

Percepciones y realidades de la contaminación en la comunidad minera San José de Avino, Durango

• María de Lourdes Corral-Bermúdez • †Noelia Rivera-Quintero •
• Eduardo Sánchez-Ortiz* •

Instituto Politécnico Nacional, México

*Autor de correspondencia

Resumen

Corral-Bermúdez, M. L., †Rivera-Quintero, N., & Sánchez-Ortiz, E. (septiembre-octubre, 2014). Percepciones y realidades de la contaminación en la comunidad minera San José de Avino, Durango. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5(5), 125-140.

En la localidad de San José de Avino se presenta un fenómeno de contaminación del agua atribuido a la actividad minera. Los primeros en detectarlo fueron los pobladores debido a la coloración del arroyo por los derrames de algunas de las norias con las que tradicionalmente se abastecían de agua potable; de forma inicial, ellos han supuesto alguna inobservancia normativa de la actividad minera que tiene una antigüedad de casi 500 años. Esto provocó tensiones entre los pobladores y la minera, que ha demandado en diversas ocasiones la intervención de la autoridad sin que se haya dado una explicación al origen del fenómeno y aún menos una solución, perdiéndose en el debate entre las causas de origen natural y el origen antropogénico. En esta investigación se analizó la percepción de los pobladores y de los dueños de la mina sobre el problema y además se logró demostrar que el fenómeno sí es originado por la actividad minera; sin embargo, no obedece al incumplimiento normativo, por el contrario, dado que la reglamentación se orienta principalmente a los procesos de beneficio del mineral y sus desechos, ha dejado de lado las actividades preliminares, como la formación de terraplenes de material considerado inerte, que en este caso particular aporta importantes cantidades de metales pesados al entorno por lixiviación que requerirían una sistemática regulación, ya que las manifestaciones de impacto ambiental referidas a los “terrones” pueden ser aprobadas sin contemplar estos aspectos.

Palabras clave: contaminación minera, normatividad ambiental, percepciones ambientales.

Abstract

Corral-Bermúdez, M. L., †Rivera-Quintero, N., & Sánchez-Ortiz, E. (September-October, 2014). Perceptions and Realities about Pollution in the Mining Community of San José de Avino, Durango. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, 5(5), 125-140.

Water pollution in the town of San José de Avino has been attributed to mining activity. Residents were the first to detect it due to the color of a stream coming from some of the wells that traditionally supplied drinking water. They initially presumed that norms regulating mining activity (which has been conducted for 500 years) have not been observed. This created tensions between the residents and the mining company, demanding on several occasions the intervention of the authority. No explanation was being provided as to the origin of the pollution or a solution, with the focus getting lost in the debate about natural versus anthropogenic origins. This investigation analyzed the perception of residents and mine owners about the problem and demonstrated that the pollution was caused by mining activity. Nevertheless, it did not occur as a result of failure to follow regulations. The regulations were primarily aimed at processes regarding the benefit of the mineral and its waste. The preliminary activities had been set aside. For example, in this particular case, banks of inert material have formed which have released significant amount of heavy metals into the environment due to leaching. This would require systematic regulation. The environmental impact statements related to “dumps” can be approved without considering these factors.

Keywords: Mining pollution, environmental regulations, environmental perceptions.

Recibido: 11/06/13
Aceptado: 04/03/14

Introducción

El poblado de San José de Avino se ubica en la parte central del municipio de Pánuco de Coronado en el estado de Durango, México. Su origen está estrechamente relacionado con la actividad minera, uno de los motivos de la expansión de la corona española. Sin embargo, la intermitencia de esta actividad industrial ha desvinculado la dependencia económica del poblado con ella. En la actualidad, la mayor parte de la población se dedica a la agricultura y ganadería.

En el poblado existen varias norias que antiguamente fueron la única fuente de abastecimiento de agua para consumo humano. A la fecha, el pueblo cuenta con una galería filtrante conectada a la red de suministro, sin embargo subsisten algunas norias como fuente de abastecimiento de las viviendas en la parte más antigua del lugar.

En años recientes, los pobladores se preocuparon porque de algunas de las norias que funcionan como pozo artesiano comenzó a aflorar agua con un cada vez más intenso color verde esmeralda, dándole este aspecto al arroyo que forma con sus derrames. Comenzaron a relacionar este fenómeno con la actividad minera, convencidos porque la presencia de las evidencias de contaminación se detectaron al tiempo de un periodo de reactivación de la explotación de la mina.

Lo anterior generó una serie de tensiones entre los habitantes y la empresa, que no ha llegado a mayores, pero que sigue latente. En diversos momentos los habitantes han solicitado la intervención de las autoridades y de algunas instituciones, suponiendo que la forma en que se explota el mineral contamina el agua subterránea.

Por su parte, la empresa minera manifiesta que este fenómeno tiene bastante tiempo y que incluso se inició durante un receso de sus actividades, por lo que se deslinda de responsabilidades, señalando que cumple con todas las disposiciones normativas en la materia.

Económicamente hablando, la actividad minera es la más importante, seguida de la

ganadería y la agricultura, por lo que un eventual cierre de la mina debido a la presión social supondría un deterioro importante en la economía de la zona y, a la vez, los efectos de la contaminación pueden estar afectando las otras actividades sustantivas de la localidad.

Por tanto, esta investigación tiene como propósito general describir, a partir de indicadores sociales y ambientales, el impacto del vacío de la regulación, mediante los siguientes objetivos particulares:

1. Dimensionar la percepción social del problema.
2. Evaluar el tipo y los niveles de contaminación en el agua.
3. Identificar el origen de la contaminación del agua.

Todo lo anterior bajo circunstancias de poca disponibilidad de la empresa para abrir sus puertas y verificar sus operaciones, y de desconfianza por parte de la población.

La investigación se llevó a cabo bajo la hipótesis de que de la contaminación del agua es de origen antropogénico y se debe a un vacío normativo; para ello se recabó información documental y de campo. La primera fue obtenida de instituciones oficiales, como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Servicio Geológico Mexicano (SGM), además de revisar los aspectos normativos; mientras que la información de campo comprendió toma de muestras de agua y el levantamiento de una encuesta en la localidad de San José de Avino. A su vez, mediante la utilización de sistemas de información geográfica, se sobrepusieron varios temas para el análisis y se definió elaborar un perfil geohidrológico, que permitió una visualización más completa de lo que probablemente sucede.

Metodología

Estudios preliminares

Se hizo una búsqueda documental de la información demográfica registrada por el

INEGI, así como diversas capas de información vectorial topográfica, geológica, hidrológica, etcétera. En el Servicio Geológico Mexicano se obtuvo información y antecedentes de la actividad minera, las exploraciones y los diversos contenidos mineralógicos. Se realizó un recorrido de campo en la localidad y sus alrededores, a fin de ubicar el problema ambiental y afinar la metodología de investigación. En el recorrido se identificaron, además, actores e informantes clave.

Investigación socioambiental

Para la fase social se empleó la metodología de investigación-acción (Ander-Egg, 1990) y se aplicaron los siguientes instrumentos:

Observación participante. Durante la primera fase de acercamiento, registrando y elaborando un diagnóstico preliminar y la identificación de los líderes oficiales, naturales, problemas y recursos de la comunidad.

Entrevista semiestructurada. Con el propósito de plantear la investigación social y de calidad de agua que se realizaría en la comunidad con su apoyo y autorización.

Entrevista abierta. A fin de establecer la percepción del propietario de la mina, así como obtener información de la historia reciente de la mina e información técnica no publicada.

Encuesta. El universo de la investigación fue de 164 viviendas ocupadas; partiendo de un nivel de confianza del 80% y un error del 0.76, se obtuvo un tamaño de la muestra de 51 viviendas. La encuesta se conformó con preguntas cerradas y abiertas, para obtener información de las siguientes variables:

- Demográficos: edad, género, estado civil, escolaridad y actividades económicas.
- Infraestructura y equipamiento: vivienda y servicios públicos.
- Salud: morbilidad infantil y adulta.
- Ambiental: agua y suelo.

El propósito en esta fase de la investigación fue abordar la relación de los habitantes de

San José de Avino con su entorno natural desde varios puntos de vista, generando los indicadores que de forma sistemática la describan.

Análisis químicos

La toma de muestras de agua y de suelo se llevó a cabo en dos etapas: una que correspondió a la etapa de exploración (7 de marzo de 2011) y otra a un muestreo dirigido (3 de septiembre 2011). Para el muestreo exploratorio se seleccionaron tres puntos en la localidad de Pánuco de Coronado, ubicado al norte del aprovechamiento minero, y tres puntos en el poblado de San José de Avino, ubicado al sur del aprovechamiento minero, siguiendo un criterio de acuerdo con su posición geográfica de manera que permitiera cubrir la mayor superficie posible y descartar una influencia extensiva de la problemática de contaminación. Las muestras se tomaron siempre por duplicado. Durante la toma de muestras se midieron en campo parámetros tales como potencial hidrógeno (pH), temperatura T ($^{\circ}\text{C}$), conductividad eléctrica CE (mS/cm). La ubicación del muestreo exploratorio se detalla en el cuadro 1.

Por su parte, el muestreo dirigido fue diseñado a partir de los resultados del primero, combinado con los resultados de las entrevistas iniciales, seleccionando para ello nueve sitios, entre los que se incluyeron seis norias dentro de la localidad, dos puntos de la represa que utilizada como abrevadero recibe los escurrimientos aguas abajo y uno en la galería filtrante que abastece de agua hoy día a la localidad, ubicada aproximadamente a 1 km al este (cuadro 2).

En el laboratorio, las muestras de agua se analizaron para determinar la concentración de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), níquel (Ni) y zinc (Zn).

Además se realizó la toma de dos muestras de suelo contaminado con sedimentos en las coordenadas N 24° 31.045' W 104° 18.052' y 2

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo exploratorio de agua.

Muestra	Sitio	Coordenadas
M1	Plaza Pánuco de Coronado	N 24° 32.3' W 104° 19.6'
M2	Pozo principal Pánuco de Coronado	N 24° 3.2' W 104° 19.3'
M3	Escuela secundaria de Pánuco de Coronado	N 24° 32.2' W 104° 19.3'
M4	Represa el Avino	N 24° 30.8' W 104° 18.1'
M5	Pozo el Avino	N 24° 30.8' W 104° 17.9'
M6	Casa el Avino	

Cuadro 2. Coordenadas de puntos de muestreo de agua dirigido.

Muestra	Sitio	Coordenadas
M1	Represa Avino superficial	N 24° 30' 52.1" W 104° 18' 6.5"
M2	Pozo conocido como Noria	N 24° 31' 27.7" W 104° 17' 47.5"
M3	Noria Francisco Betancourt	N 24° 31' 27.7" W 104° 17' 49.9"
M4	Noria Sra. Bertha	N 24° 31' 26.1" W 104° 17' 54.2"
M5	Pozo de la plaza	N 24° 31' 27.7" W 104° 17' 55.1"
M6	Noria Sra. Manuela	N 24° 31' 22.7" W 104° 17' 59.6"
M7	Pozo entrada	N 24° 31' 21.3" W 104° 17' 57.7"
M8	Pozo del Tajo	N 24° 30' 3.6" W 104° 18' 12.2"
M9	Represa Avino Profundidad	N 24° 30' 51.7" W 104° 18' 8.7"

140 msnm en la microcuenca del arroyo que presenta las evidencias de contaminación aguas arriba de la represa, las cuales se analizaron para la determinación de la concentración de cadmio (Cd), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn).

Preparación de las muestras

Previo análisis de las muestras de agua y suelo, se sometieron a una digestión para la oxidación de la materia orgánica y la disolución de los analitos, con el fin de evitar interferencias de

matriz; la preparación se realizó de acuerdo con la NMX-AA-051-SCFI-2001 (DOF, 2001). A continuación se describe de manera breve el proceso:

Digestión de las muestras de agua para la determinación de metales totales

1. Se realizaron digestiones por duplicado y un blanco para corroborar los resultados.
2. Se adicionaron 3 ml de ácido nítrico y se calentaron hasta llegar a un volumen de 2 a 5 ml.

3. Se adicionaron 5 ml de ácido nítrico al producto y se calentaron de nuevo, cubriendo el recipiente con un vidrio de reloj.
4. Se adicionaron 10 ml de ácido clorhídrico 1:1 y 15 ml de agua bidestilada.
5. Se calentaron por 15 minutos y luego se lavaron, filtraron y aforaron a 100 ml.

Ya que a lo largo de la digestión se producen vapores, para mayor seguridad, éstas se llevaron a cabo en la campana de extracción.

Digestión de las muestras de suelo

1. El suelo se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas.
2. Se trituró y tamizó con una malla #10.
3. Se pesaron 0.15 g de muestra por duplicado y se depositaron en vaso de precipitados.
4. Se adicionaron 5 ml de HNO₃ grado reactivo y 10 ml de HCl grado reactivo; se cubrieron y calentaron en parrilla eléctrica para evaporar hasta tener aproximadamente 2 ml de líquido.
5. Se repitió el paso anterior.
6. Se añadieron 5 ml de HCl (1:1) y 7.5 ml de agua bidestilada; se calentó por 10 minutos.
7. Se filtraron y llevaron a aforo a 100 ml.

Caracterización de las muestras

Se determinó la concentración de arsénico (As) y metales pesados: hierro (Fe), manganeso

(Mn), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), cadmio (Cd), cromo (Cr) y calcio (Ca) por absorción atómica.

El análisis de las muestras se realizó en la Central de Instrumentación del CIIDIR-IPN Unidad Durango. Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) marca PerkinElmer modelo AAnalyst 700.

Análisis en el EAA

Se usó la técnica de horno de grafito para leer As, Cd, Cr, y Ni en las muestras de agua; los demás elementos se analizaron por flama. Asimismo, todos los metales analizados en las muestras de suelo se analizaron por flama.

Se utilizaron lámparas de cátodo hueco. Se calibró el equipo mediante estándares de calibración preparados a partir de disoluciones patrón certificadas para cada elemento, así como material volumétrico clase A (cuadro 3).

Para comprobar la confiabilidad del análisis se prepararon estándares de control de calidad, los cuales consisten en disoluciones de concentración conocida, preparadas a partir de la disolución patrón certificada.

El estándar de control de calidad se analizó después de la calibración y al finalizar el análisis de las muestras. La NXM-052-AA-SCFI-2002 recomienda que el porcentaje de recuperación del estándar de control de calidad no exceda el 15%.

Cuadro 3. Estándares de calibración.

Elemento	Concentración de la curva de calibración	Marca de la disolución patrón certificada
As	5, 10, 20, 30, 40 µg/l	Hycel
Cd	2, 4, 8 µg/l	Cenam
Cr	5, 10, 20, 30 µg/l	Cenam
Pb	5, 10, 20, 30 mg/l	Cenam
Ni	5, 10, 20, 30 µg/l	PerkinElmer
Cu	1, 2, 4, 10 mg/l	PerkinElmer
Fe	1, 5, 10, 20 mg/l	PerkinElmer
Mn	1, 2, 4, 8 mg/l	PerkinElmer
Zn	2, 4, 6 mg/l	PerkinElmer

Transecto geo hidrológico

Se obtuvieron las elevaciones de los brocales de las norias, del espejo del agua y del fondo, a fin de compararlas con los datos de la elevación de inundación de la mina, generando un perfil de elevaciones integrado con el perfil geológico de las perforaciones exploratorias en la zona; con ello se buscó verificar o descartar la relación del nivel del agua en la mina con los niveles de las norias artesianas, como es la creencia de las personas de la localidad.

Análisis de la normatividad relacionada con los residuos mineros

Se revisó la política pública relacionada con los residuos mineros manifestada en la legislación y normatividad relacionada, en particular las siguientes:

1. Ley Minera y su reglamento.
2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (artículos 28 y 35).
3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos (artículo 17).
4. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos (artículos 33 y 34).
5. Normas oficiales mexicanas:
 - a) NOM-052-SEMARNAT-2005.
 - b) NOM-120-SEMARNAT-1997.
 - c) NOM-141-SEMARNAT-2003.
 - d) NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.
 - e) NOM-155-SEMARNAT-2007.

Discusión y resultados

Perfil socioambiental

Ubicación

La localidad de San José de Avino, localizada en el municipio de Pánuco de Coronado del estado de Durango, México, se ubica a 2 160 msnm, a los 24° 31' latitud norte y 104° 18'

latitud oeste (INEGI, 2005). El ejido tiene una superficie de 4 670.525 hectáreas y cuenta con dos asentamientos humanos: el poblado que ocupa 68.79 hectáreas y la mina (INEGI, 2000).

Estructura demográfica

En 2010, San José de Avino contaba con una población total de 760 habitantes, de cuales 386 eran hombres y 374 mujeres. Además de un total de 209 viviendas de las que 164 estaban habitadas. De estas 164 viviendas, 17 tenían piso de tierra y 6 consistían de una sola habitación; 108 de todas las viviendas tenían instalaciones sanitarias, 155 estaban conectadas al servicio público y 162 tenían acceso a la luz eléctrica (INEGI, 2010).

Los datos del censo 2010 del INEGI muestran que la mayor parte de la población de la localidad es adulta, ya que el 65% de los habitantes tiene 18 años y más. La población infantil y joven no constituye el basamento de la pirámide poblacional, lo que manifiesta un envejecimiento a mediano plazo (figura 1).

La población ha ido decreciendo debido a la migración fuera de la localidad, con lo que de 1990 a 2005 se redujo en un 33%, con una pequeña recuperación hacia el 2010 de acuerdo con el censo, para cerrar en un 21.7% (figura 2).

Escolaridad

En cuanto a escolaridad, de acuerdo con la encuesta, la comunidad tiene un nivel de estudios por debajo del básico (preescolar-preparatoria), ya que un 61% cursó primaria, el 37% tiene secundaria y sólo el 2% cuenta con preparatoria. En la comunidad existen planteles que imparten educación pública preescolar, primaria y telesecundaria.

Vivienda

El desarrollo urbano de la localidad ha sido concéntrico. A partir del centro histórico, las viviendas ubicadas en el centro de la comunidad son antiguas, con estilos arquitectónicos

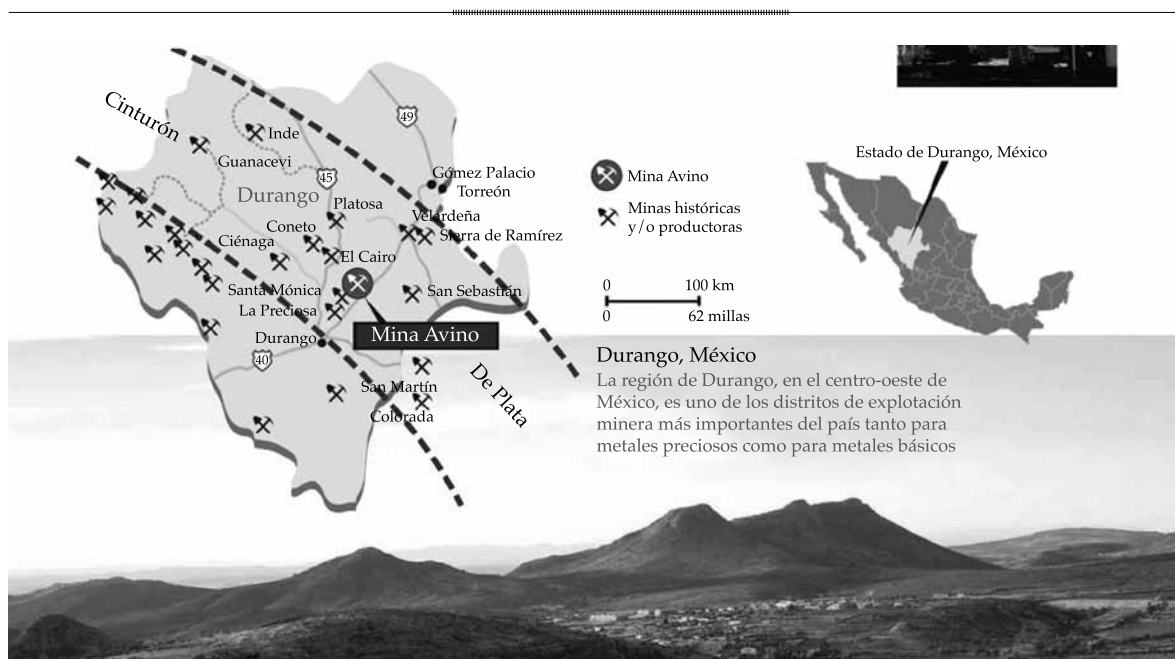


Figura 1. Ubicación de la mina de San José de Avino (tomado de www.avino.com *Avino Fact Sheet Spanish*, marzo 2010).

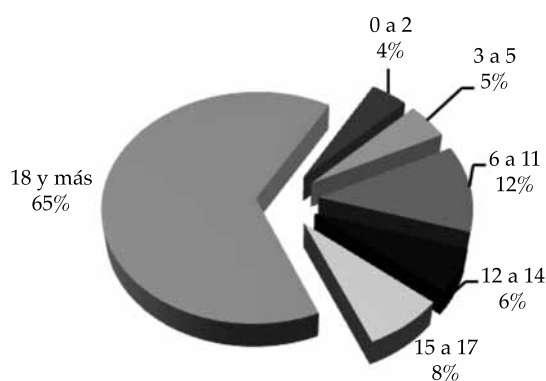


Figura 2. Distribución de la población por edades (INEGI, 2010).

coincidentes con una traza colonial y las viviendas de los extremos del poblado son de reciente edificación.

En cuanto a la propiedad de la vivienda, la mayor parte de la población (86%) habita en casa propia, el 12% vive en una casa prestada y el 2% lo hace en una casa rentada (figura 3); asimismo, el 67% tiene más de 15 años de vivir en su casa; en contraste con el 24% que tiene

menos de cinco años de vivir en su casa (figura 4).

La mayor parte de las casas pertenecientes a las personas encuestadas posee paredes de adobe (84%), el techo de los hogares es de lámina (68%) y el piso de las casas es de concreto casi en su totalidad.

Servicios públicos e infraestructura

En relación con los servicios públicos, el cuestionario aplicado dio como resultado que la mayor parte de la población posee todos los servicios, como conexión con la red de agua potable, electricidad, drenaje y recolecta de basura (cuadro 4).

En la comunidad San José de Avino se conservan las norias que antiguamente fueron la fuente principal de abastecimiento de los hogares. San José de Avino se abastece de dos fuentes: la primera pertenece al mismo ejido y proviene del pozo denominado "El Tajo", localizado a 2.5 km, y la segunda fuente proviene del pozo de la localidad de Zaragoza, que se ubica a 5.7 km. Esta condición genera

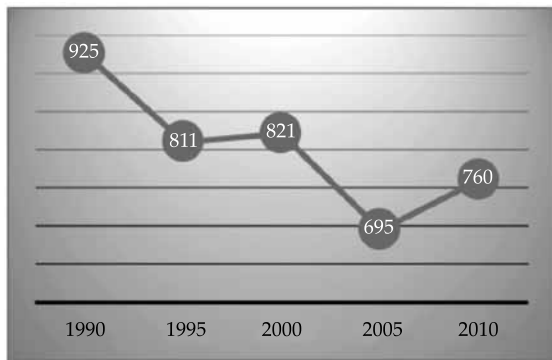


Figura 3. Crecimiento poblacional de San José de Avino (INEGI, 1990, 1995, 2005, 2010).

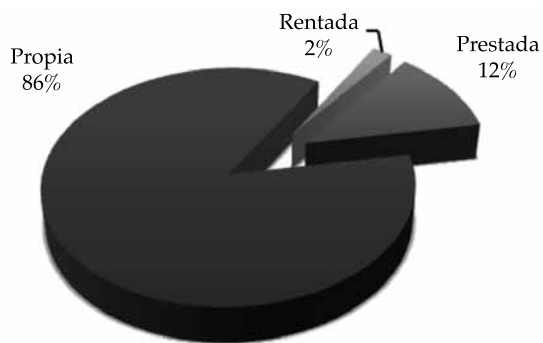


Figura 4. Régimen de tenencia de la casa.

que la disponibilidad y acceso al agua no sea suficiente por el bombeo y conducción del agua, además de que la red de distribución de la comunidad está sectorizada, lo cual obliga a administrar por tandeos.

Salud

Al no haber instituciones del sector salud en la comunidad de San José de Avino se consideró este indicador como primer acercamiento al tema de la salud en el área de estudio. Cabe señalar que si bien la encuesta no refleja casos de enfermedades asociadas con la presencia de metales pesados, éste puede ser un punto a investigar más delante de forma exhaustiva.

Cuando las personas se enferman se atienden en comunidades cercanas, principalmente en las localidades de Zaragoza, Madero y Pánuco de Coronado, lo que manifiesta carencia de infraestructura de atención médica en la comunidad, esto debido tal vez a que la comunidad es pequeña, en tamaño de población, y las inversiones en infraestructura las hacen en comunidades mayores.

Actividades económicas

El asentamiento de la comunidad fue a partir de la explotación del yacimiento minero; alrededor de ella se desarrolló la serie principal de actividades realizadas por la población, como ganadería, agricultura y minería (figura 5).

Percepciones de la comunidad

La percepción de la comunidad encuestada respecto al suelo es que se encuentra erosionado. Esto se entiende, dado que el poblado se ubica a las faldas de una formación montañosa; el principal problema que la población encuestada manifestó en relación

Cuadro 4. Cobertura de servicios.

Servicio	Datos censo INEGI 2010	Datos encuesta
Agua entubada	95%	98%
Drenaje	74%	72.6%
Electricidad	98.8%	94%
Colecta de basura	ND	94%

ND = no disponible.

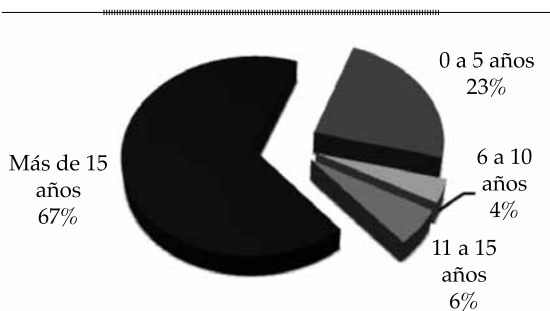


Figura 5. Tiempo de residencia.

con la calidad de ríos o arroyos fue que sus ríos y arroyos están contaminados (figura 6).

Aun así, la actividad principal realizada dentro de dichos ríos y arroyos es el aseo y abrevado del ganado vacuno. De la misma manera, de las orillas de los ríos y arroyos se extrae tanto arena como grava, que se utilizan para la fabricación del material que conforma las paredes de sus hogares. Como resultado relevante de la investigación en la parte social, sobresale la percepción de la calidad del agua por parte de los pobladores de San José de

Avino como parte de la problemática principal, junto con la falta de empleo, esto expresado de la siguiente manera.

Percepciones del propietario de la mina

El mineral de San José de Avino se explota desde la Colonia. Ha sido administrado por españoles, ingleses, mexicanos y actualmente por una sociedad de capital canadiense y mexicano en menor proporción. Su producción ha sido cobre, plata y oro.

En entrevista semiestructurada, el licenciado Isita, antiguo dueño de la mina, declaró que: "En 1968 inician con la fase de exploración. En 1974, el establecimiento de la mina, con una capacidad instalada de mil toneladas diarias, de las que sólo cubrían 40 toneladas/diarias de la mina a tajo abierto extraían oro y plata. De 1990 al 1992 seguían extrayendo oro y plata en menor cantidad; en cambio, había mayor cantidad de cobre en el fondo del tajo. En 1992 inician la exploración de la mina subterránea; para 1994 comienza la explotación de la mina subterránea con extracción de

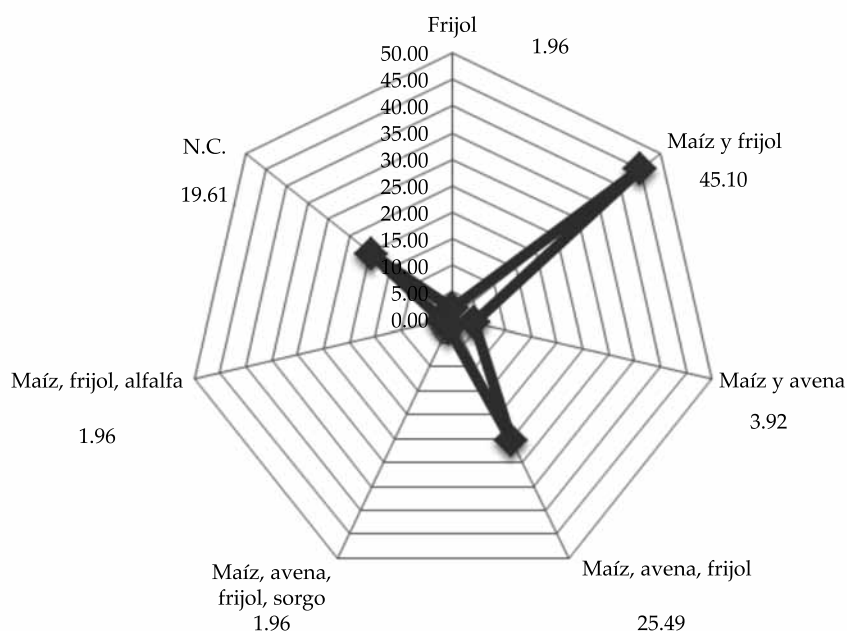


Figura 6. Diversificación de cultivos en porcentaje.

cobre, oro y plata". Considera que la mina es productiva e indispensable para la vida de la localidad "ya que tiene explotándose más de cuatrocientos años; es abundante, pero pobre en calidad, también llamada "carguera", ya que la recuperación es del 60% y explicó que de plata obtenían 250 g/t mientras que de oro 1.5 g/t (...). La presencia de la mina fue benéfica para la región, ya que por la actividad minera y al no haber electricidad y agua en la zona, buscó el establecimiento del servicio para la mina y, por ende, para la comunidad de San José de Avino, así como la construcción de una represa El Caracol y la perforación del pozo "El Barranqueño" cerca de la represa de 400 m de profundidad. Además de ofrecer trabajo, con lo que disminuyó la migración, porque la minería ofrece buenos sueldos y contribuye con los impuestos a capitalizar obras". Asimismo señaló que la vida útil de la mina es de más de cien años. Con ello establece una posición de constante beneficio a la localidad y se ha deslindado de manera recurrente de cualquier implicación respecto a la contaminación, al asegurar que de manera recurrente se ha hecho un "Señalamiento de muertes de ganado,

que nunca se comprobaron. En una ocasión se le hizo necropsia a una vaca sin resultados atribuibles a la contaminación". Y que incluso "En el año 2004 se le informó que se había reventado la presa de jales porque había un vertido en las inmediaciones del poblado, y con la presencia de autoridades de Conagua y Profepa se ubicó el punto de origen del vertido en una noria", identificada como la noria de la casa de doña Manuelita, que corresponde al punto de muestreo M6.

Hidrografía superficial

La localidad se emplaza en la Región Hidrológica Administrativa III y pertenece a la Región Hidrológica 11 de la Subcuenca del Río Durango, en el nacimiento del río Las Casas. Al interior del ejido corren pequeños arroyos intermitentes que desembocan en una represa ubicada en el acceso al poblado (figura 8).

Resultados de análisis de laboratorio

Para medir la calidad del agua del acuífero que abastece a la población se tomaron muestras

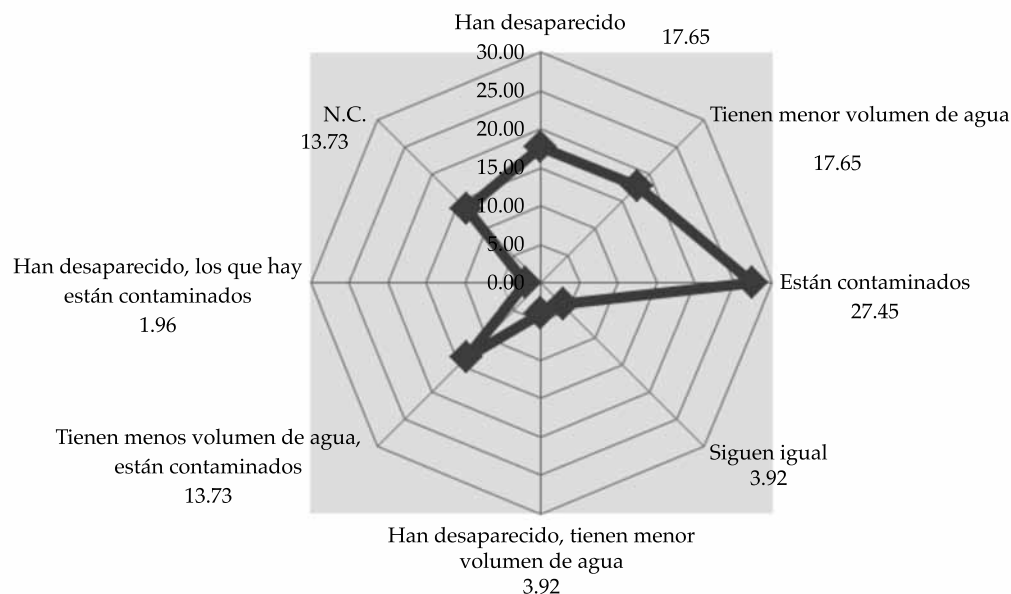


Figura 7. Percepción acerca de la calidad de agua de ríos y arroyos.

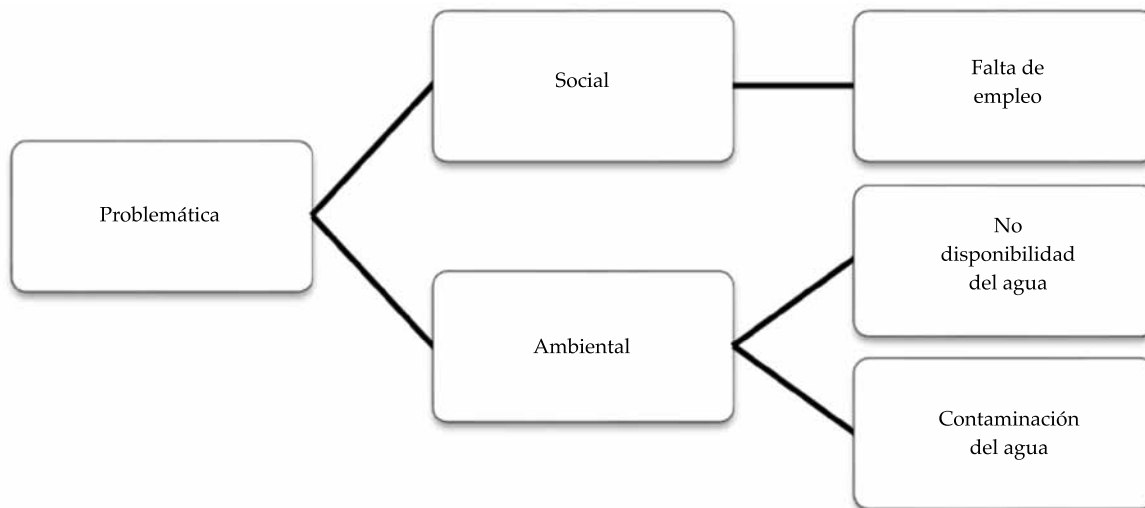


Figura 8. Percepción de la problemática en San José de Avino.

en nueve sitios, cuidando que estas muestras fueran representativas del agua proveniente de las norias. Se realizaron dos muestreos: un muestreo sondeo y un muestreo dirigido. Además, se incluyó un sitio de agua superficial, ubicándose en la represa El Tajo, utilizada como abrevadero.

Parámetros de campo

Los parámetros de campo que se analizaron fueron pH, T (°C), CE (mS/cm). En los cuadros 5 y 6 se presentan los resultados de tales parámetros de los muestreos realizados. En el primer muestreo se consideraron seis sitios,

Cuadro 5. Resultados del muestreo exploratorio de agua.

Muestra	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (mS)
M1	7.2	24	0.59
M2	7.2	24	0.59
M3	7.3	24	0.59
M4	8.4	24	1.34
M5	7.9	23	2.45
M6	8.2	24	0.68

Cuadro 6. Resultados del muestreo dirigido de agua.

Muestra	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (mS)
M1	6.6	21	0.64
M2	7.0	23	1.086
M3	7.0	19	2.10
M4	7.18	20	0.969
M5	7.33	21	4.5
M6	5.79	20	1.992
M7	7.61	19	1.995
M8	7.27	21	0.738
M9	7.4	22	0.61

puesto que se trataba de ver el comportamiento del acuífero; en el segundo muestreo se tomaron nueve sitios de los cuales solamente dos correspondían a la primera etapa de muestreo. Esta modificación de los sitios se debió al análisis de los datos recabados en las encuestas.

Parámetros de laboratorio

En el laboratorio se determinaron las concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), níquel (Ni) y zinc (Zn). En los cuadros 5 y 6 se muestran los resultados de las concentraciones de estos elementos.

De los resultados obtenidos en el muestreo dirigido destacan las muestras M1, M6 y M9, donde los metales Cd, Pb, Ni, Mn, Fe y Cu se encontraron por arriba de los límites máximos permisibles, establecidos en la NOM-127-SSA1-1994, y hasta 947 veces en el caso de Pb (cuadro 7).

De los resultados obtenidos en el muestreo dirigido destacan las muestras M1, M6 y

M9, donde los metales Cd, Pb, Ni, Mn, Fe y Cu tienden a tener presencias mayores correlacionadas entre sí (figura 9).

Muestreos de suelo

Se tomaron dos muestras de suelo en el sitio con coordenadas N 24° 31.045', W 104° 18.052' y 2 140 msnm. En el cuadro 8 se presentan los resultados obtenidos. Visualmente se pudo apreciar que la contaminación provenía de la sedimentación de los arrastres del agua proveniente de los jales mineros, así como del agua vertida por la noria.

En estos resultados destaca la presencia de cobre, que como se puede observar en el cuadro 6, supera en una magnitud mayor al 300% la concentración recomendada para que no exista impacto negativo en el suelo por este tipo de actividad (Bowie & Thornton, 1985).

Perfil geohidrológico

Interpretando los resultados del perfil geohidrológico, el nivel de la inundación de la

Cuadro 7. Resultados de muestreo de agua dirigido (septiembre 2011).

Muestra	As	Cd	Cr	Pb	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
LMP	0.025	0.005	0.050	0.01	2.00	0.30	0.15	0.050	5.00
M1	< 0.005	0.007 ± 0.000	< 0.010	1.74 ± 0.083	< 1.00	2.246 ± 0.093	3.200 ± 0.011	0.008 ± 0.002	1.571 ± 0.075
M2	< 0.005	< 0.002	< 0.010	< 0.03	< 1.00	< 0.200	< 0.06	< 0.005	0.438 ± 0.029
M3	< 0.005	0.003 ± 0.001	< 0.010	< 0.03	< 1.00	0.597 ± 0.020	0.069 ± 0.047	< 0.005	0.392 ± 0.016
M4	0.008 ± 0.001	< 0.002	< 0.010	0.127 ± 0.035	< 1.00	0.343 ± 0.177	0.069 ± 0.029	< 0.005	0.323 ± 0.005
M5	< 0.005	< 0.002	< 0.010	0.152 ± 0.000	< 1.00	< 0.200	1.245 ± 0.811	< 0.005	0.130 ± 0.000
M6	0.010 ± 0.002	1.859 ± 0.000	< 0.010	0.516 ± 0.021	13.791 ± 0.357	0.969 ± 0.044	2.294 ± 0.022	0.176 ± 0.001	3.906 ± 0.003
M7	0.006 ± 0.001	0.004 ± 0.000	< 0.010	0.065 ± 0.029	< 1.00	0.242 ± 0.039	0.212 ± 0.026	< 0.005	0.548 ± 0.036
M8	0.012 ± 0.000	< 0.002	< 0.010	< 0.03	< 1.00	0.242 ± 0.028	< 0.06	< 0.005	0.293 ± 0.017
M9	0.010 ± 0.001	0.125 ± 0.017	0.012 ± 0.005	9.47 ± 0.170	4.895 ± 0.07	21.711 ± 0.089	8.207 ± 0.664	0.023 ± 0.000	3.361 ± 0.018

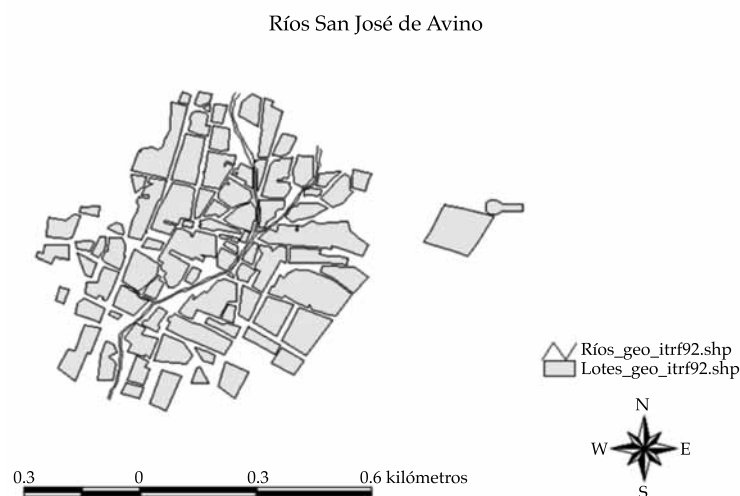


Figura 9. Arroyos intermitentes que cruzan el poblado.

Cuadro 8. Resultados del análisis de muestras de suelo.

Concentración en mg/g							
Muestra	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
B & T	< 0.001 - 0.002	< 2	--	--	0.002 - 0.1	0.01 - 0.15	0.025 - 0.2
A	0.082 ± 0.001	270 ± 8.48	43 ± 2.35	1.43 ± 0.27	0.029 ± 0.002	3.14 ± 0.46	21.51 ± 0.32
B	< 0.001	8.1 ± 0.61	73.33 ± 0.004	3.03 ± 0.44	0.01 ± 0.002	7.36 ± 0.23	2.15 ± 0.15

mina, identificado como nivel 14 tanto por el dueño de la mina como por los empleados, está varias decenas de metros por debajo del nivel de saturación en el suelo medido en las norias muestreadas; por lo tanto, no existen conexiones evidentes de los flujos subálveos que permitan suponer una influencia del nivel de inundación de la mina a los estratos aportadores de agua en las norias, por lo que su origen debe suponerse superficial, descartando así la percepción de las personas de una influencia desde el interior de la mina.

Conclusiones

Dado que en la producción minera se involucra el movimiento de grandes volúmenes de material mediante excavaciones exploratorias para la construcción de las diversas galerías que permiten el acceso tanto horizontal como vertical hasta llegar a la zona de explotación

minera en sí, el proceso genera una cantidad importante de material “inerte” para los fines de la industria minera.

En el caso de San José de Avino, se localizan al menos tres grupos de terreros (figura 10) ubicados aguas arriba del poblado muy cerca del cauce, compuestos de material no útil a la minería, pero sí integrados de roca fracturada con partículas menores a los 60 cm de diámetro y con una gran diversidad de tamaño; el alto contenido natural de óxido de cobre le proporciona una coloración verde. Al pie de cada uno de estos terreros se localizaron zonas de concentración de óxido de cobre originados por la lixiviación del agua de lluvia y su posterior evaporación superficial. Justo en el punto de nacimiento del arroyo, al pie de uno de los terreros, se localizó una cárcava con evidentes signos de lixiviados depositados desde la humedad subálvea a una profundidad de 30 a 35 cm (figuras 10, 11, 12 y 13, 14 y 15).

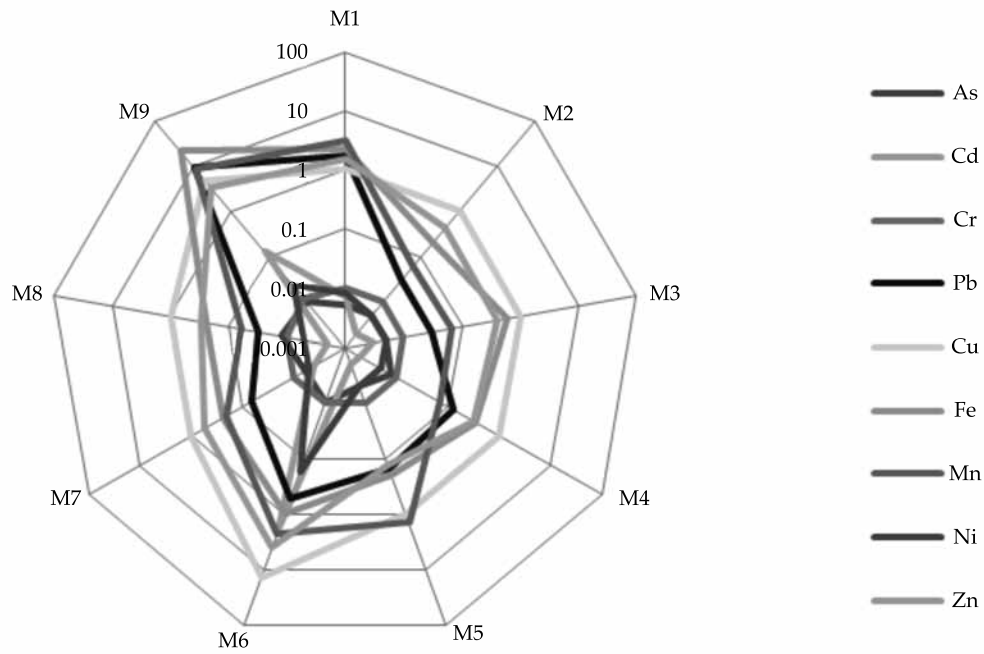


Figura 10. Diagrama de concentración de metales pesados en las muestras de campo.

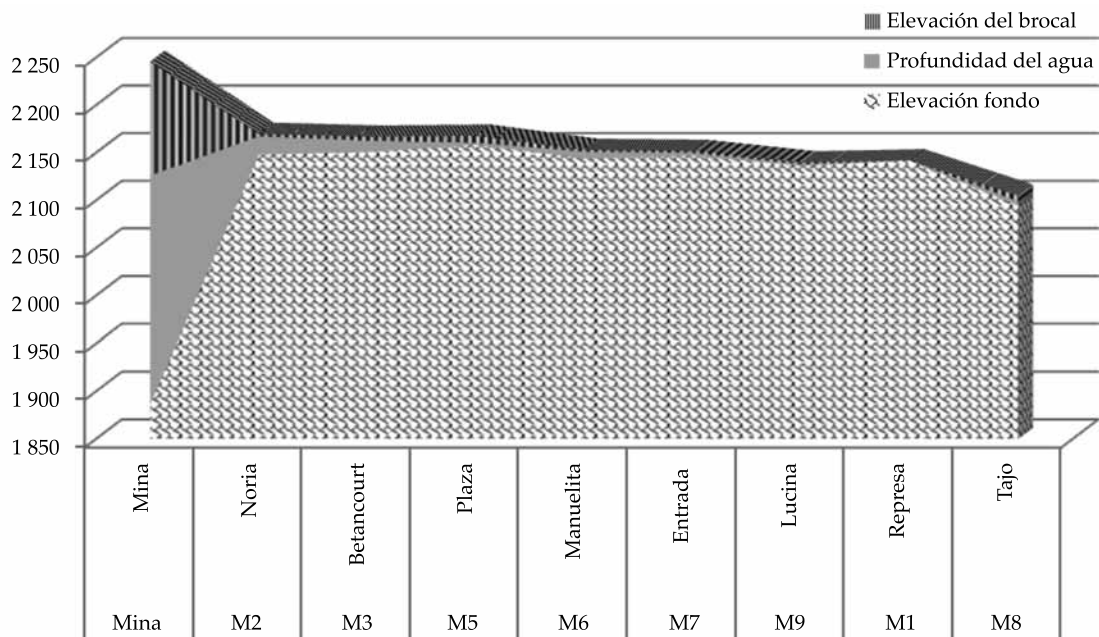


Figura 11. Perfil geohidrológico.



Figura 12. Mapa general de la zona de San José de Avino.



Figura 13. Aspecto del arroyo aguas abajo de las norias productoras de agua con alto contenido de óxido de cobre.



Figura 14. Imagen de los terreros y las evidencias de lixiviado en la parte baja.

Todo esto se localiza aguas arriba del poblado, a una distancia de 500 metros de la primera casa habitación y sobre la cabeza del nacimiento del arroyo, así como en la margen derecha.

La normatividad NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-120-SEMARNAT-1997, NOM-141-SEMARNAT-2003, NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 y NOM-155-SEMARNAT-2007 no contempla en ningún caso restricción alguna para los terreros, ni obliga al industrial minero

a clasificarlos ni a evaluar su posible activación al exponerse a los elementos.

La manifestación de impacto ambiental de estos proyectos mineros no considera este tipo de extracciones de material inerte como riesgoso y no establece medidas de evaluación ni de recuperación de los eventuales lixiviados. Sólo se contemplan los sitios de tiro de material que requieren, sin embargo, el visto bueno de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente.



Figura 15. Aspecto de la lixiviación en una cárcava aguas arriba de San José de Avino.

Aunque la contaminación en San José de Avino es ocasionada por la actividad minera, no corresponde a una falta de observancia a la normatividad vigente, sino a un vacío en ella.

Por tanto, es necesario establecer en las normas oficiales mexicanas o bien en los criterios de revisión de las manifestaciones de impacto ambiental, la caracterización y evaluación de los contenidos de metales pesados y algunos otros contaminantes del material de los terreros y la consecuente construcción de sistemas de recuperación de lixiviados, además de la restricción de colocarse aguas arriba de fuentes de abastecimiento para consumo humano, entre otras acciones pertinentes.

Recomendaciones y sugerencias

Las recomendaciones derivadas del presente estudio se orientan en tres sentidos. El primero es el social: es conveniente propiciar un acercamiento entre la comunidad y la empresa, exponer con claridad la problemática y establecer soluciones conjuntas, como la construcción de trampas de lixiviados y convenir algún proceso de tratamiento y disposición final de los sedimentos.

El segundo aspecto es la búsqueda de efectos en el ganado que abreva en la presa El Tajo, receptora de los escurrimientos con altas cargas de metales pesados.

Por último, es necesario estudiar sitios similares, buscando identificar lixivitaciones de

metales pesados y otros compuestos en terreros mineros que tal vez no sean tan evidentes como este caso, pero que se estén presentando, para eventualmente iniciar con las consultas necesarias, a fin de emitir normatividad que lleve a la caracterización obligatoria de los riesgos de lixiviación de metales pesados en terreros de minería.

Referencias

- Ander-Egg, E. (1990). *Repensando la Investigación Acción Participativa*. Buenos Aires: Grupo Editorial Lumen Humanitas.
- Bowie, S. H. U., & Thornton, L. (1985). *Environmental Geochemistry and Health*. Hingham, USA: Kluwer Academic Publ.
- Diario Oficial de la Federación. Normas Oficiales Mexicanas (NOM-052-SEMARNAT-2005 NOM-120-SEMARNAT-1997, NOM-141-SEMARNAT-2003, NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, NOM-155-SEMARNAT-2007).
- INEGI (2010). *Censos de Población y Vivienda*. Consultado en diciembre de 2011. Recuperado de <http://www.censo2010.org.mx>.
- Ley Minera y su reglamento, <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lmin.htm>.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgepa.htm>.
- Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos Peligrosos, <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index/htmre>.
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos Peligrosos, <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index>.

Dirección institucional de los autores

M.C. María de Lourdes Corral Bermúdez

Egresada de la Maestría en Gestión Ambiental
Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Durango
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II
Durango, Durango, MÉXICO
Teléfono: +52 (618) 814 2091
freelucobel@hotmail.com

Dr. Eduardo Sánchez Ortiz

Investigador del Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR
Unidad Durango
Calle Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II
34220, Durango, Durango, MÉXICO
Teléfono: +52 (618) 8142 091, extensión 82622
esanchezo@ipn.mx