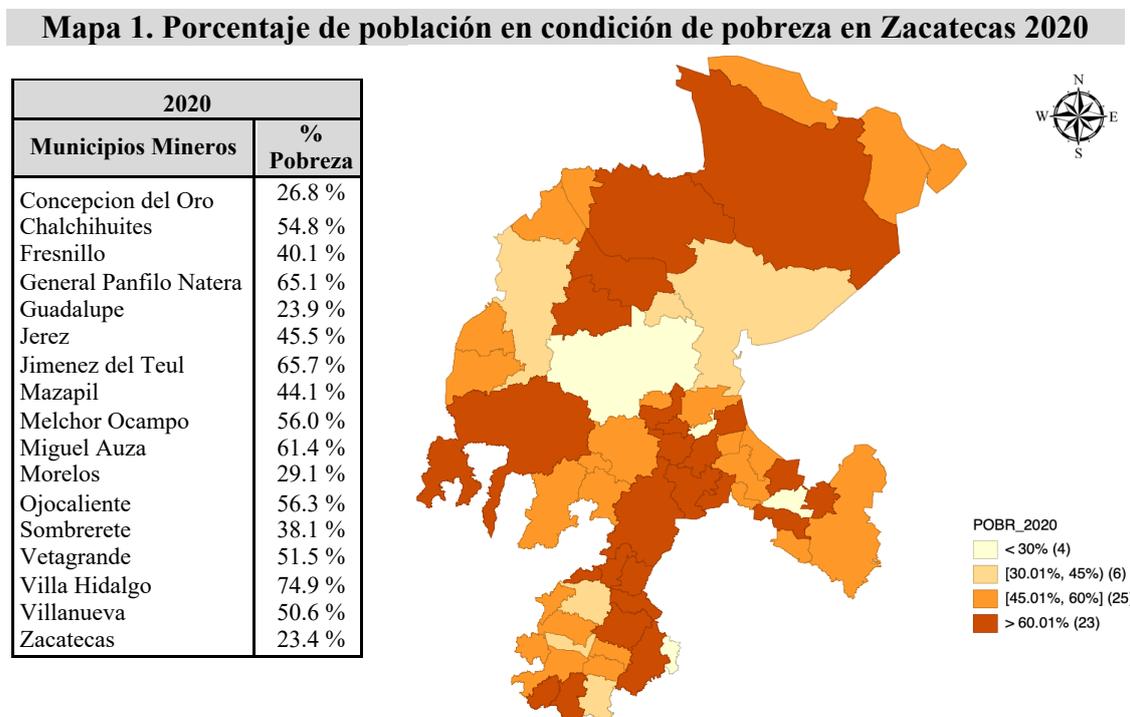
Para el año 2017 “la rama de actividad más importante de la entidad era la minería de minerales metálicos con 40.7% del valor de la producción total” (INEGI, 2017, p. 13). En contraste, el abandono de la población zacatecana pese a casi 500 años de explotación minera se refleja -entre otras cosas, en que Zacatecas es el quinto estado con mayor porcentaje de población rural en el país después de Chiapas, Hidalgo, Tabasco y Guerrero. Para el año 2020 un 37% de su población habitaba en zonas rurales, siendo que la media nacional para ese mismo año era de 21% (INEGI, 2023b). Otro aspecto que denota el atraso del estado es el referente al rezago educativo, pues los años promedio de escolaridad en población de 25 años o más apenas superó los 8 años en el 2020 -cifra inferior a la media nacional (CONEVAL, 2023).

A lo anterior debe añadirse la pérdida de cohesión social, de instituciones confiables y gobiernos transparentes y eficientes, factores que favorecen la competitividad económica, permitiendo diversificar la atracción de inversiones, además de propiciar en los individuos el sentido de

pertenencia y de satisfacción con la vida, aspectos fundamentales del bien-estar. En este sentido, Zacatecas se ubica en la posición número 28 de competitividad estatal, es decir, mantiene un nivel Bajo en el ranking nacional, luego de haber perdido tres posiciones respecto al 2018 (IMCO, 2022). Sin embargo, más allá de estas cuestiones y de mayor gravedad es, que en el año 2020 el 45.8% de la población zacatecana vivía en situación de pobreza (CONEVAL, 2022).

En este sentido, cabe destacar que los municipios mineros del estado no han quedado exentos de esta realidad, por el contrario, como se observa en el Mapa 1, 12 de los 17 ayuntamientos con zonas mineras activas superan el 40% de sus poblaciones en situación de pobreza. Estas cifras permiten inferir que la riqueza extraída del suelo zacatecano no se ha traducido en beneficios para su población.

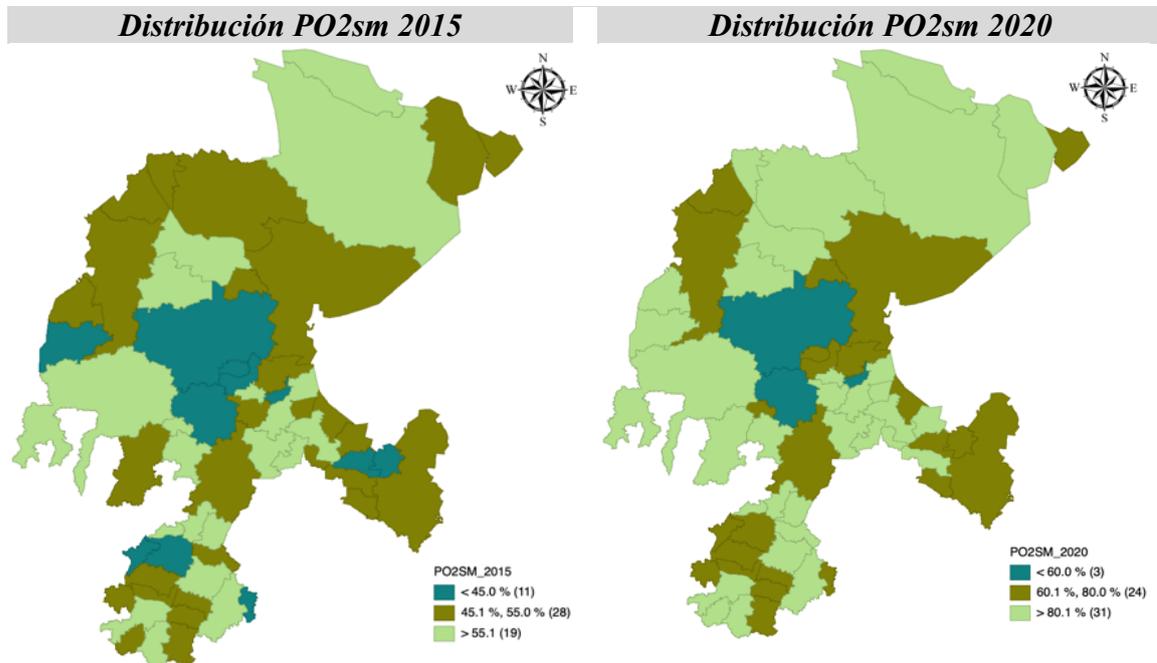
Mapa 1. Porcentaje de población en condición de pobreza en Zacatecas 2020



Fuente: Elaborado por Mariana Ramírez Herrera con información de los *Índices de Marginación Municipal 2020, Datos e indicadores*, Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2023).

La distribución espacial de la pobreza en el estado permite observar que los municipios mineros no escapan de la pobreza. Ello refleja que la minería no ha sido capaz de desarrollar diferencias cualitativas sobre el bien-estar de las poblaciones donde se establece, por lo menos en lo que se refiere a la pobreza económica y a las condiciones de carencia material y de infraestructura de estos municipios. Si bien pueden reconocerse avances en la reducción de la marginación en el estado (CONAPO, 2023), existen otros aspectos importantes del bien-estar que han empeorado como el ingreso, cuya evolución reciente se muestra en el Mapa 2.

Mapa 2. Porcentaje de población ocupada con 2 salarios mínimos en Zacatecas Evolución 2015-2020



Fuente: elaborado por mariana Ramírez Herrera con información de los Índices de marginación municipal 2020. Datos e indicadores. Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2023).

La principal variación que se observa en las imágenes del Mapa 2 es un aumento en el porcentaje de la Población Ocupada (PO) que percibe hasta dos salarios mínimos (sm) en el estado. Esto significa que el ingreso percibido por los trabajadores se redujo en el periodo analizado. En el año 2015 se registraron 39 de los 58 municipios del estado con porcentajes de PO ganando hasta dos sm en una proporción menor al 55%. Para el 2020 se habían alcanzado los 55 municipios con porcentajes de PO ganando hasta dos sm en una proporción mayor al 60%. Aunque estas cifras son alarmantes, debe considerarse que durante el periodo señalado el salario mínimo pasó de 70.10 a 123.22 pesos diarios (CONASAMI, 2023), es decir, se incrementó un 56.9%. Adicionalmente, es importante destacar que del año 2015 al 2020 el crecimiento económico de México pasó de 3.3 a -8 por ciento (BM, 2023), es decir, se produjo una caída del Producto Interno Bruto (PIB) superior al 11%, en parte como consecuencia de la crisis sanitaria provocada por la pandemia de SARSCov-2.

Considerando lo anterior, destaca que en 2020 el 54.3% de los zacatecanos subsistieron con un ingreso por debajo de la Línea de Pobreza, establecido en \$1.9 dólares al día (CONEVAL, 2022). Este dato podría estar relacionado con lo señalado por el *Índice de Competitividad Estatal 2020*, en el que se destaca a Zacatecas por ocupar la última posición en Capacitación laboral -Población que ha recibido capacitación como porcentaje de la población económicamente activa, a

nivel nacional (IMCO, 2022). Ahora bien, la situación económica observada por el estado en su conjunto es resultado de las pobres condiciones de desarrollo en las que se encuentran la mayor parte de los municipios, incluyendo aquellos dedicados a la minería. Por tal motivo, la evolución del porcentaje de PO con dos sm en los municipios mineros de Zacatecas en el periodo comprendido de 2015 a 2020, es similar a la del resto del estado, como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de PO con 2 sm en Municipios Mineros de Zacatecas

	2015	2020
Concepción del Oro	35.7 %	56.5 %
Chalchihuites	43.9 %	78.7 %
Fresnillo	47.4 %	69.3 %
General Pánfilo Natera	69.1 %	89.9 %
Guadalupe	29.2 %	61.1 %
Jerez	54.0 %	75.9 %
Jiménez del Teul	58.5 %	88.3 %
Mazapil	51.5 %	74.6 %
Melchor Ocampo	53.0 %	80.5 %
Miguel Auza	54.6 %	76.1 %
Morelos	34.8 %	68.5 %
Ojocaliente	60.7 %	82.7 %
Sombrerete	46.2 %	70.6 %
Vetagrande	42.8 %	83.6 %
Villa Hidalgo	63.3 %	90.9 %
Villanueva	53.6 %	81.9 %
Zacatecas	28.5 %	57.9 %

Fuente: Elaboración propia con información de los Índices de Marginación Municipal 2020, Datos e indicadores, Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2023).

El atraso económico de Zacatecas se traduce en una escasa participación en la generación de la riqueza nacional, pues su aportación al Producto Interno Bruto es tan sólo del 1% del total. Y pese a que el 21% de su población en el 2020 habitaba en el campo, sólo el 9.3% de su producción corresponde a las actividades primarias (INEGI, 2023b). Por otro lado, debe reconocerse que los municipios mineros que han alcanzado mejores condiciones de bien-estar han sido aquellos con mayores posibilidades de diversificar sus actividades económicas, tal es el caso de Fresnillo, Guadalupe y Zacatecas, municipios con desarrollo turístico, agrícola e industrial que, en mayor o menor medida, han logrado reducir las condiciones de precariedad de su población, aunque manteniendo rezagos importantes.

Si bien la problemática económica no se ha visto beneficiada por la presencia de la minería en el estado o los municipios donde se desarrolla, los daños ambientales de su actividad si han sido ampliamente corroborados, como se señaló anteriormente. Ahora bien, sigue siendo necesario incrementar la evidencia y amplitud de los espacios identificados como sitios contaminados por la actividad minera, e efecto de alertar a la población afectada y aumentar la presión sobre los toma-

dores de decisión y las empresas contaminantes para que, en conjunto, establezcan mecanismos seguros de prevención, actuación y remediación de esta problemática que actúa sobre el ambiente, afectando el bien-estar de los individuos.

2. Metodología

Los estudios que fueron revisados con anterioridad muestran una constante preocupación por los efectos de la contaminación minera sobre la población del estado; sin embargo, sólo se encontró una investigación que tocaba la problemática específica del municipio de Fresnillo (Rivera Castañeda & Vázquez González, 2014), aunque no de manera exclusiva. Una posible explicación puede deberse a que el grueso de las investigaciones sobre el tema se realizó en minas que han sido abandonadas, cerradas, o bien que se encuentran fuera de operación. La razón es sencilla, existe una enorme dificultad para acceder a zonas mineras activas, fundamentalmente por cuestiones de seguridad.

No obstante, Fresnillo es el principal productor de plata en el estado, y considerando que Zacatecas es el principal productor de plata a nivel nacional y México el mayor productor de plata en el mundo, su estudio adquiere una mayor relevancia. Es por ello que se optó por estudiar la contaminación minera en este municipio. Otros motivos para su análisis fueron el hecho de que Fresnillo es también uno de los principales motores agrícolas del estado, el municipio más poblado, con un elevado desarrollo comercial y, cuya cercanía geográfica con la capital lo convierten en un sitio de interés, además de contar con un importante peso político en Zacatecas.

Para iniciar con la detección y cuantificación de metales pesados en el municipio de Fresnillo se optó por analizar muestras de suelo de las comunidades de Saucito del Poleo y Colonia Presa de Linares, debido a que cuentan con actividad agrícola y/o ganadera en su demarcación territorial, así como por su cercanía a un complejo minero en activo -propiedad de Fresnillo PLC, conformado por las explotaciones de Saucito (2011) y Juanicipio (2022), ubicadas a ocho kilómetros de la cabecera municipal. Las características socioeconómicas más relevantes de ambas comunidades se muestran en la Tabla 3, evidenciando condiciones de marginación importantes.

Tabla 3. Características socioeconómicas básicas de comunidades mineras en Fresnillo, Zacatecas–2020

	Colonia Presa de Linares	Saucito del Poleo
Población Total 2020	226	401
Viviendas particulares habitadas	59	96
Viviendas con computadora personal, laptop o tablet	15.25%	19.79%
Viviendas con internet	40.68%	48.96%
Viviendas con agua entubada	93.20%	98.96%
Viviendas con electricidad	98.31%	100.00%
Viviendas con excusado o sanitario	83.05%	96.88%
Población ocupada mayor de 12 años	44.69%	33.17%
Grado de escolaridad	7.61	7.96
Población analfabeta	3.1%	1.25%

Fuente: Elaborado por Mariana Ramírez Herrera con información de los Censos de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020).

Una vez seleccionadas las comunidades de estudio, se procedió a identificar los espacios de muestreo, mismos que fueron distribuidos a lo largo y ancho de las comunidades, con base en las especificaciones dictadas por la Norma Mexicana sobre *Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra* (NMX-AA-132-SCFI-2016, 2016). Los puntos que fueron registrados para su identificación aparecen en el Mapa 3.

Mapa 3. Puntos de muestreo de suelos en comunidades mineras de Fresnillo, Zac.

Fuente: elaborado por Mariana Ramírez Herrera con imágenes de Google Maps y geolocalización de los puntos de muestreo registrados.

Una vez obtenidas las muestras de suelo se llevaron al laboratorio de Toxicología y Farmacia de la Unidad Académica de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas para ser procesadas, lo que inició con el cribado del suelo hasta obtener 2.5g de partículas finas que fueron digeridas en solución de ácido nítrico (HNO_3) y ácido clorhídrico (HCl), dejándose reposar por 24 horas. Posteriormente, las muestras se calentaron por dos horas y media, evitando alcanzar el punto de ebullición; se atemperaron, se filtraron y se aforaron con HNO_3 al 1% en tubos falcon de 50 ml. Cada una de las muestras se realizó por duplicado para elevar el grado de confianza de los resultados. Finalmente, se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Thermo Scientific™ iCE™ 3000) que fue calibrado y, mediante la técnica de flama se realizaron las mediciones para detectar presencia de Plomo (Pb), por considerarse uno de los metales más tóxicos y dañinos que se explotan y se producen durante los procesos de lixiviación en la extracción de oro y plata en la minería zacatecana.

3. Resultados y Discusión

Las cifras arrojadas por el análisis de suelo en las comunidades de estudio muestran presencia de Pb, aunque en cantidades por debajo de los Límites Máximos Permitidos (LMP) tanto por la Norma Oficial Mexicana, *Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio (NOM-147-SEMARNAT_SSA1-2004, 2004)*; como por aquellos establecidos por la Organización Mundial de la Salud en sus Guías para la calidad del agua de consumo humano (OMS, 2011). Los resultados encontrados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Concentración de Plomo (mg/kg) en suelo (n=2) y puntos de muestreo

Puntos	Colonia Presa de Linares	Saucito del Poleo	LMP (MX)	LMP (OMS)
1	7.622	8.25	400	85
2	5.846	321.05	400	85
3	15.297	13.5	400	85
4	6.874	5.7	400	85
5	15.5	109.45	400	85
6	6.911	9.75	400	85
7	44.076	3.4	400	85

Fuente: Elaborado por Mariana Ramírez Herrera con resultados sobre medición de Plomo en muestras de suelo y puntos de muestreo de las comunidades Colonia Presa de Linares y Saucito del Poleo, Fresnillo, Zacatecas.

LMP (OMS): Límites Máximos Permitidos de la Organización Mundial Salud (WHO, 1995).

LMP (MX): Límites Máximos Permitidos por la normativa mexicana (NOM-147-SEMARNAT_SSA1-2004, 2004)

Para el análisis de agua se emplearon las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana sobre *Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados (NOM-014-SSA1-1993, 1993)*, y, para su procesamiento sólo se agregó HNO₃ al 1%. Posteriormente, se analizaron las muestras por duplicado, arrojándose los resultados que se observan en la Tabla 5.

Tabla 5. Concentración de Plomo (ppm) en agua (n=2) y puntos de muestreo

Puntos	Colonia Presa de Linares	Saucito del Poleo	LMP (MX)	LMP (OMS)
1	0.0873	0.109	0.005	0.001
2	0.0816	0.0224	0.005	0.001
3	0.0856	0.0072	0.005	0.001
4	0.0794		0.005	0.001
5	0.0944		0.005	0.001
6	0.0898		0.005	0.001
7	0.0994		0.005	0.001

Fuente: Elaborado por Mariana Ramírez Herrera con resultados sobre medición de Plomo en muestras de agua y puntos de muestreo de las comunidades Colonia Presa de Linares y Saucito del Poleo, Fresnillo, Zacatecas.

LMP (OMS): Límites Máximos Permitidos de la Organización Mundial Salud (WHO, 2018).

LMP (MX): Límites Máximos Permitidos por la normativa Mexicana (NOM-001-SEMARNAT-1996, 1996).

La Organización Mundial de la Salud ha advertido durante décadas sobre los riesgos del consumo de agua contaminada con plomo, señalando que “El plomo es un veneno general acumulativo, siendo los bebés, los niños hasta los 6 años de edad, el feto y las mujeres embarazadas los más susceptibles a sus efectos adversos para la salud. Los daños sobre el sistema nervioso central pueden ser particularmente graves” (WHO, 1995, 2017). En este sentido, como se observa en la Tabla 5, todas las muestras de agua obtenidas en la Colonia Presa de Linares y en Saucito del Poleo, superan los niveles establecidos de Pb en agua por la Norma Mexicana (NOM-001-SEMARNAT-1996, 1996), pero también por los Límites Permitidos por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2018). Y, si bien la población manifiesta que su ingesta cotidiana de agua la realiza a través de garrafones, lo cierto es que el agua analizada es tanto de los ríos como de las fuentes que satisfacen el sistema de agua potable de las comunidades, es decir, aquellas que alimentan tanto a sus cultivos como a sus animales, lo que mediante los procesos de bioacumulación de metales pesados puede alcanzar a quienes de ellos se alimentan.

Respecto a las investigaciones previas realizadas en territorio zacatecano debe señalarse una cuestión importante, es decir, la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora se efectuaron en sitios cuyas minas fueron cerradas mucho tiempo atrás, lo que significa que esos territorios habían sido explotados por siglos antes de que sus riquezas fueran agotadas, motivo por el cual la cantidad de contaminantes encontrados pudieron ser, en algunos casos, extremadamente elevados. El presente estudio inicia una perspectiva que pretende anticiparse a los estragos causados por la explotación prolongada, debido a que las zonas analizadas se ubican en espacios cuyas minas se encuentran en operación, la primera de ellas, minera Saucito, desde el año 2011 y la segunda, minera Juanicipio, que inició operaciones a finales de 2021, por lo que los resultados podrían no parecer tan alarmantes como los realizados en antiguas minas que estuvieron siglos en funcionamiento. Lo que se pretende es alertar a tiempo de los efectos dañinos de la contaminación

minera sobre las poblaciones aledañas a las minas, muchas de las cuales se mantienen de actividades agropecuarias, por lo que sus efectos pueden biomagnificarse.

En el caso de La Zacatecana, por ejemplo, se encontró presencia de arsénico, bario, cadmio, cromo, níquel, mercurio, plata, plomo y selenio en el organismo de trabajadores mineros, al igual que en los sedimentos de la presa y sus alrededores, por encima de la concentración máxima permitida por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (Covarrubias & Peña Cabriales, 2017; Rodríguez, 2012; SEMARNAT et al., 2002). En los diferentes momentos en que la zona fue analizada los niveles de plomo, mercurio y arsénico encontrados superaron las normativas nacional e internacional consideradas seguras para el ser humano, sin embargo, al haber cerrado las minas no hay a quien hacer responsable por los daños ambientales y las secuelas en la salud de sus habitantes. Si bien en el presente estudio se consideró sólo analizar el plomo por sus características de peligrosidad, los resultados alertan de una contaminación que por efectos de la bioacumulación y biomagnificación pueden profundizarse y extenderse, con la diferencia de que, al estar en funcionamiento, se puede responsabilizar a las minas de esa contaminación.

El suelo del municipio de Vetagrande, Zacatecas también ha sido estudiado con cierta frecuencia (González Valdez et al., 2008; Manzanares Acuña et al., 2005; Salas-Luevano et al., 2011), encontrándose cantidades de plomo superiores a los 400 µg/g, nivel máximo recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Dados los resultados obtenidos, se tuvo la oportunidad de analizar sangre y orina en 80 niños menores de 15 años de esta comunidad, sólo para corroborar que “más del 50% de los niños (presentaba) niveles de plomo en sangre que ameritaban la intervención por parte de los servicios de salud” (González Valdez et al., 2008, p. 114) por ubicarse en las categorías II y III de gravedad establecida por la Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000 de Salud ambiental. Actualmente la mina Veta Grande, a cargo de la empresa Santacruz Silver Mining Ltd, se encuentra en conflicto con la población por las exigencias de la población derivadas de las graves y prolongadas afectaciones a la salud humana de la comunidad (Conflictos Mineros en AL, 2023). En el caso de las comunidades aquí analizadas debe decirse que, aunque la mayoría de sus pobladores conocen de la contaminación producida por las minas aledañas, así como algunos de los posibles efectos sobre su salud, las condiciones de indefensión en la que se encuentran sus pobladores es tan precaria que, su principal prioridad es la subsistencia, motivo por el cual el interés por la manifestación es escaso.

Finalmente, se han analizado también algunas comunidades del municipio de Guadalupe como Osiris, Martínez Domínguez, La Purísima y el Vivero, donde los resultados fueron similares, dado que el grado de contaminación presente en las tierras cultivables de la región resultó elevado en plomo, arsénico y mercurio, estableciéndose como su origen las antiguas actividades mineras, sobre todo los depósitos de desechos mineros en el área (los jales), por lo que se recomendó realizar acciones de mitigación y observación de los posibles efectos sobre la salud, así como la búsqueda de alternativas a la lixiviación para reducir sus efectos tóxicos sobre el ambiente

(Santos-santos et al., 2006). En este sentido, si bien es cierto que deben seguirse haciendo estudios que amplíen la información acerca de los contaminantes y sus efectos sobre la salud humana en otras comunidades cuyas actividades mineras se encuentran en curso, es posible concluir que la actividad minera en Zacatecas ha sido altamente contaminante y en la actualidad pone en riesgo la salud de las poblaciones aledañas a las minas, por lo que es necesaria una intervención de la autoridad competente para velar por el bienestar de estas localidades.

En este sentido, mientras el desarrollo sustentable continúe ligado al Producto Interno Bruto, difícilmente se tendrá un verdadero cuidado y equilibrio con la naturaleza, pues “toda la arquitectura del pensamiento sobre el desarrollo contemporáneo está en contra de la naturaleza” (Dasgupta, 2013, p. 4). De forma que el bien-estar de la población pasa por el ejercicio pleno del derecho a la salud y por una vida libre de contaminación como condiciones sin las cuales no es posible lograr el desarrollo (llámese Sostenible, Económico, Humano, Regional, etc.).

4. Conclusiones

Aquí se revisaron diversas investigaciones que describen la acumulación de metales pesados en suelo, agua, plantas y personas ubicadas en zonas mineras zacatecanas, se ha expuesto la preocupación latente por la contaminación, así como algunas de las consecuencias que la actividad minera tiene sobre las poblaciones en las que se asienta. Asimismo, se comprobó, mediante el análisis de suelo y agua, la presencia de plomo en la Colonia Presa de Linares y Saucito del Poleo, exponiendo los riesgos a los que individuos de estas comunidades se enfrentan de manera cotidiana.

La presencia de plomo (Pb) en suelo y agua encontrada en las dos comunidades de Fresnillo, Zacatecas que fueron seleccionadas para su estudio, permiten afirmar que los niveles de contaminación por metales pesados provocados por la minería son preocupantes en el municipio. Y por sus particularidades, los hallazgos encontrados pueden hacerse extensivos al resto de las comunidades productoras de oro y plata en el estado, debido a que comparten características de suelo, explotación y extracción. Por tal motivo, es imperativo mantener la vigilancia de estos espacios, continuar con la medición de su toxicidad, así como intervenir mediante proyectos de remediación de suelos y agua, haciendo hincapié en la importancia de dar seguimiento a las actividades mineras como altamente contaminantes.

Respecto a las comunidades aledañas a las minas, el gobierno tiene la obligación de velar por las poblaciones a las que encabezan y, si es necesario, oponerse al desarrollo promovido por intereses particulares, para evitar, en la medida de lo posible, el deterioro de la salud y las condiciones de bien-estar a las que tienen derecho todos los seres humanos. La realidad aquí expuesta permite poner a discusión ¿qué tanto “progreso” trae consigo la minería cuando sus efectos contaminantes son tal elevados y tras siglos de explotación no se han observado mejoras en el bien-estar de la población?

Mientras la minería a gran escala continúe llevándose la riqueza de la tierra a cambio de trabajos mal pagados, Zacatecas continuará anclada en un modelo de desarrollo extractivista, basado en el deterioro de los términos de intercambio, con la atenuante de magnificar sus efectos sobre el rezago económico y la falta de alternativas que permitan un verdadero desarrollo y progreso para su población. No sólo se pretende cuestionar la explotación de los recursos del subsuelo zacatecano, sino sobre todo discutir si realmente vale la pena que a cambio de un supuesto progreso que nunca llega, se degrade el agua, el aire y la tierra, poniendo en riesgo la salud de todos los organismos vivos que habitan las zonas mineras del estado.

Debe considerarse que los pobres no conocen de desarrollo, de progreso, ni de bien-estar, sólo saben de hambre, de desigualdad, de desempleo y de marginación. Los pobres no tienen tiempo para reflexionar sobre la naturaleza, apenas pueden percatarse de su propia humanidad. La contaminación les afecta antes que a nadie pues son ellos quienes acostumbran a comer lo que nadie más comería, respiran lo que nadie quiere respirar y beben de donde nadie más lo haría.

Referencias

- Alien Metals Ltd. (2023). *Research Report*. <https://www.alienmetals.uk/>
- BM. (2023). Crecimiento del PIB (% anual)–Mexico. *Banco Mundial*. <https://n9.cl/vmdus>
- Burnes Ortíz, A. (2010). Minería y desarrollo regional en Zacatecas: un balance crítico. In G.C. Delgado (Coeditor) (Ed.), *Ecología política de la minería en América Latina: aspectos socioeconómicos, legales y ambientales de la mega minería* (pp. 183–211). Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades Universidad y Universidad Nacional Autónoma de México.
- Candelaria Mining Corp. (2023). *Projects: Pinos District. Overview*. <https://candelariamining.com/projects/pinos/overview/>
- Capstone Mining Corp. (2023). *Operations Cozamín*. <https://capstonecopper.com/operations/cozamin/>
- Coll-Hurtado, A., Sánchez-Salazar, M. T., & Morales, J. (2002). *La Minería en México, geografía, historia, economía y medio ambiente* (I. de Geografía, Ed.; Primera Ed). Universidad Nacional Autónoma de México.
- CONAPO. (2023). Índices de Marginación Municipal 2020. *Base de Datos e Indicadores*. <https://n9.cl/2ovk1>
- CONASAMI. (2023). Evolución del Salario Mínimo 2000-2023. *Comisión Nacional de Los Salarios Mínimos*. <https://n9.cl/svf6c>
- CONEVAL. (2022). *Medición multidimensional de la pobreza en México, 2016 -2020*. CONEVAL <https://n9.cl/6ydf>
- CONEVAL. (2023). *Indicadores de pobreza por entidad federativa. Medición de La Pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2010-2020*. CONEVAL

- Covarrubias, S. A., Flores de la Torre, J. A., Maldonado Vega, M., Avelar González, F. J., & Peña Cabriales, J. J. (2018). Spatial Variability of Heavy Metals in Soils and Sediments of “La Zacatecana” Lagoon, Mexico. *Applied and Environmental Soil Science*, 8. <https://doi.org/10.1155/2018/9612412>
- Dasgupta, P. (2013). The Nature of Economic Development and the Economic Development of Nature. *Economic and Political Weekly*, 48(51), 38–51. <http://www.jstor.org/stable/24478403>
- Escobar, A. (1996). Construction Nature: Elements for a post-structuralist political ecology. *Futures*, 28(4), 325–343. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(96\)00011-0](https://doi.org/10.1016/0016-3287(96)00011-0)
- First Majestic Silver Corp. (2023). *Overview. Exploration & Development*. <https://www.firstmajestic.com/projects/exploration-development/del-toro/>
- Flores de la Torre, J. A., Mitchell, K., Ramos Gómez, M. S., Guerrero Barrera, A. L., Yamamoto Flores, L., & Avelar González, F. J. (2018). Effect of plant growth on Pb and Zn geoaccumulation in 300-year-old mine tailings of Zacatecas, México. *Environmental Earth Sciences*, 77(386), 9.
- Fresnillo PLC. (2023, Marzo). *Mines in operation*. <http://www.fresnilloplc.com/what-we-do/mines-in-operation/>
- Fresnillo PLC. (2019). *Annual Report and Accounts*. <http://www.fresnilloplc.com/media/451923/fres-33085-annual-report-2019-web.pdf>
- Grupo México SAB de CV–Southern Copper Corporation. (2023). *Minería: Unidad San Martín*. <https://www.gmexico.com/Pages/default.aspx>
- Hausberger, B. (1993). Una iniciativa ecológica contra la industria minera en Chihuahua (1732). *Estudios De Historia Novohispana*, 13(013). <https://doi.org/10.22201/iih.24486922e.1993.013.3375>
- Hu, H. (2002). Human Health and heavy metals exposure. In M. McCally (Ed.). *Life Support: The Environment and Human Health*. MIT Press.
- IMCO. (2022). *Índice de Competitividad Estatal 2020*. <https://imco.org.mx/indice-de-competitividad-estatal-2022/>
- INEGI. (2017). *Conociendo Zacatecas*, Séptima edición. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2019). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2019*. INEGI
- INEGI. (2020). 2020 Censos de Población y Vivienda 2020. *Catálogo de Localidades*. <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=32&mun=010>
- INEGI. (2023a). *Estadística de la Industria Minerometalúrgica (EIMM) 2010-2020*. Instituto Nacional de Geografía e Informática. https://www.inegi.org.mx/programas/indminero/#Datos_abiertos
- INEGI. (2023b). *Información por entidad. Zacatecas*. Cuéntame.
- JDS Energy & Mining Inc. (2023). *Proyectos. Mina Aranzazú*. <https://www.jdsmining.ca/es/projects/mina-aranzazu/>
- Manzanares Acuña, E., Vega Carrillo, H. R., Escobar León, M. C., Letechipía de León, C., Guzmán Enríquez, L. J., Hernández Dávila, V. M., & Salas Luévano, M. Á. (2005). *Evaluación de Riesgos ambientales por plomo en la población de Vetagrande, Zacatecas*. Universidad Autónoma de Zacatecas.

- Nava-Alonso, F. (2018). Retos actuales en la extracción de metales preciosos en México. *Universitarios Potosinos*, 22–25.
- Newmont Goldcorp Corp. (2023). *Operations & Projects. Peñasquito*. <https://www.newmont.com/operations-and-projects/global-presence/north-america/penasquito-mexico/default.aspx>
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Organización Mundial de Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>.
- Parga, J. R., & Carrillo, F. R. (1996). Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios. *Revista de Metalurgia*, 32(4), 254–261. <https://doi.org/10.3989/rev-metalm.1996.v32.i4.907>
- Rivera Castañeda, P., & Vázquez González, L. B. (2014). Entre crecimiento poblacional y deterioro ambiental: el caso de Zacatecas, Guadalupe y Fresnillo. *Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 10(6), 23–43.
- Rodríguez, M. del C. Z. (2012). La historia de un tesoro que se convirtió en un desastre ambiental, la Zacatecana, ejido de Guadalupe, Zacatecas. *Revista de El Colegio de San Luis*, 4, 160–194.
- Salas-Luevano, M. A., Manzanares-Acuña, E., Letechipia-De Leon, C., Hernandez-Davila, V. M., & Vega-Carrillo, H. R. (2011). Lead concentration in soil from an old mining town. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 289(1), 35–39. <https://doi.org/10.1007/s10967-011-1054-6>
- Santos-santos, E., Yarto-ramírez, M., Gavilán-garcía, I., Castro-díaz, J., Gavilán-garcía, A., Rosiles, R., Suárez, S., & López, T. (2006). Analysis of Arsenic, Lead and Mercury in Farming Areas with Mining Contaminated Soils at Zacatecas, Mexico. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 50(2), 57–63.
- NMX-AA-132-SCFI-2016. (2016). (testimony of SE). Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra (Cancela a la NMX-AA-132-SCFI-2006). <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-aa-132-scfi-2016.pdf>
- NOM-001-SEMARNAT-1996. (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf>
- NOM-147-SEMARNAT_SSA1-2004, (2004) Norma Oficial Mexicana que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat_ssa1-2004.pdf
- Pan American Silver. (2023). *Operaciones en La Colorada, Zacatecas, México*. <https://www.panamericansilver.com/es/operations/north-and-central-america/la-colorada/>
- Santa Cruz Silver Mining Ltd. (2023). *Consolidated Financial Statements 2022, 2021*. <https://santa-cruzsilver.com/investors/annual-and-interim-reports/>
- Secretaría de Economía. (2023). *Directorio del Sector Minero*. <http://www.desi.economia.gob.mx/>

- SEMARNAT, CONAGUA, PROFEPA, UAZ, IMSS, & ISSSTE. (2002). *Plan de acción de la presa la Zacatecana para la contención de metales pesados*. Municipio de Guadalupe, Zacatecas.
- SGM. (2018). *Monografía geológico-minera del estado de Zacatecas III* (2018th ed.). Servicio Geológico Mexicano.
- Spaiser, V., Ranganathan, S., Bali Swain, R., & Sumpter, D. J. T. (2016). The sustainable development oxymoron: quantifying and modelling the incompatibility of sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(6), 457–470.
- NOM-014-SSA1-1993. (1993). Norma oficial mexicana. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. <http://www.comapareynosa.gob.mx/resources/other/reglamentos/NOM-014-SSA1-1993.pdf>
- Valdez, G., Reyes, G., Cedeño, B., & Ordaz, A. (2008). Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños mexicanos. *Revista Facultad de Ingeniería*, (43), 114–119.
- World Health Organization. WHO. (1995). *Inorganic lead*. World Health Organization
- World Health Organization. WHO. (2017). Guidelines for drinking-water quality. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- World Health Organization. WHO. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. World Health Organization

AUTORES

Mariana Ramírez-Herrera. Docente-Investigadora de la Universidad Autónoma de Zacatecas en el Área Académica de Ciencias de la Salud. Miembro del Proyecto de Investigación Conacyt-Ciencia de Frontera 2019 No. 304320. Doctora en Estudios Urbanos y Ambientales por El Colegio de México, Maestra en Cooperación Internacional para el Desarrollo por el Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y Licenciada en Economía por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Estancia de investigación (Fellowship) en el Global Justice Program del MacMillan Center en la Universidad de Yale: New Haven, CT.

Eduardo Rodríguez Gutiérrez. Docente-Investigadora de la Universidad Autónoma de Zacatecas en el Área Académica de Ciencias de la Salud.

Alicia Monserrath Gutiérrez Mauricio. Licenciada en Ciencias Químicas y Miembro del Grupo de Investigación de Metales Pesados en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Juan Armando Flores de la Torre. Investigador SIN-I. Docente-Investigador en la Unidad Académica de Ciencias Químicas Coordinador del Área Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud en el en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

DECLARACIÓN

Conflicto de interés

No tenemos ningún conflicto de interés que declarar.

Financiamiento

Sin ayuda financiera de partes ajenas a este artículo.

Agradecimientos

N/A

Notas

El artículo no ha sido enviado a otra revista ni publicado previamente.