

EL DESASTRE MINERO EN EL RÍO SONORA

Alcances de los estudios sociales



Rolando E. Díaz-Caravantes
José Luis Moreno Vázquez
Coordinadores



EL DESASTRE MINERO EN EL RÍO SONORA

Alcances de los estudios sociales

Rolando E. Díaz-Caravantes
José Luis Moreno Vázquez
Coordinadores

Catalogación en la publicación Biblioteca Gerardo Cornejo Murrieta

Nombre(s): Díaz-Caravantes, Rolando E. | Moreno Vázquez, José Luis, coordinadores.

Título: El desastre minero en el río Sonora : alcances de los estudios sociales / Rolando E. Díaz-Caravantes, José Luis Moreno Vázquez, coordinadores.

Descripción: Primera edición. | Hermosillo, Sonora, México : El Colegio de Sonora, 2024.

320 páginas : ilustraciones ; 22 cm.

Incluye referencias bibliográficas.

Identificador: 9786078809608

Temas: LCSH: Desastres ambientales -- Río Sonora -- Impacto ambiental | Organizaciones no gubernamentales -- Río Sonora | Minas y riquezas minerales -- Impacto ambiental -- Río Sonora.

Clasificación: LCC: G146 .D47 2024



ISBN: 978-607-8809-61-5 (PDF)

El Colegio de Sonora
Doctor José Luis Moreno Vázquez
Rector

Doctor Víctor Samuel Peña Mancillas
Secretario General

Doctora Patricia Aranda Gallegos
Directora de Publicaciones no periódicas

Maestro Óscar Joel Mayoral Peña
Jefe del Departamento de Difusión Cultural

ISBN: 978-607-8809-60-8

Primera edición, D. R. © 2024
El Colegio de Sonora
Obregón 54, Centro, C. P. 83000
Hermosillo, Sonora, México
<https://www.colson.edu.mx>
publicaciones@colson.edu.mx

Este libro fue sometido a un proceso de revisión por pares doble ciego, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Editorial de El Colegio de Sonora.

Hecho en México / Made in Mexico

ÍNDICE

Introducción	8
<i>Rolando E. Díaz-Caravantes</i>	
<i>José Luis Moreno Vázquez</i>	
Antecedentes	8
Presentación del contenido	9
Referencias	12
Contexto sociogeográfico de la cuenca del río Sonora	13
<i>Rolando E. Díaz-Caravantes</i>	
<i>América N. Lutz-Ley</i>	
<i>Francisco M. Durazo-Gálvez</i>	
1. Introducción	13
2. Contexto sociohídrico de la cuenca del río Sonora	13
3. Contexto socioeconómico en la región en 2014	21
4. Monitoreo de calidad de agua a partir del derrame	28
5. Conclusiones	32
Referencias	34
El derrame en el río Sonora: injusticia ambiental (2014-2022)	37
<i>María Fernanda Ibarra Barreras</i>	
<i>José Luis Moreno Vázquez</i>	
1. Introducción	37
2. El periodo 2014-2018	38
3. El impasse de la pandemia	40
4. La reactivación de la lucha	42
5. El diálogo con las comunidades	44
6. La defensa legal	47
7. Justicia suspendida: amparo contra el cierre del FRS	48
8. Justicia en reversa: amparo sobre la calidad del agua	49

9. Justicia en papel. Amparo sobre el derecho a la participación en asuntos ambientales relacionado con la nueva presa de Jales	51
10. Seguimiento de otros juicios de amparo	51
11. Jurisdicción especializada en materia ambiental	53
12. Conclusiones	55
Referencias	55
 Los determinantes de la salud pública en la cuenca del río Sonora	60
<i>Karen Andrea Pacheco Flores</i>	
<i>Héctor Duarte Tagles</i>	
1. Introducción	60
2. Determinantes de la salud	60
3. Determinantes Sociales de la Salud (DSS)	63
4. Análisis de los DSS en el río Sonora desde un modelo conceptual	63
5. Condiciones de salud en las comunidades del río Sonora	65
6. Diagnósticos de salud comunitaria	66
7. De lo global a lo local en la promoción de la salud	69
8. Conclusiones	71
Referencias	71
 La confianza en las instituciones en el río Sonora a propósito del derrame minero de 2014: los casos de Bacanuchi y el Molino de Camou	74
<i>Pablo Armando Escoboza Castillo</i>	
<i>Jesús Ángel Enríquez Acosta</i>	
1. Introducción	74
2. Antecedentes	74
3. Resultados	78
3.1. Percepción de abandono de las instituciones	80
3.2. Las dinámicas de comunicación institucional como un eje problemático	81
3.3. La incompatibilidad de intereses como producto de la gestión dada, y obstáculo para la confianza	83
3.4. La posibilidad de un cambio posicional en las instituciones como un indicador con plausibilidad	84
4. Conclusiones	86
Referencias	87

Historia común de agua y salud: los cambios institucionales sobre el agua y su impacto en la comunidad de Mazocahui de 1969 a 2021	90
---	----

Luis Roberto Moreno González

1. Introducción	90
2. De 1950 a 1970: las obras públicas por cooperación como política de salud pública para el desarrollo rural	92
3. De 1970 a 1990: crisis económica y precariedad de los servicios públicos	94
4. De 1990 a la actualidad: la Ley de Aguas Nacionales e impactos emergentes sobre la salud por la contaminación	97
5. Abandono institucional y vulnerabilidad socioambiental	98
6. La respuesta de la comunidad frente al derrame minero de 2014	101
7. Conclusiones	102
Referencias	103

Los sistemas socioecológicos de la microcuenca de Banámichi para la conservación del recurso hídrico	105
---	-----

Francisco M. Durazo-Gálvez

Alicia del Carmen Hernández Villa

1. Introducción	105
2. Sistemas socioecológicos	107
3. Área de estudio	108
4. Forma de abordaje del estudio	109
4.1. Proceso cuantitativo	109
4.2. Proceso cualitativo	110
4.3. Indicadores	111
5. Resultados	113
5.1. Caracterización de la unidad de recurso	113
5.2. Caracterización del sistema socioecológico	116
6. Conclusiones	121
Referencias	123

Propuesta de indicadores de una matriz de seguridad hídrica rural para localidades del río Sonora	126
--	-----

Eber Martínez Jiménez

Brisa Violeta Carrasco Gallegos

Pablo A. Reyes-Castro

1. Introducción	126
2. Antecedentes	127
3. Construcción de indicadores de Seguridad Hídrica Rural	128
3.1. <i>Indicadores de la dimensión sociodemográfica</i>	130
3.2. <i>Indicadores de la dimensión tecnológica</i>	133
3.3. <i>Indicadores de la dimensión ecológica</i>	136
3.4. <i>Indicadores de la dimensión económica</i>	138
3.5. <i>Indicadores de la dimensión de gobernanza</i>	139
3.6. <i>Indicadores de la dimensión de atención médica</i>	141
3.7. <i>Indicadores de la dimensión de calidad del agua</i>	143
4. Discusión	144
Referencias	145
Estudios sociales del desastre minero de 2014: alcances y limitaciones	149
<i>Rolando E. Díaz-Caravantes</i>	
<i>José Luis Moreno Vázquez</i>	
1. Introducción	149
2. El desastre y sus consecuencias más inmediatas	150
2.1. <i>Primeras aproximaciones</i>	150
2.2. <i>Acceso al agua potable</i>	151
2.3. <i>Impacto económico</i>	151
2.4. <i>Indemnización y conflicto</i>	151
2.5. <i>La cobertura de los medios de comunicación</i>	152
3. Desempeño institucional	153
3.1. <i>Búsqueda de justicia y defensa legal</i>	153
3.2. <i>Atención a la salud</i>	153
3.3. <i>Desconfianza hacia las instituciones</i>	154
3.4. <i>Desconocimiento de la calidad del agua</i>	154
3.5. <i>Fallidas plantas potabilizadoras</i>	155
3.6. <i>Fideicomiso Río Sonora</i>	155
4. La respuesta social al derrame	156
4.1. <i>Organización regional independiente</i>	156
4.2. <i>Respuesta social inicial</i>	156
4.3. <i>Comités de Cuenca Río Sonora</i>	157

5. Las comunidades después de la emergencia	157
5.1. <i>Agua y salud comunitaria en Mazocahui</i>	157
5.2. <i>Sistemas Socioecológicos de Banámichi</i>	158
5.3. <i>Seguridad Hídrica Rural</i>	158
5.4. <i>Resiliencia comunitaria</i>	159
6. La empresa minera	159
6.1. <i>Discurso de responsabilidad social</i>	159
6.2. <i>Crecimiento de la minería</i>	160
6.3. <i>Acaparamiento de agua</i>	160
7. El Plan de Justicia	160
7.1. <i>Dictamen Diagnóstico Ambiental Río Sonora</i>	161
7.2. <i>Estudios epidemiológicos del CENAPRECE</i>	162
7.3. <i>Plantas potabilizadoras</i>	162
8. Conclusiones	162
8.1. <i>Alcances de los estudios sociales</i>	162
8.2. <i>Limitaciones y pendientes</i>	164
8.3. <i>El otro desastre</i>	165
Referencias	166

INTRODUCCIÓN

Rolando E. Díaz-Caravantes¹

José Luis Moreno Vázquez²

Antecedentes

Aunque la industria minera es una actividad generadora de empleos temporales en las localidades, también puede ser altamente nociva para el ambiente, la salud poblacional del área que le rodea y más allá, con consecuencias dañinas más costosas que el beneficio económico que pudieran traer a las comunidades. Esto ha ocurrido principalmente en las últimas décadas, pues las nuevas técnicas de producción a cielo abierto permiten que antiguos y nuevos depósitos minerales de bajas concentraciones sean explotables hoy en día, produciendo un incremento extraordinario del volumen de desechos mineros. Por citar un ejemplo, más de 99.5% del material extraído para producir cobre lo conforman residuos del proceso (Armendáriz, 2016, p. 12), es decir, de una tonelada de material extraído, cinco kilogramos corresponden a cobre y el resto son desechos a los cuales se les aplicaron procesos de molienda y solventes tóxicos.

Las consecuencias nocivas de las minas han sido documentadas con diversos casos alrededor del mundo. Uno de ellos se debió a la ruptura en la presa de decantación de la mina Apirsa de Boliden en Aznalcóllar, España, en abril de 1998, en la que se derramó un volumen aproximado de 6,000,000 m³ de lodo y aguas ácidas al río Guadiamar. Esto afectó alrededor de 4,630 hectáreas a lo largo del río, de las cuales poco más de la mitad resultaron con graves daños medioambientales (Arenas et al., 2001).

Otro caso fue la falla en la presa de jales de la Compañía Minera Caudalosa S.A. en Huancavelica, Perú, en junio de 2010. El problema fue que uno de los depósitos de la minera Caudalosa Chica excedió la cantidad de relaves, por lo que se desbordaron alrededor de 25,000 m³ en siete ríos, generando una capa de lodo sedimentado de 120 kilómetros que afectó las fuentes de agua de las localidades cercanas, en las cuales habitaban 4,120 personas. La contaminación dañó suelos, flora, fauna y los cauces de los siete ríos (Pinto, 2010).

Otro ejemplo más ocurrió con la fractura de un depósito de una mina operada por la empresa Samarco en Brasil en noviembre de 2015, en la que se derramó 70,000,000 m³ de residuos tóxicos, desastre que acabó con la vida de 19 personas y más de 1,200 fueron obligadas a abandonar sus hogares (Souza, 2016). Según indica De Souza (2016), además de destruir pueblos, como Bento Rodrigues y Paracatu de Baixo, el barro corrió 663 km a lo largo de los ríos Gualaxo do Norte, Carmo y Doce, llegando al delta fluvial de este último, lo que perjudicó a las especies marinas que allí habitan y se reproducen. De acuerdo a este autor,

¹ El Colegio de Sonora, Centro de Estudios en Salud y Sociedad, rdiaz@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-4117-2197>

² El Colegio de Sonora, Centro de Estudios del Desarrollo, jmoreno@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8770-434X>

aproximadamente 1.2 millones de personas se quedaron temporalmente sin agua por temor a la contaminación de los pozos.

Como se advierte en estos dos últimos casos, Latinoamérica es el espacio de múltiples problemas de origen minero. De los 284 conflictos registrados por el Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina [OCMAL] (2021), México registró 58: el mayor número de casos en el continente. Este primer lugar no es fortuito, pues entre 1972 y 2015 hubo en México 119 accidentes y emergencias ambientales que afectaron 1,212 localidades (Albert y Jacott, 2015, pp. 111-112). De acuerdo con Albert y Jacott (2015, p. 224), las contingencias ambientales en México tienen en común estas características: omisiones de todo tipo y colusión oficial con las empresas; falta de previsión; incapacidad para enfrentar las emergencias y comunidades indefensas.

Los impactos socioambientales del extractivismo en México también son abordados en un libro colectivo en el que diversos autores estudian las políticas extractivistas de la administración federal que inició sus gestiones en 2018, así como los casos del Cerro de San Pedro, San Luis Postosí y el Cerro del Gallo, Guanajuato. Como conclusión de este libro, los coordinadores proponen que el sistema mundial en el que se puede enmarcar el extractivismo actual puede ser denominado como *Capitaloceno*, lo que significa que nuestra historia actual está moldeada por la acumulación sin fin de capital (Moore, 2017, p. 596 citado por Lucio y Tetreault, 2023, pp. 407-409), cuya estructura de dominación descansa en una relación desigual del Norte sobre el Sur, de las corporaciones sobre los ciudadanos.

Es en este contexto internacional y nacional que el 6 de agosto de 2014, la mina Buenavista del Cobre, propiedad de Grupo México, derramó alrededor de 40,000 m³ de solución de sulfato de cobre acidulado al arroyo Tinajas que alimenta al río Bacanuchi, a su vez afluente del río Sonora, provocando lo que fue llamado “el peor desastre ambiental de la industria minera del país”. Un reporte del gobierno federal estableció que “El derrame se ocasionó por la falla en el amarre de un tubo de polietileno (tubificación) en una de las piletas de lixiviados y por la falta de una válvula en la pileta de demasías, imputable a la empresa.” (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2014). Este reporte inicial indicaba que algunos de los contaminantes encontrados fueron cobre, arsénico, aluminio, cadmio, cromo, fierro, manganeso y plomo.

Uno de los impactos inmediatos del desastre que afectó la vida de alrededor de 22,000 habitantes de los pueblos del río Sonora fue la restricción durante tres meses del uso del agua en el río, los pozos y las norias ubicadas a 500 m en ambos márgenes del río, lo que vedó el uso de 322 de dichos pozos y norias. Para abastecer a la población, se repartió agua a través de pipas y garrafones de agua purificada; además, se instalaron 8,900 tinacos de 1,100 litros de capacidad en casas habitación (Ibarra y Moreno, 2017).

Otro impacto inmediato fue el daño a la salud de la población, con la confirmación de 360 casos de enfermedades relacionadas con el derrame (Gobierno de la República, 2015, p. 15).

Una repercusión importante también fue el cierre temporal —aproximadamente un año— de la presa El Molinito, que es una de las presas que abastece a la ciudad de Hermosillo, capital de Sonora, para prevenir que el agua contaminada llegara a dicha población (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente [PROFEPA], 2015). Así, esta presa se estrenó como un embalse de contención de la contaminación minera. Esta acción provocó que los usuarios agrícolas que se ubicaban aguas debajo de la presa no pudieran cultivar durante un año.

Presentación del contenido

Los impactos y la atención al desastre, a mediano y largo plazo son el foco de análisis de este libro colectivo, el cual tiene como objetivo realizar un balance, a casi una década del desastre, de los alcances y limitantes de la investigación social en la comprensión de las consecuencias del derrame tóxico de origen minero de 2014. El corte temporal de los datos y estudios presentados en el libro fue diciembre de 2023.

Para ello, en este esfuerzo colectivo se presentan ocho capítulos que analizan las consecuencias del desastre. El libro está ordenado en dos grandes ejes: el primer tema —el desempeño de las instituciones encargadas de atender el derrame— va del capítulo segundo al cuarto; el segundo tema —análisis de la situación más reciente de las comunidades del río Sonora afectadas por el derrame— va del capítulo quinto al séptimo.

En el primer capítulo, Rolando E. Díaz-Caravantes, América N. Lutz-Ley y Francisco M. Durazo-Gálvez brindan al lector información sobre las características de la geografía del río Sonora y su cuenca cuando ocurrió el desastre minero de 2014. La mayor parte de estos datos se encuentran también en la página *web* del Observatorio Río Sonora de El Colegio de Sonora. Este capítulo se divide en tres partes: primero se revisan los aspectos sociohídricos de la cuenca, como la hidrología superficial y subterránea, precipitación, volúmenes de extracción de agua, etcétera. Después, se muestra información demográfica básica como el grado de marginación de los municipios y las localidades; asimismo, se muestran algunos datos de la actividad minera en la cuenca. Por último, se presentan algunos datos sobre el monitoreo de calidad del agua del primer quinquenio posterior al derrame.

En el capítulo segundo, María Fernanda Ibarra Barreras y José Luis Moreno Vázquez ofrecen una actualización sobre el estatus de la búsqueda de justicia y defensa legal de pobladores del río Sonora. En 2017, estos autores publicaron un artículo sobre la justicia ambiental en el río Sonora, en el cual dan un seguimiento puntual sobre el avance de las demandas legales para exigir justicia en torno a la contingencia de origen minero (Ibarra Barreras, M. F., y Moreno Vázquez, J. L., 2017). En este capítulo los autores, basados en la consulta de información institucional, comunicados de los Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS), resultados de investigaciones académicas, la revisión hemerográfica y el seguimiento de 10 juicios de amparo del caso de estudio, realizan un balance de la situación legal y social.

La salud es el tema más sensible para los habitantes del río Sonora. El tema de la atención a la salud o, mejor dicho, su *falta* de atención es documentada por Karen Pacheco y Héctor Duarte en el capítulo tercero de este libro. A partir del enfoque conceptual de los determinantes sociales de la salud en la cuenca del río Sonora analizan desde las condiciones biológicas de cada individuo hasta la normatividad mexicana en materia de salud ambiental. También desde este enfoque examinan las inequidades sanitarias presentes en esta población, que ha padecido una desatención de la salud en estos últimos diez años.

La desconfianza hacia las instituciones gubernamentales por parte de los pobladores del río Sonora es el tema que abordan Pablo Escoboza y Jesús Ángel Enríquez en el capítulo cuarto de este volumen. Con base en un estudio a profundidad —15 entrevistas semiestructuradas y 86 cuestionarios— realizado en 2019 en dos comunidades del río Sonora: Molino de Camou y Bacanuchi, los autores ilustran las características de la confianza institucional a través de cuatro aspectos: 1) la percepción de los pobladores sobre las gestiones de las instituciones gubernamentales; 2) las dinámicas de comunicación institucional hacia los pobladores; 3) la incompatibilidad de intereses como producto de la gestión dada y obstáculo para la confianza, y finalmente y 4) la percepción de los pobladores ante los cambios en las instituciones de atención.

En el quinto capítulo, Luis Roberto Moreno presenta una microhistoria de la localidad de Mazocahui del municipio de Baviácora, localidad afectada por el derrame tóxico. Se revisan las políticas de agua potable

desde la década de 1950 hasta la actualidad con especial énfasis en el impacto que tuvieron en la salud poblacional. Se realizó una revisión documental de fuentes históricas, como leyes nacionales a través del *Diario Oficial de la Federación* y estatales de agua mediante el *Boletín Oficial del Estado*, con la intención de rastrear algunos momentos relevantes en el tema del manejo del agua. Asimismo, con el fin de conocer cómo algunos procesos sociales han modificado los arreglos institucionales, en 2021 aplicó entrevistas semiestructuradas a representantes de los comités de agua comunitaria.

En el capítulo sexto, Francisco M. Durazo-Gálvez y Alicia del Carmen Hernández, mediante el uso del concepto de Sistemas Socioecológicos (SSE), analizan el caso de Banámichi a través de cinco dimensiones: sistema ecológico, sistema social, sistema de gobernanza, actores e infraestructura. Para tal fin, utilizan una combinación de métodos cuantitativos y mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica identifican el estado hidrológico de la microcuenca de Banámichi, lo cual equivale a la dimensión del sistema ecológico. Las otras cuatro dimensiones fueron examinadas mediante herramientas cualitativas, como entrevistas semiestructuradas, que permitieron identificar la percepción de los usuarios y autoridades sobre la disponibilidad del agua en el municipio estudiado.

Como fue documentado en un artículo sobre la percepción del riesgo hídrico de localidades del río Sonora, los principales problemas son: la sequía, el desabasto, el crecimiento de Hermosillo y la contaminación del río Sonora en 2014 (Díaz-Caravantes, Elizalde y Escoboza, 2021). Además, se constató que los problemas del agua no se presentan de forma aislada, sino que estos confluyen. Por ejemplo, los usuarios del agua para uso público urbano afirman que tienen problemas de disponibilidad de agua por la falta de infraestructura adecuada y que, aunque la tuvieran, esa agua no es de calidad suficiente para el consumo humano y para uso doméstico debido al derrame minero que sucedió en el año de 2014 (Díaz-Caravantes et al., 2021).

Ante esta diversidad de problemáticas sociohídricas, resulta pertinente un marco que logre abarcar esta amplitud de asuntos, centrándose en la seguridad hídrica de las comunidades. Por tal razón, en el séptimo capítulo de esta obra colectiva, Eber Martínez, Brisa Violeta Carrasco y Pablo A. Reyes-Castro presentan una propuesta metodológica para elaborar una matriz de seguridad hídrica rural. De acuerdo con los autores, esta matriz tiene la practicidad de proporcionar información de forma relativamente expedita sobre la situación de las comunidades del río Sonora. La propuesta de matriz examina siete dimensiones de seguridad hídrica: 1) sociodemográfica; 2) tecnológica; 3) ecológica; 4) económica; 5) gobernanza; 6) atención médica y 7) calidad del agua.

En el capítulo final, Rolando E. Díaz-Caravantes y José Luis Moreno examinan el papel de la academia en el estudio del derrame tóxico de origen minero en el río Sonora, específicamente desde la investigación social. Para tal fin, se revisaron alrededor de 40 publicaciones académicas. Las publicaciones se codificaron en seis temas: 1) el desastre y sus consecuencias más inmediatas; 2) desempeño institucional; 3) la respuesta social al derrame; 4) las comunidades después de la emergencia; 5) la empresa minera y 6) el Plan de Justicia. Al final de este capítulo se examinan los alcances, pendientes y limitaciones de los estudios sociales sobre el derrame. Aunque hay diversos aciertos, podemos decir que la reacción de la política científica nacional ante el derrame fue tardía, centralizada, positivista y temáticamente dispersa. Ante este contexto, los estudios sociales, muchos de ellos realizados por investigadores locales, tuvieron que avanzar gradualmente, y para cuando salieron a la luz los resultados, ya muchas decisiones de trascendencia habían sido tomadas por el gobierno.

Además, en esta sección presentamos evidencia de que, dada la limitada e ineficaz atención de las instituciones gubernamentales a la contingencia del río Sonora, podemos concluir que existió un doble desastre: el desastre provocado por el derrame y el desastre institucional en su atención.

A diez años, hay una enorme deuda con los pobladores del río Sonora. Este libro es un esfuerzo colectivo por documentar y dimensionar esta deuda gubernamental al no brindar una atención adecuada a los impactos en salud, sociales y ambientales de la contaminación y con ello otorgar justicia a la población afectada.

Referencias

- Albert, L. A., y Jacott, M. (2015). *México tóxico: emergencias químicas*. México: Siglo XXI Editores.
- Arenas, J. M.^a, Carrero, G., Galache, J., Mediavilla, C., Silgado, A., y Vázquez E. M. (2001). Actuaciones realizadas tras el accidente de Aznalcóllar. *Boletín Geológico y Minero*, 112(1), 35-56. Recuperado de https://www.igme.es/boletin/2001/112_esp_2-2001/2-ACONTECIMIENTO.pdf
- Armendáriz Villegas, E. J. (2016). *Áreas Naturales Protegidas y Minería en México: Perspectivas y Recomendaciones* (Tesis doctoral, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.). Recuperada de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2150>
- Díaz-Caravantes, R. E., Elizalde Castillo, F., y Escoboza, P. (2021). Vulnerabilidad sociohídrica en comunidades del río Sonora. Un enfoque para los estudios de seguridad hídrica. *Revista de El Colegio de San Luis*, 11(22), 5-34. doi: <http://dx.doi.org/10.21696/rcsl112220211344>
- Gobierno de la República. (2015). *Balance de las Acciones del Gobierno de la República en el Río Sonora*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/60595>
- Ibarra Barreras, M. F., y Moreno Vázquez, J. L. (2017). La justicia ambiental en el Río Sonora. *RevIISE, Revista de Ciencias Sociales y Humanas del Instituto de Investigaciones Socio-Económicas*, 10(10), 135-155, doi: <http://www.ojs.unsj.edu.ar/index.php/reviise/article/view/168>
- Lucio, C., y Tetreault, D. (2023). A manera de colofón: Reflexiones finales en torno a la emergencia climática, el colapso ecológico y la transición ecosocial. En D. Tetreault, C. Lucio, y C. McCulligh (Coords.), *Extractivismo, contaminación y luchas socioambientales en México* (pp. 399–422). México: Editorial Itaca.
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina [OCMAL]. (2021). Conflictos mineros en América Latina [Mapa demográfico]. Recuperado de https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/
- Pinto Herrera, H. (2010). Desastre ecológico y ambiental en Huancavelica. *Investigaciones Sociales*, 14(25), 321-338. doi: <https://doi.org/10.15381/is.v14i25.7321>
- Porto, M. F. de S. (2016). A tragédia da mineração e do desenvolvimento no Brasil: Desafios para a saúde coletiva. *Cadernos de Saúde Pública*, 32(2), 1-3 doi: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00211015>
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente [PROFEPA]. (2015). *Impone PROFEPA multas por 22.9 mdp a empresa minera Buenavista del Cobre*. PROFEPA. Recuperado de https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/6879/1/mx.wap/impone_profepa_multas_por_229del_cobre.html
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2014). *Derrame de sulfato de cobre en el río Bacanuchi (afluente del río Sonora)*. SEMARNAT. Recuperado de www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/338899/21DPpresentacion_conferencia_derrame.pdf

CONTEXTO SOCIOGEOGRÁFICO DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA

Rolando E. Díaz-Caravantes¹

América N. Lutz-Ley²

Francisco M. Durazo-Gálvez³

1. Introducción

Reportes de dependencias federales indican que el derrame del 2014 fue causado por la falta de amarre en un tubo de polietileno de una de las piletas de lixiviado y la falta de una válvula en el fregadero de excesos. Algunos de los contaminantes encontrados fueron: cobre, arsénico, aluminio, cadmio, cromo, hierro, manganeso y plomo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2014).

En este capítulo se contextualiza la cuenca del río Sonora durante el momento en que ocurrió el desastre minero de 2014 para brindar al lector características básicas de la geografía hídrica, social y económica de la población del río Sonora (ver [figura 1](#)). Buena parte de la información aquí presentada se encuentra en la página *web* del Observatorio Río Sonora de El Colegio de Sonora. Consideramos que estos mapas y la información son suficientes para mostrar e introducir al lector respecto a cómo era el entorno cuando aconteció el derrame.

Para tal fin, este capítulo se divide en tres secciones. En la primera de ellas se muestra el contexto sociohídrico de la cuenca en 2014, en aspectos tales como precipitaciones, hidrología superficial, hidrología subterránea y nivel de extracción de agua subterránea. En la segunda se muestran algunos datos demográficos básicos, así como aspectos sobre el grado de marginación de las localidades y principales actividades económicas, poniendo especial énfasis, por el tema de este libro, en la actividad minera en la cuenca. Finalmente, en la tercera, se presentan algunos datos sobre la situación de calidad del agua durante los primeros cinco años después del derrame, para contextualizar algunas de las consecuencias de esta catástrofe. Sobre otras consecuencias y desatenciones se abundará en lo que resta del libro.

2. Contexto sociohídrico de la cuenca del río Sonora

El río Sonora, que desciende de la sierra de Los Ajos, en los municipios de Cananea y Bacanuchi, fluye hacia el suroeste a lo largo de 294 kilómetros hacia la presa Rodolfo Félix Valdés (también conocida como El Molinito) con una capacidad de almacenamiento de 150 hm³ (hectómetros cúbicos o millones de metros

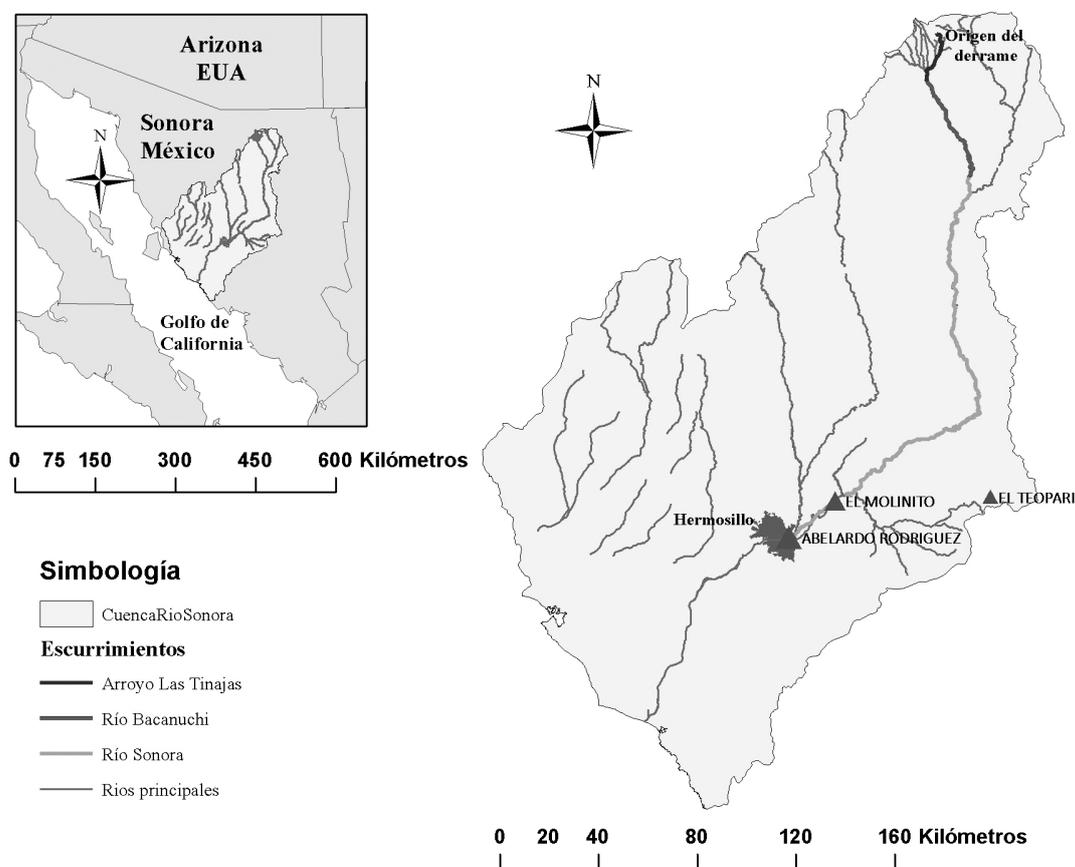
¹ El Colegio de Sonora, Centro de Estudios en Salud y Sociedad, rdiaz@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-4117-2197>

² El Colegio de Sonora, Centro de Estudios del Desarrollo, alutz@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7257-616X>

³ Universidad de Sonora, Posgrado Integral en Ciencias Sociales, durazo.fco@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0019-0927>

cúbicos) en el nivel de aguas máximas ordinarias (conocido como NAMO) y 23 kilómetros más abajo, hacia la presa Abelardo L. Rodríguez, contigua a la ciudad de Hermosillo, con una capacidad de almacenamiento NAMO de 219.5 hm³ (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2014a). Una presa de mucha menor capacidad que las anteriores y ubicada en uno de los afluentes tributarios del río Sonora es el Teópari, cuya capacidad de almacenamiento es de 5 hm³.

Figura 1. Ubicación e hidrología superficial de la cuenca del río Sonora en México



Fuente: Adaptado de CONAGUA (2014a).

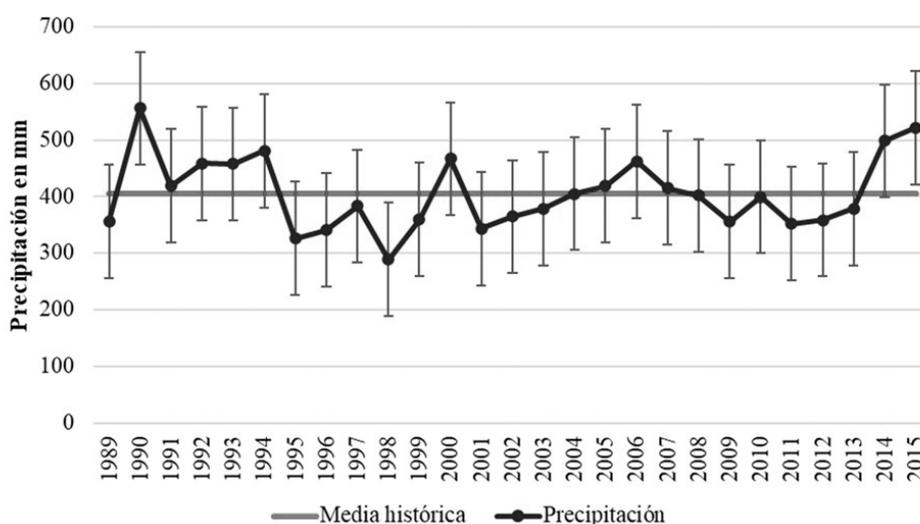
La fragilidad ecológica del río Sonora tiene implicaciones importantes, ya que se encuentra en una región semiárida y suele ser la única fuente de agua superficial para organismos acuáticos y terrestres, además de ser la fuente primaria para actividades productivas (Bogan, M. T., Noriega-Felix, N., Vidal-Aguilar, S. L., Findley, L. T., Lytle, D. A., Gutiérrez-Ruacho, O. G., Alvarado-Castro, J. A., y Varela-Romero, A., 2014, p. 2705). A pesar de que el río Sonora se encuentra dentro de los límites de distribución de especies boreales y neotropicales que sugieren una alta biodiversidad, la abundancia y riqueza de sus especies ha sido poco estudiada. Uno de los trabajos pioneros en la zona determinó la existencia de al menos ocho órdenes, 34 familias y 30 géneros de insectos acuáticos; además de una ictiofauna representada principalmente por las especies: *Agosia chrysogaster*, *Catostomus wigginsi* y *Poeciliopsis occidentalis* (Chávez-Toledo, C., Rodríguez, J. C., y Rojero Díaz, E., 1989), especies endémicas que actualmente se encuentran catalogadas como

amenazadas y bajo régimen de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación (DOF), 2010). En 2013 se presentaron los resultados de una investigación de la ictiofauna en el río Sonora, cuyos hallazgos demostraron que las especies antes mencionadas como sujetas a protección especial, tienen una alta tolerancia a los factores ambientales de sequía y lluvia, siendo aún más abundantes durante el periodo de estiaje (Chávez-Toledo, C., Macías-Duarte, A., Gutiérrez-Ruacho, O. G., Mercado-Ramírez, M. G., Bustamante-Icedo, A. K., y Duarte Tagles, H., 2013, p. 258).

La cuenca del río Sonora se localiza en el noreste-centro de Sonora y es parte de la región hidrológica 9D (RH09D). De acuerdo a un estudio dentro del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), la cuenca del río Sonora⁴ cuenta con un área total de 36,273 kilómetros cuadrados (km²), cerca de 20% del área estatal (CONAGUA, 2014a, p. 22). El gradiente altitudinal de la cuenca va desde 2,620 msnm en las partes altas hasta 0 msnm en la costa (CONAGUA, 2014a). La temperatura media anual varía entre los 18 y 22 °C, durante el invierno las temperaturas pueden ser inferiores a los 0 °C y durante el verano arriba de los 45 °C (CONAGUA, 2014a).

La hidrología de la región está determinada por un clima seco y semiseco presente en la mayor parte del estado con escasas precipitaciones, así como por una capa de vegetación que permite la infiltración de agua al subsuelo (Pallanez, 2002). Según los datos de la CONAGUA, de 1989 a 2015 las precipitaciones en la cuenca del río Sonora tenían una media histórica de 400 milímetros (mm) al año, que va de 460 mm en la parte alta de la cuenca a 324 mm en la parte más baja (CONAGUA, 2019). La mayor parte de las precipitaciones ocurren durante la temporada del Monzón de Norteamérica en los meses de julio, agosto y septiembre (Romo, Van Leeuwen y Castellanos, 2014).

Figura 2. Precipitación en la cuenca del río Sonora

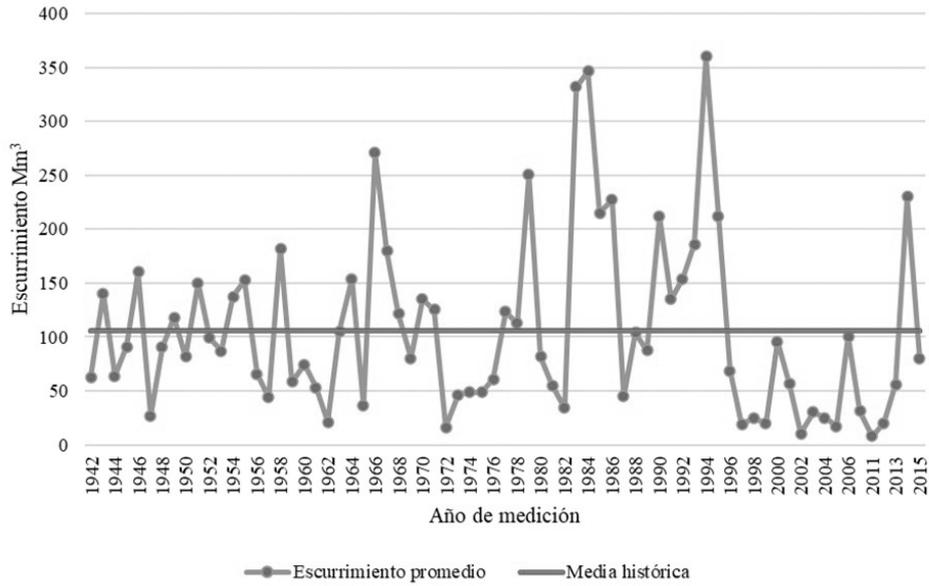


Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2023).

De acuerdo con la información hidrométrica, el río Sonora se ha ido secando, pasando de un caudal perenne antes de 1995 a un régimen efímero de 1995 en adelante, con valores debajo de la media histórica, exceptuando 2014 y 2015.

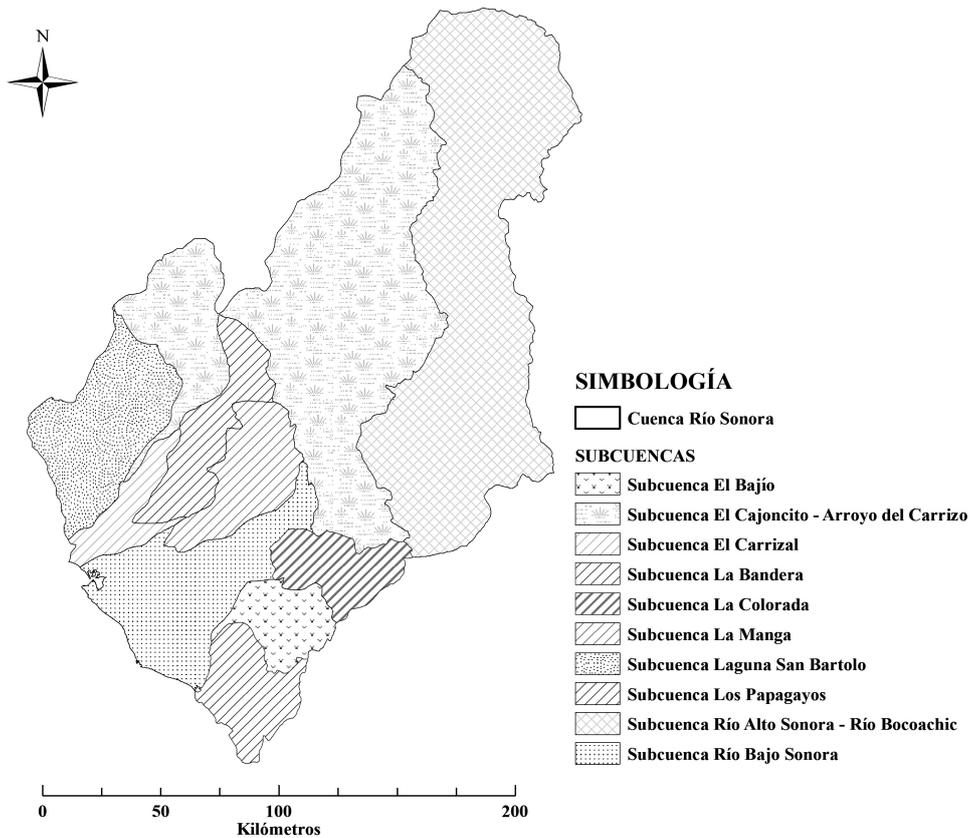
⁴ De acuerdo con este programa, la cuenca del río de Sonora se localiza en la parte central del estado de Sonora, conformada por los ríos Sonora y Bacoachi. Algunos estudios ubican la parte de la cuenca del río Sonora sin la cuenca del Bacoachi, la cual abarca buena parte del municipio de Hermosillo.

Figura 3. Volumen de escurrimiento medio anual en la estación hidrométrica *El Orégano*



Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2016).

Figura 4. Subcuencas del río Sonora



Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010b).

La cuenca del río Sonora colinda por el norte con la del río San Pedro, que se origina en el territorio mexicano y fluye hacia el norte, pasa por las inmediaciones de Benson, Arizona; al nororiente limita con las cuencas de los ríos Bavispe y Moctezuma, afluentes del río Yaqui; al suroriente se encuentra con el río Mátape y el arroyo de La Bandera, y al norponiente se une a la cuenca del río Asunción. La cuenca se divide en las 10 subcuencas que aparecen en la [figura 4](#).

En 2014, el agua de la cuenca del río Sonora era (y sigue siendo) extraída principalmente de fuentes subterráneas. Como se observa en la [tabla 1](#), de poco más de 1,000 hm³ de las concesiones inscritas en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) en 2014, casi 80% son de agua subterránea.

Tabla 1. Derechos de agua según tipo de fuente y uso

Fuente	Volumen/ Número	Agricultura	Industrial	Pecuario	Público urbano	Otros	Volumen total por fuente
Derechos de agua subterránea	Volumen (m ³)	663,034,063	24,711,786	11,354,797	8.835E+07	2,818,036	790,264,159
	% Volumen por uso	91.9 %	100.0 %	97.5 %	35.6 %	98.5 %	78.3 %
	Número de derechos	2,218	73	1,907	871	273	5,342
Derechos de agua superficial	Volumen (m ³)	58,585,066	1,000	290,385	1.6E+08	41,472	218,917,923
	% Volumen por uso	8.1 %	0.0 %	2.5 %	64.4 %	1.5 %	21.7 %
	Número de derechos	82	1	149	2	2	236
Volumen total por uso	721,619,129	24,712,786	11,645,182	248,345,478	2,859,508	1,009,182,082	

Fuente: elaboración propia con base en Díaz-Caravantes, Pineda y Pallanez (2022, p. 38).

Debido a este uso intensivo de las aguas subterráneas es fundamental conocer el estado de los acuíferos de la cuenca. Su balance hídrico, según información de la CONAGUA de junio de 2014, se muestra en la [figura 5](#).

Como se puede observar en la [figura 5](#), existe un balance deficitario en los acuíferos Costa de Hermosillo, Mesa del Seri-La Victoria, río Zanjón, Sahuaral y río Bacoachi; en estos acuíferos la recarga es menor que la extracción y descarga natural. En el resto de los acuíferos el balance hídrico es positivo, como se muestra en la [tabla 2](#).

Figura 5. Balance hídrico de los acuíferos en la cuenca del río Sonora en 2014



Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2015).

Tabla 2. Balance hídrico de los acuíferos en la cuenca del río Sonora en 2014

Nombre del acuífero	Volumen anual en hectómetros cúbicos (hm ³)			
	Recarga (R)	Extracción según derechos de agua (E)	Descarga natural (ND)	Disponibilidad = R-E-ND
Costa de Hermosillo	250	347.62842	0	-97.62842
Mesa del Seri-La Victoria	73	102.501753	16	-45.501753
Río Zanjón	94.8	100.115218	7.8	-13.115218
Sahuaral	58.6	63.657635	0	-5.057635
Río Bacoachi	31.7	28.294134	7.6	-4.194134
Río Bacanuchi	19	12.867849	6.1	0.032151
La Poza	33.8	23.639318	10	0.160682
Santa Rosalía	11.8	10.634503	0	1.165497
Río Sonora	66.7	61.231572	0	5.468428
Río San Miguel	68.7	48.042213	2.2	18.457787

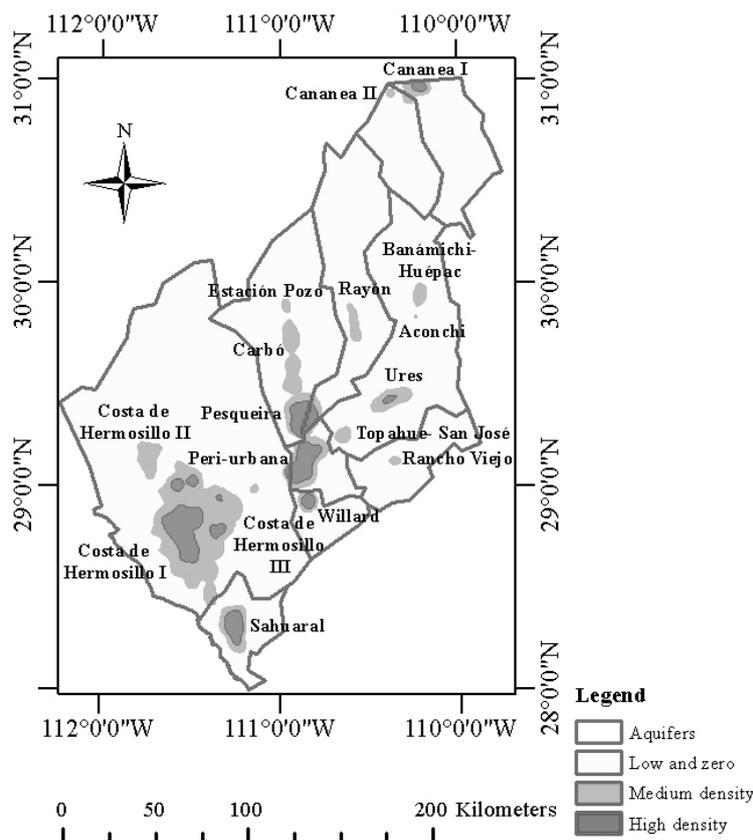
Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2015).

Como se muestra en la [tabla 2](#), los acuíferos denominados río Bacanuchi, La Poza, Santa Rosalía, río Sonora y río San Miguel tenían un balance hídrico positivo, lo que CONAGUA etiquetó como *disponibilidad*. De todos los acuíferos, los más sobreexplotados son La Costa de Hermosillo y Mesa del Seri-La Victoria. El primer caso de sobreexplotación se debe a la extracción para regar el distrito 051, Costa de Hermosillo, de 66.296 hectáreas (ha). Este es un distrito agrícola comercial de gran escala que produce uvas, naranjas, nueces y hortalizas para exportar a Estados Unidos (Díaz-Caravantes y Wilder, 2014). El segundo caso se debe a la extracción para abastecer de agua a la ciudad de Hermosillo, la capital de Sonora, con 936,263 habitantes en 2020 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021), y que cuenta con una concesión de agua para extraer 50 hm³ de agua subterránea al año (CONAGUA, 2014b).

Expertos argumentan que el estudio del uso intensivo de las aguas subterráneas ofrece una mejor visión explicativa en la sostenibilidad que la ecuación extracción-recarga, lo cual justifica que el análisis de las aguas subterráneas puede ser una buena aproximación para conocer las áreas más expuestas a impactos sobre el recurso hídrico. Esta aproximación es aún más pertinente si se reconoce que en México, como también en el caso de la cuenca del río Sonora, el uso de agua subterránea sustituye el uso de agua superficial (Scott, Dall'erba y Díaz-Caravantes, 2010), por lo que, al analizar lo que ocurre con el agua subterránea, también se analiza la presión sobre las aguas superficiales, y con ello la situación hidrológica de la cuenca.

Tomando en cuenta lo anterior, en un estudio realizado por Díaz-Caravantes et al. (2022) se analizaron los datos de derechos de agua de junio de 2014 para ubicar las zonas de mayor extracción de agua subterránea en la cuenca, como se muestra en la [figura 6](#).

Figura 6. Zonas de mayor uso intensivo del agua subterránea



Fuente: elaboración propia con base en Díaz-Caravantes et al. (2022, p. 46).

Como se observa en la [figura 6](#) y en la [tabla 3](#), el mayor uso de agua subterránea se ubica en 17 zonas. En estas 17 zonas se localiza 88.5% de las concesiones de agua subterránea de la cuenca.

Tabla 3. Información básica sobre zonas prioritarias

Áreas	Volumen (m ³)	%Volumen/ Volumen Cuenca	Densidad	Mayor uso del agua	% Volumen de uso mayor del agua
Costa de Hermosillo I	301,026,401	38.1 %	Alta-media	Agrícola	98 %
Peri-urbana	101,808,534	12.9 %	Alta-media	Púbico urbano	47 %
Pesqueira	73,419,415	9.3 %	Alta-media	Agrícola	89 %
Sahuaral	60,922,569	7.7 %	Alta-media	Agrícola	100 %
Ures	27,002,895	3.4 %	Alta-media	Agrícola	96 %
Cananea I	21,904,411	2.8 %	Alta-media	Industrial	52 %
Willard	19,076,571	2.4 %	Alta-media	Púbico urbano	79 %
Carbó	34,309,925	4.3 %	Media	Agrícola	98 %
Costa de Hermosillo II	20,829,450	2.6 %	Media	Agrícola	100 %
Rayón	11,293,532	1.4 %	Media	Agrícola	98 %
Banámichi-Huepac	8,563,859	1.1 %	Media	Agrícola	97 %
Topahue-San Francisco	6,498,706	0.8 %	Media	Agrícola	98 %
Estación Pozo	3,568,454	0.5 %	Media	Agrícola	99 %
Rancho Viejo	3,450,043	0.4 %	Media	Agrícola	99 %
Cananea II	3,500,178	0.4 %	Media	Industrial	100 %
Costa de Hermosillo III	1,710,000	0.2 %	Media	Agrícola	100 %
Aconchi	651,439	0.1 %	Media	Agrícola	100 %
<i>TOTAL</i>	<i>699,536,384</i>	<i>88.5 %</i>			

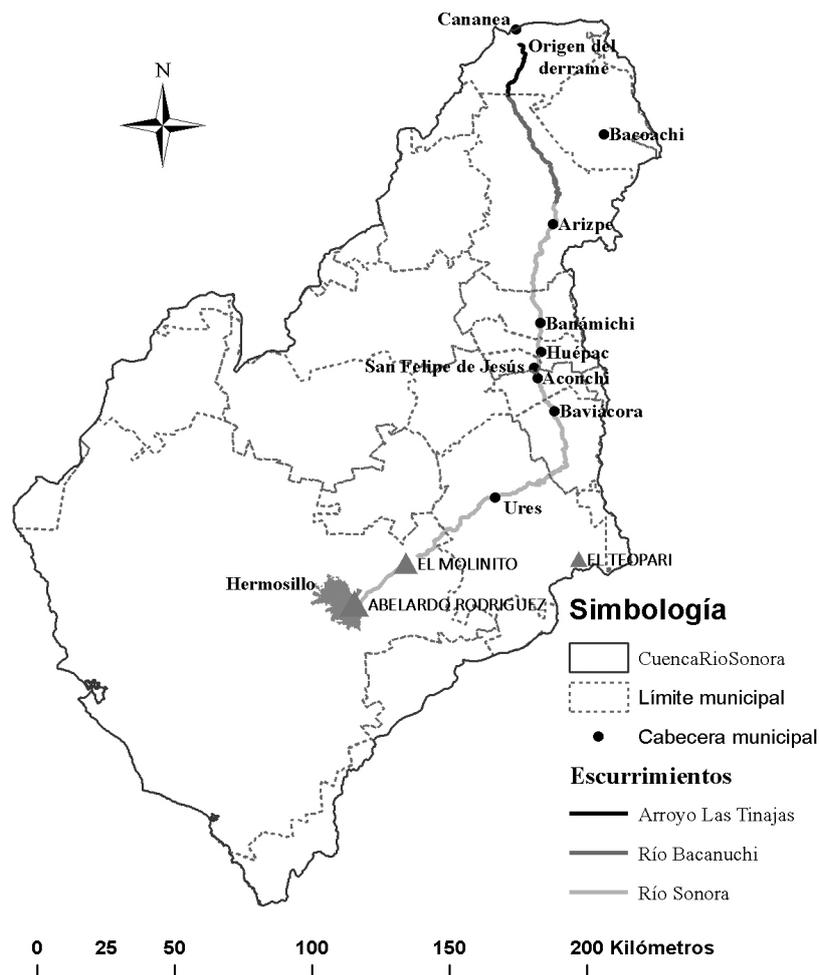
Fuente: elaboración propia con base en Díaz-Caravantes et al. (2022, p. 45).

Como se observa en la [tabla 3](#), hay siete áreas donde se superponen zonas de alta y media densidad (alta-media): Costa de Hermosillo I, Periurbana, Pesqueira, Sahuaral, Ures, Cananea I, Willard y Carbó. De estas áreas, Periurbana y Willard corresponden a un mayor uso público-urbano, y se destinan principalmente para abastecer de agua a la ciudad de Hermosillo, capital del estado de Sonora (Díaz-Caravantes y Wilder, 2014); Cananea I tiene un uso industrial para abastecer de agua al sector minero; las otras cuatro áreas son principalmente de uso agrícola, en las que Costa de Hermosillo I y Pesqueira corresponden a agricultura comercial de gran escala (Díaz-Caravantes y Wilder, 2014). Las áreas de mediana densidad son principalmente de uso agrícola, excepto Cananea II que, al igual que Cananea I, abastece de agua a la actividad minera en esa región, como la de la mina Buenavista del Cobre, empresa subsidiaria de Grupo México.

3. Contexto socioeconómico en la región en 2014

De acuerdo con la delimitación geográfica de la cuenca realizada por PRONACOSE, los municipios que se encuentran total o parcialmente dentro del área de la cuenca del río Sonora son: Aconchi, Arizpe, Bacoachi, Banámichi, Baviácora, Cananea, Carbó, Cucurpe, Hermosillo, Huépac, Ímuris, La Colorada, Mazatán, Opodepe, Pitiquito, Rayón, San Felipe de Jesús, San Miguel de Horcasitas, Ures y Villa Pesqueira (CONAGUA, 2014a). De estos, el municipio con mayor población es Hermosillo, con casi un millón de habitantes, seguido por Cananea, con cerca de 40,000 (INEGI, 2021), mientras que la población total en los demás municipios es menor a 15,000 habitantes ([figura 7](#)).

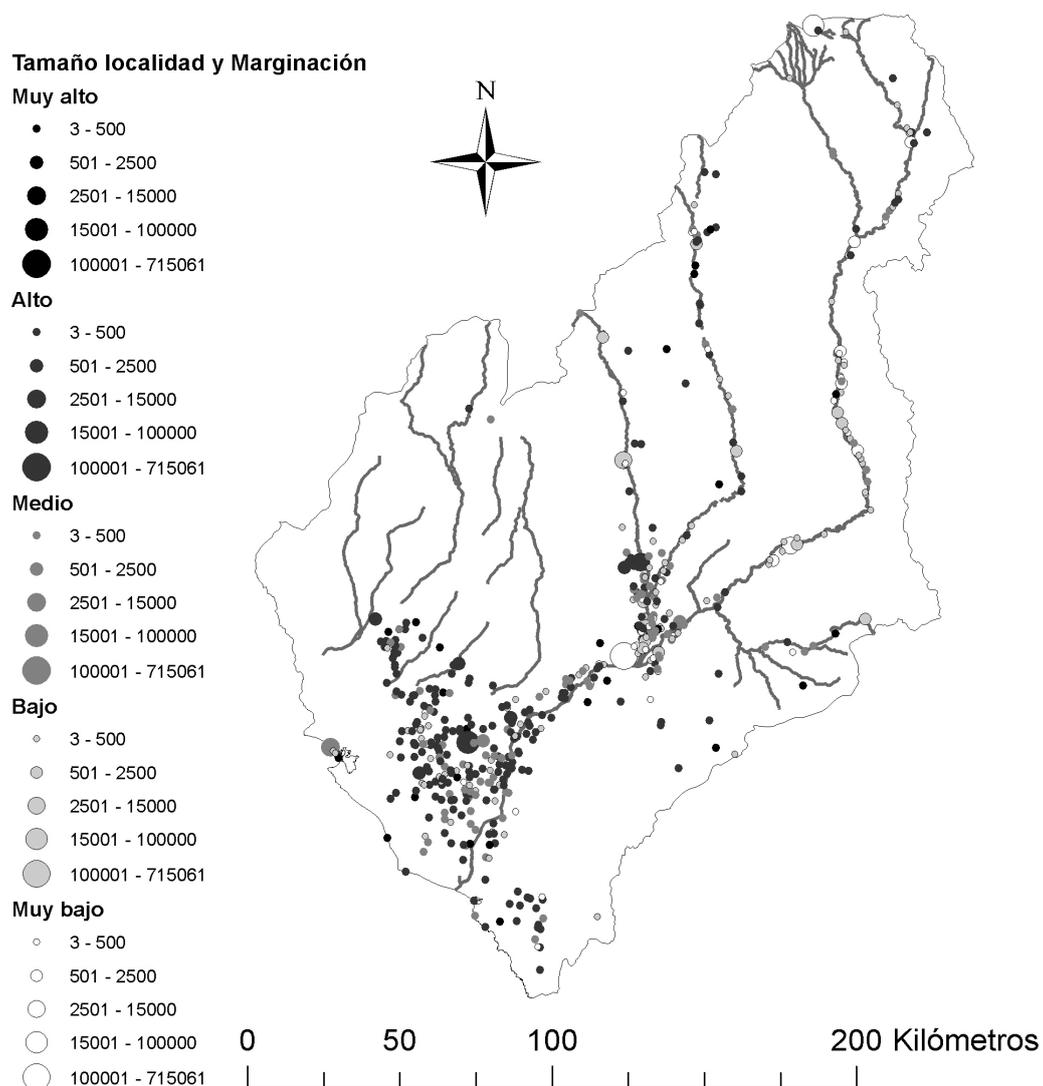
Figura 7. Límite de municipios dentro de la cuenca del río Sonora



Fuente: elaboración propia con datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2018).

En la [figura 8](#) se realiza un acercamiento geográfico a las localidades del río Sonora según el tamaño de localidad y el grado de marginación que determinó el Consejo Nacional de Población (CONAPO) con base en el censo 2010 (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2012).

Figura 8. Tamaño de localidad y grado de marginación



Fuente: elaboración propia con datos de CONAPO (2012).

Tabla 4. Localidades de la cuenca según su tamaño y grado de marginación

Grado de marginación	Tamaño localidad (número de habitantes)					Total
	<=500	<=2,500	<=15,000	<=100,000	715,061	
Muy alto	26	0	0	0	0	26
Alto	220	5	1	1	0	227
Medio	95	3	1	0	0	99
Bajo	100	11	2	0	0	113
Muy bajo	33	6	1	1	1	42
Total	474	25	5	2	1	507

Fuente: elaboración propia con datos de CONAPO (2012).

La [tabla 4](#) muestra la información de las localidades de la cuenca del río Sonora según su tamaño y el grado de marginación. Como se observa, del universo de 507 localidades, alrededor de la mitad, 253, tienen un alto o muy alto grado de marginación.

De la [tabla 4](#) resalta la población de alrededor de 715,000 habitantes en 2010, la cual se trata de la ciudad de Hermosillo. Las dos localidades con más de 15,000 habitantes; con menos de 100,000 habitantes serían los casos de Cananea y poblado Miguel Alemán, esta última con un alto grado de marginación. Las restantes, con una población menor a los 15,000 habitantes, tenían una variación entre alto y bajo grado de marginación, con 26 en muy alto grado y 39 con muy bajo grado de marginación.

Si hacemos un acercamiento a la región afectada por el derrame, nos damos cuenta de que la ciudad de Cananea se encuentra aguas arriba del origen del derrame. Asimismo, nos podemos percatar que la ciudad de Hermosillo no fue afectada de forma directa e inmediata por la contaminación, ya que se ubica aguas abajo de la presa el Molinito —utilizada como embalse contenedor de los metales derivados del derrame—; sin embargo, el área rural de la zona noreste del municipio sí fue afectada, por lo que podemos decir que fueron ocho los municipios afectados por el derrame en el río Sonora: Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Hermosillo, Huépac, San Felipe de Jesús y Ures,⁵ con una población total, en 2020, de 20,227 habitantes. En la [tabla 5](#) se presenta el total de habitantes por cada uno de estos municipios.

Tabla 5. Total de habitantes por cada municipio, 2000-2020

Municipio	Población total			Tasa anual crecimiento	
	2000	2010	2020	2000-2010	2010-2020
Aconchi	2,420	2,637	2,563	0.8 %	-0.3 %
Arizpe	3,396	3,037	2,788	-1.1 %	-0.9 %
Banámichi	1,484	1,646	1,825	1.0 %	1.1 %
Baviácora	3,724	3,560	3,191	-0.4 %	-1.1 %
Huépac	1,142	1,154	943	0.1 %	-2.0 %
San Felipe de Jesús	416	396	369	-0.5 %	-0.7 %
Ures	9,565	9,185	8,548	-0.4 %	-0.7 %
<i>Subtotal</i>	22,147	21,615	20,227	-0.2 %	-0.7 %
Hermosillo	609,829	784,342	936,263	2.5 %	1.8 %
<i>Total</i>	631,976	805,957	956,490	2.4 %	1.8 %

Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2000; 2010a; 2021).

Como se observa en la [tabla 5](#), en los municipios con menos de 15,000 habitantes, es decir, Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Huépac, San Felipe de Jesús y Ures, entre 2010 y 2020 hubo una acentuación de decrecimiento en la tasa anual, pues pasó de -0.2% anual en la década 2000-2010 a -0.7% en 2010-2020. Solamente en el municipio de Banámichi se observa un crecimiento en ambos periodos. Los municipios de

⁵ El municipio de Bacoachi, aunque es parte de la cuenca del río Sonora, no fue afectado en términos biofísicos por el derrame de 2014.

Aconchi y Huépac pasaron de un ligero crecimiento entre 2000 y 2010 a un decrecimiento entre 2010 y 2020. En cierto sentido Hermosillo es caso aparte, pues la dinámica de crecimiento de la ciudad hace que el crecimiento poblacional del municipio sea positivo en ambas fechas.

En la [tabla 6](#) se presenta la información general de los ocho municipios afectados. En cuanto a la superficie total, el municipio más pequeño es San Felipe de Jesús con 151 km², seguido de Aconchi y Huépac, con 367 y 421 km² respectivamente; los municipios con una superficie media corresponden a Banámichi y Baviácora. Finalmente, los municipios con una extensión mayor en cuanto a superficie total son Arizpe y Ures.

Tabla 6. Indicadores de marginación de municipios del río Sonora, 2010-2020

Año	Indicador	Aconchi	Arizpe	Banámichi	Baviácora	Hermosillo	Huépac	San Felipe de Jesús	Ures
	Superficie (km²)	367	3,073	807	841.9	16,728	421	151	3,087
2010	Analfabetismo	4.0	3.8	3.0	4.2	2.1	2.8	2.7	4.2
	Sin primaria	23.4	27.8	19.0	26.4	10.8	21.8	18.8	22.4
	Sin drenaje	1.5	1.9	1.4	0.5	0.8	0.8	1.8	2.0
	Sin electricidad	0.3	3.2	1.9	0.7	0.7	1.0	1.8	0.6
	Sin agua entubada	0.1	4.3	0.6	0.6	1.9	0.0	1.0	0.6
	Piso de tierra	1.8	4.1	0.7	1.8	4.7	0.5	0.3	1.9
	Hacina-miento	34.5	20.9	27.2	27.9	31.3	23.2	22.8	28.4
	Menos de 5000 hab	100.0	100.0	100.0	100.0	4.1	100.0	100.0	100.0
	Menos de dos salarios	40.1	50.0	35.0	35.8	19.2	30.9	46.3	37.6
2020	Analfabetismo	2.7	2.8	2.3	2.3	1.4	1.1	1.8	2.8
	Sin básica	37.1	41.5	29.1	37.6	17.6	33.9	29.2	36.9
	Sin drenaje	0.8	0.7	0.2	0.5	0.2	0.0	0.3	0.7
	Sin electricidad	0.9	0.6	0.5	0.1	0.3	0.2	0.3	0.7
	Sin agua entubada	0.7	0.6	0.1	0.2	0.5	0.0	0.0	0.4
	Piso de tierra	0.3	1.6	0.5	0.4	1.8	0.1	0.0	0.8
	Hacinamiento	16.3	11.0	10.3	10.3	13.9	8.3	11.9	11.2
	Menos de 5,000 hab	100.0	100.0	100.0	100.0	3.7	100.0	100.0	100.0
Menos de dos salarios	66.9	68.7	56.0	68.9	47.2	63.2	67.8	70.0	

Nomenclatura del indicador:

Analfabetismo: % Población de 15 años o más analfabeta

Sin primaria: % Población de 15 años o más sin primaria completa

Sin básica: % Población de 15 años o más sin educación básica

Sin drenaje: % Ocupantes en viviendas particulares sin drenaje ni excusado

Sin electricidad: % Ocupantes en viviendas particulares sin energía eléctrica

Sin agua entubada: % Ocupantes en viviendas particulares sin agua entubada

Piso de tierra: % Ocupantes en viviendas particulares con piso de tierra

Hacinamiento: % Viviendas particulares con hacinamiento

Menos de 5,000 hab: % Población en localidades con menos de 5,000 habitantes

Menos de dos salarios: % Población ocupada con ingresos menores a 2 salarios mínimos

Fuente: CONAPO (2012; 2021).

Aunque estos municipios no pueden ser considerados como de alta marginación, sí hay algunos indicadores críticos, tal es el caso de los indicadores de población de 15 años o más sin primaria o educación básica completa, el nivel de hacinamiento en las viviendas y la población ocupada con ingresos menores a los dos salarios mínimos.

La economía regional es variada en función de los recursos naturales. En los municipios rurales conviven actividades agrícolas como la agricultura y la ganadería, y más recientemente la minería. En la actividad agropecuaria destacan los municipios de Arizpe y Ures.

Tabla 7. Minas metálicas activas en 2014 en el estado de Sonora

Nombre de la mina/ yacimiento	Compañía que explota la mina	Municipio	Principal(es) mineral(es)
Álamo Dorado	Minera Corner Bay, S.A. de C.V.	Álamos	Plata
Piedras Verdes	Cobre del Mayo S.A. de C.V.	Álamos	Cobre
El Chanate	Minera Santa Rita S. de R.L. de C.V.	Altar	Oro
La Fierrosa	New Best	Bacanora	Hierro
Santa Elena*	Santa Elena S.A. de C.V./ First Majestic	Banamichi	oro, plata
La Herradura/ Noche Buena	Fresnillo, PLC	Caborca	oro
María	Minera María S.A. de C.V.	Cananea	cobre, molibdeno
Cananea*	Buenavista del Cobre, S.A. de C.V.	Cananea	cobre, oro
Las Mercedes*	Meridian Minerales, S.A. de C.V.	Cucurpe	oro, plata
Cerro Prieto*	Granmin S.A de C.V.	Cucurpe	oro
Nash*	G.E. Galaz S.A. de C.V.	Hermosillo	hierro
La Colorada*	Compañía Minera Pitalla S.A. de C.V./ Argonaut Gold Inc.	La Colorada	oro
Lluvia de Oro/ La Jojoba	Minera Columbia de México S.A. de C.V./ Nwm Mining Corporation	Magdalena de Kino	oro
La Caridad	Mexicana de Cobre S.A. de C.V.	Nacoziari	cobre, molibdeno
El Volcán	Arcelor Mittal S.A. de C.V.	Rosario	hierro
Mulatos	Minas de Oro Nacional	Sahuaripa	oro
La India	Agnico Sonora S.A. de C.V.	Sahuaripa	oro, plata
San Francisco	Molimetales del Noroeste S.A. de C.V.	Santa Ana	oro
Milpillas	Compañía Minera Parreña, S.A de C.V.	Santa Cruz	cobre
Luz del Cobre/ San Antonio	Minerales Libertad S.A. de C.V.	Soyopa	cobre, oro
El Boludo	Minera Secotec S.A. de C.V.	Trincheras	oro

(*) Minas ubicadas en la cuenca del río Sonora.

Fuente: elaboración propia con datos de SGM (2014).

De capital importancia para contextualizar el derrame minero de 2014 es la caracterización de la actividad minera en la cuenca durante ese periodo. De acuerdo con el reporte del Servicio Geológico Mexicano para el estado de Sonora (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2014), a inicios de 2014 la

entidad ocupaba el primer lugar nacional en producción minera, tanto de materiales metálicos (principalmente cobre, oro y molibdeno) como no metálicos, siendo el único productor en el país de molibdeno, grafito amorfo y wollastonita.

La minería en Sonora tenía concesiones de tierra por poco más de 5.7 millones de hectáreas amparadas por 5,726 títulos, representando 30.4% de la superficie estatal (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020a). Hasta finales de 2013 el sector minero estatal generó casi 67,000 mdp (millones de pesos) corrientes, e históricamente ha representado una fuente importante de ingresos para el estado y el país (SGM, 2014). En la [tabla 7](#) y en la [figura 9](#) se presentan las 21 principales minas de minerales metálicos que estaban activas en 2014 en la entidad.

Figura 9. Minas metálicas activas en 2014 en Sonora



Fuente: elaboración propia con datos de SGM (2014).

De las 21 minas metálicas activas en 2014, seis se ubicaban dentro de los límites de la cuenca del río Sonora, como se observa en la [figura 10](#): tres estaban en la subcuenca principal del río Sonora (Buenavista del Cobre en Cananea, entre las subcuencas río Bacanuchi y Sonora-Arizpe; luego Santa Elena en Banámichi, en la subcuenca río Sonora-Banámichi, y finalmente, la mina La Colorada, en los límites inferiores de la cuenca). Otras dos se encontraban en la subcuenca río San Miguel (Las Mercedes y Cerro

Prieto, ambas en Cucurpe). Finalmente, la última (Nash, mina de hierro) se ubicaba en la porción noroeste del municipio de Hermosillo.

Figura 10. Minas metálicas activas en 2014 en la cuenca del río Sonora



Fuente: elaboración propia con datos de SGM (2014).

Buenavista del Cobre, la quinta mayor productora de cobre a nivel mundial, pertenece al consorcio de Grupo México, mismo que cuenta con otras filiales y subsidiarias en México, Perú y Estados Unidos (Grupo México, 2020). La unidad minera, identificada como Mexicana de Cobre durante la época de la nacionalización, y como Cananea Consolidated Copper Company, cuando era de propiedad norteamericana, tiene una larga historia que inició con sus operaciones en 1865 (Grupo México, 2020). A través de sus diferentes dueños y modalidades ha jugado un papel visible en las luchas socioeconómicas y políticas del estado y el país. Esta es, además, responsable del derrame de agosto de 2014 en el cauce del río Sonora y cuyas consecuencias son objeto de análisis de este libro. En octubre de 2022 Buenavista del Cobre tenía títulos de concesión de agua registrados en el REPDA por 51.7 millones de metros cúbicos anuales (o hectómetros cúbicos), mismos que obtenía de extracciones de origen subterráneo en su totalidad (CONAGUA, 2022). Esta es la mayor concesionaria minera de agua en el estado.

La compañía minera Santa Elena, que opera la mina subterránea del mismo nombre en el municipio de Banámichi, aguas abajo de Cananea, es una empresa de First Majestic Silver, una importante productora de plata y oro con capital de origen canadiense que tiene otras minas en los estados de Coahuila y Durango, en el norte de México. La unidad Santa Elena en Banámichi tenía concesiones de agua por 305,075 metros cúbicos anuales hasta octubre de 2022 a nombre de su subsidiaria indirecta Nusantara de México, S.A. de C.V., de acuerdo con registros del REPDA, y la totalidad de este volumen provenía también de extracciones subterráneas.

La compañía minera Pitalla S.A. de C.V., que opera desde 2009 en el municipio de La Colorada, al oriente de la ciudad capital, es una mina de oro a cielo abierto adquirida en 2011 por la compañía canadiense de oro y plata Argonaut Gold Inc., que tiene otras propiedades mineras en Durango, México y Nevada, Estados Unidos. La mina se encuentra en el límite suroriental de la cuenca del río Sonora. De acuerdo con los datos históricos de la compañía, originalmente La Colorada operó como una mina subterránea de alta ley, que cerró a comienzos de la revolución mexicana. Durante su principal periodo productivo, entre 1876 y 1914, se registró una producción de más de tres millones de onzas de oro. Entre 1993 y 2000, a partir de trabajos de exploración y medición del SGM, reinició la producción ahora a cielo abierto por parte de Eldorado Gold Corp. El dorado vendió la operación y la producción continuó a manos de un privado mexicano hasta 2002 (Argonaut Gold, s.f.). Hasta octubre de 2022, la compañía minera tenía concesiones de agua registradas en el REPDA por un total de 174,468 metros cúbicos anuales de aguas de origen subterráneo. Debe señalarse que La Colorada se ubica en los límites de la cuenca del río Sonora y no se incluye dentro del área del afluente principal, aunque sí es parte del territorio cubierto por la cuenca.

Las minas de oro de Cerro Prieto y Las Mercedes, ambas ubicadas en el municipio de Cucurpe, dentro de los límites de la subcuenca del río San Miguel, no se describen en este capítulo debido a que esta subcuenca se encuentra separada de la cuenca principal del río Sonora debido a sus condiciones topográficas, por lo cual dicha subcuenca no resultó afectada por el derrame de 2014. El afluente del río San Miguel se une con el afluente principal del río Sonora antes de alcanzar la presa Abelardo L. Rodríguez, aledaña a la ciudad de Hermosillo, aguas abajo.⁶ Del mismo modo, la mina de hierro “Nash”, propiedad de G.E. Galaz S.A. de C.V. es una mina pequeña, ubicada en la porción noroeste del territorio municipal de Hermosillo, y que se encontraba fuera del área de influencia del derrame de Buenavista del Cobre aguas arriba.

Aunque el sector minero no es un consumidor de agua volumétricamente significativo si se le compara con la agricultura, con el consumo público en las ciudades o con otro tipo de industrias, sí es destacable su influencia en la seguridad hídrica, porque al encontrarse la actividad minera metálica de gran escala en la parte alta de la sierra sonorense, las minas tienen influencia sobre las áreas de captación o cabeceras de las cuencas hidrológicas, afectando potencialmente a las comunidades y ecosistemas en su camino aguas abajo. En materia de seguridad hídrica es necesario considerar tanto la cantidad del agua como la calidad de esta, y muchos de los procesos industriales de la minería implican un potencial importante de contaminación tóxica de cuerpos de agua superficial y subterránea.

4. Monitoreo de calidad de agua a partir del derrame

A raíz del derramen agosto de 2014, el 15 de septiembre de 2014 se conformó el Fideicomiso Río Sonora (FRS), cuya finalidad fue atender las consecuencias de este evento. Uno de los objetivos del FRS fue llevar a cabo un monitoreo de calidad del agua de forma continua en el río Sonora durante cinco años (Gobierno de

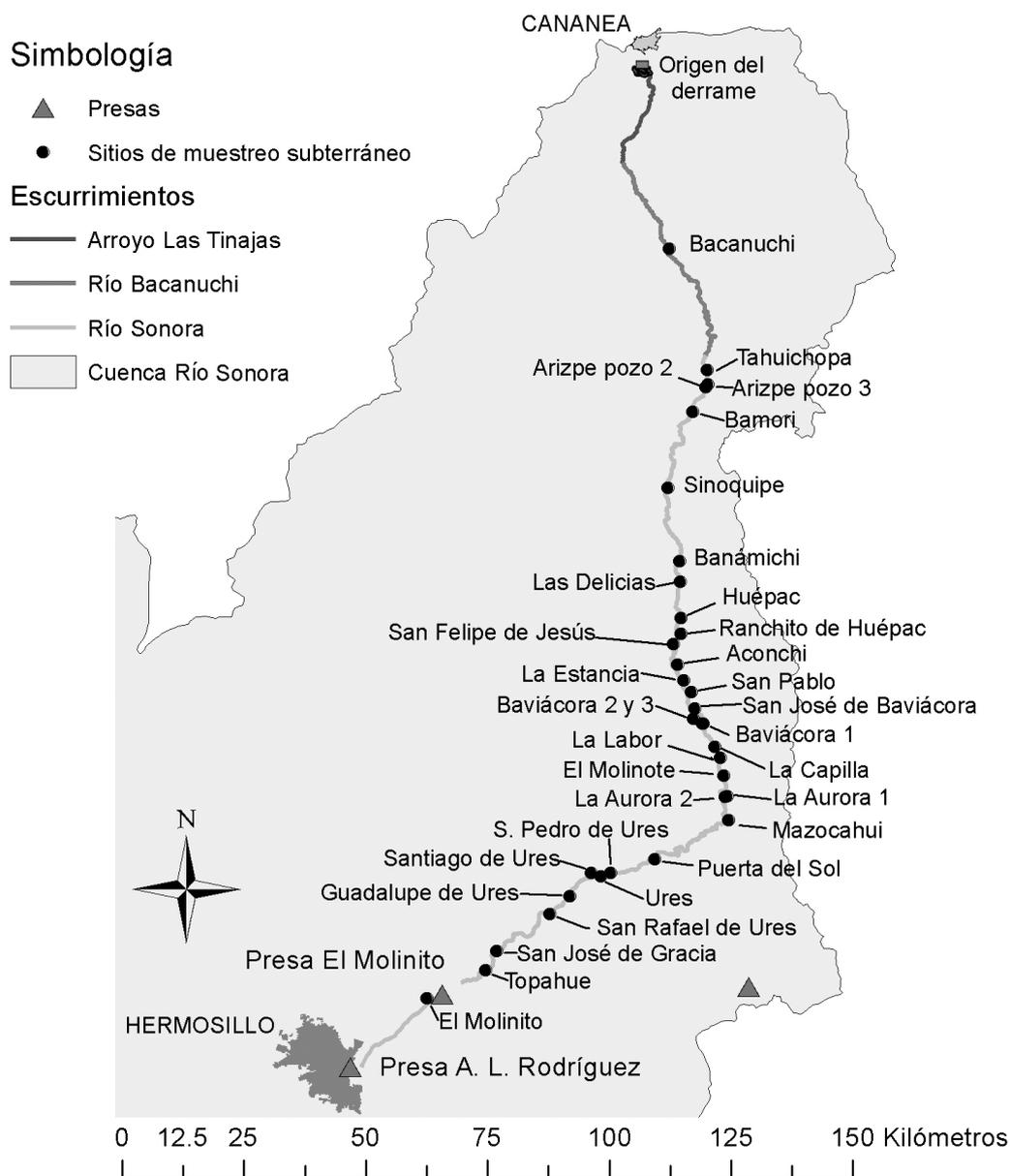
⁶ Para ver más información sobre la mina Las Mercedes en la subcuenca San Miguel, así como las concesiones de agua para la minería sonorense en 2019, puede consultarse Lutz-Ley (2020).

la República, 2015). En dicho monitoreo se reportan 33 sitios de muestreo de agua subterránea ([figura 11](#)) y 38 sitios de muestreo de agua superficial ([figura 12](#)) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020b).

El FRS consideró en su análisis un total de 19 elementos muestreados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, fierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, zinc, sulfatos, turbiedad, sólidos disueltos totales, conductividad electrolítica, pH y temperatura.

Como se observa en la [tabla 8](#), el monitoreo de agua subterránea comprendió un total de 53,392 registros de los 19 parámetros. Del total de registros, 43% contenía la leyenda “ND”, que significa No Detectable y 1,956 (4%), la leyenda “NE”, que significa análisis No Efectuado (Infomex, 2016).

Figura 11. Sitios de muestreo subterráneo



Fuente: elaboración propia con base en datos de SEMARNAT (2020b).

Tabla 8. Registros de agua subterránea: de agosto de 2014 a noviembre de 2018

Parámetro	Límite	Unidad	Total de registros	Registros “ND”	Registros “NE”	Registros con valor numérico	Registros dentro de límite	Registros fuera de límite
Aluminio	0.2	mg/L	3,068	980	104	1,984	1,855	129
Antimonio*	0.02	mg/L	3,043	2,323	104	616	593	23
Arsénico*	0.01	mg/L	3,043	1,963	104	976	752	224
Bario	0.7	mg/L	3,071	62	104	2,905	2,905	0
Cadmio	0.005	mg/L	3,071	2,385	104	582	580	2
Cobre	2	mg/L	3,071	1,726	104	1,241	1,241	0
Conductividad electrolítica	NA	mg/L	2,221	0	104	2,117	NA	NA
Cromo	0.05	mg/L	3,071	2,170	104	797	796	1
Fierro	0.3	mg/L	3,071	427	104	2,540	2,269	271
Manganeso	0.15	mg/L	3,059	1,344	93	1,622	1,535	87
Mercurio	0.001	mg/L	3,071	2,060	102	909	894	15
Níquel*	0.07	mg/L	3,071	2,305	103	663	663	0
pH	6.5-8.5	UpH	2,221	0	104	2,117	2,082	35
Plomo	0.01	mg/L	3,040	2,361	103	576	570	6
Sólidos Disueltos Totales	1000	mg/L	2,221	1,985	104	132	132	0
Sulfatos	400	mg/L	2,347	14	104	2,229	2,051	178
Temperatura	NA	°C	2,216	0	99	2,117	NA	NA
Turbiedad	5	UTN	2,348	569	104	1,675	1,596	79
Zinc	5	mg/L	3,068	437	104	2,527	2,527	0
<i>Total</i>			<i>53,392</i>	<i>23,111</i>	<i>1,956</i>	<i>28,325</i>	<i>23,041</i>	<i>1,050</i>

Nota:

NA= No Aplica

Fuente: elaboración propia con base en datos de SEMARNAT (2020b).

Si contrastamos los 19 parámetros observados con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2000), excepto el arsénico, el antimonio y el níquel, para los cuales se consideraron las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (World Health Organization [WHO], 2011), encontramos diversos casos fuera del límite para fierro, arsénico, sulfatos, aluminio, manganeso, potencial de hidrógeno (pH), antimonio y mercurio, entre otros.

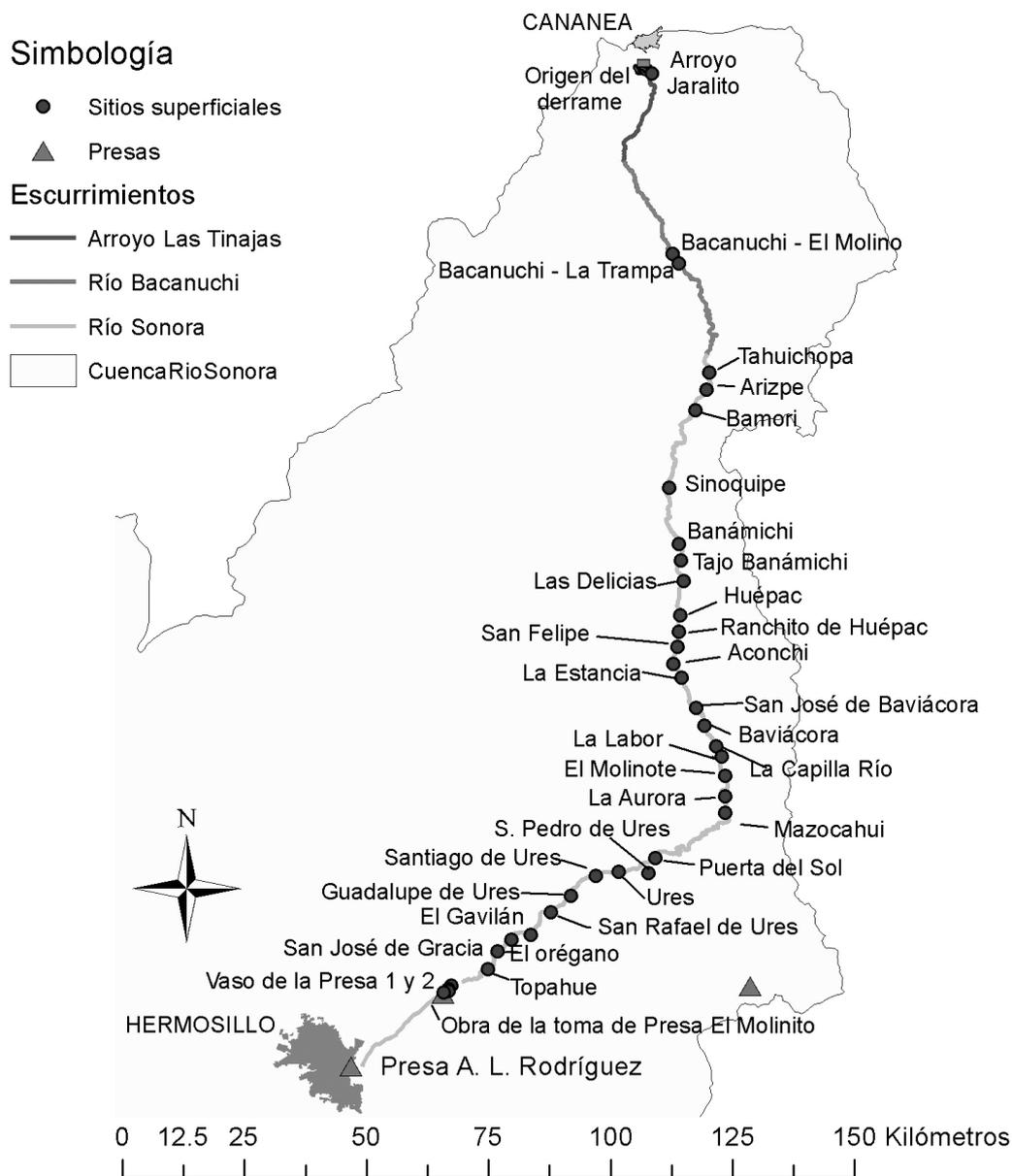
Por otra parte, como se dijo, el monitoreo de agua superficial fue realizado en 38 sitios ([figura 12](#)).

El monitoreo de agua superficial comprendió un total de 88,788 registros de los 19 parámetros. Del total de registros, 28% contenía la leyenda “ND” y 5% la leyenda “NE”.

Si los parámetros observados en la [tabla 9](#) se confrontan con los Lineamientos de Calidad del Agua (LCA) que se establecen en la Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2020 (CONAGUA, 2020), encontramos múltiples casos fuera del límite en todos los parámetros, dentro de los que destacan bario, aluminio, zinc, fierro, cobre y plomo.

Estos datos, y algunos más que serán revisados a lo largo de este libro, conforman una parte de los argumentos por los que muchos estudiosos consideran el caso de la contaminación de origen minero en el río Sonora como un desastre, debido a las pérdidas económicas, culturales y de salud y a la caótica desatención de la contingencia (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021; Luque y Murphy, 2020; Toscana Aparicio y Hernández Canales, 2017).

Figura 12. Sitios de muestreo superficial



Fuente: elaboración propia con base en datos de SEMARNAT (2020b).

Tabla 9. Resultados para agua superficial: de agosto de 2014 a agosto de 2019

Parámetro	Límite	Unidad	Total de registros	Registros "ND"	Registros "NE"	Registros con valor numérico	Registros dentro del límite	Registros fuera del límite
Aluminio	0.05	mg/L	5,173	39	235	4,899	553	4,346
Antimonio	0.09	mg/L	5,123	3,667	235	1,221	1,219	2
Arsénico	0.2	mg/L	5,174	2,977	235	1,962	1,901	61
Bario	0.01	mg/L	5,174	20	235	4,919	8	4,911
Cadmio	0.004	mg/L	5,173	3,605	235	1,333	978	355
Cobre	0.05	mg/L	5,173	1,915	235	3,023	2,059	964
Conductividad electrolítica	NA	µS/cm	3,507	7	236	3,264	NA	NA
Cromo	0.05	mg/L	5,172	2,409	235	2,528	2,194	334
Fierro	1	mg/L	5,174	6	236	4,932	3,181	1751
Manganeso	NA	mg/L	5,174	122	235	4,817	NA	NA
Mercurio	0.0005	mg/L	5,174	2,156	245	2,773	2,389	384
Níquel	0.6	mg/L	5,140	2,808	235	2,097	2,068	29
pH	6.5-8.5	UpH	3,514	0	235	3,279	2,980	299
Plomo	0.03	mg/L	5,173	3,226	235	1,712	978	734
Sólidos disueltos totales	NA	mg/L	3,714	1,277	235	2,202	NA	NA
Sulfatos	NA	mg/L	3,715	9	235	3,471	NA	NA
Temperatura	NA	°C	3,512	0	235	3,277	NA	NA
Turbiedad	NA	UTN	3,729	22	235	3,472	NA	NA
Zinc	0.02	mg/L	5,100	616	235	4,249	2,095	2,154
Total			88,788	24,881	4,477	59,430	22,603	16,324

Nota:

NA= No Aplica

Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT (2020b).

5. Conclusiones

En resumen, sobre el contexto geográfico de la cuenca río Sonora al momento de ocurrir el derrame en 2014 se puede indicar lo siguiente en cuanto al aspecto sociohídrico:

- Aunque ocupa casi una quinta parte del área estatal, en la cuenca del río Sonora el recurso hídrico es escaso en comparación con otras cuencas de la región noroeste, como la del río Yaqui y la del río Mayo. Los volúmenes de precipitación son limitados, por lo que el río Sonora se ha ido secando, pasando a un caudal efímero en buena parte de su longitud. El sistema de presas con un almacenamiento modesto confirma esta fragilidad hídrica.
- La fragilidad ecológica es otro tema importante, ya que el río Sonora es la única fuente de agua superficial para organismos acuáticos y terrestres. No obstante su alta biodiversidad, en el río se pueden encontrar especies endémicas que están amenazadas.

- En 2014 el agua de la cuenca del río Sonora era (y sigue siendo) extraída principalmente de fuentes subterráneas, casi 80%. Debido a esta extracción subterránea, de los 10 acuíferos de la cuenca del río Sonora, cinco están sobreexplotados: Costa de Hermosillo, Mesa del Seri-La Victoria, Río Zanjón, Sahuaral y Río Bacoachi.
- Existen zonas de mayor extracción de agua subterránea en la cuenca. Por medio de un análisis con datos de 2014 de los derechos de agua se ubicaron 17 zonas de mayor extracción. En el uso agrícola, el área de mayor extracción es la Costa de Hermosillo, el uso urbano la ciudad de Hermosillo y en el uso industrial es la minería del área de Cananea quien más extrae agua.

En cuanto al contexto socioeconómico de 2014 podemos establecer lo siguiente:

- a) De acuerdo con el grado de marginación de 2010 determinado por CONAPO, alrededor de la mitad de las localidades tienen un alto o muy alto grado de marginación. Buena parte de estas localidades se encuentra en la región de la Costa de Hermosillo. En las localidades afectadas por el derrame hay una variación de casos, desde alta a baja marginación.
- b) Sobre los municipios rurales afectados por el derrame 2014, es clara la tendencia negativa de crecimiento poblacional, la cual se agudizó después del derrame, pues pasó de -0.2% anual en la década 2000-2010 a -0.7% en 2010-2020.
- c) Si bien estos municipios no podían ser considerados de alta marginación según CONAPO, existen algunos indicadores críticos, como son los indicadores de población de 15 años y más sin educación primaria o básica completa, el nivel de hacinamiento en las viviendas y la población con ingresos inferiores a dos salarios mínimos.
- d) Según los datos observados en el capítulo, en el año 2014 seis minas se ubicaban dentro de los límites de la cuenca del río Sonora. Dentro de estas encontramos a Buenavista del Cobre, la quinta mayor productora de cobre a nivel mundial, perteneciente a Grupo México, responsable del derrame de sustancias tóxicas en el río en dicho año.
- e) La minería en Sonora tenía concesiones de tierra por poco más de 5.7 millones de hectáreas amparadas por 5,726 títulos, representando 30.4% de la superficie estatal (SEMARNAT, 2020a). Estos datos permiten proyectar que, en caso de pasar a la explotación de las minas, los efectos socioambientales adversos del crecimiento de este sector económico pueden ser devastadores.

Sobre la calidad del agua del río Sonora después del derrame se sabe lo siguiente:

- a) En la base de datos del fideicomiso se encontraron ausencias graves de meses sin muestreos, incluso en los periodos más críticos posteriores al derrame. En el caso de las aguas subterráneas, el monitoreo solo se realizó durante cuatro años y no los cinco anunciados. Además, en algunos casos no se observan valores numéricos para buena parte de los metales estudiados, sino únicamente la abreviatura “NE”.
- b) Aún con estas fallas se patentiza la extraordinaria presencia de valores fuera del límite en el periodo, tanto para el agua subterránea como para el agua superficial. Esta información confirma y no deja dudas sobre el impacto en la calidad del agua del río Sonora por el derrame tóxico de origen minero del 6 de agosto de 2014.

Referencias

- Argonaut Gold. (s.f.). La Colorada. Recuperado de <https://www.argonautgold.com/Spanish/bienes/operaciones/la-colorada/default.aspx>
- Bogan, M. T., Noriega-Felix, N., Vidal-Aguilar, S. L., Findley, L. T., Lytle, D. A., Gutiérrez-Ruacho, O. G., Alvarado-Castro, J. A., y Varela-Romero, A. (2014). Biogeography and conservation of aquatic fauna in spring-fed tropical canyons of the southern Sonoran Desert, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 23(11), 2705-2748. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0745-z>
- Chávez-Toledo, C., Macías-Duarte, A., Gutiérrez-Ruacho, O. G., Mercado-Ramírez, M. G., Bustamante-Icedo, A. K., y Duarte Tagles, H. (2013). Análisis estacional de factores ambientales y su influencia sobre la ictiofauna del río Bacanuchi. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(1), 258-259.
- Chávez-Toledo, C., Rodríguez, J. C., y Rojero Díaz, E. (1989). Resultados preliminares del Estudio de Macroinvertebrados Acuáticos y Peces del Río Sonora y su afluente el Río Bacanuchi. *Vinculación*, 1(14), 21-28.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2014). *Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Consejo de Cuenca Alto Noroeste 1ª Versión. Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE)* [Reporte Técnico]. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99913/PMPMS_CC_Alto_Noroeste_R.pdf
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de acuíferos del Estado de Sonora*. Recuperado de <https://sigagis.CONAGUA.gob.mx/gas1/sections/Edos/sonora/sonora.html>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2016). *Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS)*. Recuperado de <https://app.CONAGUA.gob.mx/bandas/>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2019). *Información Estadística Climatológica*. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <https://smn.CONAGUA.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2020). *Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2020*. Recuperado de <https://www.gob.mx/CONAGUA/documentos/ley-federal-de-derechos-2020>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2023). *Información Estadística Climatológica*. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <https://smn.CONAGUA.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Consejo Nacional de Población [CONAPO]. (2012). *Índice de marginación por localidad 2010*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/671850/Indice_de_marginacion_por_localidad_2010.pdf
- Consejo Nacional de Población [CONAPO]. (2021). *Índice de marginación por localidad 2020*. Consejo Nacional de Población. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Díaz-Caravantes, R. E., y Wilder, M. (2014). Water, Cities and Peri-urban Communities: Geographies of Power in the Context of Drought in Northwest Mexico. *Water Alternatives*, 7(3), 499-517. <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol7/v7issue2/261-a7-3-4/file>

- Díaz-Caravantes, R. E., Durazo-Gálvez, F. M., Moreno Vázquez, J. L., Duarte Tagles, H. y Pineda Pablos, N. (2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: Una revisión de la recuperación del desastre. *región y sociedad*, 33(e1416). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416>
- Díaz-Caravantes, R. E., Pineda Pablos, N., y Pallanez Murrieta, M. (2022). Uso de derechos de agua para identificar áreas de densidad de agua subterránea en la cuenca del río Sonora. *Boletín de Estudios Geográficos*, (117), 33-50. doi: <https://doi.org/10.48162/rev.40.013>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (22 de noviembre de 2000). Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=22/11/2000#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Recuperado de <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Gobierno de la República. (2015). *Balance de las acciones del Gobierno de la República en el río Sonora. Agosto, 2015*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/60595>
- Grupo México. (2020). *Buenvista del Cobre, Cananea, Sonora*. Recuperado de https://www.gmexico.com/GMDocs/Divisiones/DIV_ES_01.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2000). *Censo General de Población y Vivienda 2000*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=10239&e=&i=>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2010a). *Censo General de Población y Vivienda 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=10239&e=&i=>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2010b). *Red hidrográfica, subcuencas hidrográficas de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/redsub84gw.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2018). *Marco Geoestadístico, diciembre 2018*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463674658>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). *Censo General de Población y Vivienda 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/
- Infomex. (2016). Solicitud de información a CONAGUA por medio de la plataforma INFOMEX con número de folio 1610100193816. Plataforma Nacional de Transparencia Gobierno Federal.
- Luque, D., y Murphy, A. D. (2020). La gramática del río Sonora que exhibió el derrame de la mina de Cananea. *Argumentos. Estudios Críticos de la Sociedad*, 33(93), 217-238. doi: <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202093-10>
- Lutz Ley, A. N. (2020). Minería y seguridad hídrica en el noroeste de México: un análisis de doble exposición. *región y sociedad*, 32(e1295). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1295>

- Pallanez, M. (2002). *Valoración económica de los servicios ambientales sustentados por la presa Abelardo Luján Rodríguez los casos del agua y la fauna, 1990-2000* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperado de <https://biblioteca.colson.edu.mx/e-docs/RED/RED000523.pdf>
- Romo-León, J. R., van Leeuwen, W. J. D., y Castellanos-Villegas, A. (2014). Using remote sensing tools to assess land use transitions in unsustainable arid agro-ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 106, 27-35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.03.002>
- Scott, C. A., Dall'erba, S., y Díaz-Caravantes, R. (2010). Groundwater Rights in Mexican Agriculture: Spatial Distribution and Demographic Determinants. *The Professional Geographer*, 61(1), 1-15. doi: <https://doi.org/10.1080/00330120903375837>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2020a). *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). Compendio de Estadísticas Ambientales 2020. Concesiones mineras vigentes al año que se reporta*. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet21b5.html
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2020b). *Fideicomiso Río Sonora*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/fideicomiso-rio-sonora>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2014). *Derrame de sulfato de cobre en el Río Bacanuchi (afluente del río Sonora)*.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2014). *Panorama minero del estado de Sonora. Diciembre 2014*. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/panoramas/SONORA_dic2014.pdf
- Toscana Aparicio, A. y Hernández Canales, P. de J. (2017). Gestión de riesgos y desastres socioambientales. El caso de la mina Buenavista del Cobre de Cananea. *Investigaciones Geográficas*, 93, 1-14. doi: <https://doi.org/10.14350/riig.54770>
- World Health Organization [WHO]. (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality* (4.^a ed.). Geneva: World Health Organization. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>

EL DERRAME EN EL RÍO SONORA: INJUSTICIA AMBIENTAL (2014-2022)

María Fernanda Ibarra Barreras¹

José Luis Moreno Vázquez²

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es dar seguimiento a los acontecimientos sociales, políticos y legales provocados por el derrame de sustancias tóxicas en el río Sonora procedentes de la mina Buenavista del Cobre en Cananea, ocurrido en agosto de 2014.

En un primer artículo (Ibarra y Moreno, 2017) realizamos un recuento de los principales acontecimientos que se presentaron entre los años 2014-2017, se mostraron cifras sobre los impactos sociales y ambientales de la minería y especialmente sobre el programa de expansión que tenía la empresa responsable del derrame, y se describió paralelamente la falta de atención a las demandas de la población afectada que desde ese entonces solicitaba una estrategia para resarcir los daños y garantizar la no repetición.

Asimismo, se identificó la tendencia de este conflicto hacia la judicialización, al ser apoyados los Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) por una ONG que les brindaba la asesoría legal para ello (PODER). Por tal razón, iniciamos con el seguimiento de los diversos procesos que se implementaron ante los órganos jurisdiccionales federales. En un primer ejercicio se revisaron tres casos de demandas de amparo promovidas por los CCRS: 1) en materia de manejo de residuos peligrosos; 2) de consulta y participación pública respecto a la construcción de la nueva presa de Jales y 3) de aplicación de la normatividad mexicana respecto a los parámetros que aplica para medir la calidad del agua. En ese momento, a tres años del derrame, concluimos que el conflicto se encontraba latente y que las resoluciones de las autoridades judiciales habían omitido incorporar aspectos básicos de justicia ambiental (Ibarra y Moreno, 2017).

Posteriormente, en un segundo artículo (Ibarra y Moreno, 2021), describimos los hechos relevantes ocurridos en el contexto social y político en el periodo 2017-2018 y se presentó un seguimiento de los casos judiciales analizados anteriormente, incorporando además el análisis de otras dos demandas de amparo relacionadas con los mecanismos de respuesta ante el derrame: el Fideicomiso Río Sonora (FRS) y la Zona Económica Especial Río Sonora (ZEERS).

Para entonces se concluyó que la situación para la población afectada era (y sigue siendo) de incertidumbre, después de una historia de incumplimientos respecto a los compromisos gubernamentales

¹ Universidad de Sonora, Posgrado Integral en Ciencias Sociales, feribafe83@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1702-1193>

² El Colegio de Sonora, Centro de Estudios del Desarrollo, jmoreno@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8770-434X>

relacionados con la remediación y el monitoreo permanente de la calidad del agua del río, así como la falta de consulta.

Se advirtió de una carencia en nuestro marco legal para proveer efectivamente a los afectados ambientales de mecanismos de reparación del daño, lo cual aumenta la tendencia a recurrir al juicio de amparo; sin embargo, el diseño y la estructura de los órganos jurisdiccionales, así como el formalismo con el que resuelven los operadores judiciales impiden que los resultados de dichos juicios aun cuando se resuelven a favor de las comunidades, tengan el alcance para garantizar efectivamente el resarcimiento y el ejercicio de los derechos ambientales vulnerados (Ibarra y Moreno, 2021).

Este trabajo de actualización trata los aspectos del contexto social y político y las determinaciones judiciales de 2020 a 2022, así como las implicaciones que la pandemia por el COVID-19 ha tenido en la configuración del escenario existente. A partir de marzo de 2020 la pandemia ocasionó una interrupción, especialmente, en los órganos jurisdiccionales que suspendieron plazos y dejaron de impulsar los procedimientos vigentes, incluidos los de ejecución de las sentencias que se habían resuelto a favor de los CCRS y que se quedaron pendientes de cumplimiento.

Tal es el caso del amparo resuelto el 15 de enero de 2020 por la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) en el que se concedió el amparo a las comunidades en relación con el cierre del FRS, con lo cual confirmó que el convenio de extinción quedaba sin efecto.

El postulado central del trabajo es que, habiendo realizado el análisis hasta las últimas determinaciones de 2022, la justicia ambiental no ha llegado a la población afectada, los avances en la defensa legal son escasos y la atención institucional es insuficiente y dispersa. Persiste la incertidumbre por lo que se refiere a la calidad del agua y su impacto en la salud de la población, así como el incumplimiento de los compromisos gubernamentales.

Al mismo tiempo, continúa la expansión productiva de la mina de Cananea y cada vez más se diluye la responsabilidad de resarcir los daños ocasionados por el derrame por parte de Buenavista del Cobre, asumiendo esa responsabilidad dependencias de los gobiernos estatal y federal. El decreto de ZEERS en 2017 y el Plan de Justicia para Cananea anunciado en julio de 2021 son una muestra de ello.

La metodología del trabajo se basa en la consulta de información institucional, comunicados de los Consejos de Cuenca Río Sonora, resultados de investigaciones académicas, la revisión hemerográfica y el estudio de las resoluciones judiciales. El trabajo se divide en tres partes: *a)* un resumen de lo acontecido en el periodo 2014-2018; *b)* la descripción de los acontecimientos principales antes y después de la pandemia; y *c)* el análisis de la defensa legal y las resoluciones judiciales emitidas hasta el mes de octubre de 2022.

2. El periodo 2014-2018

Un recuento de lo acontecido en los cuatro primeros años puede sintetizarse de la siguiente manera: el 6 de agosto de 2014 ocurrió un derrame de 40,000 m³ de sustancias tóxicas procedentes de la mina Buenavista del Cobre. El derrame fluyó primero por el cauce del arroyo Tinajas y posteriormente por los ríos Bacanuchi y Sonora hasta llegar a la presa El Molinito, en las inmediaciones de la ciudad de Hermosillo, en un trayecto de 294 km. Esta contingencia afectó la vida de 22,000 personas de siete municipios en la cuenca del río Sonora.

El informe de la Comisión Especial del Congreso de la Unión creada para dar seguimiento a la problemática señaló algunos de los daños causados en los primeros días: 5,070 hectáreas siniestradas, 35 pozos de agua potable y 320 pozos de uso agrícola y ganadero suspendidos, además de afectaciones económicas por

702 mdp (millones de pesos), que no incluían el daño ambiental, la indemnización y todas las multas que conlleva la contaminación generada por la empresa minera (Gaceta Parlamentaria, 2014, pp. 14-15).

La primera recomendación del informe fue clara y contundente. Por su importancia la citamos de manera textual a continuación:

El Estado de Sonora y sus habitantes no se han beneficiado de la explotación de sus recursos naturales. La extracción de sus riquezas minerales no ha ayudado a elevar el nivel de vida de los sonorenses. La empresa Grupo México y su filial la mina Buenavista del Cobre S.A. de C.V. lejos de actuar como una empresa responsable, respetuosa del medioambiente y solidaria con la población de la zona, ha puesto en riesgo la vida humana, el entorno ambiental y el desarrollo económico de la región.

Una mina que reporta ganancias de 4.4 millones de dólares diariamente, que cuenta con un historial negativo y de impunidad, que no protege la salud de sus trabajadores y cierra centros hospitalarios (Hospital del Ronquillo), que no respeta sus derechos laborales y que no contrata personas de Cananea y exhibe letreros discriminatorios en las puertas de sus instalaciones, no puede ser considerada en México como una empresa socialmente responsable.

Es por ello que esta soberanía recomienda la creación de un Fondo de Desarrollo Regional, solventado por la empresa, que comprenda todos los aspectos básicos para la reactivación económica y social de Sonora, como lo son: salud, alimentación, educación, infraestructura, trabajo y recuperación de todas las actividades productivas y económicas, como un mecanismo compensatorio que restituya la equidad distributiva con un piso inicial de 5,000 mdp, aportado por la empresa, y detone el potencial de desarrollo que Grupo México le ha escamoteado a la entidad [...] (Gaceta Parlamentaria, 2014, pp. 40-41).

El Fondo de Desarrollo Regional mencionado nunca se concretó y la cifra de 5,000 mdp se redujo a 2,000 mdp, que fue el fondo inicial del Fideicomiso Río Sonora (FRS), creado el 15 de septiembre de 2014 para remediar, reparar y compensar los daños al ambiente y a la salud de los habitantes. Este fideicomiso se constituyó con aportaciones privadas de la empresa y únicamente ejerció 63% del monto total, es decir, 1,274 mdp.

Previamente a la creación del FRS, el gobierno del estado de Sonora brindó apoyos por alrededor de 35 mdp mediante un programa de empleo temporal y otro de exención de impuestos. Asimismo, el Grupo México otorgó apoyos por 59 mdp en acciones de abastecimiento de agua e infraestructura hidráulica, programas de desarrollo social, indemnizaciones y reactivación económica, y 10 mdp a los alcaldes de los municipios afectados para abasto de agua en comunidades y rancherías (Haro, 2021, pp. 177-182).

En febrero de 2017 la autoridad ambiental declaró concluida la remediación de la zona afectada y la extinción del FRS, sin atender los compromisos gubernamentales originales de construcción y operación de una clínica de salud, 36 plantas potabilizadoras y el resarcimiento económico a toda la población afectada por la contaminación del río Sonora.

Otra respuesta institucional para atender a los afectados fue la ley y el decreto de creación de la Zona Económica Especial Río Sonora por parte del gobierno estatal, en febrero y mayo de 2017, respectivamente. El objetivo era impulsar “el crecimiento económico sostenible que, entre otros fines, reduzca la pobreza, permita la provisión de servicios básicos, reactive la economía y expanda las oportunidades para vidas saludables y productivas en la región” (Boletín Oficial, 2017b, p. 4).

Según los diputados Fermín Trujillo y Francisco Javier Duarte, en los ejercicios fiscales 2017 y 2018, el Congreso del Estado de Sonora *etiquetó* la asignación de recursos en el presupuesto de egresos para la operación de un programa especial de apoyo por 6.3 y 8.0 mdp, respectivamente, además de una asignación adicional de 3.5 mdp en 2018 (Gaceta Parlamentaria, 2018, pp. 51-58), es decir, un total de 17.8 mdp en los dos primeros años de vida de la ZEERS. Otra fuente consignó que el presupuesto en 2018 era de 49 mdp en obras públicas y acciones de rehabilitación, pavimentación, infraestructura hidráulica y desarrollo en “los 8 municipios que conforman la zona” (Gobierno del Estado de Sonora, 2017, p. 36). En este punto cabe señalar que en el decreto se agregó el municipio de Bacoachi, que no había sido afectado directamente por el derrame, pero que pertenece a la cuenca del río Sonora y su territorio es atravesado por la corriente principal.

La movilización y defensa legal de afectados del río Sonora se efectuó a través de los denominados “Comités de Cuenca Río Sonora”, con el apoyo y acompañamiento de la organización PODER. Esta defensa promovió 14 juicios de amparo, de los cuales la mayoría han concluido. En septiembre de 2018, la SCJN amparó a la comunidad de Bacanuchi respecto al derecho a la información que tiene sobre la construcción de la nueva presa de jales de la mina de Cananea. Otros grupos interpusieron demandas de acciones colectivas pero sus resultados han sido magros.

En julio de 2018, el triunfo de Andrés Manuel López Obrador y de su partido Morena en las elecciones presidenciales, quienes incorporaron en su agenda el reclamo de justicia de los afectados, generó la expectativa de una solución a la problemática. No obstante, los avances han sido poco significativos y la emergencia sanitaria decretada por la epidemia del coronavirus en marzo de 2020 retrasó la ejecución del amparo emitido a favor de los CCRS.

En este periodo las investigaciones más relevantes fueron: la que documentó las 55 irregularidades cometidas por la empresa minera en materia de normatividad ambiental (PODER, 2015), el diagnóstico ambiental que evidenció las afectaciones a los ecosistemas del río (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2016), y la que mostró las fallas en la gestión del Fideicomiso Río Sonora (Lamberti, 2018).

3. El *impasse* de la pandemia

En forma previa a la emergencia decretada por el coronavirus, los acontecimientos más sobresalientes en la región fueron las reuniones públicas de información de las autoridades federales con la comunidad de Bacanuchi en junio y septiembre de 2019 y la reunión del titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con los afectados en Ures en diciembre del mismo año. La gira de Víctor Toledo incluyó la presentación de un libro colectivo sobre el derrame de 2014 en la ciudad de Hermosillo y la propuesta de organizar un “Foro Científico” para presentar y discutir los resultados de los trabajos de investigación realizados sobre el tema. El foro se celebraría en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) el 12 de febrero de 2020, pero un día antes los organizadores informaron la decisión de posponerlo hasta nuevo aviso “ya que no se contaba con las condiciones para su realización”.

El 15 de enero de 2020 fue un día importante para los CCRS, ya que la SCJN resolvió un amparo a su favor en relación con la extinción del FRS y el programa de remediación. No obstante, el engrose se publicó hasta el 30 de marzo del mismo año, es decir, el mismo día en que se decretó la emergencia sanitaria. Esto repercutió en el retraso de la ejecución de la sentencia, pero no en los proyectos de expansión de la mina. Tal fue el caso del sistema de abastecimiento de agua fresca en la zona de la nueva presa de jales, que comprende ocho pozos profundos, una estación de bombeo y un acueducto de 11.7 km de longitud, y cuyo aviso al público se dio a conocer en un diario local (Expreso, 19 de julio de 2020). Dos meses después Víctor Toledo renunció como titular de la SEMARNAT y lo sustituyó María Luisa Albores.

Otra muestra de los planes de expansión fue el incremento en el número de aprovechamientos y volumen de agua subterránea concesionado otorgado a Buenavista del Cobre por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) entre febrero y octubre de 2020, el cual ascendió de 109 a 135 y de 47.5 a 63.9 hm³ de agua al año, según la consulta de la base de datos del Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) (Moreno, 2021, pp. 117-118).

Mientras esto ocurría a nivel nacional, en el segundo semestre de 2020 los CCRS lograron mediante un juicio de amparo que un tribunal colegiado en materia penal y administrativa resolviera de manera urgente la falta de atención médica en la comunidad de Bacanuchi. El juicio fue promovido por seis niños, de entre nueve y 12 años, y sus madres, como representantes legales (CCRS, 25 de mayo de 2020). También enviaron una carta al subsecretario de Salud, Hugo López-Gatell, para solicitar “que las autoridades nos informen oportunamente los hallazgos de sus muestreos, monitoreos e investigaciones, y que nos permitan participar en cualquier plan que se vaya a implementar para atender los graves problemas que nos afectan” (CCRS, 16 de octubre de 2020).

En una carta fechada el 11 de noviembre de 2020, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) informó los resultados de tres monitoreos de la calidad del agua de uso y consumo humano en tomas domiciliarias de los sistemas de abastecimiento de los siete municipios afectados por el derrame. Sobresalieron en particular los altos porcentajes de determinaciones de arsénico y plomo que superaron el límite máximo permisible establecido en la norma oficial mexicana respectiva. Estos hallazgos de concentraciones de metales fueron notificados a la CONAGUA y a los responsables de los sistemas de agua de los municipios. Los monitoreos fueron realizados el 7 y 8 de agosto de 2019, y en marzo y julio de 2020 (COFEPRIS, 2020).

Por su parte, la CONAGUA llevó a cabo dos monitoreos, uno en el periodo seco y otro en el periodo de lluvias. El primero lo efectuó del 17 al 24 de noviembre de 2020 en aguas superficiales, aguas subterráneas y la presa El Molinito. Los metales analizados fueron: aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, fierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo y zinc. En aguas superficiales concluyó que, de los 13 metales analizados, 10 no exceden los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA), el aluminio excede el valor en todos los sitios de muestreo excepto en Aconchi, y el fierro y el manganeso exceden el valor guía de los CECA. Además, los sólidos suspendidos totales exceden este valor en algunos sitios. En aguas subterráneas, cuyas muestras se tomaron en los pozos que funcionan como fuente de abastecimiento, de los 13 metales analizados, en ningún pozo se excede el valor máximo permisible de la norma, excepto el manganeso en el pozo La Labor y los sulfatos en los pozos de La Capilla, Guadalupe de Ures y San José de Gracia (CONAGUA, 2021a).

El segundo monitoreo se realizó del 9 al 27 de agosto de 2021. En aguas superficiales, de los 13 metales analizados, 11 sobrepasaron los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA), los metales con mayores concentraciones fueron aluminio, fierro y manganeso, “presentes prácticamente en los 29 sitios muestreados”. El níquel, plomo, bario, arsénico y mercurio “están presentes en algunos de los sitios muestreados”. Además, se observó una elevada concentración de sólidos suspendidos totales. Según el informe, este aumento en la concentración de metales coincidió con la presencia de precipitación pluvial en la zona durante los días del muestreo, “lo que ocasiona la re-suspensión de los metales y consecuentemente su detección”.

En aguas subterráneas se detectaron ocho metales (antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, níquel y zinc) en concentraciones muy bajas que cumplen con la norma. De los 38 pozos analizados, en 23 no se detectó ningún parámetro fuera de la norma. Los metales encontrados por encima de la norma se detectaron en los pozos de Tahuichopa (aluminio y fierro), Banámichi (mercurio y plomo), San José de

Baviácora (mercurio), Baviácora (fierro), y La Labor y La Aurora (manganeso). En San Rafael y Pozo Nuevo de Ures se encontró flúor, “debido al comportamiento natural de la geología de la zona”. En la presa El Molinito se detectó que solamente el “aluminio total” supera ligeramente el límite de la norma. En todos los casos se recomendó un proceso de potabilización previo a la distribución en la red de agua potable, así como seguir monitoreando la calidad del agua en la cuenca del río Sonora (CONAGUA, 2021b).

A su vez, un grupo de personas de diferentes instituciones de México y Estados Unidos emprendió un monitoreo de la calidad del agua del río Sonora en junio de 2019. Se realizó un muestreo en siete sitios, en época de secas, y los parámetros químicos medidos en campo se analizaron en tres laboratorios. Se concluyó que las concentraciones de metales estaban por debajo de los límites establecidos en la norma oficial mexicana y el estándar de EE. UU. para agua potable. Las concentraciones de sulfato excedieron la norma en el pozo Tahuichopa y el pozo Mazocahui, y las concentraciones de dureza total en el pozo Mazocahui.

El estudio identificó que las coordenadas geográficas que ubican los pozos con datos de CONAGUA, COFEPRIS y los obtenidos por el equipo binacional no coinciden, así como también en algunos nombres, por lo cual es difícil la comparabilidad de datos por ubicación y calidad (Proyecto Socioambiental Independiente Río Sonora, 2021, pp. 52-56).

La discrepancia en los resultados de los tres muestreos anteriores, además de la diferencia con los publicados en la página web del FRS, evidencia la incertidumbre que persiste entre la población sobre la situación real de la calidad del agua que emplean en sus actividades cotidianas.

En este periodo no tenemos información confiable y precisa sobre los recursos ejercidos en el marco de la ZEERS. Una fuente indicó inversiones realizadas por 49 mdp entre 2017 y 2020, en el programa integral hidroagrícola para organizar y regularizar unidades de riego y fuentes de abastecimiento de agua, con recursos provenientes del gobierno federal, gobierno estatal y sector privado. En 2021, consignó un presupuesto de 10 mdp para la ZEERS y 6 mdp para “energía eléctrica, plantas potabilizadoras y conducción de agua potable”. En 2022, presupuestó 4.7 mdp para proyectos ejecutivos en unidades de riego y 6 mdp de “apoyo para el pago de energía eléctrica a los municipios de la ZEERS” (Comisión Especial Río Sonora, 2021).

4. La reactivación de la lucha

El escenario de *impasse* se reactivó en mayo de 2021 con la celebración de las reuniones públicas de información convocadas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en la ciudad de Ures, en atención a la sentencia emitida por la SCJN sobre el FRS. Ante las preocupaciones externadas por los integrantes de los CCRS sobre los incumplimientos del Fideicomiso y la fallida remediación, y a pregunta expresa de un integrante, la titular de la PROFEPA, Blanca Mendoza, manifestó: “[...] tienen nuestro compromiso de cumplir la sentencia [...] el tribunal supremo del país les garantizó su derecho de acceso a la justicia; es una cosa enorme que ustedes han logrado [...] cuando hay un fallo, la justicia tiene que ser efectiva [...]” (CCRS, 23 de mayo de 2021).

En un comunicado oficial se informó que tanto los ciudadanos como las empresas tuvieron la oportunidad de manifestar sus opiniones y aportar las pruebas que consideraran necesarias, y que las autoridades competentes debían “emitir una nueva determinación”. Esta reunión —continuó— se traduce “como la activación del Fideicomiso Río Sonora, dejando sin efecto los actos de autoridad anteriores” (SEMARNAT, 2021).

Dos semanas después, en la elección estatal celebrada el 6 junio, el candidato de Morena a la gubernatura, Alfonso Durazo, triunfó con 51% de la votación total, frente al 35% de su contrincante, Ernesto

Gándara, de la alianza PRI-PAN-PRD. De nueva cuenta, este triunfo generó la expectativa de la atención a las demandas de los afectados, ya que Durazo había formado parte de la Comisión Especial del Congreso de la Unión que se creó para dar seguimiento a la problemática generada por el derrame.

Un mes después, el 4 de julio, el presidente de la República anunció el Plan Integral de Atención a Cananea (llamado después por los integrantes de los Comités de Cuenca Río Sonora “Plan de Justicia Cananea-Río Sonora”) en un evento público realizado en el mineral. Se informó que se atendería la problemática de contaminación del río Sonora y se daría seguimiento a la reactivación del FRS. Los otros temas señalados fueron: atender los conflictos laborales, garantizar atención médica a toda la población, ampliar los programas sociales e implementar el programa de mejoramiento urbano (Gobierno de México, 2021a).

Por su parte, al cumplirse otro año más del derrame en el mes de agosto, los CCRS emitieron un pronunciamiento titulado “Basta de simulación y 7 años de impunidad”, donde señalaron: “una justicia que simula escuchar nuestras peticiones, que promete resarcir los daños”, “la incertidumbre de no saber en qué estado de salud se encuentran sus hijos e hijas”, las consecuencias de “consumir agua con las altas cantidades de arsénico y plomo”, la falta de un “plan de acción concreto”, la desigualdad social, de género y la falta de oportunidades principalmente para las mujeres, quienes cargan sobre sus hombros “el peso de cientos de garrafones de agua, presuntamente purificada”, y el “derecho a incidir de forma sustantiva en el desarrollo de los planes de manejo y remediación” en sus comunidades (CCRS, 4 de agosto de 2021).

Entre las exigencias del pronunciamiento destacaron cuatro: *a)* que la PROFEPA dicte medidas cautelares para salvaguardar la salud de la población y el abastecimiento de agua salubre y suficiente; *b)* instalación y funcionamiento de las plantas potabilizadoras, reubicación de pozos contaminados y la instalación del centro médico especializado en salud ambiental; *c)* creación del plan de remediación y monitoreo constante de contaminantes, incluyendo agua, suelo, aire, flora y fauna; y, *d)* reactivación del fideicomiso, con su participación, sin intermediarios, con perspectiva de género, cuentas claras y transparencia en el uso de los fondos (CCRS, 4 de agosto de 2021).

El diálogo con la SEMARNAT se reactivó en octubre de 2021 en una reunión virtual con la titular y su equipo de trabajo. Los CCRS exigieron “compromisos claros, con cronogramas y no únicamente reuniones informativas realizadas con premura” (CCRS, 22 de octubre de 2021).

Como una muestra de que el Plan de Justicia de Cananea solo atendería de manera parcial la problemática del río Sonora, el 11 de noviembre se presentaron los primeros resultados del plan, en una reunión presidida por el presidente López Obrador con la presencia en la mesa de dos representantes del Grupo México. En su intervención, el presidente habló de diferencias y tiempos de confrontación, “que iban a necesitar tiempo para la reconciliación”. Anunció el acuerdo con la empresa minera de brindar 300 mdp para otorgarle una pensión a mil trabajadores mineros retirados (que legalmente no tenían derecho porque no habían cotizado en el Instituto Mexicano del Seguro Social [IMSS]), y que el gobierno aportaría otros 300 mdp para tal efecto. Al final de su intervención mencionó:

También es muy importante atender el problema de la contaminación del río Sonora, como aquí se manifestó. Hay que hacer los análisis, los estudios y proteger a la población. Tiene que haber agua saludable y se tiene que prevenir. No podemos olvidar este asunto, es algo que está pendiente de resolver. Ojalá para la próxima reunión ya tengamos estudios y las acciones que deben de llevarse a cabo de manera muy puntual para garantizar la salud de la gente, de todos los que viven a la orilla del río Sonora [...] (Gobierno de México, 2021b).

En el documento oficial se consignó el avance en la realización de diagnósticos en materia de agua, aire y suelo. Para abonar a la incertidumbre entre la población del río, señaló que los diagnósticos efectuados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, “apuntan a que hay sustancias por encima de la normatividad, por lo que es necesario realizar estudios integrales en la zona” (Gobierno de México, 2021c, p. 25). Estos diagnósticos comprendieron la colecta de muestras de agua superficial en 13 puntos del cauce del río Sonora, el afluente de la presa El Molinito, 20 pozos de abastecimiento para consumo humano, el monitoreo de mercurio en aire ambiente, muestreo de suelo, polvo urbano, biota vegetal y monitoreo de exposición personal (Gobierno de México, 2021c, p. 25).

Sin precisar montos, este documento señaló que “se trabaja con Grupo México para que las diez plantas potabilizadoras que en su momento fueron instaladas en la región del Río Sonora puedan operar plenamente” y que “se planea construir diez plantas de tratamiento de aguas residuales, y con ello garantizar acceso a agua potable” (Gobierno de México, 2021c, p. 26).

En un comunicado los CCRS reiteraron sus demandas plasmadas en el pronunciamiento de agosto de 2021, agregando la “falta de respeto y sensibilidad” del evento, sin la presencia de las comunidades afectadas directamente y la invitación a la empresa responsable de la tragedia (CCRS, 13 de noviembre de 2021).

En síntesis, se fue perfilando la estrategia gubernamental de sustituir la clínica de salud por la realización de estudios para evaluar los daños, la construcción de 36 potabilizadoras por únicamente 10, y el resarcimiento de los daños y la remediación del río por la continuación del programa de la ZEERS (que incluye el pago de los servicios de energía eléctrica a los organismos operadores de agua en los municipios de la región). Otra estrategia fue no insistir en la reapertura del FRS y acordar apoyos económicos específicos con el Grupo México.

Aparte del ya mencionado fondo de apoyo para mineros retirados, el consorcio minero informó que se invertirían 720 mdp para solucionar problemas de agua en Cananea y Nacozari. En Cananea, 670 mdp serían destinados “para recuperar el sistema de distribución de agua, recuperar pozos de abastecimiento, todo el equipamiento para potabilizar el agua y, por supuesto, la red de distribución”. En Nacozari, 50 mdp serían para “mejorar toda la red de distribución y resolver de manera definitiva el abasto de agua”. El anuncio lo hicieron de manera conjunta Xavier García de Quevedo, vicepresidente de Grupo México y Alfonso Durazo, gobernador del estado de Sonora. Asimismo, el gobernador declaró que Grupo México cambió su domicilio fiscal a Sonora, lo cual podría aportar anualmente entre “150 y 200 mdp a las arcas de la entidad”, de los cuales se invertirían 40% en Cananea, 30% en Nacozari y 30% a comunidades del sur de la entidad “azotadas por la pobreza extrema” (Mundo Minero, 13 de mayo de 2022). De los siete municipios afectados por el derrame de 2014, ni una sola palabra.

5. El diálogo con las comunidades

Las reuniones de las autoridades federales con los CCRS se celebraron en el primer semestre de 2022. La importancia de estas reuniones fue la información brindada por las autoridades a los pobladores. Destacó la que se refirió a la estrategia de salud, la estimación de las pérdidas económicas ocasionadas por el derrame, el tema de las plantas potabilizadoras y el programa de remediación ambiental. Por lo que se refiere a la salud, se identificó a población general potencialmente expuesta a contaminantes ambientales propios de las actividades mineras de la región, y se levantaron 494 cédulas familiares de salud que comprendieron 1,504 personas evaluadas. Aproximadamente a la mitad se le tomaron muestras de orina y sangre, debido a su identificación como sujetos de alto riesgo de exposición a metales pesados y daño presuntivo. Los resultados fueron: en orina, una prevalencia de exposición de 53% de la población a arsénico, 99% a plomo y 89% a cadmio; y en

sangre, 74% a plomo y 39% a cadmio (Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades [CENAPRECE], 8 de abril de 2022).

En cuanto a las pérdidas económicas, se concluyó en la estimación de un costo total de 10,209 mdp. Se consideraron los impactos en las limitaciones de acceso al agua y otros costos asociados (consumo de agua de garrafón, agua potable por pipa, deterioro por contaminación del agua subterránea y el río), pérdidas económicas en la producción agropecuaria y otros sectores de la economía (comercio, industria y servicios), y desembolsos realizados por el sector ambiental federal (muestreos, análisis de laboratorio, sueldos, salarios y viáticos y otros gastos).

Sin embargo, el costo más significativo fue en los rubros de daños en la salud física y mental, y daños en suelos y vegetación ribereña, así como en el lecho del río. En el primer caso se consideraron el costo anual de tratamiento para el cáncer u otras afectaciones para las 381 personas afectadas en un inicio (cohorte 2016), lo mismo que para 643 personas identificadas con plomo en la sangre posteriormente (cohorte 2022); gastos por consultas médicas, gastos totales acumulados no ejercidos por la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental de Sonora (UVEAS), fase III, días perdidos de trabajo, e impactos en la salud en las infancias. En el segundo caso se consideraron el deterioro en los ecosistemas ribereños, la estabilización de sedimentos ribereños, la remediación del lecho del río y el riesgo de pérdida de valores ecosistémicos (aprovisionamiento de alimentos por agricultura y ganadería, prevención de sequías). En total: 8,861 mdp (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2022).

La cifra total estimada de 10,209 mdp significa un monto cinco veces mayor que el monto total inicial del Fideicomiso Río Sonora, y casi 10 veces mayor de lo que se ejerció en realidad para resarcir los daños ocasionados al ambiente y a la salud de los habitantes. Esto revela en cierta medida la razón por la cual la empresa minera prefiere llegar a acuerdos con los gobiernos estatal y federal en aspectos específicos no relacionados con el derrame minero, que en responsabilizarse de los daños acumulados en materia de salud y en la remediación del río Sonora. La diferencia en costos es significativa.

En el tema de las plantas potabilizadoras, las autoridades avanzaron realizando visitas técnicas en 10 pozos para la recopilación de datos necesarios para la potabilización. Se verificó que el caudal de agua medido es mayor al registrado, que la red de distribución es de tubería de asbesto (con 40 años), que la red y los tanques tienen fugas, y que hay conexiones “extras” a lo largo de la red. Las acciones previstas son: cinco proyectos de rehabilitación de plantas potabilizadoras en Bacanuchi, Banámichi, La Capilla, Mazocahui y San Felipe de Jesús; cuatro proyectos ejecutivos de plantas nuevas en Arizpe, Huépac, Aconchi y Baviácora; y un proyecto integral en San Rafael de Ures, que incluye la rehabilitación de la planta potabilizadora (cuyo pozo presenta problemas de contaminación con flúor y arsénico) y el diagnóstico y proyecto ejecutivo de la red de distribución (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], 2022).

Otro asunto tratado por las autoridades fue el relacionado con el programa de remediación ambiental. Como resultado del amparo interpuesto por los CCRS y la sentencia respectiva, la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT informó que suspendió la evaluación del informe final de los monitoreos ambientales propuestos por un mínimo de tres años en las zonas 2, 3, 4 y 5 del río Sonora que contiene el programa de remediación autorizado en 2015. Esta suspensión es “con el objeto de que la comunidad quejosa sea escuchada, y se le tome en consideración”.

En el rubro de acciones posteriores, el 15 de octubre de 2020 la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR) emitió un oficio dirigido a Buenavista del Cobre “mediante el cual dejó sin efecto el oficio de conclusión del programa de remediación aprobado”. Agregó que: “si surgieran otros estudios que demostraran que el suelo de la zona de estudio se encuentra contaminado

derivado de la emergencia ambiental ocurrida el 6 de agosto de 2014, esta autoridad determinará lo conducente”, y si determina que aún están pendientes acciones de remediación “ordenará a la empresa Buenavista del Cobre, el cumplimiento de medidas correctivas, con el objeto de resarcir el daño al medio ambiente” (SEMARNAT, 2022).

Un balance de la situación a ocho años del derrame fue divulgado por los CCRS en reuniones y conferencias de prensa llevadas a cabo por varios de sus miembros en la Ciudad de México, en el mes de agosto de 2022. Además de reiterar los hallazgos expuestos en párrafos anteriores sobre metales pesados en las personas, las elevadas pérdidas económicas estimadas, la contaminación por metales pesados en fuentes de abastecimiento de consumo humano y sobre el cauce del río, informaron que cinco de las seis plantas potabilizadoras fijas existentes no operan y la planta restante opera alternadamente, así como que ninguna de las cuatro plantas móviles se encuentra en funcionamiento.

Con un optimismo moderado expresaron:

Hoy hay avances y voluntad de ciertos actores como SEMARNAT, CENAPRECE, INECC, IMTA y SSA, mientras que otros como PROFEPA y CONAGUA frenan la capacidad para tener acciones urgentes, y la empresa sigue impune [...] A diferencia de los siete años previos y de toda la administración federal anterior, este es el primer año en el que existen avances en la búsqueda de justicia [...] (CCRS, 2022, pp. 22-23).

En un desplegado publicado en los dos medios impresos más importantes de la entidad, titulado “A ocho años de la trágica contaminación del río Sonora”, el gobernador del estado resumió algunos de los avances y proyectos en materia de infraestructura de agua potable, unidades de riego y el Hospital Regional de Ures. En un párrafo críptico mencionó: “Convoco a las partes involucradas a retomar el diálogo constructivo que asegure el cumplimiento de los compromisos ya pactados” (El Imparcial, 7 de agosto de 2022; Expreso, 7 de agosto de 2022).

Desconocemos quiénes son *las partes involucradas* —aunque suponemos pueden ser Grupo México, Buenavista del Cobre, gobierno federal, CCRS, presidentes municipales o gobierno estatal—, que se haya efectuado algún diálogo constructivo con la población afectada en estos años de dilación de la justicia, o que existan “compromisos ya pactados” sobre algún tema en particular.

Como parte de la problemática laboral relacionada con la huelga de 2007, en el mes de enero de 2022 un grupo de trabajadores de la sección 65 del sindicato minero bloqueó la circulación de vehículos en la carretera federal Cananea-Ímuris, durante cuatro días. Sus demandas eran la intervención de la Secretaría de Gobernación y el cumplimiento de la resolución de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos de marzo de 2021.

En los meses siguientes, ante la falta de atención a sus demandas y el incumplimiento del titular de la secretaría, Adán Augusto López, de asistir personalmente al mineral, el 20 de agosto los mineros volvieron a bloquear la circulación de vehículos en la carretera federal. El bloqueo fue de solamente ocho horas y se levantó después de que el representante de la Secretaría de Gobernación (SEGOB) en Sonora ofreció por escrito atender seis temas específicos planteados por los mineros. Estos eran: reparación del daño económico por la ilegal extinción del contrato colectivo, recuperación de su fuente de trabajo en la empresa minera, incorporación como derechohabientes del IMSS, revisar los adeudos con el INFONAVIT, revisar los adeudos con la Comisión Estatal del Agua y desbloquear las cuentas bancarias del sindicato (SEGOB, 20 de agosto de 2022).

Una primera reunión entre las partes se llevó a cabo el 6 de septiembre en la Ciudad de México. Al igual que los CCRS, los 657 trabajadores de la sección 65 y sus familias reclamaron no haber sido tomados en cuenta en el Plan de Justicia que se presentó en Cananea en noviembre de 2021, y reprocharon la participación de Grupo México en esa reunión (La Jornada, 7 de septiembre de 2022).

Entre las investigaciones relevantes del periodo se encuentran el libro colectivo coordinado por Diana Luque et. al (2019), con un enfoque interdisciplinario que analiza los aspectos naturales y sociales del derrame, y la tesis doctoral de Noemí Haro (2021), quien con la consulta de las actas del Comité Técnico del FRS revela el proceso de aprobación y eliminación de las alternativas planteadas para resarcir los daños al ambiente y a la población. Otros textos fueron la obra colectiva de Liz Ileana Rodríguez y Blanca Lara (2021), con artículos diversos sobre la actividad minera y las consecuencias del derrame en el río Sonora, y el libro de José Luis Moreno (2021), sobre la historia de la apropiación y deterioro de las fuentes de agua por parte de la empresa minera y sus diferentes dueños durante el siglo XX y principios del XXI.

Entre los artículos de investigación resaltan el de Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda (2021) sobre las deficiencias en la operación y las características técnicas inadecuadas de las plantas potabilizadoras instaladas por el FRS; el de Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno (2021) que analiza los rasgos de las instituciones, los sistemas de abastecimiento de agua y los agentes sociales en tres comunidades del río Sonora; y el de Verónica Vázquez (2021) que aborda el consumo de agua embotellada y su papel como elemento de diferenciación entre las mujeres.

Por lo que se refiere a la calidad del agua, el artículo de Archundia, Prado, González, Loredo y Molina (2021), con el uso de los datos gubernamentales disponibles de 2014 a 2017 y un muestreo realizado en 2018, concluyó que el derrame minero de 2014 tuvo un impacto adverso en las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos en aguas superficiales, y que la presencia de diferentes fuentes potenciales de estos elementos continúa causando la contaminación de aguas superficiales a niveles preocupantes para la salud. También los datos mostraron impactos leves del derrame en las aguas subterráneas, posiblemente relacionados con el potencial de neutralización del suelo. Asimismo, los autores expresaron: “Las actividades de la minería actual e histórica, así como condiciones hidrológicas contrastantes, han afectado la calidad de las aguas superficiales y subterráneas con importantes riesgos ecológicos y para la salud humana” (Archundia et al., 2021, p. 18).

6. La defensa legal

En respuesta al brote del virus SARS CoV-2 y derivado de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, el Consejo de la Judicatura Federal (CJF) adoptó medidas preventivas para la protección de sus servidoras y servidores públicos y de las personas justiciables en general, por lo cual emitió una serie de acuerdos relacionados con las medidas de contingencia, mediante los cuales se decretó la suspensión de las labores en los órganos jurisdiccionales del Poder Judicial de la Federación en su totalidad del 18 de marzo al 31 de julio de 2020.³ Como consecuencia de ello, se decretó que no transcurrirían plazos ni términos procesales, no se celebrarían audiencias y tampoco se llevarían a cabo sesiones de los Plenos de Circuito.

Esta situación tuvo como efecto que se dejaran de impulsar los procesos vigentes relacionados con este caso, incluidos aquellos que se encontraban en vías de ejecución por las sentencias que se habían resuelto a favor de los Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) y que quedaron pendientes de cumplimiento.

³ Consejo de la Judicatura Federal. Acuerdos Generales 4/2020, 6/2020, 8/2020, 10/2020, 13/2020, 18/2020 y 21/2020.

7. Justicia suspendida: amparo contra el cierre del FRS

La suspensión señalada fue evidente en el caso del amparo en revisión 640/2019, resuelto el 15 de enero de 2020 por la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) en el que se concedió el amparo a las comunidades en relación con el cierre del Fideicomiso Río Sonora (FRS), con lo cual confirmó que el convenio de extinción quedaba sin efecto. El citado juicio de amparo revoca la resolución que sobresee y niega el amparo en el juicio 1131/2017 y otorga la protección de la justicia federal, ordenando a las autoridades responsables lo siguiente:

1. Organicen una reunión pública de información en la que se explique a los quejosos:
 - a) En qué consiste el Convenio FRS celebrado el 15 de septiembre de 2014.
 - b) En qué consisten y cuáles son las medidas ambientales llevadas a cabo derivadas de los Programas de Remediación de las zonas uno a cinco;
 - c) Cómo se llegó a la determinación y qué medios se utilizaron para concluir que se alcanzaron los niveles de remediación propuestos y autorizados respecto de la zona uno y cómo identificaron que los niveles de contaminación en las zonas dos a cinco son aceptables;
 - d) Cómo se llegó a la determinación y qué medios se utilizaron para concluir que se cumplieron las medidas correctivas precisadas; y
 - e) Cómo se llegó a la conclusión y cómo se cercioraron de que los fines del fideicomiso habían sido cumplidos.
2. Se les dé oportunidad de manifestar sus preocupaciones y posibles sugerencias, con la finalidad de que las opiniones de los quejosos sean escuchadas y las autoridades las tomen en cuenta de la siguiente manera:
 - a) Al explicarles en qué consisten y cuáles son las medidas ambientales llevadas a cabo derivadas de los Programas de Remediación, se permita a los demandantes proponer alguna otra medida que pudiera resultar necesaria para eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos.
 - b) Previo a que la autoridad concluya que se alcanzaron los niveles de remediación propuestos y autorizados respecto de la zona uno y de que determine si los niveles de contaminación en las zonas dos a cinco se identifican como aceptables, así como antes de que determine si se cumplieron las medidas correctivas precisadas, deberá escuchar a los quejosos a fin de que manifiesten su conformidad o inconformidad al respecto y si, a su juicio, hay alguna otra medida que deba tomarse al respecto.
 - c) Previo a que la autoridad concluya que los fines del fideicomiso han sido cumplidos, escuche a los promoventes con objeto de que puedan hacer valer lo que a su interés convenga.
3. Una vez hecho lo anterior y habiendo escuchado también a las empresas responsables del derrame, las autoridades competentes deberán emitir una nueva determinación respecto del cumplimiento de las medidas correctivas impuestas en la resolución con que concluyó el procedimiento administrativo PFPA/32.2/2C.27.1/0078-14 y del cumplimiento de los fines del fideicomiso.
4. Deben quedar sin efectos:

- a) El acuerdo mediante el cual el Comité Técnico del Fideicomiso Río Sonora instruyó a la Fiduciaria a celebrar el convenio de la extinción del FRS y realizar la reversión del remanente de los recursos y bienes a las fideicomitentes; y
- b) El “Convenio de transmisión del patrimonio y extinción total del fideicomiso irrevocable de administración número 80724”, así como el procedimiento de extinción y reversión de fondos que derivó de éste.

La citada resolución también señaló específicamente que las condicionantes expuestas se establecen en el entendido de que los quejosos tendrán oportunidad de exponer sus puntos de vista, lo cual incluye la obligación de la autoridad de recibir, desahogar y valorar las pruebas que estimen convenientes para apoyar sus manifestaciones.

Asimismo, la resolución precisa que la concesión del amparo no tiene por objeto desconocer los pagos efectuados en términos del contrato de FRS respecto de las reclamaciones por afectaciones materiales causadas a los quejosos o cualquier otra persona, en virtud de que en términos de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales.

Sin embargo, derivado de la suspensión decretada por el CJF, antes expuesta, el procedimiento se quedó detenido en el acuerdo del 9 de febrero de 2022, en el que se ordenó dar vista a la parte quejosa con copia de la versión estenográfica de las sesiones celebradas el 22 y 23 de mayo de 2021 con las que PROFEPA pretende dar cumplimiento al fallo protector.

En la citada reunión se reactivaron las actividades relacionadas con este conflicto y se llevó a cabo un diálogo entre los integrantes de los CCRS y la titular de PROFEPA. El acuerdo fue otorgar 10 días hábiles para que las autoridades siguieran recibiendo pruebas y sugerencias, no solo de los pobladores, sino también de la empresa minera; y derivado de ello se comprometieron a desarrollar un plan de acción para la remediación del daño ecológico, económico y de la salud.

En resumen, poco se ha avanzado para materializar una remediación como la que los pobladores exigen. Actualmente, el asunto sigue en vías de cumplimiento, y lleva más de 22 requerimientos a las autoridades responsables. El último fue realizado el 6 de octubre de 2022, solicitando a la PROFEPA que precise el estatus legal de las pruebas que ofrecieron, consistentes en pericial en impacto socioambiental, así como la prueba pericial en salud y epidemiología (Amparo en revisión 640/2019, CJF, 2022), otorgándole para ello otro plazo de 10 días hábiles para realizarlo.

8. Justicia en reversa: amparo sobre la calidad del agua

El amparo indirecto 834/2015 fue promovido desde junio de 2015 en contra de la aplicación de la normatividad que hizo posible la apertura de pozos de agua después del derrame en los ríos Sonora y Bacanuchi, lo cual generó una omisión por parte de CONAGUA de asegurar que a todas las personas afectadas se les garantizara un consumo de agua salubre y de calidad, al haber realizado inadecuadamente el programa de monitoreo para la liberación y apertura de los pozos.

Este procedimiento se había resuelto de manera favorable desde el 6 de julio de 2017 concediéndose el amparo y ordenando la aplicación de la normatividad más favorable para garantizar el derecho al agua salubre y de calidad. Además, se había requerido a la autoridad la realización de un nuevo muestreo aplicando la normatividad más beneficiosa, a fin de asegurar la salubridad del agua; y, finalmente, ordenó que, si de tales

mediciones se desprendiera que la contaminación de los pozos es superior a los niveles óptimos, debía realizar las labores de saneamiento pertinentes, a fin de obtener otros niveles que aseguraran el derecho al agua salubre de los usuarios.

Sin embargo, otro duro golpe llegó para las comunidades del río Sonora después de la reactivación de labores del Poder Judicial de la Federación, pues el 26 de agosto de 2020 la Segunda Sala de la SCJN emitió una resolución en la que se modificó aquella sentencia de 2017 y se negó el amparo y la protección a los quejosos, bajo el argumento siguiente:

[...] los límites permisibles establecidos en las Guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud, no son parámetros exactos, ni obligatorios, dada la incertidumbre de carácter científico que se advirtió, por lo que resulta razonable que en la NOM a que se ha hecho referencia se haya situado como rango límite de concentración una cantidad de arsénico mínimamente por encima de la que refieren las guías de la OMS, tomando en cuenta que este organismo calificó como una cifra “provisional” la que ella misma fijó ante la falta de evidencia contundente respecto de tal sustancia química de origen natural en el agua.

Dicho argumento se contrapone con el principio precautorio, el cual exige contar con la mejor información disponible para hacer frente a la incertidumbre, posibilitando incluso al juzgador a revertir las cargas probatorias hacia las autoridades que deberán probar la inexistencia de los riesgos a la salud ambiental; precisamente este principio es una herramienta que se ha reconocido en diversos asuntos como se relata en el Cuaderno de Jurisprudencia No. 3, emitido por la SCJN (2022) y el Centro de Estudios Constitucionales de dicha instancia, denominado “Contenido y alcance del derecho humano a un medio ambiente sano”, pero que en esta ocasión en particular omitieron aplicar.

Apenas un mes después de esta determinación de la SCJN, los CCRS publicaron el 1 de octubre de 2020 un comunicado en el que informaron los resultados referidos por el titular de COFEPRIS y el director del Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI) en diciembre de 2019, cuando reconocieron la existencia de una cantidad mayor de afectados en su salud que los que se tenían contabilizados por la UVEAS y la presencia de metales pesados en el agua. Estos datos fueron obtenidos por los CCRS a través de una solicitud de acceso a la información, y en ellos se advierte que 32 pozos y 16 domicilios particulares exceden los límites permisibles de metales y metaloides en el agua.

Ante este escenario, el 7 de octubre de 2020, en conferencia de prensa el subsecretario de Salud Hugo López-Gatell manifestó la necesidad de retomar la atención al caso del río Sonora, refiriéndose al mismo como un “Infierno ambiental”, señalando que la Secretaría de Salud, SEMARNAT, PROFEPA y la directora del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) estaban trabajando para presentar una estrategia integral de monitoreo de la calidad de agua no solo de los pozos, sino de todas las cuencas del país.

El 11 de noviembre de 2020 el titular de la COFEPRIS envió una carta a siete comunidades del río Sonora, por conducto de los CCRS, en la que les informó los resultados de los muestreos del 7 y 8 de agosto de 2019, en los que sobresalieron los altos porcentajes de arsénico y plomo identificados en el agua de uso y consumo humano.

Los datos de COFEPRIS pusieron en evidencia algunas cosas. En principio, que la SCJN debió precisamente exigir la “certidumbre científica” antes de modificar el sentido de la resolución de 2017, pues incluso esta información ya existía, dado que los resultados que se informaron posterior a la fecha de la resolución derivan de los muestreos realizados por lo menos un año antes. Además, esta situación advierte de las dificultades que los afectados deben sopesar para allegarse de la información técnica que los órganos

jurisdiccionales, incluida la SCJN, indebidamente les exigen para acreditar sus afectaciones, aun cuando son las propias autoridades responsables quienes, como en este caso, la tuvieron disponible.

Respecto a este asunto, pasaron cinco años y dos meses desde su presentación para obtener una sentencia definitiva y esta fue contraria a los intereses de los quejosos, modificando incluso una anterior que había determinado la violación a sus derechos humanos, específicamente los relacionados con la mala calidad del agua. El asunto se encuentra concluido, se ordenó archivar y depurar desde marzo de 2021.

9. Justicia en papel. Amparo sobre el derecho a la participación en asuntos ambientales relacionado con la nueva presa de jales

El 14 de marzo de 2016 los integrantes de los CCRS promovieron un amparo contra la autorización emitida por la SEMARNAT para que la empresa minera construyera y operara una nueva presa de jales, sin hacer efectivo el derecho a la participación informada de los residentes de la comunidad de Bacanuchi, colindante con dicha obra.

Después de un largo camino, que incluyó una resolución de sobreseimiento, un recurso de revisión y el ejercicio de la facultad de atracción por parte de la SCJN, se resolvió el 5 de septiembre de 2018 conceder el amparo y la protección de la justicia.

Sin embargo, conviene destacar el estado procesal del citado juicio de amparo 86/2016, pues en su momento dicha sentencia de la SCJN constituyó un referente para efectos de reconocer la participación ambiental de las comunidades que se ven perjudicadas por proyectos que se implementan en sus comunidades. Fue una resolución histórica que al final no tuvo el alcance y la consolidación necesaria, pues después de un largo proceso de requerimientos a las autoridades responsables para que dieran cumplimiento a la sentencia, el 12 de julio de 2021 se determinó que “el fallo protector ha quedado cumplido, sin que se advierta exceso o defecto en su acatamiento”.

Actualmente existe un recurso de inconformidad pendiente de resolución precisamente sobre esta determinación; aun así, a pesar de la resolución que se logre, la realidad es que el órgano jurisdiccional ya emitió su determinación considerando cumplido el fallo, situación que pone de manifiesto la ineficacia del juicio de amparo para resolver de fondo los conflictos ambientales que se generan en nuestro país. Hasta el momento lo único que se ha obtenido, después de más de cinco años de defensa y siete años de lucha, es una reunión pública informativa que no tuvo implicaciones en la resolución del conflicto.

Lo anterior se constata, pues desde julio de 2020 se difundió la noticia del nuevo proyecto de Grupo México denominado “Sistema de abastecimiento de agua fresca”, que comprende un acueducto de 11.7 kilómetros entre los municipios de Cananea y Arizpe, estación de bombeo y ocho pozos profundos, diseñado para implementarse en una superficie de 31 hectáreas de las cuales 23 son de superficie forestal, de nuevo, sin la participación de las comunidades a quienes se les reconoció precisamente este derecho por la SCJN desde 2018.

10. Seguimiento de otros juicios de amparo

Pese a este escenario desfavorable los CCRS continúan con la defensa legal, ahora extendiendo sus exigencias hacia otros rubros. Por ejemplo, durante 2020, en plena contingencia sanitaria, se intensificó la solicitud de atención médica y medicinas en las comunidades, lo cual se fortaleció con la resolución del 25 de mayo de 2020 relacionada con un juicio de amparo promovido por los niños y sus madres de la comunidad de Bacanuchi, en el cual exigían contar con un servicio médico en su comunidad.

Ante esta situación, el 6 de junio de 2020 se anunció la llegada de una doctora a la comunidad y la reapertura del centro de salud; sin embargo, este acto se realizó por funcionarios de la Secretaría de Salud y del Ayuntamiento de Arizpe, acompañados de personal de la empresa minera; al respecto, los CCRS emitieron un pronunciamiento reivindicando este logro a las mujeres de la comunidad que promovieron dicha defensa.

En agosto de 2020, aunado a los problemas de salud ambiental y económicos derivados de la pandemia, las autoridades educativas decidieron que las clases se desarrollarían a distancia, ante lo cual los CCRS de Bacanuchi emprendieron una nueva defensa por el acceso a la educación de los niños de dicha población que no contaban con los medios de comunicación necesarios para continuar las clases. La judicialización de los conflictos llegó para quedarse entre los integrantes de los CCRS que siguen utilizando esta estrategia de defensa, aun cuando los resultados que han conseguido han sido escasos, lentos e inciertos.

Este conflicto sigue desarrollándose hasta cierto punto de manera aislada en comparación con otros conflictos en el resto del país, pero la defensa en contra de las implicaciones de la Ley Minera sigue presentándose por parte de variados colectivos que también se han visto afectados, especialmente las comunidades indígenas.

Uno de los más relevantes es el caso de la comunidad indígena de Tecoltemi, municipio de Ixtacamaxtitlán, en el estado de Puebla, en que se han promovido dos grandes defensas por comunidades indígenas nahuas, reclamando la inconstitucionalidad de diversos artículos de la Ley Minera⁴ bajo el argumento de que esas normas configuran un marco jurídico que posibilita la transgresión sistemática de los derechos fundamentales de los pueblos indígenas a la autonomía, la participación en la toma de decisiones, el territorio, el acceso a los recursos naturales, la identidad cultural, el agua y la consulta previa, libre e informada, entre otros.

En el amparo 1017/2015, relacionado con este caso, el juez de distrito lo concedió para dejar sin efecto las concesiones mineras y ordenó la consulta; el amparo en revisión se resolvió por la SCJN emitiendo determinaciones respecto a la inconstitucionalidad de la ley minera y reservó jurisdicción al tribunal colegiado a propósito del tema de los títulos de concesión que todavía se encuentra pendiente de resolución.

En el caso del amparo 445/2015 promovido también por la citada comunidad de Tecoltemi, el juez de distrito concedió el amparo ordenando al Congreso de la Unión a incorporar en la ley minera lo relativo al derecho a la consulta y a la obtención del consentimiento libre e informado de las comunidades y pueblos indígenas y, por ende, dejó insubsistentes los títulos de concesión en disputa; sin embargo, la SCJN asumió su competencia originaria y la resolución se encuentra pendiente.

Se tiene conocimiento de otras defensas a nivel nacional en las que especialmente pueblos indígenas están argumentando esa inconstitucionalidad, como en comunidades de Guerrero, Cuetzalan (también en Puebla), así como en diversas comunidades de Chiapas, Michoacán y Oaxaca. En esta última entidad se obtuvo incluso una resolución favorable ante el juez de distrito que concedió el amparo sobre los títulos de concesión; sin embargo, antes de resolver la revisión la empresa minera desistió de la concesión como estrategia y dejó el amparo sin materia.

En este sentido, una de las propuestas que reiteradamente surgen desde la academia y el sector de la sociedad civil organizada es la necesidad de reformar la Ley Minera y la Ley de Aguas Nacionales. Ambas tienen la figura de la concesión como el mecanismo para otorgar a particulares el uso y disfrute de bienes nacionales que debieran tener un mayor marco regulatorio y de fiscalización, pero sobre todo deben forjarse

⁴ Artículos 6, primer párrafo; 7, fracción VI; 10, primer párrafo; 13, primer y tercer párrafos; 13 BIS, 15 y 19, fracciones I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII de la Ley Minera.

con un enfoque socioambiental en el que se analice primeramente la disponibilidad de los recursos y las implicaciones de su aprovechamiento, priorizando la salud de las y los mexicanos y la sostenibilidad del entorno natural.

Es necesario establecer mecanismos efectivos como los que se han reconocido en el Acuerdo de Escazú sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, pues la participación en temas ambientales debe ser garantizada para todos en un Estado democrático, no solo reconocida bajo la tutela de tratados internacionales como el de consulta pública que es el que les confiere cierta ventaja a las comunidades indígenas al momento de establecer la estrategia legal. En el caso específico del río Sonora es necesario cumplimentar la sentencia relacionada con el FRS y transparentar acciones y gastos requeridos para el programa de remediación, incorporando a las comunidades.

11. Jurisdicción especializada en materia ambiental

Relacionada con el sistema de justicia, se encuentra la alternativa de la jurisdicción especializada en materia ambiental. Desde 2011, con la figura de las acciones colectivas, se incorporó a los “Tribunales de la Federación” en el sistema de justicia ambiental. Es importante señalar que esta primera figura no advertía de una especialización por parte de los órganos jurisdiccionales; sin embargo, dos años después, la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental complementó algunos puntos precisamente respecto a la jurisdicción especializada para esta materia, planteando la necesidad de crear un sistema de responsabilidad ambiental, derivado fundamentalmente de la demanda social de participación directa en la tutela del ambiente, atendiendo a criterios internacionales que reconocen que: “[...] un poder y un proceso judiciales independientes son decisivos para la ejecución, el desarrollo y la aplicación coercitiva del derecho ambiental [...]” (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2002, p. 2).

A pesar de contar con una disposición expresa respecto a este tema, el Pleno del CJF emitió el Acuerdo General 27/2015 precisando la competencia de los órganos jurisdiccionales en aquellos que ejercen jurisdicción en asuntos administrativos, para atender los asuntos ambientales.

Esta situación persiste actualmente; según Laila Peralta (2018) el CJF justifica la desatención a la disposición expresa de la “jurisdicción especial” al hecho de que no existe todavía un número considerable de demandas en esa materia, por lo que continuará indefinidamente atendiendo estos asuntos bajo las disposiciones del citado acuerdo; lo anterior, aun ante el alza en el número de conflictos ambientales que promueven procesos judiciales.

Ahora bien, aun cuando la justificación del CJF pudiese tener algún grado de razón al considerar la cantidad de asuntos ambientales como un parámetro de referencia para determinar si es necesario adaptar su organigrama para incorporar una jurisdicción especializada en materia ambiental, la realidad es que si analizamos los datos existentes igualmente podríamos argumentar que se necesita una jurisdicción especializada precisamente derivado de las múltiples materias que “atienden” la temática ambiental.

Esto es así, pues se asume que el CJF sostiene su argumento precisamente en la estadística judicial que ha venido desarrollando en una robusta plataforma en la que se concentran todos los expedientes judiciales. Sin embargo, los asuntos ambientales no se identifican como tales en un gran número de ocasiones, sino que, en el mejor de los casos, se encuentran en un subíndice o “submateria”; en la mayoría no se establece información, se establecen todas las materias administrativas o se inscribe con la opción “otro”.

En el caso particular del río Sonora esta situación se pone en evidencia, pues al identificar 10 asuntos promovidos por los CCRS en los que sí se estableció la materia del juicio, se advierte que solo en cinco de ellos se hace mención, y únicamente como “submateria”, que es ambiental (véase [tabla 1](#)).

Tabla 1. Juicios de amparo de los casos de estudio, con identificación de la materia con la que fueron contabilizados para efectos estadísticos

	Juzgado de Distrito	Número de expediente	Acto reclamado	Materia
1	Juzgado Noveno	144/2015	La empresa BVC se mantiene en operaciones sin contar con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.	Administrativa Submateria: Ambiental
2	Juzgado Primero	834/2015	La aplicación de la normatividad que hizo posible la apertura de pozos de agua después del derrame en los ríos Sonora y Bacanuchi. Omisión por parte de CONAGUA, para asegurar que a todas las personas afectadas por el derrame en los ríos Sonora y Bacanuchi se les garantice un consumo de agua salubre y de calidad. Inadecuada realización del Programa de Monitoreo para la liberación y la apertura de pozos.	Administrativa Submateria: expropiación
3	Juzgado Noveno	185/2015	Programa de Remediación Ambiental Integral para reparar los daños.	Administrativa Submateria: Ambiental
4	Juzgado Décimo	1006/2015	Falta de consulta en las autorizaciones ambientales emitidas. Ilegalidad de los art. 37 al 43 del RLGEPA de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, pues no garantiza participación.	Materia: Otro
5	Juzgado Segundo	1166/2015	La ausencia de fundamentación y motivación para asignar recursos del Fideicomiso Río Sonora, sin la participación de las personas afectadas, y la consecuente inequitativa distribución de estos.	Administrativa Submateria: ambiental
6	Juzgado Noveno	279/2015	La empresa minera Buenavista del Cobre, S. A. de C. V., se mantiene en operación a pesar de todas las irregularidades detectadas por PROFEPA.	Administrativa Submateria: Otro
7	Juzgado Noveno	86/2016	La autorización emitida por la SEMARNAT para BVC, a fin de que construya y opere una nueva presa de jales, sin que se cuente con la participación informada y efectiva de quienes viven en la comunidad de Bacanuchi.	Administrativa Submateria: ambiental
8	Juzgado Décimosegundo	113/2016	La omisión de las autoridades responsables de elaborar, aprobar y realizar el “Proyecto de Reactivación Agropecuaria” anunciado desde el 14 de septiembre de 2014.	Administrativa Submateria: agraria
9	Juzgado Noveno	179/2017	Aprobación para que el Municipio participe en la ZEERS, sin haber consultado a sus habitantes, ni haberles informado efectivamente.	Administrativa Submateria: otro
10	Juzgado Cuarto de Distrito en Materia Administrativa del Primer Circuito	1131/2017	La resolución que pudo tener cumplidos los objetivos del programa de remediación de los daños causados por el derrame de fecha 6 de agosto de 2014 en los ríos Sonora y Bacanuchi. El procedimiento de extinción y de reversión de fondos del FRS.	Administrativa Submateria: ambiental

Fuente: elaboración propia.

En ese sentido, convendría reflexionar sobre los criterios para considerar la necesidad de una jurisdicción especializada, que bien podría fungir mediante un único órgano jurisdiccional que atienda como *auxiliar* en esta materia al resto de los circuitos judiciales, como se realiza actualmente para efectos de atender los *rezagos* y brindar prontitud a los procesos, pues es evidente que la materia requiere una tecnicidad y una celeridad que el proceso actual no está cubriendo satisfactoriamente.

12. Conclusiones

Un balance general de los hechos y determinaciones que tuvieron lugar desde el derrame hasta el cierre del año 2022 muestra pocos aspectos positivos y muchos negativos para la población afectada y la región del río Sonora. Entre los positivos sobresalen los avances en materia de levantamiento de expedientes de salud familiares, la nueva valoración de los costos del daño ambiental, el mantenimiento de la interlocución con la SEMARNAT, el acompañamiento de PODER, y la persistencia de la lucha que conducen las mujeres y los hombres que integran los CCRS.

Entre los aspectos negativos se encuentran la permanente incertidumbre entre la población en relación con la calidad del agua que consumen provocada por la inconsistencia en los resultados de las investigaciones realizadas por distintas dependencias, organizaciones e instituciones, así como los acuerdos entre los gobiernos federal y estatal y Grupo México, que han diluido la responsabilidad de la empresa para resarcir los daños ocasionados por el derrame, que se calculan en casi 10 veces más a lo ejercido en el FRS.

Otros aspectos negativos son la falta de transparencia en la aplicación de los recursos ejercidos en el programa de la ZEERS, el incumplimiento de los compromisos originales (clínica de salud, 36 potabilizadoras, plan de remediación del río), y la falta de atención a las demandas planteadas por los CCRS.

Después de reseñar el contexto social y político, mostrar la situación que prevalece en el río Sonora y analizar las circunstancias particulares que se desarrollaron en los procesos judiciales aquí expuestos, corroboramos las conclusiones de nuestros anteriores trabajos. Se advierte que, aunque la lucha sigue viva, no ha tenido el alcance suficiente para superar el discurso y la simulación de las autoridades responsables ante un sistema jurídico que no proporciona una solución imparcial, equitativa, completa ni expedita, al no establecer un procedimiento que pueda prever eficazmente los daños ambientales y, cuando estos se ocasionan, tampoco asegura una rápida y adecuada reparación. Por tal razón, a más de ocho años del derrame, concluimos que la búsqueda por la justicia ambiental continúa.

Referencias

- Archundia, D., Prado-Pano, B., González-Méndez, B., Loredó-Portales, R., y Molina-Freaner, F. (2021). Water resources affected by potentially toxic elements in an area under current and historical mining in northwestern Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 236. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08998-z>
- Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora. (2017a). Declaratoria de la Zona Especial Río Sonora. Tomo CXCIX, núm. 39, secc. 11, Hermosillo, Sonora, 15 de mayo. Recuperado de <http://www.boletinoficial.sonora.gob.mx/boletin/images/boletinesPdf/2017/mayo/2017CXCIX39II.pdf>
- Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora. (2017b). Ley que crea la Zona Económica Especial para el Río Sonora. Hermosillo, Sonora, 3 de febrero. Recuperado de http://www.congresoson.gob.mx:81/Content/Doc_leyes/Doc_501.pdf

- Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades [CENAPRECE]. (2022). Abordaje toxicológico de la salud. Resultados Plan de Justicia para Cananea-Río Sonora. Huépac, Sonora, 8 de abril.
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (25 de mayo de 2020). Tribunal dicta medidas urgentes para garantizar la atención médica a los niños de Bacanuchi, en el río Sonora. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2020/05/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (19 de octubre de 2020). Carta al subsecretario Hugo López-Gatell. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2020/10/19/carta-al-subsecretario-hugo-lopez-gatell/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (1 de octubre de 2020). Pozos contaminados. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2020/10/01/pozos-contaminados/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (17 de mayo de 2021). La reunión pública de información sobre el fideicomiso río Sonora, convocada por Profepa, es una oportunidad única para lograr la remediación y acabar con la impunidad de Grupo México. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2021/05/17/reunion-publica-de-informacion-sobre-fideicomiso-rio-sonora-oportunidad-unica-para-lograr-la-remediacion/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (4 de agosto de 2021). Basta de simulación y #7AñosDeImpunidad: queremos agua limpia en el río Sonora. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2021/08/04/basta-de-simulacion-y-7anosdeimpunidad-queremos-agua-limpia-en-el-rio-sonora/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (22 de octubre de 2021). Es necesario hacer compromisos y contar con nuestra participación sustantiva en diálogo con SEMARNAT por río Sonora. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2021/10/22/es-necesario-hacer-compromisos-y-contar-con-nuestra-participacion-sustantiva-en-dialogo-con-semarnat-por-rio-sonora/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (13 de noviembre de 2021). Necesitamos un plan concreto de justicia para el río Sonora. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2021/11/13/necesitamos-un-plan-concreto-de-justicia-para-el-rio-sonora/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS] y Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación [PODER]. (2022). *El camino hacia la verdad tras 8 años de impunidad en el río Sonora*. Recuperado de https://poderlatam.org/wp-content/uploads/2022/08/CaminoHaciaLaVerdad_8AnosDeImpunidad_RS.pdf
- Comisión Especial Río Sonora. (8 de diciembre de 2021). Instalación de la Comisión de la Zona Económica Especial del Río Sonora. Reunión de Trabajo. Congreso del Estado de Sonora.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios [COFEPRIS]. (11 de noviembre de 2020). Oficio No. S00/132/2020. Secretaría de Salud.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (25 de marzo de 2021a). Resultados del monitoreo de calidad del agua en el río Sonora. Organismo de Cuenca Noroeste.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2021b). Resultados de los Análisis del Monitoreo de Calidad del Agua Superficial y Subterránea en los Ríos Bacanuchi y Sonora. Organismo de Cuenca Noroeste. Recuperado de <https://en15dias.com/wp-content/uploads/2022/01/Presentacion-Semarnat-CONAGUA-Analisis-de-calidad-del-agua-Agosto-2021.pdf>

- Díaz-Caravantes, R. E., Durazo-Gálvez, F. M., Moreno Vázquez, J. L., Duarte Tagles, H., y Pineda Pablos, N. (2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: una revisión de la recuperación del desastre. *región y sociedad*, 33(e1416). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416>
- Elizalde Castillo, F., Díaz-Caravantes, R. E., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). Resiliencia en el agua doméstica en comunidades del río Sonora ante el derrame de 2014. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 569-598. doi: <https://doi.org/10.22136/est20211715>
- El Imparcial. (7 de agosto de 2022). A ocho años de la trágica contaminación del río Sonora.
- Expreso. (29 de julio de 2022). GM invertirá 38 mmdp en Sonora.
- Expreso. (7 de agosto de 2022). A ocho años de la trágica contaminación del río Sonora.
- Gaceta Parlamentaria. (17 de septiembre de 2014). Informes de la Comisión Especial para dar seguimiento a la problemática generada por el derrame de diversas sustancias contaminantes a los ríos Sonora y Bacanuchi. Número 4113-V.. LXII Legislatura, Cámara de Diputados. Recuperado de <https://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/62/2014/sep/20140917-V.pdf>
- Gaceta Parlamentaria. (2 de octubre de 2018). Iniciativa que presentan los diputados integrantes del Grupo Parlamentario del Partido Nueva Alianza, con punto de Acuerdo para la creación de la Comisión Especial Río Sonora, así como, para exhortar a diversas autoridades en relación a dicha problemática. Congreso del Estado de Sonora. Número 1000, Año 12.
- Gobierno de México. (4 de julio de 2021a). En Sonora, presidente anuncia Plan Integral de Atención a Cananea. 4 de julio. Recuperado de <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/en-sonora-presidente-anuncia-plan-integral-de-atencion-a-cananea>
- Gobierno de México. (11 de noviembre de 2021b). Versión estenográfica. Plan de Justicia para Cananea. Recuperado de <https://www.gob.mx/presidencia/articulos/plan-de-justicia-para-cananea?idiom=es>
- Gobierno de México. (2021c). *Plan de Justicia para Cananea: primeros resultados*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/file/682626/ST_Plan_de_Justicia_Cananea_V_4.5_compressed.pdf
- Gobierno del Estado de Sonora. (2017). *Plan de Desarrollo para la Zona Económica Especial del Río Sonora 2018-2032. Políticas, programas y proyectos para una región competitiva y sustentable*. Recuperado de <https://hacienda.sonora.gob.mx/media/4843/plan-de-desarrollozona-economica-especial-rio-sonora.pdf>
- Haro, N. (2021). *Especificación de alternativas en la formación de la agenda para la remediación del Río Sonora por el derrame de lixiviados de cobre* (tesis doctoral, inédita). El Colegio de Sonora. Recuperado de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44591>
- Ibarra Barreras, M. F., y Moreno Vázquez, J. L. (2017). La justicia ambiental en el río Sonora. *RevIISE-Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 10(10), 135-155. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/5535/553559586012/html/>
- Ibarra Barreras, M. F., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). La (in)justicia ambiental en el río Sonora. En J. L. Castro, A. Cortez y V. Sánchez (coords.), *Visiones contemporáneas de la cooperación y la gestión del agua en la frontera México-Estados Unidos* (pp. 113-144). Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA]. (2022). Recorrido realizado del 23 de mayo al 9 de junio. Huépac, Sonora, 17 de junio.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2022). Estimación de pérdidas económicas por los daños ocasionados a partir del derrame en los ríos Sonora y Bacanuchi. Resultados finales.

- Jiménez, N. y Laureles, J. (7 de septiembre de 2022). Encabeza Adán Augusto López reunión para atender huelga minera de Cananea. *La Jornada*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/notas/2022/09/07/politica/encabeza-adan-augusto-lopez-reunion-para-atender-huelga-minera-de-cananea/>
- Lamberti, M. J. (2018). Análisis del Fideicomiso Río Sonora. Simulando la remediación privada en un Estado capturado. *Poder*. Recuperado de <https://poderlatam.org/wp-content/uploads/2018/07/analisis-FRS.pdf>
- Luque, D., Murphy, A., Jones, E., Búrquez, A., Martínez, A., Manrique, T., y Esquer, D. (2019). *Río Sonora: El derrame de la Mina Buenavista del Cobre-Cananea, 2014*. Hermosillo: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Moreno Vázquez, J. L. (2021). *Acaparamiento y deterioro del agua en el noreste de Sonora. El caso de la mina de Cananea, 1899-2020*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Mundo Minero (13 de mayo de 2022). Grupo México y Sonora invertirán MX\$720 millones para solucionar problemas de agua en Cananea y Nacozari. Recuperado de <https://mundominero.mx/gmex-y-sonora-invertiran-para-solucionar-problemas-de-agua/#201a%20red%C3%B3n%E2%80%9D>.
- Navarro-Navarro, L. A. (2018). *Nueva presa de jales de Buenavista del Cobre en Cananea* [mapa de La Morita, Sonora, en Google Earth]. Latitud 30.853271 y longitud-110.295297, altura del ojo 1.40-6.40 km [inédito].
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2002). *Principios de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible y la función del derecho adoptados por el Simposio Mundial de Jueces*.
- Peralta Escobar, L. A. (2018). *Los Tribunales Verdes en México: La sustentabilidad en la Ley Ambiental y la construcción de un nuevo paradigma institucional*. México: Universidad Autónoma de Tamaulipas y Ediciones Académicas Colofón.
- Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación [PODER]. (17 de octubre de 2016). Análisis de incumplimientos de la normatividad ambiental por parte de Buenavista del Cobre, S.A. de C.V. Recuperado de <https://poderlatam.org/2016/10/analisis-de-incumplimientos-de-la-normatividad-ambiental-por-parte-de-buenavista-de-cobre-s-a-de-c-v/>
- Proyecto Socioambiental Independiente Río Sonora. (2021). Primer muestreo de calidad del agua. Primer informe de resultados. Enero.
- Rodríguez, L. I., y Lara, B. (coords.) (2021). *Minería y Sociedad en el río Sonora. Diálogos sobre desarrollo, sostenibilidad e inclusión*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Secretaría de Gobernación. (20 de agosto de 2022). Carta a C. Heriberto Verdugo, delegado del Comité Ejecutivo Nacional del Sindicato Minero en el Estado de Sonora, Unidad de Gobierno, Representación Estatal en Sonora.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (24 de mayo de 2021). Comunicado de prensa núm. 66/21.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (17 de junio de 2022). Reunión Comité de Cuencas del Río Sonora.
- Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]. (2022). *Contenido y alcance del derecho humano a un medio ambiente sano*. Cuadernos de Jurisprudencia número 3, Segunda Edición. Recuperado de <https://www.sitios.scjn.gob.mx/cec/editorial/contenido-y-alcance-del-derecho-humano-un-medio-ambiente-sano>

Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (2016). *Diagnóstico ambiental en la cuenca del río Sonora afectada por el derrame del represo "Tinajas 1" de la mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora. Informe final*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/341869/INFORME_FINAL_UNAM.pdf

Vázquez-García, V. (2021). Género, desastres ambientales y consumo de agua embotellada. El caso de la cuenca del río Sonora. *región y sociedad*, 33(e1473). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1473>

LOS DETERMINANTES DE LA SALUD PÚBLICA EN LA CUENCA DEL RÍO SONORA

Karen Andrea Pacheco Flores¹

Héctor Duarte Tagles²

1. Introducción

En el presente capítulo se abordarán los determinantes de la salud pública en la cuenca del río Sonora a partir de los orígenes de este concepto y su relación con la salud de la población afectada, antes y después del derrame minero ocurrido en 2014. El análisis de los determinantes sociales va desde las condiciones biológicas de cada individuo hasta la normatividad mexicana en materia de salud ambiental, abordando los contaminantes ambientales y cómo estos pueden tener un impacto negativo en la población de la cuenca del río Sonora.

Dichos determinantes serán visualizados por un modelo de capas donde actúan de manera dinámica y compleja, y el análisis de su clasificación nos permitirá destacar las inequidades sanitarias presentes en esta población; también se mencionan diferentes medidas que se han implementado, las condiciones de salud de la población afectada, así como la importancia de la promoción de la salud para contribuir en la mejora de salud pública.

2. Determinantes de la salud

Desde su creación en 1948, la Organización Mundial de la Salud (OMS) definió la salud como “el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de enfermedades”, concepto que fue posteriormente ratificado en la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de la Salud, en Alma-Ata (actualmente Kazajistán) (OMS, 1978). Bajo esta perspectiva se reconoce que la salud no depende únicamente de los aspectos biológicos inherentes al individuo (por ejemplo, las condiciones fisiológicas o sus rasgos genéticos), sino que hay factores de su entorno físico y social que también condicionan su salud. Estos son conocidos como determinantes de la salud.

El desastre minero ocurrido en 2014 en la cuenca del río Sonora afectó severamente la calidad del ambiente a lo largo de 294 km por donde hizo su recorrido la descarga ácida de contaminantes (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], Universidad de Sonora [UNISON], e Instituto Tecnológico de Sonora [ITSON], 2016). Varios estudios han reportado la contaminación del agua superficial, agua

¹ karen.udue.son@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-7961-6495>

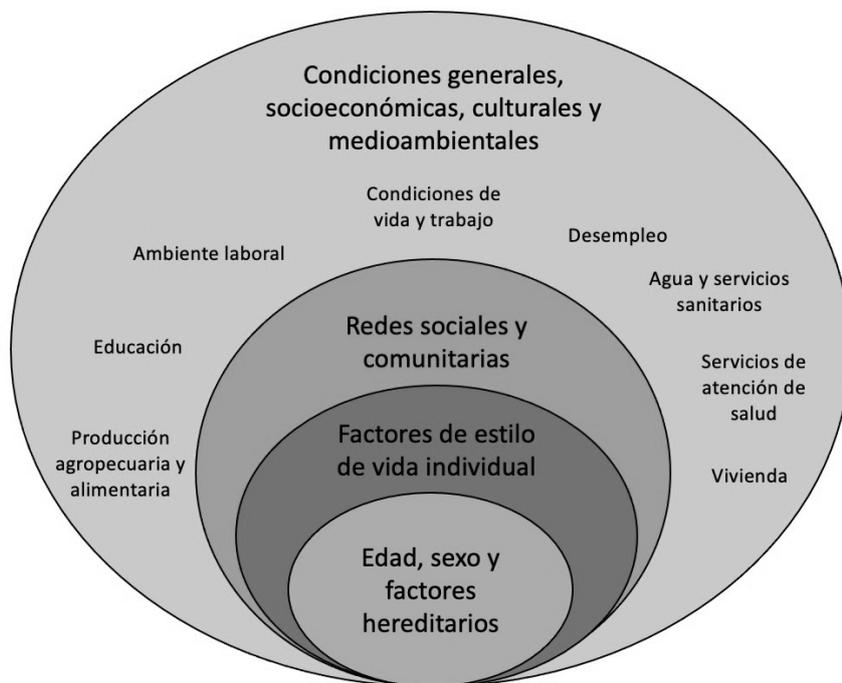
² Universidad de Sonora, Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud, hector.duarte@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0002-1058-261X>

subterránea, de suelos y sedimentos en diferentes localidades y en diferentes momentos desde que ocurrió el accidente (Díaz-Caravantes, Duarte y Durazo-Gálvez, 2016; Romero Lázaro, Ramos, Romero y Sedov, 2019). La presencia de contaminantes en niveles superiores a los límites máximos permisibles por la normatividad mexicana en materia de salud ambiental, indica que no solo estaría afectando la calidad del medio donde se encuentra, sino que la exposición humana a dicho medio contaminado conlleva un riesgo potencial del individuo a desarrollar una condición patológica (Secretaría de Salud, 1995).

Por ello, es importante tanto detectar la existencia de los contaminantes en el agua, aire, suelo o sedimento, como determinar el grado de exposición de la población afectada, tanto en la frecuencia de exposición (número de contacto con el medio contaminado), como en el tiempo de esta (duración de cada exposición y el periodo de tiempo en que se dieron las exposiciones). El impacto en la salud por la exposición a contaminantes ambientales sería determinado entonces por la toxicidad propia de la sustancia o agente contaminante, así como por el nivel o grado de exposición al que fue sometida una persona en particular (Peña, Carter y Ayala, 2001).

Sin embargo, existen factores que predisponen a ciertos individuos a exponerse más que otros, o bien, que cuando ocurre una exposición potencialmente dañina, intrínsecamente ciertos individuos ya se encuentran en condiciones biológicas de desventaja para resultar más severamente afectados. A esta conclusión llegó la Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud de la OMS, la cual afirmó que son las condiciones de vida las que determinan la manera cómo las personas enferman y mueren (OMS-CDSS, 2008).

Figura 1. Modelo sobre determinantes de la salud



Fuente: elaboración propia, adaptado de Dahlgren y Whitehead (1991, p. 11).

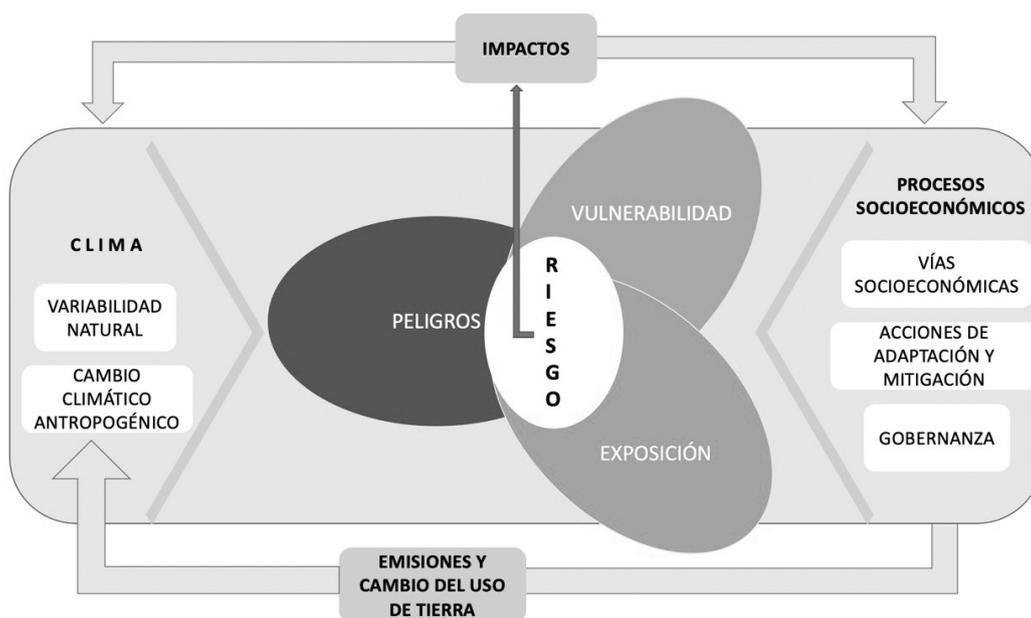
Con base en esta perspectiva, Dahlgren y Whitehead (1991) estructuran un modelo que identifica los principales determinantes de la salud como capas de influencia ([figura 1](#)). En la parte central se encuentra el individuo y los factores que lo constituyen, los cuales afectan su salud, pero no son modificables. Estas capas

se distribuyen como distales o proximales en función de su posición respecto a la cercanía de su influencia sobre los individuos. A su alrededor se encuentran las capas que se refieren a determinantes posibles de cambiar, comenzando por los estilos de vida individuales, redes sociales, las condiciones de vida y trabajo, alimentos y ambientales, representadas en la capa externa.

Dahlgren y Whitehead (1991) propusieron este modelo de determinantes de la salud poblacional para guiar la estrategia de la OMS de promoción de la equidad en salud en Europa. Los determinantes de las diferentes capas interactúan de manera dinámica y compleja entre ellos, y mediante sus diferentes interacciones se produce el estado de salud a nivel poblacional. Para el caso de los ocho municipios afectados por el derrame de 2014, a través de este modelo se pueden identificar las capas y sus determinantes que han actuado en el tiempo y espacio para explicar la salud de la población.

Otros modelos han tomado en cuenta a los determinantes sociales de la salud para enriquecer la perspectiva del abordaje de riesgos, logrando combinar los factores de índole biológico, físico, químico y social. Tal es la propuesta del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), ya que establece que para poder estimar el riesgo es necesario considerar la amenaza (o peligro) de cualquier agente perturbador (físico, químico, biológico o geológico), la exposición al agente (frecuencia, duración y periodo) y la vulnerabilidad de la población expuesta a dicho agente (figura 2). Los dos primeros son considerados determinantes ambientales, mientras que el último es un aspecto de los determinantes sociales de la salud.

Figura 2. Modelo de Riesgo propuesto por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático



Fuente: IPCC (2014, p. 3).

Ya existe un trabajo que utiliza el abordaje de riesgos para analizar la situación en la cuenca del río Sonora después del desastre minero de 2014 (Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021). Sin embargo, el principal enfoque de dicho estudio fue el análisis cualitativo de la resiliencia de las comunidades afectadas, la

cual resultaría mayor en la medida que el producto de la susceptibilidad y la exposición fuera mayor a la vulnerabilidad de estas.

3. Determinantes Sociales de la Salud (DSS)

Los determinantes sociales de la salud, también conocidos como las “causas de las causas”, son definidos como “las condiciones en que las personas nacen, crecen, se alimentan, viven, educan, trabajan, divierten, envejecen y mueren” (World Health Organization [WHO], 2008). Cada una de estas condiciones influirán en mayor o menor medida en la salud de los individuos, dependiendo de la edad, sexo, estilos de vida, actitudes y conductas de riesgo.

Los determinantes sociales de la salud se clasifican en estructurales y en las condiciones de vida de los individuos, las cuales son en gran parte causa de las inequidades sanitarias entre los países y dentro de ellos. Los determinantes sociales hacen referencia a la forma en cómo se distribuye el poder, los ingresos, los bienes y servicios, así como a las circunstancias que rodean la vida de las personas, desde el acceso a la atención sanitaria, educación, sus condiciones de trabajo y ocio, hasta el estado de sus viviendas y su entorno físico. En conjunto, son los factores sociales, políticos, económicos, ambientales y culturales los que ejercen gran influencia en el estado de salud de las personas.

Los determinantes sociales de la salud actúan en espacio y tiempo diferentes, por lo que se han propuesto varios modelos para explicar la relación entre dichos determinantes y el estado de salud de la población. Independientemente de los detalles que cada uno de ellos, autores como Dahlgren y Whitehead (1991), entre otros, coinciden en afirmar que las enfermedades no solo se circunscriben a aspectos de carácter físico o biológico, sino que el ambiente social establece condiciones de manera diferenciada e inequitativa para ciertos individuos que de entrada presentan desventajas para su salud. Esto crea situaciones de injusticia social para grupos dentro de un mismo país, o incluso para poblaciones de diferentes países a una mayor escala (Marmot, 2015). Esta injusticia social provoca inequidades no solo en el acceso a los servicios de atención a la salud, ya que la desventaja social inicia incluso antes de nacer la persona, cuando sus padres no contaron con las oportunidades para ofrecer una buena alimentación y educación al niño o niña, generando condiciones de vulnerabilidad que causan mayor propensión a desarrollar enfermedades o formas más graves de estas.

Dentro del marco de la 57ª Asamblea Mundial de la Salud llevada a cabo por la OMS en mayo de 2004 en Ginebra, el director general, Dr. Lee Jong-Wook, destacó en su mensaje de alocución la importancia de abordar temas como la equidad y la justicia social. Para ello, decidió establecer una comisión encargada de recoger datos sobre las causas sociales y ambientales de las desigualdades en el tema de salud y buscar formas de corregirlas, dando origen a la Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud. Los DSS presentes en la región de la cuenca del río Sonora han favorecido a la existencia de condiciones de vulnerabilidad incluso antes del derrame de 2014 (Luque et al., 2019).

4. Análisis de los DSS en el río Sonora desde un modelo conceptual

Al analizar el contexto de los ocho municipios afectados desde el también conocido “modelo arcoíris” (Dahlgren y Whitehead, 2021) o desde los determinantes distales a los proximales, se puede observar que, en el aspecto ambiental, el río Sonora tiene la característica de tener fragilidad ecológica, ya que la región en la que se encuentra es semiárida y es la fuente de agua superficial para organismos acuáticos y terrestres; también es considerado como la fuente primaria para actividades productivas como la agricultura (Scott et al., 2021).

Existe información relacionada con la contaminación del agua (superficial y subterránea), así como del suelo y sedimentos en la zona, encontrando gran variación espaciotemporal en la calidad del ambiente. El 8 de abril de 2022 la Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) informó a través de una Mesa de Salud Ambiental como parte del llamado “Plan de Justicia Integral de Cananea”, que llevaría a cabo monitoreo y muestreos en 14 comunidades a lo largo del río Sonora, lo cual se espera que compense la falta de seguimiento regular en la materia para conocer la evolución de la calidad ambiental en la zona, tal como lo señalan Díaz-Caravantes, Lutz-Ley y Durazo-Gálvez en el primer capítulo del presente libro.

En el análisis de biota bioindicadora de sitios contaminados se pudo observar que la diversidad de insectos (chinchas, moscas, mosquitos y avispas) disminuyó conforme aumentó la concentración de metales en suelo, principalmente Cobalto (Co), Manganeso (Mn) y Níquel (Ni). Se concluyó que la presencia de la mina afecta negativamente a la estructura y funcionalidad de los artrópodos de la cuenca del río Sonora, por lo tanto, también afecta los servicios ecosistémicos que estos brindan, como la polinización, regulación de plagas, reciclaje de nutrientes y biodiversidad de la región. Todos estos servicios ecosistémicos afectados repercutirán de alguna forma en la salud pública, ya sea al reducir la producción alimentaria local (autoabastecimiento) o su comercialización, lo cual puede aumentar la inseguridad alimentaria de la población, afectando la cantidad y calidad de los alimentos disponibles.

Las condiciones culturales que se vieron afectadas por el derrame suelen ser complejas de analizar; sin embargo, se ha observado una desintegración del tejido social, la ausencia de perspectiva de género, así como daños reputacionales de los productos que pueden influir en un cambio en la cultura alimentaria de estas poblaciones. Testimonios de habitantes señalan que se ha visto una disminución en el consumo de lácteos, verduras y frutas debido a la desconfianza de las personas por la posible contaminación de estos, disminuyendo a su vez su producción por la falta de demanda (Vázquez, Ojeda, Ortega y Martínez, 2020). Esto repercute en las actividades laborales primarias que se han desarrollado en estas comunidades desde sus inicios, orillando a las personas a buscar diferentes maneras de subsistir. Estos cambios afectan las tradiciones y costumbres que caracterizan a sus comunidades, por lo que el derrame de 2014 puede condicionar la cultura de las comunidades a lo largo del río Sonora en un antes y después del derrame.

La capa de condiciones de vida y trabajo incluye los servicios de atención de salud. Para abordar este determinante es indispensable hablar de accesibilidad, ya que identificar las necesidades de salud permite estudiar con mayor precisión las condiciones de salud. Donabedian define las necesidades en salud como aquellas condiciones de salud y enfermedad que requieren atención (Frenk, 1994). Entre la capacidad potencial de producir servicios y la utilización real de dichos servicios interviene la accesibilidad, ya que representa algo más que la mera disponibilidad o presencia física de un recurso, pues hace referencia a las características que facilitan o dificultan el uso de éste. Por lo tanto, la accesibilidad sería el *grado de ajuste* entre las características de la población y las de los recursos en el proceso de búsqueda y obtención de la atención a la salud.

En algunos centros de salud de la cuenca del río Sonora no cuentan con todo el equipamiento adecuado (por ejemplo, instrumental quirúrgico e insumos para la atención de parto y exploración ginecológica), o el suministro de medicamentos del cuadro básico resulta insuficiente. La norma oficial mexicana NOM-005-SSA3-2010 establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios, como son los centros de salud que se encuentran a lo largo de las comunidades del río Sonora. Sin embargo, cuando una comunidad está

marginada³ (y por lo tanto carente de servicios como agua entubada, energía eléctrica, Internet, carreteras, etc.), los mismos centros de salud rural se ven limitados para prestar los servicios de atención en salud de forma adecuada (falta de aire acondicionado, Internet, agua potable, luz eléctrica, insumos para la atención médica, mal funcionamiento de baños o cocinas, etcétera). Esto, aunado a las condiciones de inseguridad prevalecientes en la mayor parte del estado debido a la presencia del narcotráfico, dificultan la administración adecuada de los servicios de salud.

5. Condiciones de salud en las comunidades del río Sonora

Pese a la limitada información publicada al respecto (y a que las autoridades de salud no comparten esta información fácilmente), se sabe que, aunque puede haber diferencias en las condiciones de salud de las comunidades del río Sonora, también comparten ciertos patrones en relación con algunas estadísticas vitales.

Se ha observado, por ejemplo, que las infecciones respiratorias agudas están entre los 10 principales motivos de consulta en todas las comunidades, al igual que otras enfermedades infecciosas de tipo diarreico y de vías urinarias. Esta carga de enfermedades infecciosas coincide con los datos estadísticos para lo reportado en el estado de Sonora de 2013 a 2023 (con un particular incremento de los casos de COVID-19 en 2020 y 2021) (Secretaría de Salud, 2023). Sin embargo, a diferencia de la posición de las enfermedades no transmisibles en el resto del estado, en la mayoría de las comunidades de la cuenca la hipertensión arterial sistémica y la diabetes mellitus ocupan los primeros lugares de motivos de consulta. Estas condiciones preexistentes aumentan la vulnerabilidad de la población a otras enfermedades asociadas, o a responder menos favorablemente ante exposiciones adversas como el COVID-19 o a los contaminantes tóxicos presentes en el agua, aire, suelo y sedimentos. Es importante aclarar que esta prevalencia no puede ser interpretada como que existen proporcionalmente más casos de patologías crónico-degenerativas en las comunidades del río Sonora respecto al resto del estado, sino que al menos acuden con mayor frecuencia para ser atendidos de la enfermedad.

Estos datos son reportados por el Sistema Estatal de Información en Salud, que se alimenta de la información que le proporciona cada uno de los Distritos de Salud, antes llamados Jurisdicciones Sanitarias. Las comunidades de la cuenca del río Sonora pertenecen jurisdiccionalmente a los distritos 1 (con sede en Hermosillo) y 3 (con sede en Santa Ana), y comprenden los hospitales generales y básicos, así como los centros de salud de los servicios de salud del estado de Sonora. Además, para hacer más eficiente la administración de los distritos de salud, existen coordinaciones médicas locales, donde se desconcentran parcialmente algunas de las funciones técnicas y administrativas de las sedes distritales.

En el trabajo de Luque et al. (2019) se aplicaron entrevistas a algunos habitantes de 23 localidades de la cuenca para medir su salud física y mental, primeramente, dentro de los ocho meses inmediatos al derrame (2014-2015), y después a los 26 meses (2016) de haber ocurrido. El instrumento utilizado ha sido empleado por la OMS para realizar comparaciones de salud mental global, y fue aplicado a 144 y 109 sujetos respectivamente. Es interesante observar que, según la opinión de los entrevistados, el número de personas que presentaron de uno a cinco síntomas aumentó de un periodo a otro, disminuyendo el número de personas que no reportaron síntomas a los 26 meses.

Los síntomas más reportados fueron similares en ambos periodos, predominando los problemas en extremidades (inferiores y superiores), dolores estomacales y de cabeza. Asimismo, es notorio el reporte de condiciones crónico-degenerativas, probablemente no asociadas al derrame en el primer periodo (problemas

³ El Consejo Nacional de Población (CONAPO) define a la marginación como un fenómeno multidimensional y estructural originado, en última instancia, por el modelo de producción económica expresado en la desigual distribución del progreso, en la estructura productiva, y en la exclusión de diversos grupos sociales, tanto del proceso como de los beneficios del desarrollo.

musculoesqueléticos y cardíacos), junto con eventos agudos como fiebre o problemas en vías respiratorias (altas y bajas), probablemente asociadas al derrame. Este comportamiento fue diferente a lo ocurrido en el segundo periodo de muestreo, ya que aumentaron los eventos de salud asociados a condiciones neurológicas o mentales, tales como falta de apetito, mareos y dolores de cabeza (Luque et al., 2019). En este sentido, los investigadores también aplicaron la escala CES-D para medir la depresión en los participantes del estudio, encontrando que a los 26 meses había aumentado el número de síntomas de uno hasta cuatro asociados con la depresión, tales como sentir miedo, molestia o sentir que su vida era un fracaso.

Más recientemente, el 11 de noviembre de 2022, a través de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano se presentaron los avances del “Plan de Justicia Integral para Cananea” a un año de su implementación, en Cananea, Sonora. Dentro de los avances se mencionó la asignación de 65.5 mdp para equipamiento y 7.8 mdp para el área de conservación del Hospital General de Cananea, que será operado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)-Bienestar; también el abasto de medicamentos pasó de 43% a 99% en cuanto a recetas surtidas, la integración de 11 médicos residentes de último año para atender especialidades troncales y 17 médicos especialistas cubanos que brindan diferentes servicios. Otros de los avances a los cuales se hizo referencia fueron la conclusión del mantenimiento al Hospital General de Cananea, donde se invirtieron 14,827,084 pesos, rehabilitación y mantenimiento de 14 centros de salud con una inversión de 21,843,662.72 pesos, casi 22 mdp (millones de pesos). El Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI) adquirió y entregó 252 equipos médicos mediante una inversión de más de 31 mdp. Sin embargo, es importante señalar que, pese a estos apoyos, la gente más afectada por el derrame tóxico de 2014 en el río Sonora no vive en Cananea, ni acude allá a recibir los servicios de salud, a pesar de que algunas comunidades de la parte alta de la cuenca pertenecen al mismo distrito 3 de salud que Cananea.

6. Diagnósticos de salud comunitaria

La falta de información de la salud pública en toda la zona afectada por el derrame ha dificultado que se puedan atribuir daños directos a la salud por el derrame accidental del año 2014. El carácter mediático del llamado “peor desastre ambiental de la industria minera en México” hizo que en un principio las autoridades estuvieran informando de manera regular sobre las medidas que se estaban tomando, tanto en lo ambiental como en lo legal y en salud.

Entre los pocos reportes oficiales disponibles se encuentra el de agosto de 2015, un año después del derrame, en el que se presentó el “Balance de las Acciones del Gobierno de la República en el Río Sonora”, y donde participaron la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Gobernación (SEGOB), Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS), Secretaría de Salud, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En este documento se reconoció el daño a la salud en 360 personas derivado de la exposición a los contaminantes del derrame tóxico en 2014. Simultáneamente también se mencionó el establecimiento de un operativo “permanente” de vigilancia epidemiológica llevado a cabo por la COFEPRIS y la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, el cual se extendería por 15 años.⁴

Este operativo para la seguridad en salud se planteó en tres fases: la primera fase consistió en la atención médica de 9,502 pacientes afectados por el derrame, la segunda fase fue el seguimiento, atención y

⁴ Presentación conjunta de las dependencias del Gobierno de México y el Fideicomiso Río Sonora en agosto de 2015.

coordinación e instalación de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental en el Estado de Sonora (UVEAS), donde se atendieron a 1,373 pacientes por médicos generales y de diferentes especialidades como dermatología, medicina interna y pediatría; en esta fase también se tomaron muestras de sangre y orina a 318 pacientes, lo que en su momento se consideró como la representación de 88% del total de casos identificados y confirmados.

Los recursos destinados a la UVEAS se describen en la [tabla 1](#).

Tabla 1. Personal y Recursos del Centro de Comando de la UVEAS

Concepto	Cantidad	Descripción
Inmueble	1 edificio	El inmueble se ubica en el municipio de Ures, la inversión realizada fue de 5.9 mdp y el costo de operación mensual es de 2.9 mdp
Recurso humano	19 personas	1 epidemiólogo, 1 biólogo, 1 psicólogo, 4 médicos generales, 1 dermatólogo, 4 enfermeros, 1 trabajador social, 1 abogado, 1 informático y 4 administrativos
Recursos materiales	4 vehículos	2 camionetas para transporte de personal y 2 camionetas tipo pick up 4x4 con cabina

Fuente: elaboración propia a partir de Gobierno de México (2015).

Al finalizar las fases I y II se habían identificado y confirmado 360 casos de personas con afecciones a la salud, la mayor proporción de síntomas correspondía a padecimientos dermatológicos como dermatitis atópica, seborreica, hiperqueratosis, quemadura e irritación en piel. La proporción de morbilidad por sistema se reporta en la [tabla 2](#).

Tabla 2. Proporción de morbilidad por sistema, fase II

<i>Sistema</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Piel	290	80.56
Gastrointestinal	25	6.94
Oftalmológico	15	4.17
Neurológico	11	3.06
Cardiovascular	2	0.56
Otros*	17	4.72
Total	360	100

*Otros padecimientos incluyen: dolor de cabeza (cefalea y migraña), inflamación de colon y tubo digestivo, intoxicación, debilidad general y ataque al estado general.

Fuente: elaboración propia a partir de Gobierno de México en agosto de (2015).

La tercera y última fase consistió en la vigilancia epidemiológica y ambiental, en la que propiamente se inició la construcción de la UVEAS en septiembre de 2015, y donde participarían la Dirección General de Epidemiología, el IMSS y la COFEPRIS. La UVEAS operaría hasta el año 2029 con dos objetivos fundamentales:

1. Vigilancia ambiental, que se encargaría de identificar, evaluar y atender los problemas ambientales derivados del derrame.
2. Vigilancia epidemiológica, que se encargaría de identificar, evaluar y atender los casos agudos, subcrónicos y crónicos a la salud de la población derivados del derrame. (Secretaría de Salud, 2015)

Además de los objetivos de la UVEAS, en este informe también se dieron a conocer las funciones mediante las cuales se alcanzarían dichos objetivos:

1. Vigilancia epidemiológica: vigilancia centinela, estrategias de vigilancia epidemiológica y estudio de seguimiento a largo plazo (estudio de cohorte).
2. Atención a la Salud Especializada: diagnóstico, seguimiento y canalización de casos.
3. Monitoreo y muestreo: muestreos ambientales, identificación de riesgos sanitarios y ambientales e implementación de medidas de control ambiental.
4. Laboratorio: análisis y emisión de resultados. (Secretaría de Salud, 2015)

En 2018 se le habían otorgado 71,080,280 pesos a la UVEAS para acciones de atención y seguimiento médico; este gasto fue catalogado por los Comités de Cuenca del Río Sonora (CCRS) y la Organización de la Sociedad Civil “Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación” (PODER, por sus siglas en inglés) como un gasto poco transparente, ya que dicha unidad, ubicada en Ures, no fungió ni cumplió con los requisitos para ser considerada un centro de salud; asimismo, Grupo México no otorgó los recursos para crear el centro de salud que prometió en el Fideicomiso, el cual abriría en 2015 y operaría hasta 2029. Solo 0.6% del total gastado fue directamente para los afectados en su salud (7,805,010 pesos, casi 8 mdp), mientras que, al Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C., se le destinaron más de 31 mdp, es decir, 2.5 veces más de lo que recibieron los afectados en salud (Poderlatam, 31 de julio de 2018).

Por otra parte, existen diversas fuentes de información para consultar datos de salud de la población; en el sistema mexicano de salud pública los diagnósticos de salud de las comunidades rurales son claves para nutrir las fuentes de información y son elaborados principalmente por médicos pasantes de servicio social (MPSS) comunitario.

Muchos diagnósticos comunitarios siguen reportando fallas cardio-respiratorias como las principales causas de mortalidad, tales como el infarto agudo de miocardio, insuficiencia respiratoria aguda y broncoaspiración, las cuales dificultan diferenciar otras causas componentes o agravantes de las reportadas como causas proximales. Esta situación puede deberse en parte a la falta de atención a los centros de salud (poco equipamiento e infraestructura), así como a la limitada capacitación de los mismos MPSS por parte de las autoridades. Por ejemplo, a raíz del desastre ocurrido en 2014 no se conoce de alguna capacitación especial para los MPSS asignados a la cuenca del río Sonora para atender a pacientes expuestos a la contingencia ambiental.

Este recurso humano en formación es un pilar importante para las comunidades rurales, ya que es el primer contacto con el sistema sanitario; sin embargo, en ocasiones y por distintas circunstancias, no se logra asignar un MPSS a todas ellas (cada MPSS por lo general es asignado a una comunidad por un año), lo que incrementa el riesgo de enfermarse a las personas debido a la falta de atención ante una emergencia. La ausencia de personal de salud en las comunidades no solo afecta la atención, sino que además impide conocer el estado de salud de estas comunidades, ya que no hay médicos u otro tipo de personal sanitario que elabore

los diagnósticos correspondientes. La importancia de un buen diagnóstico de salud radica en la utilidad de la información para la toma de decisiones más eficientes en la materia, ya que, a través de la descripción y análisis de las necesidades de salud de una comunidad, se puede conocer su estado de salud en un momento determinado. Hace falta un seguimiento más cercano y una evaluación más adecuada para los MPSS, así como la asignación de más recursos para la contratación de más personal sanitario indispensable para cubrir las necesidades de salud de las comunidades, tales como odontólogos, nutriólogos y personal de enfermería.

El 3 de agosto de 2022 los CCRS presentaron un nuevo balance y claves del desastre ambiental a un año de iniciadas las mesas de diálogo y trabajo con el gobierno federal en el marco del Plan de Justicia para Cananea-Río Sonora. Entre los hallazgos se reportó que en los ocho municipios afectados hay una exposición positiva a metales como plomo (Pb), arsénico (As), manganeso (Mn) y cadmio (Cd) (CCRS y PODER, 2022). Durante ese periodo se otorgaron 369 consultas médicas, en donde se detectó que entre 28 y 50% de las personas presentaron daños por metales pesados contenidos en el agua que consumen las poblaciones de ocho municipios de la cuenca del río Sonora, y se brindó capacitación en el tema de toxicología clínica a profesionales de primer nivel de atención.

El informe de los CCRS tiene como base el estudio toxicológico llevado a cabo por el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE), el cual dio a conocer el 8 de abril de 2022 (Secretaría de Salud y CENAPRECE, 2022). En dicho documento se señala que se encuestaron a 1,504 personas de ocho localidades a lo largo de la cuenca: Bacanuchi, Tahuichopa, Banámichi, Huépac, Aconchi, Baviácora, Ures y Topahue-San José de Gracia. Del total de personas encuestadas se tomaron 678 muestras de orina y 636 muestras de sangre, debido a que fueron identificadas como sujetos de alto riesgo de exposición a metales pesados y daño presuntivo. El informe señala que se encontró Pb en orina en más de 90% de toda la población muestreada, As en más de 50% y Cd en más de 80%. Entre 7 y 16% de las muestras de orina de todas las localidades presentaron concentraciones de As mayores a 25 $\mu\text{g/L}$, lo que representa un riesgo de desarrollar afectaciones a la salud en piel y riñón. Otro dato de especial preocupación es la presencia de Pb en la sangre en más de 70% de los sujetos de todas las comunidades muestreadas. Esto puede ser indicativo de que la exposición a este metal continúa en toda la cuenca, y en el sur de esta (Ures y Topahue-San José de Gracia) la concentración llega a superar los 50 $\mu\text{g/L}$ en sangre en alrededor de 10% de su población, lo que representa un riesgo alto de intoxicación. La intoxicación por Pb tiene una amplia gama de efectos, desde un tipo de anemia llamada normocítica hasta afectaciones al sistema nervioso central, con particular riesgo en el desarrollo psicomotor de niños dada su capacidad para atravesar la barrera hematoencefálica y la placenta (Ferrer, 2003).

7. De lo global a lo local en la promoción de la salud

Para que una persona pueda desarrollar al máximo su salud potencial necesita una base social que garantice las oportunidades de acceso a ese bienestar. Maslow desarrolló en 1943 su teoría sobre la motivación humana, argumentando que, antes que nada, el ser humano debería tener sus necesidades biológicas fundamentales satisfechas, como la alimentación y la salud (Maslow, 2013). Sin embargo, los paradigmas de la salud pública nos señalan que la salud es un *continuum* dinámico, donde interactúan otros procesos además de los biológicos, tales como la educación y el acceso a las oportunidades para una buena salud (Keyes y Galea, 2016). De esta manera, hablamos de una buena salud cuando existen condiciones que la favorecen, tales como la paz, una educación de calidad, la vivienda digna, la alimentación nutritiva y suficiente, un ecosistema sano y estable, la justicia social y la equidad.

Bajo esta perspectiva, no podemos pensar que la salud se obtiene solamente asegurando aspectos biológicos de bienestar, o solamente aspectos sociales. Aun cuando la OMS define la salud como “un estado de completo bienestar”, para que un individuo o grupo alcance dicho estado debe ser capaz de identificar y realizar sus aspiraciones, de satisfacer sus necesidades y de cambiar o adaptarse al medioambiente.

El 21 de noviembre de 1986 se llevó a cabo la primera Conferencia Internacional sobre la Promoción de la Salud en Ottawa, Canadá, donde se estableció un objetivo común de “Salud para Todos en el año 2000”. La promoción de la salud entonces, convertido en uno de los dos brazos de la salud pública (el otro es la “prevención de enfermedades”), se define como la capacidad de proporcionar a los pueblos los medios necesarios para mejorar su salud y ejercer cada uno un mayor control sobre la misma.

Estos antecedentes visualizaron la creciente demanda de una nueva concepción de la salud pública en el mundo, por lo que la Carta de Ottawa fue una respuesta a esta demanda. Posteriormente, los participantes de la Sexta Conferencia Internacional sobre la Promoción de la Salud —celebrada en Bangkok el 11 de agosto de 2005— elaboraron la “Carta de Bangkok para la promoción de la salud en un mundo globalizado”, donde se establecen las medidas, los compromisos y las promesas necesarias para abordar los factores determinantes de la salud en un mundo globalizado utilizando como herramienta principal la promoción de la salud.

El tiempo transcurrido desde la creación de la Carta de Ottawa hasta la de la Carta de Bangkok trajo consigo factores críticos que ejercen una influencia en la salud: las desigualdades crecientes en los países y entre ellos, las nuevas formas de consumo y comunicación, las medidas de comercialización, los cambios ambientales y mundiales, y la urbanización. Sin embargo, así como surgieron factores críticos también lo hicieron nuevas oportunidades de abordarlos, como son los avances de las tecnologías de la información y las comunicaciones, los mejores mecanismos disponibles para la gobernanza mundial y el intercambio de experiencias. Para contribuir al control de los factores determinantes de la salud se hizo indispensable un enfoque normativo integrado por parte del gobierno y las organizaciones internacionales, así como el compromiso de trabajar con la sociedad civil y el sector privado en todos los ámbitos.

En los compromisos a favor de la salud para todos de la Carta Bangkok, el compromiso número cuatro menciona que, al lograr que la promoción de la salud sea un requisito de las buenas prácticas empresariales, se tendrá un impacto directo en la salud de las personas y en los factores que la determinan, ya que el sector privado, al igual que otros empleadores y el sector no estructurado, tiene la responsabilidad de velar por la salud y seguridad en el lugar de trabajo, así como de promocionar la salud y el bienestar de sus empleadores, familias y comunidades. Este sector también puede contribuir a reducir efectos como los cambios ambientales, al cumplir con las normas y acuerdos locales, nacionales e internacionales que fomentan y protegen la salud. Tanto los gobiernos como la sociedad civil deberían apoyar las prácticas comerciales éticas y responsables, así como el comercio justo, por medio de incentivos y normas reguladoras.

Transcurridos ocho años del desastre se ha documentado por parte del colectivo CCRS, acompañados de PODER, que el derrame modificó los determinantes sociales de la salud existentes en la zona, generando una influencia negativa en el estado de salud de las comunidades afectadas (CCRS y PODER, 2022).

Las afectaciones en las condiciones socioeconómicas de los municipios del río Sonora a partir del derrame fueron estimadas por la Dirección de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales en julio de 2022. Estas estimaciones se basaron en la información pública disponible de 2014 a 2022, literatura académica, reportes de la sociedad civil y estudios desarrollados por instancias gubernamentales y prensa. Los rubros considerados para este análisis fueron:

1. Limitaciones de acceso al agua y otros costos asociados
2. Pérdidas económicas en la producción agropecuaria
3. Pérdidas económicas en otros sectores de la economía
4. Daños en la salud física y mental y otros gastos en salud
5. Daños en suelos y vegetación ribereña, y en el lecho del río
6. Desembolsos por el sector ambiental federal

El monto total posterior al análisis por rubros fue de 10,209.30 mdp, por lo que se concluye que ni el monto pagado por multa (23 mdp) ni las compensaciones entregadas por el Fideicomiso Río Sonora (1,200 mdp), bajo ningún escenario, cubrieron los efectos directos, indirectos y acumulativos en la población, los ecosistemas y la economía, ni los costos de monitoreo de la salud y la calidad de las matrices ambientales y de salud.

8. Conclusiones

Las exigencias de la salud pública establecen la importancia de un esfuerzo multidisciplinario de manera coordinada, ya que las verdaderas soluciones a los problemas que determinan la salud de la población se ubican en diferentes sectores y niveles. Es imprescindible la participación conjunta de todos los actores implicados, desde los tres niveles de gobierno, sectores sociales, sectores económicos, organizaciones de la sociedad civil, medios de comunicación y otras partes involucradas.

A pesar de algunos esfuerzos, la injusticia ambiental continúa sin resolverse, por lo que la salud comunitaria sigue afectada. La salud física y mental de la gente que vive en la región del río Sonora no ha sido atendida de manera integral. Urge la conclusión y reactivación del proyecto de la UVEAS, la cual sin duda tendría un papel importante para mejorar la salud pública de la zona, pudiendo ser ejemplo a nivel nacional de operar adecuadamente como estaba previsto.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos observar que los determinantes de la salud que prevalecen en la región del río Sonora no son de lo más favorables para su población. Las condiciones de vulnerabilidad social y la exposición a contaminantes ambientales en agua, suelo y sedimentos, aumentan el riesgo de padecer enfermedades de muy diversa índole, no solamente aquellos relacionados directamente con el desastre ambiental de 2014.

Referencias

- Comités de Cuenca del Río Sonora [CCRS] y Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación [PODER]. (2022). El camino hacia la verdad tras 8 años de impunidad en el río Sonora. Nuevo balance y claves del desastre ambiental provocado por Grupo México a un año de las mesas de diálogo y de trabajo oficiales en la búsqueda de justicia y reparación tras el megaderrame tóxico en los ríos Sonora y Bacanuchi. Informe presentado por los Comités de Cuenca del Río Sonora y la Organización de la Sociedad Civil Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación.
- Dahlgren, G., y Whitehead, M. (1991). *Policies and strategies to promote social equity in health*. Stockholm: Institute for Futures Studies.
- Dahlgren, G., y Whitehead, M. (2021). The Dahlgren-Whitehead model of health determinants: 30 years on and still chasing rainbows. *Public Health*, 199, 20-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2021.08.009>

- Díaz-Caravantes, R. E., Duarte-Tagles, H., y Durazo-Gálvez, F. (2016). Amenazas para la salud en el Río Sonora: análisis exploratorio de la calidad del agua reportada en la base de datos oficial de México. *Salud-UIS*, 48(1), 91-96. doi: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v48n1-2016010>
- Elizalde Castillo, F., Díaz-Caravantes, R. E., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). Resiliencia en el agua doméstica en comunidades del río Sonora ante el derrame de 2014. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 569-598. doi: <https://doi.org/10.22136/est20211715>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *ANALES Sis San Navarra*, 26(Suplemento 1), 141-153.
- Frenk, J. (1994). *La salud de la población. Hacia una nueva salud pública*. Colección “La ciencia para todos”, vol. 133. México: Fondo de Cultura Económica.
- Keyes, K., y Galea, S. (2016). *Population Health Science*. Oxford University Press.
- Luque, D., Murphy, A., Jones, E., Búrquez, A., Martínez, A., Manrique, T., y Esquer, D. (2019). *Río Sonora. El derrame de la Mina Buenavista del Cobre-Cananea, 2014*. México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Marmot, M. (2015). The health gap: the challenge of an unequal world. *Lancet*, 386 (10011), 2442-2444. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00150-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00150-6)
- Maslow, A. (2013). *A theory of human motivation*. USA: Createspace, USA.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1978). “Declaration of Alma-Ata.” In The International Conference on Primary Health Care, Alma-Ata, USSR, 6-12 September 1978. Alma-Ata: World Health Organization. doi: 10.1016/S0140-6736(79)90622-6.
- Organización Mundial de la Salud-Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud [OMS-CDSS]. (2008). *Subsanar las desigualdades en una generación. Resumen analítico del Informe final*. Ginebra, Suiza.
- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC]. (2014). Summary for policymakers. En Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, y L.L. White (eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1-32). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,
- Peña, C. E., Carter. D. E., y Ayala-Fierro, F. (2001). *Toxicología Ambiental. Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental*. The University of Arizona.
- Poderlatam.org. (31 de julio de 2018). Fideicomiso Río Sonora gastó millones en tinacos y escatimó gastos en salud. Recuperado de <https://poderlatam.org/2018/07/fideicomiso-rio-sonora-gasto-millones-en-tinacos-y-escatimo-gastos-en-salud-para-las-personas-afectadas-por-el-derrame/>
- Romero-Lázaro, E. M., Ramos.Pérez, D., Romero, F. M., y Sedov, S. (2019). Indicadores indirectos de contaminación residual en suelos y sedimentos de la cuenca del río Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 371-386. doi: <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.09>
- Scott, C. A., Zilio, M. I., Harmon, T., Zúñiga-Terán, A., Díaz-Caravantes, R. E., Hoyos, N., Perillo, G. M. E., Meza, F., Varady, R. G., Ribeiro Neto, A., Vélez, M. I., Martín, F., Escobar, J., Piccolo, M. C., Musetta, P., Montenegro, S., Rusak, J. A., y Pineda, N. (2021). Do ecosystem insecurity and social vulnerability lead to failure of water security? *Environmental Development*, 38, 1-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100606>

- Secretaría de Salud. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-048-SSA1-1993, Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales. Diario Oficial de la Federación, México.
- Secretaría de Salud. (2023). Anuario de Morbilidad 1984-2022. Recuperado de https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/principales_estatal_institucion.html
- Secretaría de Salud, y Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades [CENAPRECE]. (8 de abril de 2022). Abordaje toxicológico de la salud. Resultados Plan de Justicia para Cananea-Río Sonora. Huépac, Sonora.
- Secretaría de Salud. (2015). Acciones de la Secretaría de Salud para la atención de los afectados en el caso de los ríos Bacanuchi y Sonora.
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], Universidad de Sonora [UNISON], e Instituto Tecnológico de Sonora [ITSON]. (2016). Diagnóstico ambiental en la cuenca del río Sonora afectada por el derrame del represo “Tinajas 1” de la mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora. Informe final. México.
- Vázquez-García, V., Ojeda-Gutiérrez, D., Ortega-Ortega, T., y Martínez-González, R. (2020). Desastres ambientales y derecho humano al agua. Un análisis de género del derrame de lixiviados de cobre en el Río Sonora. *Cuadernos Territorio y Desarrollo Local*, 3(10), 15-28.
- World Health Organization [WHO]. (2008). “Closing the gap in a generation. Health equity through action on the social determinants of health”. Final report of the Commission on Social Determinants of Health. Geneva, World Health Organization; 1-232.

LA CONFIANZA EN LAS INSTITUCIONES EN EL RÍO SONORA A PROPÓSITO DEL DERRAME MINERO DE 2014: LOS CASOS DE BACANUCHI Y EL MOLINO DE CAMOU

Pablo Armando Escoboza Castillo ¹

Jesús Ángel Enríquez Acosta²

1. Introducción

El presente capítulo parte de una investigación desarrollada entre 2018 y 2020 en los ejidos Molino de Camou³ (Hermosillo) y Bacanuchi (Arizpe) (Escoboza, 2020). Dicha investigación abordó los tópicos de *capital social, confianza institucional y percepción del riesgo* dentro del contexto correspondiente al derrame de lixiviados del río Sonora ocurrido en 2014 por la empresa minera Grupo México. Se complementa la información dando seguimiento a la problemática, haciendo especial énfasis en las intervenciones gubernamentales respecto a la gestión del riesgo, sus decisiones y pronunciamientos en relación con la atención sanitaria de la población dentro de la cuenca.

Como resultado de las entrevistas y encuestas recabadas en campo el año 2019 dentro de las comunidades de Molino de Camou y Bacanuchi, se ilustran las características de la confianza institucional dentro de la cuenca relacionadas con el derrame de 2014, encontrando que esta atravesó por lo que se puede considerar una crisis a partir de la gestión del derrame. Como obstáculos para una mejor relación de confianza se encuentran: el abandono percibido por parte de las instituciones en la atención al derrame, la mala comunicación, así como la incompatibilidad percibida entre los intereses de las instituciones gubernamentales y las comunidades afectadas. A estas causales hay que agregar el hecho de que esta gestión del riesgo gubernamental se vio inmersa en una serie de decisiones encaminadas a la disminución de medidas preventivas que fueron etiquetadas como contradictorias, despertando escepticismo generalizado sobre dicha gestión.

2. Antecedentes

El río Sonora pasa por los municipios de Bacoachi, Arizpe, Banámichi, Huépac, San Felipe de Jesús, Aconchi, Baviácora, Ures y Hermosillo, existiendo una población aproximada de 21,702 habitantes en los primeros ocho municipios del río y 936,263 en la capital (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI],

¹ El Colegio de Sonora, Centro de Estudios en Salud y Sociedad, pescoboza@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6907-8699>

² Universidad de Sonora, Departamento de Sociología y Administración Pública, jesus.enriquez@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0002-0931-8491>

³ De acuerdo con los pobladores, una sección del poblado se llama San Isidro, razón por la cual el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) lo censó como Molino de Camou (San Isidro).

2021). Estos municipios son en su mayoría comunidades rurales dentro de las cuales las actividades agropecuarias figuran como dinámicas importantes en la economía de las poblaciones. En este sentido la disponibilidad al agua representa un pilar fundamental para la estabilidad social de dichas comunidades.

Fue el 6 de agosto de 2014, en el municipio de Cananea, cuando se derramaron sobre el río Bacanuchi un aproximado de 40,000 m³ de lixiviado de cobre; esta corriente con metales pasaría al río Sonora cuesta abajo a lo largo de toda la cuenca (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2014). Con esto, Buenavista del Cobre, la empresa minera número uno en extracción de cobre en México (Muñoz Munguía, 2014; Secretaría de Economía, 2018) y cuyo proyecto en expansión la sitúa según estimaciones en el número tres a nivel mundial (Grupo México, 2019), vio dañada su imagen y el derrame catalogado como “el peor desastre ambiental de la historia en la industria minera en México” (Encino, 2014).

La empresa minera no notificaría a la autoridad correspondiente sobre dicho derrame sino hasta el 12 de agosto del mismo año (SEMARNAT, 2014). Esta a su vez, argumentaría que la principal causa de lo ocurrido habría sido una serie de lluvias imprevistas por encima de la media. Sin embargo, SEMARNAT desmentiría esta versión a partir de los datos de los reportes del Servicio Meteorológico, demostrando con esto la responsabilidad total de la empresa, dando a conocer que fue una falla por falta de mantenimiento en una de las presas de contención de la empresa lo que provocaría el desastre (SEMARNAT, 2014). La corriente de agua con metales pasó a través del cauce del río Sonora, atravesando los municipios mencionados de Bacoachi, Arizpe, Banámichi, Huépac, San Felipe de Jesús, Aconchi, Baviácora y Ures, pasando por Hermosillo hasta llegar a su destino final en la presa Abelardo L. Rodríguez.

Ante esto, el gobierno impuso una multa de 22 mdp a la empresa minera, y el 17 de septiembre del mismo año constituyó el Fideicomiso Río Sonora con fondos de la empresa minera por la cantidad de 2,000 mdp, estipulando que este funcionaría como mecanismo para “remediar, reparar y/o compensar los daños ambientales y a la salud humana causados por el derrame” (Gaceta Parlamentaria, 2014). Dicho fideicomiso incluía en su programa: un plan de remediación; indemnizaciones por compensación de daños a afectados; además de una serie de medidas preventivas a la salud a implementar, tales como la clausura de pozos (tanto de uso humano como productivo), monitoreo de mantos acuíferos, brigadas a la salud para identificación y atención de posibles afectados, y la contención de la corriente mediante el cierre temporal de las compuertas de la presa Rodolfo Félix Valdés. Asimismo, se comprometía a la construcción de infraestructura por un total de 36 plantas potabilizadores a lo largo de las comunidades del río, y de un hospital especializado en calidad de Unidad de Vigilancia Epidemiológica (SEMARNAT, 2014; 2015).

Sin embargo, el número de plantas se reduciría paulatinamente de 36 hasta llegar en abril de 2017 a tan solo seis plantas potabilizadoras fijas con sistema para filtrar metales; por su parte, la Unidad de Vigilancia Epidemiológica nunca entraría en operación y quedaría en obra negra en el municipio de Ures (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021). Además, la contención de la corriente en la presa Rodolfo Félix Valdés tendría una duración de solo 10 meses antes de pasar el agua a la presa Abelardo L. Rodríguez dentro del área urbanizada de la ciudad de Hermosillo, esto último con la autorización de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) bajo la argumentación de que dicho movimiento de agua no suponía riesgo alguno para la población (CONAGUA, 2015).

Dentro de este mismo orden institucional se anunció oficialmente el 20 de noviembre de 2014, transcurridos tres meses con 14 días del derrame, que se concluía la fase de emergencia, señalando que “se garantizó a los 25 mil sonorenses el abasto de agua y se resarcieron los daños” (Gobierno de México, 2014). Tendrían que pasar dos años, seis meses y un día para que el 7 de febrero de 2017 se celebrase el Convenio

de extinción del Fideicomiso Río Sonora “dado que dicho Programa ya fue cumplido además de que no existía resarcimiento o solicitud de restitución de pago pendientes de resolución” (Fideicomiso Río Sonora, 2019). De esta forma, a partir de promesas inconclusas y una importante reducción de las medidas sanitarias, se manifestaba por parte del gobierno una primera intención por concluir la problemática suscitada el 6 de agosto de 2014 a causa del derrame minero. Por otra parte, hay que agregar una serie de datos oficiales que dan testimonio del potencial daño a la salud que representa el derrame, de modo que quede por sentado que las actuales condiciones dentro de la cuenca en relación con la contaminación continúan siendo una amenaza latente.

En 2015, dentro de los informes iniciales producidos sobre el desastre se reconocieron los primeros 360 casos de personas con afectaciones a la salud a consecuencia del derrame (Gobierno de la República, 2015). En lo que respecta a los monitoreos de los mantos acuíferos para detección de metales, sería hasta 2020 que un informe realizado por el Observatorio Río Sonora a partir del análisis de los datos sobre calidad de agua registrados por CONAGUA puso en evidencia la presencia de metales por encima de los niveles de permisividad dentro en la cuenca. Estos niveles se presentaron de forma constante durante los periodos en que se realizaron muestreos (Observatorio Río Sonora, 2020).

Dentro del informe se detalla para los datos referentes al agua subterránea que 47% de los datos contenía la leyenda ND (No detectable) o bien NE (No efectuado); del total de 28,325 muestreos registrados con valor numérico, 1,034 estuvieron por encima de la Norma Mexicana (Observatorio Río Sonora, 2020, p. 3). De los datos sobre el agua superficial, 33% de estos se presentaron con leyendas correspondientes a NE o ND; del total de los 59,430 datos con numeración registrada, 16,324 aparecieron con valores por encima de los Lineamientos de Calidad del Agua dentro de la Ley Federal de Derechos (Observatorio Río Sonora, 2020, p. 3). El documento concluye que: “Los datos requieren interpretación de los posibles impactos dependiendo de cada sitio de muestreo y periodo de exposición a parámetros fuera del límite” (Observatorio Río Sonora, 2020, p. 4); además, señala que en el caso del agua subterránea no se cumplió con los cinco años de monitoreo estipulados, pues estos dejaron de realizarse en noviembre de 2018, cuando correspondía que terminaran hasta julio de 2019 (Observatorio Río Sonora, 2020).

Sería hasta 2022, pasados ya aproximadamente ocho años del derrame, que la Secretaría de Salud presentó los resultados del trabajo realizado con los habitantes dentro de la cuenca. Estos surgieron de la evaluación de un total de 1,504 personas en las comunidades de la cuenca del río Sonora, consistente en 678 muestreos de orina y 636 muestreos de sangre aplicados a sujetos identificados como de alto riesgo. Cabe destacar que en cuanto a la sumatoria de los parámetros etiquetados como “positivo” y “otros tipos de riesgos”, los resultados de 678 muestreos realizados en orina corresponden a porcentajes de 76% para arsénico; 3% para manganeso, y 94% para cadmio (Secretaría de Salud, 2022). Los porcentajes correspondientes a los 636 muestreos de sangre sobre las mismas categorías corresponden a los valores de: 78% en plomo; 27% para manganeso, y 39% para cadmio (Secretaría de Salud, 2022).

La respuesta de la población al despliegue institucional para gestionar el desastre y el riesgo en la cuenca destacó por su mala recepción. Pasados apenas los primeros meses de la intervención institucional, los pobladores de las comunidades afectadas se encargarían de manifestar su inconformidad ante el desempeño del Fideicomiso a través de marchas, bloqueos de carreteras y protestas. Asimismo, se interpondrían diversos recursos legales en contra de la minera y la clausura del Fideicomiso Río Sonora por parte de las comunidades (Ibarra y Moreno, 2017; Marín Enríquez, 2018). En este sentido vale la pena mencionar que, además, los pobladores estarían reconociendo tener diversos padecimientos y malestares físicos adjudicados al derrame

(Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021). Igualmente señalarían tener metales en el cuerpo a partir del derrame (Luque et al., 2019).

Para la selección de las comunidades dentro de las cuales se trabajó se tomaron en cuenta diversos factores que las hacen especialmente interesantes y relevantes. En el caso de Bacanuchi, esta es una comisaría del municipio de Arizpe y colinda con el municipio de Cananea, por lo cual fue la primera comunidad en tener contacto con el derrame. Tiene una población de 183 habitantes (INEGI, 2021) y presenta características que la definen como una comunidad meramente rural, pues sus actividades económicas principales son agricultura (forrajes y hortalizas), así como la crianza y explotación pecuaria (INEGI, 2010). Es importante señalar que, al momento de la realización del estudio, Bacanuchi era la única comunidad que contaba con una planta potabilizadora instalada a partir de las medidas de remediación y prevención sanitaria del Fideicomiso Río Sonora.

Por su parte, Molino de Camou es un ejido del municipio de Hermosillo y contaba con una población de 1,277 habitantes (INEGI, 2021). A dos kilómetros hacia el sur de la comunidad se encuentra la presa Rodolfo Félix Valdés, misma donde el flujo de agua contaminada fue detenido y esta última almacenada durante la contingencia; por esta razón se puede señalar que Molino de Camou fue la última comunidad en tener contacto directo con la corriente con metales. Aunque su cercanía con la capital del estado incide en las dinámicas de la comunidad, se puede asumir que Molino de Camou es una comunidad periurbana, si bien conserva dentro de sus actividades económicas una importante tradición del tipo agropecuaria, herencia de las viejas costumbres que tienen origen en la hacienda “El Chino Gordo” a partir de la cual se fundó la comunidad. En lo que respecta al derrame, cabe destacar que dicha comunidad no fue incluida dentro del programa del Fideicomiso bajo la consideración de que no resultó afectada, pues se encuentra aguas debajo de la presa El Molinito. En este sentido, las comunidades seleccionadas representan a la primera y la última en tener contacto directo con el derrame, la primera de tradición rural y la última de tipo periurbana.

En modalidad de estudio mixto, el levantamiento de datos se llevó a cabo en cuatro viajes de campo en las comunidades de Molino de Camou (municipio de Hermosillo) y Bacanuchi (municipio de Arizpe) durante el periodo de agosto de 2019 a enero de 2020, en los cuales se levantaron un total de 15 entrevistas semiestructuradas (cinco en Molino de Camou, Hermosillo; 10 en Bacanuchi, Arizpe); 86 cuestionarios (57 y 29 respectivamente), así como presentar asistencia y registro en dos mesas de diálogo organizadas por SEMARNAT. Por género, las entrevistas fueron aplicadas a dos hombres y ocho mujeres en Bacanuchi, así como cuatro mujeres y un hombre en Molino de Camou; los cuestionarios se aplicaron a 16 hombres y 13 mujeres en la comunidad de Bacanuchi; y 23 hombres y 34 mujeres en Molino de Camou.

Respecto a las mesas de diálogo en dichas comunidades se transcribió un aproximado de cinco horas y se aplicó una codificación línea por línea. Vale la pena señalar que estas mesas tienen origen a partir de una demanda colectiva de los pobladores que se oponían al proyecto de expansión de la empresa minera dentro del municipio de Cananea, y que en estas estuvieron presentes representantes institucionales de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Las juntas a las que se asistió tuvieron lugar los días 5 de julio de 2019 (ejido de Bacanuchi, Arizpe) y 29 de octubre de 2019 (ejido de Topahue, Hermosillo).

Acerca de los instrumentos, estos abordan tres variables de estudio: percepción de riesgo (Douglas, 1996; Pozo y Morillejo, 2002), capital social (Bourdieu, 2001; Huerta-Wong, 2012; Santos, 2017) y confianza institucional (Barrientos del Monte, 2011; Luna y Velasco, 2005; Hardin, 2010). Los cuestionarios están formados por un total de 81 ítems que se miden con una escala Likert de cinco grados: *muy malo* (1), *malo* (2), *indiferente/ni bueno ni malo* (3), *bueno* (4), *muy bueno* (5). Por otra parte, la guía de entrevista

aplicada es de carácter semiestructurado y cuenta con 24 preguntas. El análisis de los datos en la fase cuantitativa se llevó a cabo con apoyo del software SPSS v.22; la etapa cualitativa se procesó con el software QDA *Atlas.Ti* v.8, produciendo 34 categorías de análisis.

Para la elaboración de este capítulo se retomaron los datos de mayor pertinencia respecto a la confianza depositada en los actores institucionales gubernamentales en los que se basa el supuesto teórico del cual parte este trabajo, en el que se define la confianza institucional como la expectativa positiva en las acciones, así como en el desempeño de las instituciones gubernamentales (Jorquera, 2011; Luna y Velasco, 2005; Nooteboom, 2010; Hardin, 2010). A su vez, para aproximarnos a esta, se parte de los indicadores siguientes: 1) experiencias con el actor en el cual se evalúa la confianza (Hardin, 2010; Luna y Velasco, 2005; Viñarás, 2013); 2) el intercambio de información y la comunicación entre actores (Galaviz, 2013; Lines, Selart, Espedal y Johansen, 2005; Pino, Aguilar y Ayala, 2018; Viñarás, 2013; Hardin, 2010); y 3) intereses compartidos (Lines, Selart, Espedal y Johansen, 2005; Nooteboom, 2010; Viñarás, 2013; Hardin 2010).

3. Resultados

Entre la población de las comunidades afectadas por el derrame en el río Sonora existe la percepción de que las instituciones oficiales niegan o invisibilizan sus malestares y problemáticas. De igual manera, los muestreos realizados por las comunidades y sus redes de apoyo indican incredulidad ante las instituciones que proclamaban que el incidente no representaría una situación de peligro para las mismas. Esta situación demuestra la falta de capacidad por parte de las instituciones públicas por generar una percepción de seguridad en las comunidades afectadas por el derrame.

Esta crisis de credibilidad quedó plasmada en buen término durante la segunda mesa de diálogo organizada por SEMARNAT en la comunidad de Bacanuchi, cuando una de las representantes institucionales habló sobre la realización de muestreos para detección de metales, a lo que los asistentes respondieron enérgicamente que rechazaban que los muestreos y análisis fueran llevados a cabo por la institución, ya que desconfiaban de ella, según se observa en el siguiente diálogo:

Ciudadano: ¿sí me permite?

Representante institucional: sí

Ciudadano: por lo menos, yo, no apruebo el informe que han dado ellos

Representante institucional: de CONAGUA, usted no considera...

Varios ciudadanos: nadie, nadie, nadie.

Representante institucional: bueno, entonces, todos ustedes no consideran válida la información que presentó hoy la CONAGUA

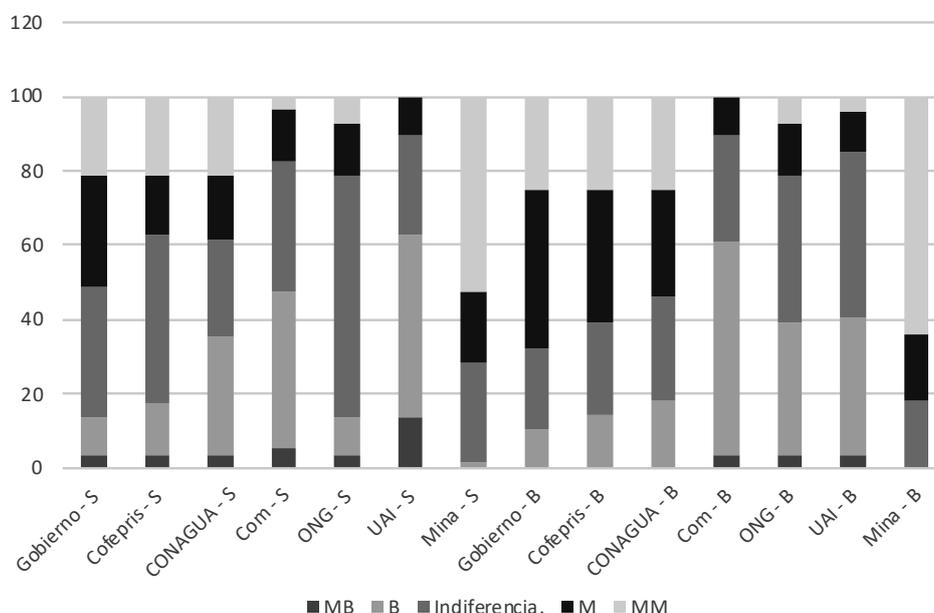
Varios ciudadanos: no, no, no (Segunda mesa de diálogo, Bacanuchi, 2019).

Los datos obtenidos a partir de la aplicación de encuestas son ilustrativos a propósito de evidenciar cómo las instituciones gubernamentales no gozan de una posición privilegiada en la evaluación de confianza por parte de los pobladores. En la figura 1 se muestran las puntuaciones asignadas por los encuestados al preguntarles sobre la confianza que depositaban en distintos actores por su papel dentro de la problemática; estas (al igual que el resto de las figuras) se dividen en tres secciones: aprobatorias —con las etiquetas en el eje de las ordenadas de *buena* (B) y *muy buena* (MB)—, indiferentes, y desaprobatorias —con las etiquetas *mala* (M) y *muy mala* (MM) —. Para cada uno de los actores, los valores con la etiqueta “S” al final corresponden a

respuestas del ejido Molino de Camou, mientras que los de la letra “B” al final refieren a respuestas correspondientes al ejido de Bacanuchi. Las etiquetas de los actores tienen la siguiente correspondencia: *Gobierno* (Gobierno); *Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios* (COFEPRIS); *Comisión Nacional del Agua* (CONAGUA); *Comunidad* (Com); *Organismos no gubernamentales* (ONG); *Comunidad de Universitarios-Académicos-Investigadores* (UAI); y *Mina* (mina).

Como se puede observar en la [figura 1](#), el grado de confianza de los pobladores de las localidades de Molino de Camou y Bacanuchi es bajo hacia los actores gubernamentales, principalmente hacia el Gobierno del Estado con 50.9% de desaprobación en Molino de Camou y 67.9% en Bacanuchi. Para el caso de las instituciones como COFEPRIS y CONAGUA, los resultados en Molino de Camou son ligeramente más favorables que para el Gobierno, pero continúan siendo altos, sobre todo en Bacanuchi, donde obtienen 60.7% y 53.6% respectivamente en grado de percepción de desaprobación de confianza de la población encuestada. Esta tendencia hacia la desaprobación alcanza su punto máximo cuando observamos los resultados referentes a la empresa minera, ya que el grado de confianza es casi nulo al tener solo 1.8% de aprobación en Molino de Camou y 0% en Bacanuchi.

Figura 1. Evaluación de confianza (como indicador)



Fuente: elaboración propia.

También se observa que, en el caso de confianza hacia la comunidad, ambas poblaciones respondieron positivamente en comparación con la evaluación de otros actores; los porcentajes aprobatorios son 47% en Molino de Camou y 60.7% en Bacanuchi. Para los actores correspondientes a la etiqueta UAI los puntajes aprobatorios corresponden a 63.1% y 40.7% para Molino de Camou y Bacanuchi respectivamente. En el caso de las ONG se pueden observar importantes discrepancias en los niveles de aprobación entre una comunidad y otra, pues mientras que Bacanuchi puntea 39.3%, en el caso de Molino de Camou el puntaje se reduce a solo 14%. Esta situación se puede explicar en el hecho de que este tipo de actores, tal como conduce la información encontrada respecto al capital social, no tuvieron presencia relevante en la comunidad de Molino de Camou, produciendo así, indiferencia. Mientras, en Bacanuchi las ONG sí tuvieron un papel relevante, lo

que produjo tanto escepticismo como confianza, respectivamente. No obstante, cabe destacar que, en ambos casos, sostienen porcentajes más favorables que los de cualquier entidad gubernamental.

3.1. Percepción de abandono de las instituciones

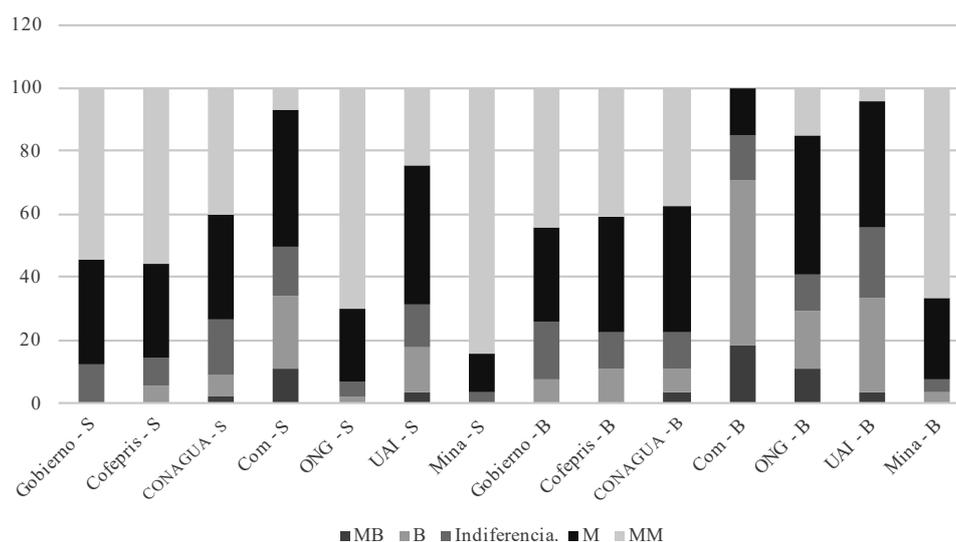
Uno de los obstáculos para la generación de confianza relacionada con la gestión institucional del riesgo, refiere a la poca presencia y falta de asistencia por parte de las instituciones, provocando así, sensación de abandono institucional frente a la problemática. Esto lo encontramos en las entrevistas realizadas en ambas comunidades, destacando en las narrativas la falta de atenciones y una presencia reducida por parte de los actores gubernamentales, como en el caso siguiente:

Pues siguieron y siguieron, pero hace poco ya vinieron al centro de salud e hicieron a más personas, pero yo opino que a toda la gente que estamos aquí, deberían hacernos los chequeos, no nomás a uno que otro (Informante siete, Bacanuchi, 2019).

Pues no muy bien, dijeras, les van a dar atenciones, pero no, no, ya fue lo primero, pero luego ya se olvidaron... ya (Informante nueve, Bacanuchi, 2019).

Mediante la aplicación del cuestionario se preguntó en ambas comunidades por la frecuencia en que sus comunidades habían contado con la presencia de distintos actores (instituciones gubernamentales, instituciones privadas y ONG), por lo que en la [figura 2](#) se muestra la percepción de los pobladores de Molino de Camou y Bacanuchi, sobre la presencia de estos actores en sus comunidades y su relación con la resolución de las problemáticas derivadas del derrame.

Figura 2. Evaluación de frecuencia de actores



Fuente: elaboración propia.

Tal como se ilustra en la [figura 2](#), la tendencia de la evaluación hacia la frecuencia de la presencia de los actores en las comunidades tiene una importante inclinación de desaprobación por parte de la población encuestada. Destacan los porcentajes más altos que corresponden al Gobierno con 87.7% de desaprobación en

Molino de Camou y 92.6% hacia la empresa minera en Bacanuchi. En contraste, llama la atención que, si bien las Universitarios-Académicos-Investigadores (UAI) en la figura 1 recibieron porcentajes favorables en cuanto a la confianza por parte de la población, en esta podemos observar que no tuvieron una presencia importante en las localidades (1.6% de aprobación en Molino de Camou y 28.6% en Bacanuchi).

Aunque en ambas comunidades la tendencia sobre la presencia de los actores es hacia la desaprobación, y ello coincide también con los resultados de las entrevistas, podemos observar que en la comunidad de Molino de Camou se presentan niveles de desaprobación mayores que en la comunidad de Bacanuchi. Para dar explicación a este dato hay que señalar el hecho de que el ejido de Molino de Camou no fue incorporado al programa del Fideicomiso Río Sonora por considerar que Hermosillo no fue un municipio afectado,⁴ y esto fue algo que se presentó reiterativamente en las narrativas de las entrevistas.

Lo peor del caso es que a nosotros ahí no nos tienen como afectados, y yo no entiendo por qué no nos tienen como afectados, porque el cochinerero se vino y se vino directo acá, nosotros no pedimos que vinieran y nos los dejaran ahí, ¿me entiendes? Entonces está todo ahí (Informante dos, Molino de Camou, 2019).

Otras quejas importantes relacionadas con el Fideicomiso refieren a los pagos de indemnizaciones por daños. La inconformidad al respecto surgió a partir de dos cuestiones. La primera de ellas es la realización de pagos con sumas no proporcionales al daño sufrido, señalando que estas son insuficientes para compensar la pérdida económica ocasionada por el derrame. Igualmente, los informantes indicaron que la canalización de los recursos se dio de forma inadecuada, beneficiando a personas no afectadas con apoyos que no les correspondían, como se constata en el siguiente comentario:

La gente afectada que no le sirvió ni los 15 mil pesos de las tomas de agua. Y yo digo, ¿Dónde quedó ese dinero de la afectación? Si era para los afectados. Si oyes decir que el ranchero que todo agarraron, y ¿por qué lo agarraron? Si no estaban ni a la orilla del río, ni estaban afectados. Aquí hay personas de unos ranchos lejísimos que les dieron una cantidad de dinero, oiga, que ni los afectados les daban esa cantidad (Informante cuatro, Bacanuchi, 2019).

Esta percepción se confirma en este otro comentario de una persona entrevistada en El Molino de Camou:

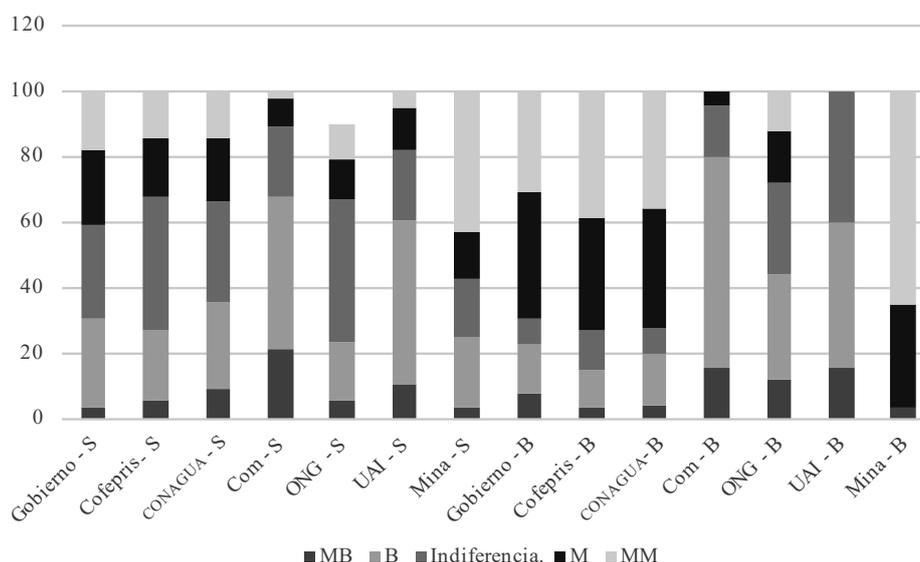
Para empezar, ese dinero que le dieron a las demás comunidades pues ni al caso, porque no les alcanza para absolutamente nada, a pesar de que ahorita, ya ve que ni trabajo tienen, y los productos ya no se los compran, la tierra ya no va a servir, para poder ellos cultivar, fue algo muy feo lo que hicieron (Informante dos, Molino de Camou, 2019).

3.2 Las dinámicas de comunicación institucional como un eje problemático

Además del sentimiento de abandono institucional podemos ubicar una serie de inconformidades sobre cómo las instituciones llevaron a cabo la comunicación con las autoridades. La [figura 3](#) se enfoca en la percepción de los pobladores de Molino de Camou y Bacanuchi sobre la disposición al diálogo que las distintas instituciones y organizaciones involucradas con el derrame tenían ante las demandas de la población.

⁴ Esto bajo el argumento de que la presa Rodolfo Félix Valdés (a unos kilómetros río arriba de la comunidad) evitó que el flujo de la corriente afectara al ejido.

Figura 3. Disposición al diálogo por actores



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados mostrados en la figura anterior, podemos observar que en casi todos los casos los porcentajes desaprobatorios superan los aprobatorios, lo que pone en evidencia la forma en que las instituciones llevaron a mal término la comunicación con ambas comunidades. No obstante, hay diferencias importantes en la percepción de la disposición al diálogo según los actores involucrados y entre las comunidades. Por ejemplo, se destaca la percepción de la comunidad de Bacanuchi hacia la empresa minera con una desaprobación de 96.2%, siendo este el porcentaje más alto de todos, mientras que, en Molino de Camou, este es de 57.2%. En Bacanuchi se muestra que los actores más dispuestos al diálogo fueron los UAIs y las ONG con 60% y 44% de aprobación respectivamente. Y por su parte, en Molino de Camou los que obtuvieron mayor aprobación fueron igualmente los UAIs con 67.8%, seguidos por la CONAGUA con 33.9%.

Los datos cualitativos permitieron profundizar en cómo se llevó a cabo la comunicación y en cómo fue vivida por los pobladores de las comunidades. Uno de los asuntos que cobró relevancia fue el de las quejas sobre la poca información brindada por las instituciones en términos técnicos acerca de los niveles de contaminación en el agua, e incluso sobre el estado de salud de la población.

Pues de principio vinieron, como le digo, cuando fue la afectación. Vinieron a hacer análisis, luego vinieron a decir que estaba bien el agua, pero como le digo, uno no sabe los estudios ni según nadie para decir si está bien o está mal. Pues porque no estamos confiados a lo que parece Grupo México, porque con el pueblo nada (Informante cuatro, Bacanuchi, 2019).

Como puede observarse, existe desinformación sobre los resultados de los muestreos elaborados por las instituciones gubernamentales en cuanto a la presencia de metales. Esto igualmente aparece ilustrado en el fragmento de entrevista siguiente: “Pues no, según venían a hacer análisis y nunca presentaron, a decir tiene esto o lo otro el agua” (Informante tres, Bacanuchi, 2019).

Igualmente se señaló una indisposición al diálogo, así como una percepción de rechazo por parte de las instituciones gubernamentales a entablar comunicación con los pobladores de las comunidades afectadas.

Ahí fuimos con López Caballero,⁵ con SEMARNAT, fuimos a algunas partes, a manifestarnos, a hablar, a ver qué estaba pasando, y no, no había una respuesta bien, siempre fue de que no, que no había pasado nada, o sea, no era algo grave, nunca nada, sí nos firmaban las peticiones que hacíamos [...] Hasta que ya llegó el caso de que no nos recibían, la última vez que fuimos a una dependencia un señor nos dijo que el caso no se iba a reabrir (Informante dos, Molino de Camou, 2019).

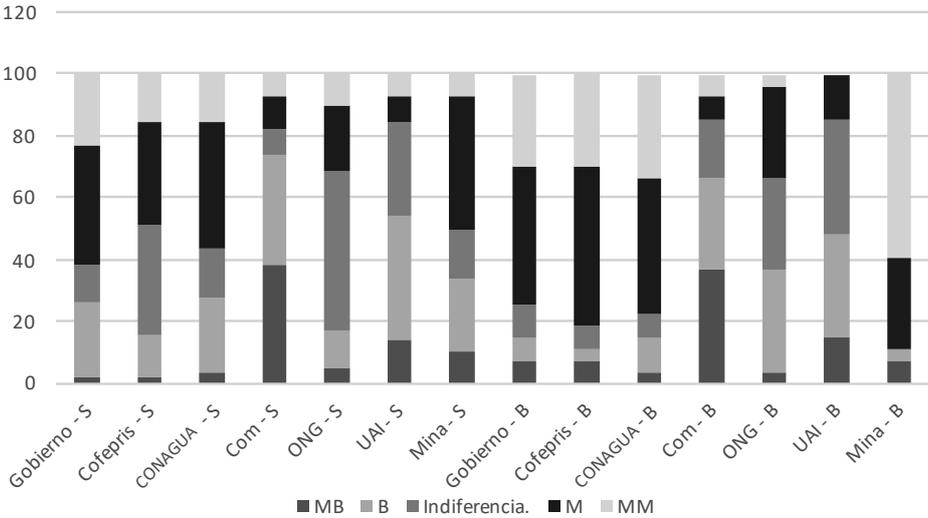
En otro de los testimonios se destaca un repudio a la presencia física de los pobladores en busca de ser escuchados, señalando que evitan el diálogo, además de rechazarlos dentro de las instalaciones del Palacio Municipal:

No nos hizo caso, nos cerraron las puertas, aquí veníamos comitivas y nos cerraron las puertas, las del Palacio Municipal, pues, siempre veníamos muchos, y ya después no nos creyeron y nomás veníamos diez-doce gentes. Pues vinimos a hacer un paro en el palacio, frente a Catedral, pero nunca nos tomaron en cuenta, luego hicimos manifestaciones de acá de la plaza Emiliana de Zubeldía, a unas oficinas creo que son la SAGARPA (Informante uno, Molino de Camou, 2019).

3.3 La incompatibilidad de intereses como producto de la gestión dada, y obstáculo para la confianza

Otro de los obstáculos que se presentan para la generación de confianza en ambas comunidades es la percibida incompatibilidad de intereses con los actores gubernamentales. En este sentido, la [figura 4](#) se enfoca en la compatibilidad existente de los intereses de las comunidades de Molino de Camou y Bacanuchi, y las instituciones y organizaciones encargadas de la resolución de los problemas derivados del derrame en el río Sonora.

Figura 4. Compatibilidad de intereses



Fuente: elaboración propia.

⁵ Alcalde de Hermosillo durante el periodo que comprende del 16 de septiembre de 2012 al 15 de septiembre de 2015.

Al igual que en los tres gráficos anteriores se observa una tendencia mayoritaria, en casi todos los casos, hacia una valoración desaprobatoria (muy mala y mala compatibilidad) en comparación con las aprobatorias (compatibilidad buena y muy buena). Sin embargo, resaltan los niveles de aprobación en Bacanuchi (48.1%) y Molino de Camou (54.4%) hacia los UAIs, en contraste con los valores desaprobatorios de la mina en ambas comunidades con 88.9% en Bacanuchi y 77.2% en Molino de Camou. Cabe destacar los niveles desaprobatorios de las instituciones gubernamentales como el Gobierno, la COFEPRIS y CONAGUA cuyos porcentajes de desaprobación de compatibilidad de intereses oscilan entre 74% hasta 81.5% en Bacanuchi, y entre 49.1% hasta 61.4% en Molino de Camou. Esto aparece como un dato de vital importancia en la evaluación de la confianza, pues los intereses incompatibles son sin duda un obstáculo para el florecimiento de esta. De tal forma, diversos autores señalan que encontrar simpatía o compatibilidad en los intereses del actor en quien se evalúa si confiar o no, aparece como un elemento favorable; por su parte, la manipulación o el oportunismo percibido tiene repercusiones negativas para la confianza (Lines, Selart, Espedal y Johansen, 2005; Nooteboom, 2010, Viñarás, 2013; Hardin, 2010).

Asimismo, la información proveniente de las entrevistas guarda correspondencia con estos indicadores puesto que en ambas comunidades los informantes se pronunciaron de forma que podemos observar el escepticismo existente sobre las intenciones y el quehacer institucional. Sin embargo, resulta especialmente importante el hecho de que, dentro de ambas comunidades, se encontraron enunciados donde se identifica como comprometido el quehacer institucional a la voluntad o deseos de la empresa minera responsable del derrame, anteponiéndola a los intereses de las comunidades. Este dato cobra aun mayor relevancia como un importante obstáculo para la confianza hacia las instituciones, tomando en cuenta que es precisamente la minera el actor social con los niveles desaprobatorios más altos en las figuras 4.1 y 4.4, con puntajes de 71.9% en Molino de Camou y 82.2% en Bacanuchi, así como 88.9% en compatibilidad de intereses en Bacanuchi y 77.2% en Molino de Camou. Estos datos se explican en el siguiente testimonio:

Pues hay fuerzas más altas que ellos y que tú, que nosotros y son los que los manejan y que no los dejan ser, necesitamos alguien que abra la cloaca, como dicen, y explote [...] pues la mina es la que tiene la última palabra porque es la de los billetes, y billete mata carita (Informante uno, Molino de Camou, 2019).

Asimismo, en este otro comentario el informante (ahora del ejido de Bacanuchi) muestra insistencia en la importancia del posicionamiento de la empresa minera Grupo México para la toma de decisiones institucional gubernamentales al respecto del tratamiento del derrame:

Cómo le digo, nos tienen ignorados supuestamente Grupo México, pero no, estamos ignorados y como él tiene el poder de todo, pues, ¿qué le vamos a hacer nosotros? [...] Yo diría que el gobierno lo insistiera, pues no se... de que, pues como le digo, si dice la gente, una indemnización cada año, ¿qué se hace? Pues ve los afectados y ya... pero pues, si no quiere Grupo México, pues, ¿Qué le vamos a hacer?... (Informante cuatro, Bacanuchi, comunicación directa, 2019).

3.4 La posibilidad de un cambio posicional en las instituciones como un indicador con plausibilidad

Anteriormente se señalaron posiciones y decisiones institucionales donde se evidenciaba la intención por minimizar la gravedad de la situación. Igualmente se mencionaron medidas tomadas por las instituciones que aparentaban la disminución del riesgo sanitario, tales como el abandono del hospital, los movimientos

de agua de la presa Rodolfo Félix Valdés a la presa Abelardo L. Rodríguez dentro del municipio de Hermosillo, o la drástica reducción de plantas potabilizadoras, la clausura del Fideicomiso y el prematuro fin de la fase de emergencia. Si bien en lo inmediato este tipo de acciones despertaron escepticismo en las poblaciones de la cuenca, hay que agregar que la información liberada sobre muestreos de agua (Observatorio Río Sonora, 2020), así como muestreos de orina y sangre (Secretaría de Salud, 2022), terminaría por reforzar este escepticismo (sobre la gestión del riesgo), e incluso terminaría por evidenciar el sospechado laxo o distendido comportamiento institucional, abonando a las posturas de desconfianza frente a las instituciones gubernamentales.

Por otra parte, también es posible distinguir cronológicamente indicadores de un aparente cambio en la gestión institucional de este riesgo. En este sentido, resulta indispensable reconocer la importancia que tuvo para ello la respuesta de inconformidad ciudadana. Es a partir de un juicio de amparo colectivo, que, en septiembre de 2018, la Suprema Corte de Justicia ordena la suspensión de las construcciones del proyecto de expansión de la empresa minera, así como el sometimiento a consulta de las comunidades con presencia de autoridades correspondientes (PODER, 2019). Sería hasta el 8 de julio de 2019 cuando se realizó dentro de la comunidad de Bacanuchi un primer encuentro de diálogo; el 6 de septiembre de 2019 se realizó una segunda mesa dentro de la misma comunidad, y ocho más durante el mes de octubre del mismo año a lo largo de diversas comunidades del río.

Como resultado de estas juntas se distinguen un par de puntos de singular importancia que competen a esta relación de gestión del riesgo y confianza con las comunidades. El primero de estos puntos es el de reconocer (por parte de las propias instituciones) que anteriormente se había desarrollado una mala gestión del riesgo dentro de la cuenca. En una de estas reuniones se recogió el comentario de un representante institucional que señaló que en la administración anterior había irregularidades. A partir de ello es que se hace visible también un rechazo a esta *anterior* gestión, con la pretensión de distinguirse y diferenciarse de ella.

Sabemos que se hicieron muchas cosas mal, y sabemos qué recibimos en este gobierno, muchas cosas que se hicieron mal hechas en contra de las personas, también sabemos que tenemos que mejorar la normatividad, porque ya no nos alcanza [...] nosotros queremos este cambio todos juntos, y erradicar la corrupción, y nos está costando mucho trabajo erradicar, en la SEMARNAT te lo juro que había tantas cosas, una vergüenza [...] tiene toda la razón, nosotros sabemos que en el fideicomiso, el anterior gobierno y la SEMARNAT estuvo metido hasta el lodo [...], sabemos que se hicieron muchas cosas mal, y sabemos qué recibimos en este gobierno (Representante institucional, Segunda mesa de diálogo, Bacanuchi, 2019).

Igualmente se realizaron enunciados en los cuales se exteriorizó una apertura al diálogo y la comunicación con los pobladores. En este tipo de comentarios se les invitaba además a la participación y a la cooperación con las instituciones en el proceder respecto a la problemática:

Que no tienen por qué creer todo lo que decimos, pero vamos trabajando juntos para crear confianza, necesitamos que ustedes vean, y vamos trabajando pues, para corregir las cosas; veamos cómo solucionarlo, lo que nosotros queremos es[...] el pasado nosotros no lo podemos cambiar, pero hay que ver adelante, y qué podemos hacer juntos [...] Vamos pensando juntos, pues, ¿qué hacemos?, ahora ¿cómo podemos hacer las cosas? ¿cómo podemos proceder? (Representante institucional, Segunda mesa de diálogo, Bacanuchi, 2019).

Recientemente la problemática del río Sonora volvió a ser tema en algunos actos discursivos de distintos actores políticos, quienes han reconocido que la problemática sigue vigente y que es necesario prestarle atención (Milenio, 2019; El Universal, 2019; Durazo, 2022). Adicionalmente, la Secretaría de Salud planteó un par de estrategias a llevar a cabo para dar seguimiento a la problemática, entre las que se incluyeron integración de expedientes clínicos, activación de un programa de monitoreo de agua, así como la capacitación de personal médico especializado en toxicología (Secretaría de Salud, 2022).

A pesar de que exista el discurso y algunas acciones como las señaladas anteriormente, no se puede concluir que con la nueva administración federal se esté generando un cambio, ya que no ha habido una materialización contundente de estas acciones entre la población del río Sonora, ni tampoco solución a sus demandas. Por ejemplo, no se ha dado la apertura del hospital especializado prometido, tampoco se ha dado revisión de la inadecuada operación de las plantas potabilizadoras, ni la instauración de nuevas plantas (Díaz-Caravantes et al., 2021). Es pertinente ser cuidadoso en la interpretación de estos actos institucionales que podemos clasificar con seguridad como apenas indicadores, si acaso importantes, que apuntalan a una restitución de la confianza en las instituciones, ya que de momento no suponen un cambio en la realidad última de las poblaciones.

4. Conclusiones

La gestión sanitaria de las instituciones gubernamentales en el río Sonora puso en relieve una crisis en la confianza hacia estas por parte de la población afectada. Los datos del estudio expuesto permiten identificar que esta debilidad de confianza tiene su base en tres dimensiones importantes a partir del manejo del desastre de 2014. La primera es la falta de presencia o seguimiento por parte de las instituciones ante el derrame en términos de atención, pues los pobladores denuncian falta de seguimiento a los malestares sanitarios, así como medidas insuficientes, señalando que la presencia de empleados institucionales se limitó en mayor medida a lo inmediato durante la contingencia, para devenir a un estado de abandono de las poblaciones en términos de atención a las afectaciones.

Una segunda dimensión refiere a la escasa comunicación entre población e instituciones, pues según se señala, se caracterizó por la falta de apertura al diálogo en la toma de decisiones, la falta de consulta con las poblaciones y una muy precaria muestra de disposición y/o efectividad por parte de las instituciones gubernamentales a compartir información sobre la calidad del agua o estado de riesgo de la situación para con los afectados.

Igualmente es relevante que se percibe por parte de la población una incompatibilidad de intereses con las instituciones gubernamentales. Sobre esto, la percepción general es que los intereses de la empresa minera se anteponen a los de las comunidades al momento de la toma de decisiones por parte del gobierno respecto al derrame. Resulta importante comprender que lo anterior no es un asunto meramente accidental o fortuito por parte de las poblaciones, sino que es una percepción que tiene su fundamento en un proceso cognoscitivo a partir de experiencias suscitadas con el derrame, que siguen una racionalidad propia y coherente.

Si bien se señaló que también hay ciertos indicadores que posibilitan la idea de un cambio en el carácter de las relaciones entre las instituciones gubernamentales y la población, dichos indicadores no pueden ser sobreestimados. La realidad última de las poblaciones dentro de la cuenca pone en evidencia que de momento no ha habido mayor cambio en cuanto a las atenciones que supongan un cumplimiento de los compromisos estipulados dentro del Fideicomiso Río Sonora, o pongan en términos de conformidad a las exigencias de las poblaciones en la cuenca.

Referencias

- Barrientos del Monte, F. (2011). Desempeño y confianza institucional. En Autor, *Gestión electoral comparada y confianza en las elecciones en América Latina* (pp. 34-56). México: Instituto Nacional de Administración Pública [INAP].
- Bourdieu, P. (2001). *Poder, Derecho y Clases Sociales*. Bilbao: Editorial Desclée de Brouwer.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2015). Comunicado No. 43/2015. Hermosillo.
- Díaz Caravantes, R. E., y Calvario Parra, E. (2017). Percepción del riesgo a las altas temperaturas de los migrantes que transitan por Sonora. *Migraciones Internacionales*, 9(1), 237-267. doi: <https://doi.org/10.17428/rmi.v9i32.895>
- Díaz-Caravantes, R. E., Durazo-Gálvez, F. M., Moreno Vázquez, J. L., Duarte Tagles, H., y Pineda Pablos, N. (2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: una revisión de la recuperación del desastre. *región y sociedad*, 33(e1416). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416>
- Douglas, M. (1996). *La aceptabilidad del riesgo según las ciencias sociales*. Barcelona: Paidós.
- Durazo, A. (22 de julio de 2022). Inicio [Cayetano Lucero]. Recuperado de <https://www.facebook.com/100004926550126/videos/687547139140105>
- El Universal. (23 de diciembre de 2019). La Mañanera de AMLO. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=lb3b5bo33Uw>
- Elizalde Castillo, F., Díaz-Caravantes, R. E., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). Resiliencia en el agua doméstica en comunidades del río Sonora ante el derrame de 2014. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 569-598. doi: <https://doi.org/10.22136/est20211715>
- Encino, A. (27 de agosto de 2014). “Descuido” de la empresa, causa del derrame en Sonora: Semarnat. *La Jornada*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/2014/08/27/politica/003n1pol>
- Escoboza Castillo, P. A. (2020). *Percepción de riesgo, confianza institucional y capital social en el contexto de contaminación del río Sonora. Un Estudio comparativo de comunidades: Bacanuchi y San Isidro (Molino de Camou)* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). Universidad de Sonora, Hermosillo.
- Fideicomiso Río Sonora. (19 de noviembre 2019). *Fideicomiso Río Sonora*. Recuperado de <http://www.fideicomisoriosonora.gob.mx/fideicomiso.html>
- Gaceta Parlamentaria. (17 de septiembre de 2014). De la Comisión Especial para dar seguimiento a la problemática generada por el derrame de diversas sustancias contaminantes a los ríos Sonora y Bacanuchi. Número 4113-V.
- Galaviz Armenta, T. (2013). La interacción de la confianza en los procesos de consolidación de paz. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, 8(16), 35-66.
- Gobierno de la República. (2015). *Remediación Ambiental Río Sonora*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/338777/06rio_sonora_28_enero.pdf
- Gobierno de México. (20 de noviembre de 2014). *Secretaría de Trabajo y Previsión Social: Prensa: Gobierno de México*. Recuperado de <https://www.gob.mx/stps/prensa/concluye-satisfactoriamente-fase-de-emergencia-en-rio-sonora-continuaran-acciones-de-remediacion-ambiental>
- Grupo México. (4 de noviembre de 2019). Nosotros. Recuperado de <https://www.gmexico.com/Pages/nosotros.aspx>

- Hardin, R. (2010). *Confianza y confiabilidad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Huerta-Wong, J. E. (2012). Rendimientos del capital social en México: el papel de la confianza. En P. López Rodríguez e I. Soloaga (eds.), *Capital social y política pública en México* (pp. 71-98). México: El Colegio de México.
- Ibarra Barreras, M. F., y Moreno Vázquez, J. L. (2017). La justicia ambiental en el río Sonora. *RevIISE, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 10(10), 135-155.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2011). *Censo de Población y Vivienda 2010*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*.
- Jorquera, R. (2011). *Ciudad del miedo*. Hermosillo: El Colegio de Sonora
- Lines, R., Selart, M., Espedal, B., y Johansen, S. (2005). The production of trust during organizational change. *Journal of Change Management*, 5(2), 221-245. doi: 10.1080/14697010500143555
- Luna, M., y Velasco, J. L. (2005). Confianza y desempeño de las redes sociales. *Revista Mexicana de Sociología*, 67(1), 127-162.
- Luque, D., Murphy, A., Jones, E., Búrquez, A., Martínez, A., Manrique, T., y Esquer, D. (2019). *Río Sonora: El derrame de la Mina Buenavista del Cobre-Cananea, 2014*. Hermosillo: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.
- Marín Enríquez, O. E. (2018). *El derecho humano al agua en el derrame del Río Sonora* (tesis de maestría). Universidad de Sonora.
- Metzger, M., y Flanagin, A. (2013). Credibility and trust of information in online environments: The use of cognitive heuristics. *Journal of Pragmatics*, 59, 210-220.
- Milenio. (4 de julio de 2019). Conferencia Matutina de AMLO. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=xEnA6sYvI14>
- Muñoz Munguía, A. M. (2014). *La inversión canadiense en el sector minero de Sonora. Impactos económicos (1990-2012)*. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Nooteboom, B. (2010). La dinámica de la confianza: comunicación, acción y terceras partes. *Revista de Economía Institucional*, 12(23), 111-133.
- Observatorio Río Sonora. (2020). *Resultados de calidad del agua por sitio/localidad según la base de datos Fideicomiso Río Sonora*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Pino García, G., Aguilar Barajas, I., y Ayala Gaytán, E. A. (2018). El papel de la confianza en proyectos de innovación colaborativa. Propuesta teórico-metodológica. *Economía, Sociedad y Territorio*, 18(58), 629-655. doi: <https://doi.org/10.22136/est20181219>
- PODER. (12 de septiembre de 2018). Revés para Grupo México: SCJN falla a favor de Bacanuchi en caso presa de jales. Recuperado de <https://poderlatam.org/2018/09/reves-para-grupo-mexico-scn-falla-a-favor-de-amparo-de-la-comunidad-de-bacanuchi-sobre-construccion-de-presa-de-jales-de-minera-buenavista-del-cobre-s-a-de-c-v-3/>
- Pozo Muñoz, C., y Morillejo, E. A. (2002). La percepción del riesgo en la prevención de accidentes laborales. *Apuntes de Psicología*, 20(3), 415-426. Recuperado de <https://www.apuntesdepsicologia.es/index.php/revista/article/view/1383>

- Santos, M. J. (2017). *Entre campesinos y farmers. Productores mexicanos de blueberry en Michigan*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Secretaría de Economía. (2018). *Panorama minero del Estado de Sonora*. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/panoramas/SONORA_dic2018.pdf
- Secretaría de Salud. (2022). *Abordaje toxicológico de la salud. Presentación de estrategia de intervención en salud. Plan de Justicia para Cananea-río Sonora*. Huépac, Sonora.
- Secretaría de Salud. (2022). *Abordaje toxicológico de la salud. Reunión para presentación de resultados. Plan de Justicia para Cananea-río Sonora*. Huépac, Sonora.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2014). Derrame de sulfato de cobre en el río Bacanuchi (afluente del río Sonora). Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/338899/21DPpresentacion_conferencia_derrame.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (3 de febrero de 2015). *Fideicomiso informa sobre trabajos de remediación en el Río Sonora*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/fideicomiso-informa-sobre-trabajos-de-remediacion-en-el-rio-sonora>
- Viñarás Abad, M. (2013). Estrategias de comunicación para generar confianza. *Comunicación y Hombre*, (9), 58-73.

HISTORIA COMÚN DE AGUA Y SALUD: LOS CAMBIOS INSTITUCIONALES SOBRE EL AGUA Y SU IMPACTO EN LA COMUNIDAD DE MAZOCAHUI DE 1969 A 2021

Luis Roberto Moreno González¹

1. Introducción

La historia de Mazocahui se desarrolla en vecindad con el río Sonora desde tiempos inmemoriales. Ya su nombre de origen ópata nos remonta a un antiguo lugar donde las manadas de venados se podían apreciar a la distancia. Durante el virreinato español, la comunidad supo reclamar su lugar en el “nuevo mundo”, y en 1716, la Nueva España les otorgó un título donde se les reconocía como comunidad. Este título fue de vital importancia en 1962, cuando los pobladores se unieron para solicitar al gobierno federal el reconocimiento de su territorio como propiedad colectiva (Gobierno del Estado de Sonora, 1963). De nueva cuenta, la voluntad y quizás también la paciencia de su gente tuvo que hacerse presente para que, hasta el 22 de diciembre de 1975, el poder ejecutivo les reconociera y titulara 31,641 hectáreas (Diario Oficial de la Federación [DOF], 22 de diciembre de 1975).

Actualmente, Mazocahui es una comisaría perteneciente al municipio de Baviácora, Sonora. Se encuentra asentada al margen del río Sonora, en la intersección de la carretera 18 con rumbo a la Sierra Madre Occidental y la 88, con rumbo a la región del río Sonora. Colinda al norte con su cabecera municipal: Baviácora; al sur con Villa Pesqueira, sureste con San Pedro de la Cueva, al este con Moctezuma y oeste con Ures. Se encuentra aproximadamente a dos horas, vía automóvil, de la ciudad de Hermosillo, capital del estado.

La población total de la localidad fue de 436 habitantes en el año 2020. De estos, 199 eran mujeres y 237 hombres. Según el censo del mismo año, el grado promedio de escolaridad total en habitantes mayores de 12 años fue de 8.21; esto nos da un resultado de 7.9 para hombres y 8.5 para mujeres. Al revisar el mismo rango de edad, tenemos que 36% era población económicamente activa, contra un 62% de población no económicamente activa (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020).

Y en todo ese proceso histórico ha estado presente el agua del río. No es difícil imaginar la persistencia de los pobladores por permanecer en un sitio cercano a él, sobre todo si contemplamos que la temperatura en la región supera los 40 grados centígrados durante el verano. Es por tal razón que este capítulo describe la historia contemporánea de la comunidad en relación con las aguas del río Sonora.

¹ Centro de Estudios Culturales y Ecológicos Prescott College, A.C, luisrmg38@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-8306-642X>

Para acercarnos al fin propuesto se presenta una memoria histórica de las políticas sobre el agua potable desde la década de 1950 hasta la actualidad. Junto a este recuento de las políticas, se describe el impacto que tuvieron a nivel local tanto en aspectos sociales como de salud. Con el fin de dar orden, el capítulo se divide en cuatro apartados, cada uno correspondiente a un periodo histórico: de 1950 a 1970, como el periodo de las obras por cooperación y la llegada de los servicios públicos a Mazocahui; de 1970 a 1980, donde se presenta una descripción de la precariedad de estos servicios en el contexto de la crisis económica y la municipalización del agua; y de 1990 a la actualidad, en el contexto de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), además de la contaminación por metales pesados de 2014.

Estos datos se obtuvieron a través de una búsqueda documental de fuentes históricas con la intención de rastrear algunos momentos relevantes en el tema del manejo del agua. En este sentido, se buscaron cambios en las legislaciones con el fin de delimitar el periodo de tiempo en el cual se pudieron haber realizado diversas obras, como destinar un pozo para el abastecimiento de agua potable, instalación de la red de tuberías, drenaje o algunas otras obras públicas relacionadas con el agua u otros servicios públicos. De igual manera, para documentar la legislación relativa al agua se consultaron fuentes como las leyes nacionales y estatales de agua para elaborar un historial sobre los cambios en la legislación para su regulación. También se consultó el *Diario Oficial de la Federación* y el *Boletín Oficial del Estado* para revisar los cambios realizados a partir de las modificaciones a la legislación de agua federal, estatal, así como en su nivel municipal y de comunidad.

Con el fin de conocer cómo algunos procesos sociales han modificado los arreglos institucionales, de mayo a julio de 2021 se realizaron 12 entrevistas semiestructuradas a nueve representantes de los comités de agua y personas que han vivido mayor tiempo en la localidad, abordándose los procesos sociales que han ocasionado cambios en la organización del agua. Estas preguntas fueron encaminadas hacia las normas de acceso al agua, las sanciones por incumplirlas, las actividades y el nivel de satisfacción que encuentran con los resultados logrados como Comité.

Como aspectos generales de la legislación del agua, esta se menciona como un derecho humano en el artículo 4 constitucional, pero el marco regulatorio se rige principalmente por la Ley de Aguas Nacionales, que remite al artículo 27 constitucional, promulgado en función de la soberanía nacional sobre los recursos naturales. Esta aspiración hacia el control nacional sobre el agua que fue producto de la revolución mexicana y se reflejó en la gestión del agua potable, pasó de un manejo a nivel municipal o privado durante el porfiriato a una centralización del recurso en las primeras décadas posteriores a la revolución. En este sentido, si bien las acciones de potabilización del agua en México iniciaron a finales del siglo XIX, fue hasta la década de 1930 cuando se contó con una política de salud pública enfocada al desarrollo de las zonas rurales y se empezó a tener un impacto significativo en la cobertura del servicio a nivel nacional (Pineda y Salazar, 2008).

Sobre el objetivo de dotar del servicio de agua potable desde la federación, para el año 1948 la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) creó la Dirección General de Agua Potable y Alcantarillado (DGPA), que se encargaba de suministrar el servicio a nivel municipal con la participación de las juntas federales de agua potable (Pineda y Salazar, 2008). De esta manera, como resumen general, en el periodo de 1930 a 1980 las dependencias encargadas de ejecutar las obras para el agua potable fueron de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) a la Coordinación General del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (COPLAMAR), en coordinación con la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP). Entre estas dos dependencias también se encuentra el manejo de las obras por parte del Departamento de Asuntos Indígenas, el Departamento Agrario y la Secretaría de Recursos Hídricos (Galindo y Palerm, 2012).

2. De 1950 a 1970: las obras públicas por cooperación como política de salud pública para el desarrollo rural

Hasta 1950, las juntas federales de agua potable estaban compuestas por miembros de los tres niveles de gobierno, empresarios y representantes de la sociedad civil, y aunque el cargo directivo estaba en manos de estos últimos, el control financiero permanecía en las de los representantes del gobierno federal. Esta organización cambió en 1956, cuando las funciones sobre el agua potable pasaron directamente al gobierno federal con la Ley de Cooperación para Dotación de Agua Potable a los Municipios, la cual permitía a las comunidades rurales operar de manera autónoma su sistema de agua potable en caso de que los municipios responsables no logaran saldar su deuda con el Estado (Galindo y Palerm, 2016).

Todo esto en el contexto de las obras públicas por cooperación. Este tipo de obras pretendían que el Estado apoyara con recursos económicos y asesoría a las comunidades beneficiadas por la obra, al mismo tiempo que los habitantes de estas comunidades cooperaran brindando recursos propios de la comunidad, además de su fuerza de trabajo. Dichos programas aspiraban a cierto desarrollo integral compuesto por las condiciones de vida e higiene, el desarrollo económico y el control de la migración rural-urbana (Álvarez, 1965).

En cuestión de saneamiento, estos programas consistían principalmente en el abastecimiento de agua para consumo humano, eliminación de desechos, control de fauna transmisora, control sanitario de alimentos y control sanitario del ambiente habitacional. Además de estas acciones, los programas también dotaban de material higiénico como cubiertos de cocina o cepillos de dientes, materiales para el desarrollo de actividades económicas domésticas tales como herramientas de carpintería o costura, así como estufas de gas, lámparas de petróleo y equipos de sonido (Desarrollo de la comunidad rural, 1963).

Para el caso de Sonora, durante la década de 1960 los servicios de salubridad y asistencia en el medio rural se basaban en servicios médicos rurales cooperativos y centros de dirección de saneamiento y desarrollo de la comunidad rural. De estos dos se desprendía el Departamento de Saneamiento del Medio, que era el encargado del control de la calidad del agua y disposición de excreta, del control de alimentos y bebidas, saneamiento de sitios de reunión y establecimientos turísticos, higiene industrial, control de vectores y molestias sanitarias y programas de saneamiento del medio rural (Soberanes, 1963).

Los servicios citados se distribuían en dos centros de salud: uno localizado en Ures y otro en Moctezuma; un hospital de tórax en Banámichi, y dos centros de la Dirección de Saneamiento y Desarrollo de la Comunidad Rural en San Miguel de Horcasitas y Mazatán. A nivel municipal, en la década de 1960 Baviácora contaba con tres médicos que atendían a cuatro municipios; en total, una población de 7,000 habitantes (Soberanes, 1963).

Igualmente, en dicha década, y a propósito del agua potable y alcantarillado, en el estado había 61 poblaciones que contaban con agua potable, lo que cubría a la mitad de la población total; por su parte, el alcantarillado solamente existía en las principales ciudades, cubriendo alrededor de 40% a 70%. La poca cobertura de estos servicios tuvo como consecuencia que durante la década de 1950 a 1958, las principales causas de morbilidad y mortalidad en el estado fueron: la gastroenteritis y colitis; enfermedades de la primera infancia; neumonía; accidentes, envenenamiento, violencia; y tuberculosis (Soberanes, 1963) (véase [Tabla 1](#)).

Tabla 1. Cinco primeras causas de defunción en el estado de Sonora, 1950-1958

No.	Causa	x /año	%
1	Gastroenteritis y colitis	1559	16.04
2	Enfermedades de la primera infancia	870	12.04
3	Neumonía	614	8.50
4	Accidentes, envenenamiento y violencia	477	6.61
5	Tuberculosis del aparato respiratorio	376	5.21

Fuente: tomada de Soberanes (1963, p. 443).

Se puede observar que las principales causas de mortalidad estaban relacionadas con las condiciones sanitarias del medio, por mencionar algunos ejemplos: la gastroenteritis con la escasez y contaminación del agua para consumo humano; la tuberculosis y neumonía con otras enfermedades respiratorias y las condiciones de la vivienda, cuyas características generales eran las paredes de adobe con techos y pisos de tierra, mal iluminadas y ventiladas, con presencia de animales al interior del hogar y sin ningún tipo de medio para cubrir las necesidades sanitarias; de ahí que a partir de junio de 1957 iniciaron las actividades del Programa de Saneamiento Ambiental del Estado de Sonora (Soberanes, 1963).

Ya para finalizar la década, el 6 de septiembre de 1969 se publicó en el *Boletín Oficial del Estado de Sonora* la Ley 67 para el Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado en el Medio Rural, la cual funcionaba en sincronía con la Ley de Cooperación para Dotación de Agua Potable a los Municipios. La Ley 67 fijaba dos momentos: uno durante la construcción del sistema de agua potable y otro para su conclusión. Para el primero, se planeó la constitución de una Junta Pro-Introducción de Agua Potable, compuesta por un presidente, un secretario, un tesorero y dos vocales, todos ellos miembros de la misma comunidad. Según la ley citada, esta Junta Pro-Introducción tenía por objetivos:

- I. Promover la inclusión de la comunidad que representen en los convenios a que se refiere el artículo 3º; II. Obtener la colaboración de los vecinos para la ejecución de la obra, a fin de agregar a las aportaciones de Gobierno del Estado y la Comisión Constructora, la cooperación de la comunidad, en numerario, mano de obra, materiales de construcción propios de la región y terrenos que fueren necesarios para las instalaciones del sistema; III. Formar el Censo de jefes de Familia de la Comunidad (Gobierno del Estado de Sonora, 1969, Ley 67, artículo 6).

Ya concluida la instalación del sistema de agua, la Junta Pro-Introducción cesaría sus funciones para designar una Junta Rural Administradora de Agua Potable y Alcantarillado. Esta junta estaría compuesta por los mismos actores representativos que la Junta Pro-Introducción, y al igual se compondría por miembros de la misma comunidad. Las funciones de la Junta Rural de Agua Potable eran las siguientes:

- II. Recaudar y manejar los fondos del sistema con sujeción a los presupuestos respectivos, aprobados por la Junta Estatal; III. Prestar a los usuarios del sistema, los servicios de abastecimiento de agua potable y, en su caso, del alcantarillado; IV. Imponer a los usuarios las sanciones que correspondan por las infracciones que cometan; V. Resolver sobre las solicitudes de tomas domiciliarias y conexiones de

alcantarillado que se formulen; VI. Vigilar que se mantenga al corriente el padrón calificado de usuarios y el inventario del sistema (Gobierno del Estado de Sonora, 1969, Ley 67, artículo 17).

De esta ley se ejecutó el Programa de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural, el cual operaba por la Secretaría de Salubridad y Asistencia junto a la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria. El impacto positivo de la promulgación de la Ley 67 fue que, de 316 comunidades beneficiadas con agua potable en 1967, para 1973 el número ascendió a 459. Mazocahui fue una de estas comunidades beneficiadas con el servicio, el cual llegó junto con la construcción del tramo de la carretera Ures-Mazocahui-Moctezuma y la red de electricidad (Pineda, 2010). De esta época tenemos el siguiente testimonio:

Mas o menos fue por ahí, en el 1970, claramente en el 70, en el 70 vino la luz eléctrica, y luego, luego instalaron el sistema de agua potable, que era un motorcito que parecía toronja, no abastecía, porque era muy pequeño el motorcito (Participante 2, mayo de 2021).

Por su parte, otro participante comentó lo siguiente:

Porque las zanjas a pico y pala, a pico y pala, toda la zanja a pico y pala, entonces no se usaba la retro, no había máquina, puro pico y pala, nos tocaban 20 metros de zanja a cada quien, nomás pa' enterrar el tubo, ¿no? (Participante 1, julio de 2021).

El Participante 9, quien en ese tiempo trabajaba como bracero en Estados Unidos, lo experimentó de la siguiente manera:

Mira, yo todavía no me casaba cuando se movieron los del agua potable. Me acuerdo. Yo me la llevaba afuera, tenía unos 18, 22 o 23 años. [...] la muchacha me dijo “y tú no me vas a ayudar para la cuestión del agua potable”, “pues yo ni me la llevo aquí, para qué quiero saber lo de agua potable” le dije, y ya vez que era ignorante uno, “pero sí les voy a ayudar a ver la cuota” (Participante 9, julio de 2021).

Mientras tanto, a nivel nacional, y debido al mejoramiento de la infraestructura, en 1971 se creó la Dirección General de Operación de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado (DGOSAPA), con el objetivo de encargarse exclusivamente de la supervisión y operación de los sistemas de agua potable. Así funcionó hasta 1976, cuando el mismo mejoramiento de la infraestructura hidráulica obligó a separar funciones de la Secretaría de Recursos Hídricos (SRH). De esta manera se transfirieron las funciones del agua potable a la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), mientras que las grandes obras hídricas como presas y sistemas de riego siguieron en manos de la SRH (Pineda y Salazar, 2008).

3. De 1970 a 1990: crisis económica y precariedad de los servicios públicos

Para la década de 1980, la falta de recursos económicos necesarios para ampliar el servicio de agua potable ocasionó que la administración del servicio comenzara a trasladarse hacia el nivel estatal. Este proceso se formalizó legalmente en 1982, cuando en el gobierno de Miguel de la Madrid se modificó el artículo 115, referente a los servicios municipales, para incluir el agua dentro de ellos. De tal suerte que la responsabilidad del gobierno federal para dotar de agua potable a la población recayó en los municipios, con la posibilidad de ser administrada a nivel estatal en caso de no lograr cubrir el servicio en su totalidad (Pineda y Salazar, 2008).

Pero años antes de la crisis económica, en el municipio de Baviácora y sus comunidades, los servicios públicos ya presentaban distintas fallas. Ya hemos mencionado que la red de agua potable se expandió hasta las comunidades del municipio a finales de la década de 1960. Aparte de este servicio, los programas de obras por cooperación también dotaron de la red de electricidad y la carretera asfaltada. Este proceso de modernización atrajo una serie de cambios en las prácticas cotidianas de la población, que, aunadas a fallas en los servicios disponibles, mantuvieron un continuo en la prevalencia de las enfermedades infecciosas y parasitarias en la región (Simonelli, 1987). En este sentido, podemos pensar los proyectos de obras públicas en el municipio de Baviácora ya no como acciones aisladas, sino como nuevos elementos en confrontación con los condicionantes ya existentes.

Hablamos entonces de *carretera, electricidad y agua potable* relacionados entre sí. Simonelli (1987) describe la llegada de la carretera y la disponibilidad de luz eléctrica como un parteaguas para la disponibilidad de electrodomésticos, tales como refrigeradores o ventiladores. En entrevista de campo, el Participante 2 narró como un evento importante que, como parte del pago por colaborar en la instalación de la red eléctrica, les regalaron una licuadora. Al mismo tiempo, también se facilitó la disponibilidad de nuevos alimentos.

Paralelamente, la instalación de una planta de electricidad en el municipio de Baviácora también fue aprovechada para la extracción de agua por medio de bombas eléctricas. En adición, los programas de vivienda cambiaron los materiales y el orden de las habitaciones en el interior, así como la práctica tradicional de dormir la siesta a medio día para resguardarse del calor; esto tuvo como consecuencia que las personas utilizaran los ventiladores a una misma hora del día, provocando frecuentes sobrecargas del sistema eléctrico (Simonelli, 1987).

Como era de esperarse, las sobrecargas del sistema eléctrico, que suponían apagones, tenían un impacto directo sobre la vida moderna de los pobladores, los cuales no terminaban de adaptarse a sus nuevas comodidades, pero sí habían abandonado estrategias utilizadas anteriormente para la higiene, resguardo del medio, conservación de alimentos, entre otros. De este modo, los apagones afectaban a los alimentos refrigerados que quedaban expuestos a las altas temperaturas, lo que ocasionaba la reproducción de bacterias y con ello efectos a la salud como enfermedades diarreicas y malnutrición (Simonelli, 1987).

Por otra parte, que hubiera apagones significaba que la bomba de agua dejaba de funcionar, por lo que los pobladores dejaban de tener agua entubada. Cuando los pobladores no podían disponer de agua potable recurrían a las fuentes de agua tradicionales: pozos, aguajes y el mismo río. No obstante, como la instalación del drenaje tenía descarga en arroyos cuya agua fluía de vuelta al río Sonora, la calidad de las fuentes superficiales resultó perjudicada, lo que tenía efectos en la salud, como fueron las infecciones intestinales (Simonelli, 1987).

Las fallas en la bomba eran un asunto frecuente en Baviácora. De manera similar a este poblado, donde ocurrió una epidemia de gastroenteritis (Simonelli, 1987), en Mazocahui el fallo de la bomba motivó a los habitantes a comprar una bomba propia y así reclamar autonomía sobre el sistema de agua. Esto fue confirmado por el Participante 2:

Si se descomponía el motor, a los 3 meses venían y daban servicio, y siempre cobraban, cosa que no nos gustó, nos cobraban 3 meses, y no había agua, por negligencia, por tortuguismo, por burocratismo, por lo que haya sido, no arreglaban motor, pero sí eran muy listos para cobrar, cosa que no nos gustó y les dijimos, “párense, párense, están mal señores, saben qué, váyanse y nosotros nos encargamos” (Participante 2, mayo de 2021).

Para el caso de las enfermedades respiratorias —otra de las principales causas de defunción durante la década de 1960 a 1970 (Soberanes, 1963) — Simonelli (1987) describe cómo los cambios en la estructura de la vivienda, así como en los bienes, provocaron a su vez cambios en las estrategias empleadas tradicionalmente para resguardarse de las bajas temperaturas. En este sentido, el cambio del adobe a otros materiales con menor capacidad de adaptarse a las temperaturas, el traslado de los fogones al patio y la introducción de la estufa de gas a la cocina provocó que se perdiera una fuente de calor al interior del hogar durante el invierno, ocasionando así enfermedades como resfriados, neumonías y bronquitis (Simonelli, 1987).

De igual manera, la neumonía resurgió como una de las principales causas de mortalidad en la población mayor de 46 años. Caso similar lo encontramos en la [tabla 2](#), donde se muestra que las principales cuatro enfermedades tratadas fueron infecciosas o parasitarias. A su vez, en ese año las muertes por neumonía ocuparon el segundo lugar en las causas de muertes.

Tabla 2. Resumen de morbilidad y mortalidad en Baviácora, agosto de 1983-agosto de 1984

Enfermedades tratadas en el municipio por orden de frecuencia		Causas de muerte y número de casos	
1	Gastroenteritis	Cáncer	8
2	Dolor de garganta	Neumonía	6
3	Parásitos intestinales	Muerte neonatal	4
4	Bronquitis aguda	Deshidratación	3
5	Hipertensión	Accidentes automovilísticos	2
6	Trauma	Infarto de miocardio	2
7	Diabetes mellitus	Cirrosis del hígado	2
8	Infecciones del tracto urinario	Envenenamiento	1
9	Mordedura de insectos venenosos	Mordedura de insecto	1
10	Intoxicación	Total	29

Fuente: tomada de Simonelli (1987, p. 33). Con traducción propia.

Estos datos nos ayudan a comprender las obras por cooperación, cuyo objetivo en parte fue mejorar la calidad de vida en zonas rurales, aunque no tuvieron el impacto que se esperaba a corto plazo. Para el caso particular del agua potable como una política de salud, las enfermedades de origen hídrico prevalecieron debido a que su operación dependía totalmente de la electricidad y una red de drenaje que desembocaba de vuelta al río. Así las cosas, la necesidad de aprovechar el agua de fuentes superficiales ahora más contaminadas, siguió ocasionando enfermedades intestinales.

No obstante, como se observa en la [tabla 3](#), las enfermedades del aparato circulatorio vinieron a reemplazar al cáncer como la primera causa de muerte. De igual manera, las muertes por tumores ocuparon el segundo lugar, mientras que las enfermedades endócrinas, nutricionales y metabólicas aparecieron como la tercera causa de muerte. De esta manera se observa un reemplazo de las enfermedades infecciosas entre las principales causas de muerte en la región, por lo que se puede hablar de que los programas de obras por cooperación sí lograron cumplir a largo plazo la reducción de las muertes por enfermedades infecciosas y parasitarias.

Tabla 3. Principales causas de muerte por década en los municipios de la cuenca río Sonora 1 según la Lista de Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE 9-10/2)

CIE 9 y 10/2	1990	2000	2010	2020
Enfermedades del aparato circulatorio	27	24	37	38
Tumores	10	13	14	11
Enfermedades del aparato respiratorio	7	3	8	15
Enfermedades endócrinas, nutricionales y metabólicas	8	3	6	10
Causas externas de morbilidad y de mortalidad	7	0	14	12
Asignación provisoria de nuevas afecciones de etiología incierta o de uso emergente (COVID-19)				1
Total	59	43	79	87

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2021).

Este fenómeno responde a lo que Castro (2015) observa a nivel estatal como un proceso de transición de enfermedades infecciosas y parasitarias a crónicas a partir de 1990. Es de señalarse la reaparición de las enfermedades infecciosas, como el COVID-19.

4. De 1990 a la actualidad: la Ley de Aguas Nacionales e impactos emergentes sobre la salud por la contaminación

En 1989, a inicios de la administración de Carlos Salinas de Gortari, se creó la Comisión Nacional del Agua, un organismo descentralizado del gobierno federal que se encargaría de regir las obras hidráulicas, distritos de riego y sistemas de agua potable. Para estos últimos se creó un nuevo perfil llamado Organismos Operadores de Agua, cuya visión apuntaba hacia la autonomía financiera como estrategia para la ampliación de su servicio. Para realizar este proyecto se orilló a los estados a reformar sus leyes de agua potable con el fin de incluir aspectos como la suspensión del servicio a usuarios morosos (Pineda y Salazar, 2008).

En el mismo sentido, para Galindo y Palerm (2016) la reforma al artículo 115 constitucional en materia de agua potable, más allá de tratarse de una descentralización de la administración federal a la municipal, significó una centralización de lo comunitario a lo municipal. De esta manera, muchos sistemas comunitarios sobre el agua potable, como es el caso de Mazocahui, dejaron de ser reconocidos por el Estado mexicano.

Sin el reconocimiento federal, la gestión comunitaria del agua se convirtió en una práctica sujeta al respaldo que se le brinde desde las legislaciones estatales y municipales. Palerm (2014) identifica cuatro estados donde su legislación da reconocimiento y otorga facultades a los sistemas comunitarios de agua potable: Chihuahua, Guanajuato, San Luis Potosí y Tabasco.

Por su parte, la Ley de Aguas Nacionales autoriza la asignación de estos derechos a los municipios, quienes pueden concesionarlos a otras organizaciones bajo el nombre de una persona física o moral. No obstante, los ejidos y comunidades no se consideran en la ley como personas morales para este propósito. En consecuencia, se restó la facultad de los núcleos agrarios para acceder a una concesión de agua para uso público-urbano (Galindo y Palerm, 2012), al mismo tiempo que se dotó al sector privado de gozar del derecho a la concesión (Pineda y Salazar, 2008).

Los aspectos sobre el agua potable arriba señalados nos dan a entender que, a partir de 1980, el agua potable dejó de ser una responsabilidad del gobierno federal. Años más tarde, durante el periodo presidencial de Salinas de Gortari, el agua empezó a ser manejada desde el gobierno federal con una visión más mercantilista. Siguiendo con esta filosofía, en 1992 se creó la Ley de Aguas Nacionales, la cual facilitó a los particulares la posibilidad de acceder al recurso por medio de concesiones. Otra característica de la ley fue que las concesiones de agua se podían ampliar a un periodo de 50 años y se podía realizar la transferencia de derechos entre particulares con el único requisito de registrarlo en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), además de formalizar la participación privada en los servicios municipales de agua potable (Pineda y Salazar, 2008).

Para el caso de Sonora, la legislación vigente sigue sin reconocer la existencia de los comités comunitarios de agua como Organismos Operadores. Se puede revisar este caso en la legislación anterior donde se cita lo siguiente respecto a los organismos operadores: “los organismos municipales, intermunicipales, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado y particulares que cuenten con una concesión o contrato de prestación de servicios” (Gobierno del Estado de Sonora, 1992, Ley 104, artículo 3). Si bien esta ley quedó abrogada en el año 2006, la nueva ley sigue centralizando a la administración municipal el servicio de agua potable: “Los ayuntamientos de los municipios del Estado continuarán prestando los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, bajo la forma de organismo público descentralizado, debiendo en todo caso ajustarse a las normas de la presente Ley” (Gobierno del Estado de Sonora, 2006, Ley 249, artículo 5 transitorio).

Por otra parte, aunque el reglamento interno del Ayuntamiento de Baviácora (2015-2018) (Gobierno del Estado de Sonora, 2018) establece una comisión permanente encargada de los asuntos del agua, dicha comisión no señala atribuciones referentes a los comités de agua, centralizando todas las funciones al Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOMAPAS) (Gobierno del Estado de Sonora, 2018). De igual manera, la siguiente administración municipal, del periodo 2018-2021, no menciona en su plan de desarrollo a los comités de agua potable (Gobierno del Estado de Sonora, 2019).

Como se puede observar, los efectos del traslado de responsabilidades federales sobre el agua potable hacia los estados y municipios se hacen visibles para el caso de Sonora, ya que la ausencia al reconocimiento de los sistemas comunitarios de agua potable como organismos operadores ocurre tanto en la legislación estatal como en el caso de la cabecera municipal de la localidad que estudiamos.

5. Abandono institucional y vulnerabilidad socioambiental

El abandono de la política federal no resulta el único factor que limita el funcionamiento del sistema comunitario de agua potable de Mazocahui, ya que recientemente se ha sumado la contaminación por metales pesados a la ya dañada calidad del agua por agentes biológicos.

En relación con el punto anterior, ya Simonelli (1987) describió como una práctica habitual que con la llegada del agua potable a las comunidades del municipio de Baviácora, algunos pozos que anteriormente eran aprovechados para extraer agua se empezaron a emplear como depósitos para fosas sépticas. Tal hecho persiste hasta la actualidad; al respecto, dos participantes cuentan que los pozos más cercanos al río, que ahora funcionan como fosas sépticas, significan una fuente de contaminación, ya que los desechos se filtran por el subsuelo y se concentran en el pozo que es utilizado para el agua potable.

Sobre la contaminación por coliformes fecales, algunos participantes también manifestaron estar conscientes de que las aguas residuales del resto de las poblaciones del río Sonora corren río abajo y afectan la calidad del agua que beben. Al respecto, el Participante 2 comentó lo siguiente:

Y luego el agua está perfectamente bien contaminada, porque el río Sonora corre en su cauce, corre el agua contaminada también de los drenajes, los excedentes de las pilas, contiene los drenajes de toda la población, van a lo último, van y derraman al río Sonora: Bacoachi, Arizpe, Sinoquipe, Banámichi, Huépac, San Felipe, Aconchi, Baviácora y todos los demás pueblos. Todo va para el río (Participante 2, mayo de 2021).

Según los participantes 1, 3 y 4, otras fuentes de contaminación que actualmente afectan la calidad y fiabilidad del agua que consumen, son cadáveres en descomposición de animales que caen al pozo. Así lo expresó uno de ellos:

No entienden, no hacen caso, no sirve el agua, no tomes de la llave. Aparte que el pozo está muy cochino, entran animales, le caen ratones adentro, todo eso y ahí quedan pues (Participante 3, julio de 2021).

El problema de las fuentes contaminantes citadas se agrava debido a que fue robado el clorador para el agua del pozo. Pero sin duda, la principal fuente de contaminación que preocupa a los participantes es el derrame de metales pesados al río Sonora de agosto de 2014. No es de esperarse menos, pues en la región se ha vuelto de conocimiento común el proceso de acumulación de metales pesados en el cuerpo y los efectos a la salud que ocasiona. Así lo manifestó el Participante 2:

Estos elementos en la sangre producen cáncer, en 15, 20, 30 años, producen cáncer, entonces hay un peligro latente de que en cualquier rato nos va a caer el cáncer [...] Se está juntando, acumulando, y va a llegar un momento, va a llegar una gota que va a derramar el vaso, entonces. Ya mucha gente ha muerto de cáncer, y no tenemos miedo, ya sabemos que ese es nuestro destino (Participante 2, mayo de 2021).

A pesar de tener conocimiento de la contaminación del río, algunos habitantes siguen realizando prácticas de abastecimiento y consumo de agua que según los participantes pueden resultar riesgosas para su salud, debido a las consecuencias que puede tener el consumo directo de agua con problemas de contaminación. En palabras del Participante 3:

No se puede tomar, te la tomas, pero tendrá sus consecuencias. Sin embargo, a mucha chamacada le da por andar tomando agua de la llave, yo los veo, yo los he visto en muchas partes que toman de las llaves (Participante 3, julio de 2021).

Lo expresado por el Participante 3 hace evidente que estas prácticas de riesgo forman parte de un arraigo cotidiano, como lo es beber agua de la llave. Por su parte, otras prácticas están más relacionadas con un conflicto entre lo individual y lo comunitario sobre las decisiones que se toman con respecto al agua, tal y como se puede apreciar con el testimonio del Participante 1:

Allá está uno, allá para el lado del río, está uno que, yo creo que ya va para dos años que le cortamos el agua. Prefirió comprar una bomba eléctrica, y ponerla en el río para que subiera para su casa, que pagar los 100 pesos. ¿Cómo la ves?, que porque nos estábamos robando el dinero (Participante 1, julio de 2021).

A pesar de estos casos que revelan la existencia de prácticas riesgosas la mayoría de los participantes expresó mantener prácticas de autocuidado definidas, las cuales se manifiestan en límites autoimpuestos para el aprovechamiento del agua. Este aspecto fue advertido por el Participante 2: “Pero hago una aclaración, el

agua nos sirve para regar nuestras plantas, nuestros árboles, y para bañarnos, con el temorcito que algún día nos va a caer mal el agua” (Participante 2, mayo de 2021).

El Participante 3 secundó lo dicho sobre estos usos del agua al aclarar lo siguiente: “El agua de la llave nomás para regar las matas, para que lave la gente, para que se bañe, porque para tomar no sirve” (Participante 3, julio de 2021).

Como se puede observar, debido a la contaminación el consumo doméstico del agua se limita a las funciones del aseo del hogar y personal, así como al cuidado de las plantas; la excepción ocurre durante los meses secos, pues el agua de los hogares también se destina para el riego de huertos domésticos para consumo humano y para llenar bidones en los que se transporta agua para dar de beber al ganado. Para consumo humano, los participantes acostumbran principalmente el agua de garrafón. Al respecto, la Participante 5 contó lo siguiente:

Aquí en la casa todos los días es un garrafón diario, hasta más. Somos poquitos, pero cuando viene toda la familia, que vienen de Hermosillo, mis primos, mi má; me dice mi hija en Hermosillo “mamá tú cuando vienes a Hermosillo vas por agua”, pa tomar, pues. “Nomás en la comida”, le digo, “pa tomar”. Aquí igual, es para la comida y para tomar la de garrafón (Participante 5, julio de 2021).

Aparte del agua de garrafón, durante su jornada de trabajo algunos participantes que se dedican a la ganadería aprovechan otras fuentes de agua que se encuentran más alejadas del río, por lo que las consideran seguras:

Yo hay veces que agarro agua para tomar, pero ya agarro de allá del pozo, pero como a dos kilómetros del río, por allá del arroyo pa'riba. Tiene que, tiene 13, tiene 35..., tiene 15, y tiene como 15 o 14 metros de hondo, muy buena agua da. De ahí tomo yo todo el día. Cuando estoy allá, todo el día tomo de ahí. No tomo purificada casi (Participante 1, julio de 2021).

Sin embargo, hay quienes a pesar de beber agua de garrafón no confían plenamente en ella como una alternativa para el cuidado de su salud, debido a la incertidumbre sobre la efectividad de los filtros que se utilizan para la reducción de metales pesados. Uno de los participantes lo expresó de la siguiente manera:

La mayoría de las personas estamos bebiendo agua purificada de garrafón, que de todas maneras el agua purificada de garrafón he tenido entendido que no es pura, pura al cien por ciento, por eso de que tiene la separación de líquidos, pero no tiene la separación de metales (Participante 2, mayo de 2021).

Como se puede apreciar, aunque existen prácticas riesgosas en el consumo de agua, también los habitantes han aprendido a diseñar otras prácticas que les proporcionen una mayor seguridad sobre el agua que beben. No obstante, persiste la desconfianza en la calidad del líquido, así como también la percepción del cáncer como causa determinante de su muerte.

Estas percepciones se mantienen en un contexto donde algunos participantes expresan que no ha habido transparencia por parte de las autoridades al brindarles información. Así se reflejó en una experiencia de campo, cuando mientras se entrevistaba al Participante 1, su hijo preguntó por la calidad del agua en la comunidad. Al respecto, el Participante 1 respondió: “No ahora que van poniendo la planta venían y agarraban agua de la llave, nomás menearon la cabeza” (Participante 1, mayo de 2021).

6. La respuesta de la comunidad frente al derrame minero de 2014

Los problemas provocados por la contaminación al río Sonora en 2014 no se han limitado al impacto de la calidad del agua sobre la salud de los habitantes de la región y la localidad estudiada, también se han generado diferencias entre los pobladores y se ha acentuado la desigualdad entre las instituciones gubernamentales encargadas del agua y los responsables de la gestión de este bien en el pueblo. No obstante, la comunidad no se ha mantenido pasiva frente al daño recibido río arriba. En su lugar, la necesidad de agua potable y el ingenio de los pobladores les motivó a organizarse para responder a los efectos sociales e institucionales posteriores al derrame.

Según el parecer de los participantes consultados, el principal conflicto en la convivencia social que provocó el derrame fue la desconfianza hacia el bombero (el encargado de manejar las bombas), pues en él recayó la responsabilidad del suministro del agua. El conflicto se dio a raíz de que, a nivel local, el agua potable dejó de ser un recurso disponible, mientras que, a nivel gubernamental, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) había ordenado el cierre inmediato de los pozos. La complejidad de esta situación ocasionó que otros actores de la comunidad buscaran tomar ventaja política y ocupar el cargo desempeñado por el bombero:

Tuve problemas con unas gentes ahí, que vinieron cuando pasó la contaminación. Vinieron los de la CONAGUA a sellar el pozo para que no fuera prender la bomba ni nada. Entonces, yo tenía instrucciones de allá de la CONAGUA, hasta que no hubiera nuevo aviso. Entonces empezó una gente aquí a querer hacer barullo, con tal de perjudicarme a mí, empezaron a decir que yo quería, a la fuerza, prender el pozo, que quería echar a andar las bombas. Eran puras habladas de ellos (Participante 3, julio de 2021).

Hacia afuera de la comunidad, el reto al que se enfrentó el hasta entonces responsable del agua fue establecer comunicación con las instituciones gubernamentales. Según el secretario del Comité de Agua, el bombero tuvo que responder a otras actividades para las que no había tenido la necesidad de prepararse, como redactar cartas de petición y otras gestiones frente a instituciones con el fin de abrir nuevos pozos y rehabilitar el principal. Al no estar cualificado para estas labores se optó por armar un Comité, una organización comunitaria sin fines de lucro compuesta por un presidente encargado de representar al mismo Comité; un secretario encargado de la redacción de los documentos; un tesorero responsable de la recaudación de las cuotas de agua, y por el bombero, que en adelante sería responsable únicamente del manejo del sistema de agua.

De 2014 a 2021 se han formado tres comités. El primero de ellos duró dos años, y logró acumular un fondo de ahorro de 18,000 pesos. Sin embargo, según el secretario del Comité, debido a conflictos con otras personas que deseaban ocupar el cargo, así como a las dificultades para abastecer a la parte norte del pueblo, a los tres años se convocó a una asamblea de usuarios para cambiar a los encargados del agua.

El segundo Comité estuvo liderado por personas que no mantenían residencia en el pueblo, y por imposibilidad en las operaciones debido al desconocimiento del sistema de agua potable los miembros abandonaron el cargo en menos de un año. Este Comité logró abrir un nuevo pozo en la comunidad, aunque debido a la poca capacidad de extracción no es aprovechado por los usuarios de agua.

Después de la separación de este Comité, según el secretario, el bombero volvió a ser el único actor responsable del agua. En esta ocasión el cargo sería ocupado por otra persona, quien aproximadamente al año sería retirada debido a que no conocía bien el sistema, además de no ser transparente en la rendición de cuentas.

El último Comité registrado se formó en 2018 y está compuesto por un presidente, un secretario y el bombero. Al igual que en el anterior comité, el secretario se encarga de redactar los documentos necesarios para las gestiones frente a instituciones, por lo que este puesto lo ejerce un habitante con estudios superiores, aunque actualmente se dedica de lleno a la ganadería; el presidente es el encargado de representar al Comité y actualmente también recauda las cuotas y lleva las cuentas, ya que el tesorero falleció hace poco; por último, el bombero, que aunque se considera ajeno al Comité, trabaja en conjunto para operar el sistema de agua potable, dar mantenimiento y realizar los cortes de agua.

Una de las dificultades que se observó sobre la organización del Comité es que aún no existen normas formales sobre la elección y límites de sus integrantes, por lo que sus representantes siguen sujetos a ocupar el cargo hasta que “se cansen” o la asamblea de usuarios decida separarlos. Además, permanece la incertidumbre respecto a la competencia de otras personas para operar el sistema de agua, así como también del modelo de organización a partir del cual se toman las decisiones.

No obstante, es importante hacer énfasis en que el abastecimiento de agua posterior al derrame fue un problema que se solucionó colaborando en equipo, en una organización ajustada a las cualidades de cada uno de sus integrantes: un tesorero encargado de recaudar las cuotas y administrar los recursos económicos; un presidente encargado de representar al comité; un secretario encargado de redactar documentos y presentar peticiones; y el bombero que continúa a cargo de operar el sistema de agua potable.

7. Conclusiones

Como pudimos observar a lo largo del capítulo, ha existido una evolución en la salud de la población del río Sonora en consonancia con el desarrollo de los servicios públicos, en específico del agua potable. Este hecho fue una estrategia de salud y desarrollo social ejecutada por el gobierno federal a partir de la década de 1930 con el fin de reducir las tasas de mortalidad infantil, controlar las tasas de morbilidad por enfermedades infecciosas y parasitarias, al mismo tiempo que se proponía como una estrategia de contención de la migración rural-urbana.

Sin embargo, el desarrollo de estos programas llegó a tener ciertos atrasos debido a su infraestructura ineficiente y falta de recursos económicos, aunado a una inconsistencia en los cambios de comportamiento de los habitantes, quienes frente a las frecuentes fallas en los servicios recurrían en menor medida a las prácticas tradicionales de supervivencia. Al final, la presencia de las enfermedades infecciosas y parasitarias se redujo, pero obedeciendo al proceso de transición epidemiológica aparecieron las enfermedades crónicas. Esta íntima relación entre los procesos de modernización y enfermedades autoinmunes se hace latente a partir de 2014, pues la contaminación por metales pesados al río Sonora ha logrado afectar hasta la percepción positiva de la salud de sus habitantes.

En este escenario, la comunidad ha tenido que autorregular los usos que hace del agua potable a las labores de limpieza e higiene. Para el consumo de agua se ha tenido que aprovechar el agua de garrafón que generalmente viene de Baviácora o Ures, por lo que en ocasiones también resulta difícil su disponibilidad, sin mencionar el impacto económico que representa para el gasto familiar.

Son tales las dimensiones de este problema, pero tanta la voluntad que se ha demostrado para hacerle frente, que es importante reconocer el esfuerzo histórico de la comunidad por preservarse. Porque ese pequeño pueblo ha sabido reclamar su lugar en el mundo frente al imperio español y el gobierno mexicano. Porque en ese lugar de personas amables y sencillas se ha gestionado un sistema de agua potable desde hace más de 50 años. Porque frente al reciente derrame minero, la comunidad ha sido lo suficientemente resiliente para identificar sus debilidades y fortalezas y cambiar sus estrategias organizativas con el fin de mantener operando el sistema de agua potable.

No obstante, resulta necesaria la alianza con otros sectores gubernamentales: la legislación estatal debe ampliar el reconocimiento como organismo operador a los comités comunitarios de agua potable; las acciones de remediación por el derrame minero deben ser cercanas a la comunidad y atender las peticiones de personas sobre un sistema de agua potable sobre el que la comunidad mantiene una familiaridad de 50 años; también son necesarias estrategias de reducción de riesgos socioambientales impulsadas desde las mismas capacidades de la comunidad.

Referencias

- Álvarez Ordóñez, J. (1965). Estado del saneamiento en el medio rural. *Salud Pública de México*, 7(2), 155-158. Recuperado de <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/2671/2558>
- Castro Luque, A. L. (2015). *Travesías azarosas: Relato demográfico del siglo XX sonorense*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Desarrollo de la comunidad rural. (1963). Actividades para la Salud Pública de México. *Salud Pública de México*, 5(3), 474-486. Recuperado de <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/3962>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (22 de diciembre de 1975). Resolución sobre reconocimiento y titulación de bienes comunales del poblado Mazocahui, Municipio de Baviácora, Son. Recuperado de https://dof.gob.mx/index_111.php?year=1975&month=12&day=22#gsc.tab=0
- Galindo Escamilla, E., y Palerm Viqueira, J. (2012). Toma de decisiones y situación financiera en pequeños sistemas de agua potable: Dos casos de estudio en El Cardonal, Hidalgo, México. *región y sociedad*, 24(54). doi: <https://doi.org/10.22198/rys.2012.54.a155>
- Galindo Escamilla, E., y Palerm Viqueira, J. (2016). Sistemas de agua potable rurales. Instituciones, organizaciones, gobierno, administración y legitimidad. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 18.
- Gobierno del Estado de Sonora. (1963). Solicitud de instauración del expediente de confirmación y titulación de bienes comunales de Mazocahui, municipio de Baviácora, Son. *Boletín Oficial*. Miércoles 16 de enero. Recuperado de <https://hndm.iib.unam.mx/consulta/publicacion/visualizar/558a33cf7d1ed64f169ba51d?anio=1963&mes=01&dia=16&tipo=pagina&palabras=mazocahui>
- Gobierno del Estado de Sonora. (1969). Ley 67 para el abastecimiento de agua potable y alcantarillado en el medio rural. Recuperada de <https://app.vlex.com/#vid/575276426>
- Gobierno del Estado de Sonora. (1992). Ley 104 de agua potable y alcantarillado del estado de Sonora. Recuperada de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/05/Sonora.pdf>
- Gobierno del Estado de Sonora. (2006). Ley número 249 de agua del estado de Sonora. Recuperada de <http://transparencia.esonora.gob.mx/NR/rdonlyres/0E89922C-9851-45DD-8C1F-FD0E03D63AE9/69598/Ley038DeAguasdelEstado.pdf>
- Gobierno del Estado de Sonora. (2018). Reglamento interior de H. Ayuntamiento de Baviácora. *Boletín Oficial*. Lunes 2 de julio. Recuperado de <https://boletinoficial.sonora.gob.mx/boletin/images/boletinesPdf/2018/07/2018CCIII1.pdf>
- Gobierno del Estado de Sonora. (2019). Planes municipales de desarrollo 2019-2021 de Bácum, Banámichi, Baviácora, Bavispe, Benito Juárez, Benjamín Hill, Caborca, Cajeme y Carbó. *Boletín Oficial*. Martes 15 de enero. Recuperado de <https://boletinoficial.sonora.gob.mx/boletin/images/boletinesPdf/2019/01/EE150120195.pdf>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). Población total en México por entidad y municipio según tamaño de localidad. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). Estadísticas vitales. Principales causas de muerte por década en los municipios de la cuenca río Sonora según la Lista de Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE 9-10/2). Recuperado de https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11144
- Palerm Viqueira, J. (2014). Derecho humano al agua, derechos de agua, ordenamiento territorial, tecnología y administración. En R. V. López Mera, J. L. Martínez Ruiz y E. López Ramírez (coords.), *Viabilidad y barreras para el ejercicio del derecho humano al agua y saneamiento en México* (pp. 190-196). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Pineda Pablos, N. (2010). *Los gobernadores de Sonora, 1911-2009*. Hermosillo: H. Congreso del Estado, LIX Legislatura.
- Pineda Pablos, N., y Salazar Adams, A. (2008). De las juntas federales a las empresas de agua: la evolución institucional de los servicios urbanos de agua en México 1948-2008. En R. Olivares y R. Sandoval (coords.), *El agua potable en México. Historia reciente, actores, procesos y propuestas* (pp. 57-75). México: Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A. C.
- Simonelli, J. M. (1987). Defective modernization and health in Mexico. *Social Science & Medicine*, 24(1), 23-36. doi: [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(87\)90135-3](https://doi.org/10.1016/0277-9536(87)90135-3)
- Soberanes, G. (1963). Algunos aspectos del estado de Sonora, de interés para la salud pública. *Salud Pública de México*, 5(3), 427-447. Recuperado de <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/3953/3836>

LOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS DE LA MICROCUENCA DE BANÁMICHÍ PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Francisco M. Durazo-Gálvez¹
Alicia del Carmen Hernández Villa²

1. Introducción

Este trabajo analiza los sistemas socioecológicos partiendo de la disponibilidad del recurso hídrico. Los recursos hídricos disponibles para el consumo humano son limitados y están distribuidos geográficamente de manera desigual. Además, este recurso se ve seriamente comprometido al relacionarse con el desarrollo del total de actividades humanas donde el recurso hídrico es desperdiciado, contaminado y manejado de manera insostenible. El área de estudio se ubica en Sonora, México y forma parte de la cuenca del río Sonora, este análisis se centra en la microcuenca de Banámichi.

En América Latina la situación es alarmante pues en algunas regiones la desigualdad de accesibilidad al agua potable se relaciona además con la falta de infraestructura necesaria para tomar agua de los ríos y acuíferos (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) indicó que la escasez de agua ocurre incluso en lugares donde existen mayores precipitaciones o se cuenta con mayores recursos de agua dulce, pero la forma de utilizarla y distribuirla no hace posible satisfacer las necesidades de consumo en el hogar, la industria, la agricultura o de la población en general. Ante este panorama se predice un escenario desalentador: se estima que, en el año 2050, alrededor de 25% de la población podría vivir en países o zonas donde exista escasez absoluta de agua o bien, en regiones donde no cuenten con agua de calidad, ni exista suficiente agua para satisfacer las actividades básicas.

La escasez de agua es un fenómeno natural, pero también uno inducido por los seres humanos; por ello, la crisis de la escasez del agua no solo se estudia desde la dimensión natural, sino también desde la social. Mehta (2007) mencionó que los elementos socioculturales influyen en la configuración de la escasez del recurso hídrico. El agua constituye una necesidad primordial para el desarrollo integral de las poblaciones humanas; sin embargo, ya no es un recurso abundante ni disponible en calidad (ONU, 2019).

En México, la escasa precipitación en el estado norteño de Sonora y el aumento en la demanda de agua de sus distintas comunidades han devenido en una excesiva extracción de agua subterránea. La disponibilidad de agua en el estado se ha visto afectada en las últimas décadas. Otro problema derivado de la escasez de agua se presenta en la zona costera, donde una de las actividades importantes es la agricultura.

¹ Universidad de Sonora, Posgrado Integral en Ciencias Sociales, durazo.fco@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0019-0927>

² Comisión Estatal de Evaluación y Mejora Educativa, hernandezv.alicia@sonora.edu.mx <https://orcid.org/0000-0002-8000-4954>

Debido a la extracción de agua subterránea se produce estrés hídrico, es decir, los acuíferos son sobreexplotados ocasionando la intrusión salina. Esto ocasiona el abandono de campos agrícolas y propicia los procesos de desertificación y degradación del suelo (Romo-León, Castellanos-Villegas y Méndez-Estrella, 2014).

Uno de los problemas en el área de estudio es la contaminación del río Sonora derivado de las actividades industriales como la minería. Como ya se sabe, en el año 2014 la mina Buenavista del Cobre, filial de Grupo México, derramó 40,000 m³ de sulfato de cobre acidulado a los ríos Bacanuchi, afluente principal del río Sonora. Como se ha documentado, este trágico acontecimiento ocasionó gran impacto en la salud de los pobladores, al medioambiente, daños en la flora y fauna y afectaciones a la economía local por la desconfianza de los productos regionales (Díaz-Caravantes, Duarte y Durazo-Gálvez, 2016; Durazo-Gálvez, 2020; Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021).

Ante esta problemática resulta imperativo estudiar el estado del recurso hídrico desde una visión integral, puesto que en él la participación humana individual y colectiva incide de manera directa. Se requiere de abordajes holísticos y transdisciplinarios para comprender la complejidad de las dinámicas socioambientales y trazar con pertinencia ejes de actuación. En este contexto, el estudio de la cuenca y la microcuenca se observa como prioritario. Por cuenca se reconoce al espacio geográfico en el cual transcurre el movimiento superficial del agua:

Es una unidad espacial en la que se conjuntan condiciones particulares de clima, relieve, suelo y vegetación que controlan los procesos hidrológicos que a su vez determinan la cantidad y calidad del agua, así como su distribución espacial y temporal [...] también está sujeto a procesos de apropiación territorial determinados por el uso cotidiano de los sujetos que lo habitan, la historia de ocupación y el funcionamiento de las instituciones (Burgos y Bocco, 2015, pp. 12-13).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) reconoce por cuencas a las unidades naturales del terreno, definidas por la existencia de una división de las aguas superficiales que tiene su origen en la conformación del relieve. Para propósitos de administración de las aguas nacionales, esta institución había definido 757 cuencas hidrológicas, de las cuales 649 se encontraban en situación de disponibilidad de agua (CONAGUA, 2018, p. 30).

Para entender el concepto de microcuenca es necesario describir la jerarquía de la cuenca hidrográfica, la cual se define como la unidad del territorio cuya característica topográfica hace que el agua drene hacia un punto común en su parte más baja. La microcuenca es el área más pequeña de la cuenca que, debido a su tamaño, da lugar a las llamadas “unidades básicas de planeación” que facilitan la medición de los indicadores de sustentabilidad, puesto que en cuencas muy grandes es difícil plantear recomendaciones.

Las comunidades que forman parte de la cuenca del río Sonora comparten la necesidad de abastecimiento de agua en calidad y cantidad. Este común denominador se debe a los acontecimientos ambientales y sociales a los que ha estado expuesta la cuenca, como las actividades antrópicas (ganadería, agricultura, minería) que extraen en exceso el recurso hídrico y son fuente de contaminación de las aguas (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021). Tal es el caso de la microcuenca de Banámichi, en donde sus actividades económicas principales (ganadería, agricultura, industria minera) requieren la mayor extracción de agua. A las comunidades locales se les suma la presencia de otros actores e intereses públicos y privados. Esto se debe a la falta de escenarios equitativos y sustentables, por lo que las consecuencias se manifiestan en la perturbación del potencial hídrico de estas comunidades.

En suma, la complejidad de la problemática aquí expuesta permite dirigir la mirada hacia la importancia de realizar investigaciones interdisciplinarias, toda vez que el problema del agua debe estudiarse desde la dimensión social y ambiental. Una vía para dicho abordaje son los sistemas socioecológicos. El objetivo de este capítulo es mostrar las formas en que los sistemas socioecológicos responden a la escasez del recurso hídrico en la microcuenca de Banámichi.

2. Sistemas socioecológicos

El término de Sistemas Socioecológicos (SSE) se ha utilizado desde la década de 1980 para describir un gran cambio teórico en el campo de la ecología que enfatiza la inestabilidad, el desequilibrio y las fluctuaciones caóticas de los sistemas ecológicos, los cuales se alejan de las visiones de equilibrio, estabilidad y homeostasis sobre las que se ha basado la ecología de sistemas.

Los SSE comprenden vínculos complejos entre un sistema ecológico y la interacción dinámica de uno o más sistemas sociales, los cuales propician con el tiempo, una adaptación intrínseca a partir de distintas escalas genéricas por medio del aprovechamiento de sus recursos y la autorregulación de sus ecosistemas. Los SSE han alcanzado mayor fuerza en los últimos años debido a que la complejidad adquiere centralidad en este planteamiento (Berkes, Folke y Colding, 2000), por lo que no es extraño encontrar dicho enfoque en programas internacionales de sostenibilidad, como el caso de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) o los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En los SSE los actores sociales interactúan con los ecosistemas a través de complejas relaciones que involucran procesos físicos sobre el territorio, como es el caso del uso del suelo o la delimitación de predios. Esta relación compleja también se da en los procesos sociales, económicos y culturales; por ejemplo, en la apropiación, la identidad y las reglas locales. Cada relación actor-ambiente forma un SSE que cuenta con estructuras y funciones, las cuales están relacionadas a través de escalas, con base en las interacciones que establecen.

Por consiguiente, un SSE es una herramienta de análisis que parte de la combinación del conjunto de los factores sociales y ecológicos para comprender las reacciones de los factores ecológicos a cambio de los sociales o viceversa (Castillo-Villanueva y Velázquez-Torres, 2015).

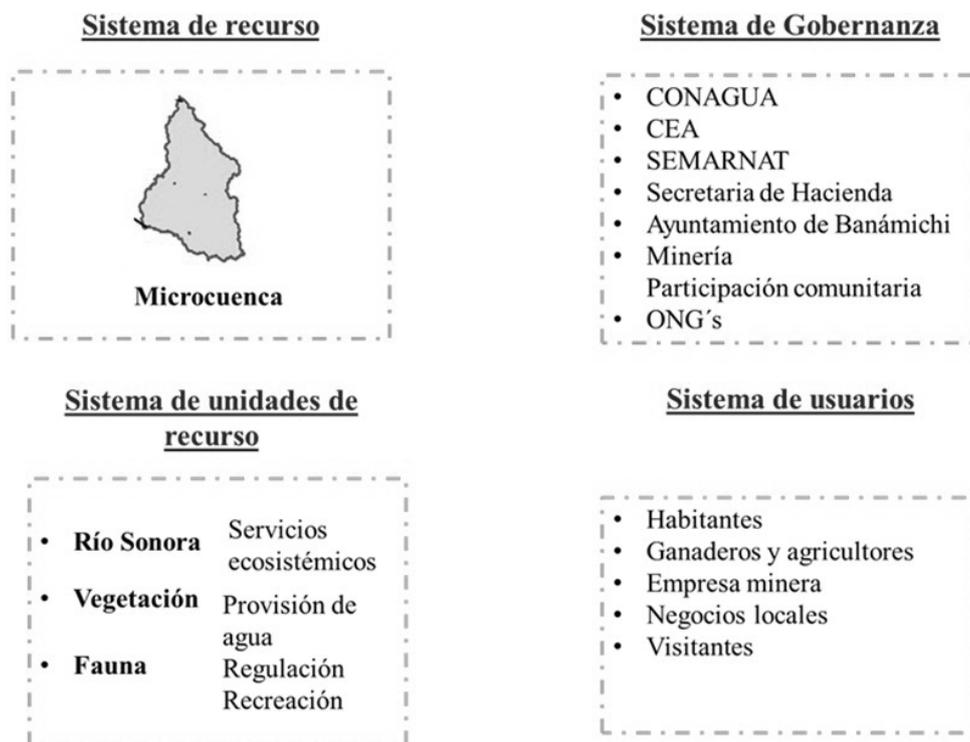
Partiendo del esquema de Ostrom (2009) se identificaron los conceptos propios de la microcuenca de Banámichi ([figura 1](#)), considerando así, como unidad de recurso, a la microcuenca, la cual permite un análisis social y ecológico de las condiciones biofísicas y sociológicas. Dentro del sistema de unidades de recurso se pueden identificar diferentes características de la microcuenca: ríos, arroyos, vegetación, fauna, etcétera. Estas son las unidades que forman parte del sistema.

Estas unidades de recurso ofrecen al municipio de Banámichi servicios ecosistémicos, provisión de agua, regulación, soporte y cultura (recreación), y los dos subsistemas forman parte del sistema ecológico. Ahora bien, dentro del sistema social se tienen dos subsistemas importantes, cada uno con sus variables: el sistema de gobernanza, donde se encuentran las autoridades municipales y gubernamentales; los actores externos gubernamentales y no gubernamentales, y los usuarios de la microcuenca que participan o intervienen de alguna manera en las decisiones sobre el recurso hídrico.

En el subsistema de usuarios se identifican diferentes actores (personas que hacen uso del recurso) que contribuyen desde su sector de participación. En el sistema de usuarios se excluye a los actores externos; es decir, para el caso del municipio de Banámichi se identifican los usuarios del agua, el sector agropecuario, la

industria, los grupos no gubernamentales y las autoridades locales. Este sistema de usuarios está vinculado al sistema de gobernanza.

Figura 1. Principales subsistemas en el marco de análisis de los SSE aplicado a la microcuenca de Banámichi



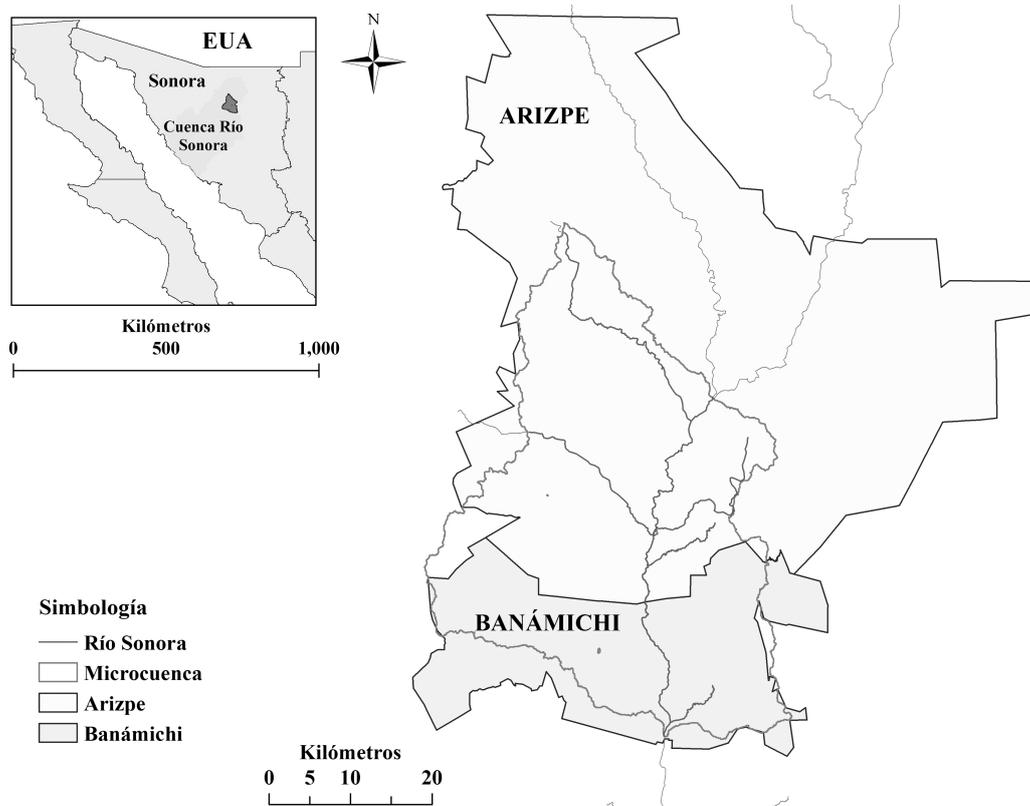
Fuente: elaboración propia con base Ostrom, 2009.

3. Área de estudio

El área de estudio se localiza dentro de la cuenca del río Sonora, la cual tiene una superficie aproximada de 38,782 km²; de esa superficie 1,603 km² corresponden a la microcuenca de Banámichi (figura 2). La microcuenca ofrece servicios ambientales en dos municipios: Arizpe y Banámichi, de los cuales 1,013 km² comprenden al primero y 590 km² al segundo.

La atención se centra en Banámichi, puesto que es el municipio donde se obtuvieron los datos de campo. Se eligió esta comunidad porque tiene características particulares sobre el tema del agua; por ejemplo: en ella se instaló una planta potabilizadora para la eliminación de metales pesados, es una región con actividad agrícola, y existen proyectos mineros en exploración y una unidad minera en operación. La población de la microcuenca corresponde a 3,881 habitantes, mientras que la población correspondiente a Banámichi es de 1,825 según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020).

Figura 2. Ubicación de la microcuenca de Banámichi



Fuente: elaboración propia.

4. Forma de abordaje del estudio

La presente investigación tiene carácter cualitativo; sin embargo, en una primera fase se utilizaron herramientas cuantitativas que permitieron analizar el estado hidrológico de la microcuenca de Banámichi, tales como el programa de diseño *ArcMap*. Este programa permitió obtener el coeficiente de la microcuenca de Banámichi para interpretar el estado hidrológico, consiguiendo así un modelo de balance hídrico (BH).

4.1. Proceso cuantitativo

El estudio del BH se basa en la aplicación del principio de conservación de la masa, conocida también como ecuación de continuidad; esto determina que, para cualquier masa y en cualquier momento, la diferencia entre la entrada y la salida se da con el cambio del volumen de agua almacenada ([figura 3](#)). En general, el método del BH mide tanto el almacenamiento como el drenaje del agua; sin embargo, se omiten algunas medidas debido al volumen y al periodo de tiempo utilizado para calcular el balance (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 1971).

Este análisis se basó en las tres estaciones climatológicas que se encuentran en operación dentro de la microcuenca: Arizpe, Sinoquipe y Banámichi. El análisis de la precipitación de la microcuenca se basó en los datos disponibles de las estaciones climatológicas y se consideró que en la estación de Sinoquipe solo hay información a partir del año 1982. Por otra parte, en la estación climatológica de Banámichi existe información desde el año 1961. El análisis de BH se realizó para el periodo 2015-2020. El esquema general de la metodología de BH se muestra en la [figura 4](#).

Figura 3. Diagrama general del BH



*Estado T+1: nueva estimación del BH.

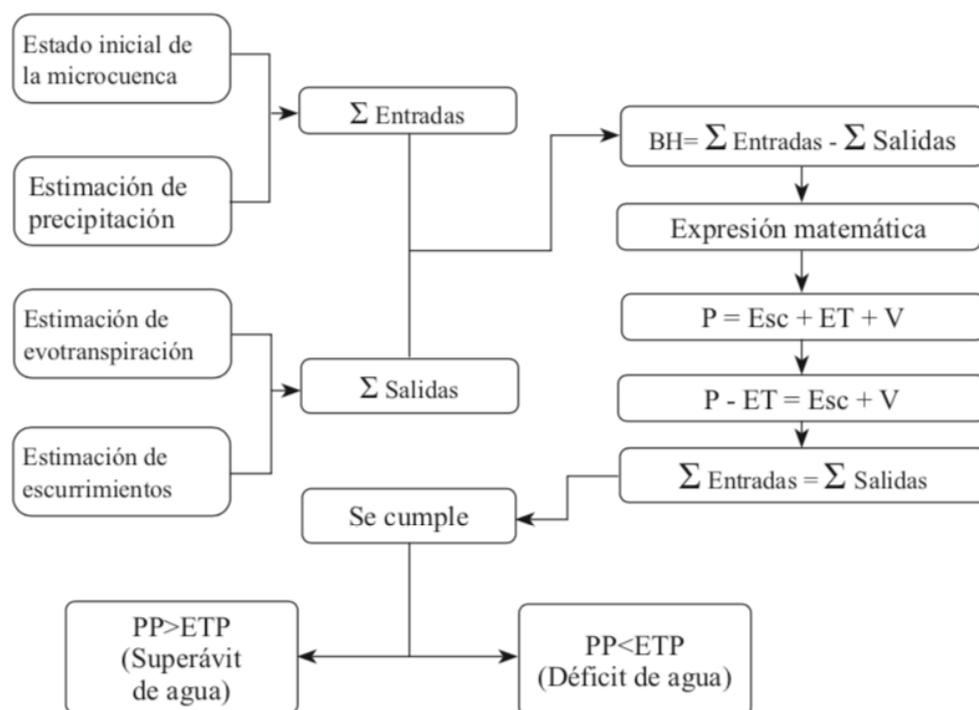
**Estado T: BH de la cuenca antes de iniciar el análisis.

***Entradas: son todas las entradas de agua a la microcuenca (aporte del agua almacenada en el suelo, precipitaciones, etc.)

****Salidas: son todas las salidas del agua (evotranspiración, escurrimientos).

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Esquema general de la metodología del BH



Fuente: elaboración propia.

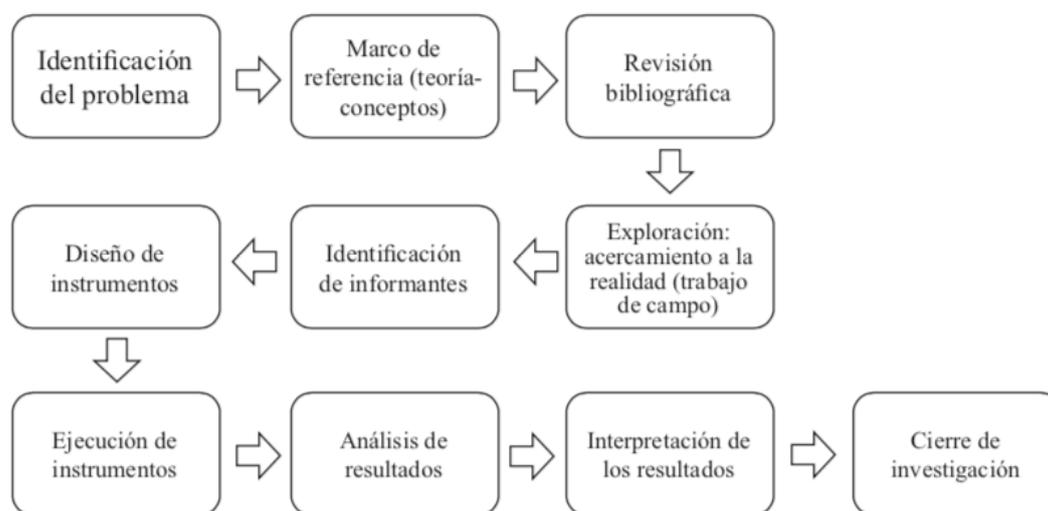
4.2. Proceso cualitativo

Una segunda fase de la investigación comprendió el uso de las herramientas cualitativas que permitieron analizar la percepción de los usuarios y autoridades sobre la disponibilidad del agua en el municipio de Banámichi; en esta fase, realizada durante noviembre y diciembre de 2021, se utilizaron dos instrumentos: la aplicación de 71 encuestas a los habitantes de la comunidad de Banámichi y la aplicación de tres entrevistas semiestructuradas a informantes claves.

Para el análisis cualitativo se realizaron entrevistas utilizando la técnica bola de nieve, la cual consiste en ubicar a los informantes claves, es decir, identificar a las personas que tengan conocimiento del tema del agua o que estén relacionadas de manera directa con la gestión del agua en la comunidad. Una vez identificadas estas personas se les piden sugerencias para entrevistar a otras, y así los entrevistados

recomiendan a personas que también tienen conocimiento sobre el tema que se está estudiando. Para el análisis cualitativo de la información se utilizó el programa *Atlas ti*. El esquema general del proceso cualitativo se muestra en la [figura 5](#).

Figura 5. Proceso cualitativo



Fuente: elaboración propia.

4.3. Indicadores

En la [tabla 1](#) se enuncian las dimensiones y los indicadores que se consideraron para este estudio, y dichas variables se seleccionaron con base en lo propuesto por Ostrom (2009).

Tabla 1. Dimensión, indicadores y fuentes de información

Dimensión	Indicador	Fuente
Sistema Ecológico	Disponibilidad de agua	CONAGUA
	Condiciones de los acuíferos	CONAGUA
	Características de la subcuenca y microcuenca	CONAGUA
	Condiciones meteorológicas	CONAGUA
	Uso del agua	INEGI, Entrevista
Sistema Social	Acceso al agua	CONAGUA
	Concesiones de agua	INEGI, CONAGUA
	Servicio de saneamiento	INEGI
	Cuotas del servicio de agua	Entrevista-Encuesta
	Actividades económicas	INEGI
Sistema de Gobernanza	Funcionamiento municipal para el abastecimiento de agua	Entrevista-Encuesta
	Organismo de agua (municipal/comunitario)	Entrevista
	Recursos económicos	Entrevista
	Gestión	Entrevista

Dimensión	Indicador	Fuente
Actores	Participación de las autoridades locales	Entrevista-Encuesta
	Vinculación con actores externos (gubernamental, ONG y privado)	Entrevista-Encuesta
	Participación de la comunidad en las consultas/ reuniones	Entrevista-Encuesta
	Planes/ programas preventivos en tiempo de sequía o escasez	Entrevista-Encuesta
Infraestructura	Equipos para la extracción de agua	Entrevista
	Pozos	CONAGUA, Entrevista
	Plantas potabilizadoras	CONAGUA, Entrevista

Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Dimensión del sistema ecológico

Holling (1973) definió a la dimensión del *sistema ecológico* como la capacidad que tiene un ecosistema para mantener sus funciones y procesos claves frente a tensiones o presiones, resistiendo y luego adaptándose al cambio. En esta dimensión se analizaron las condiciones de la microcuenca y la disponibilidad de agua con base en estudios técnicos. La condición ambiental de la microcuenca es fundamental para conocer el estado de disponibilidad de agua, pues ello permitiría evitar estrés hídrico o generar planes preventivos para el abastecimiento de agua. Estos indicadores se analizaron con la información disponible de CONAGUA y se realizó el estudio de BH.

4.3.2. Indicadores-dimensión sistema social

Adger (2000) definió la dimensión del *sistema social* como la capacidad de una comunidad humana para enfrentar y adaptarse a amenazas tales como cambios sociales, políticos, ambientales o económicos. Las comunidades resilientes están mejor equipadas para hacer frente al cambio y a la incertidumbre. En este sentido, depende de la capacidad de la comunidad el adaptarse y afrontar el cambio socioambiental. En esta dimensión se consideraron algunos indicadores en torno al recurso del agua. Para determinar la resiliencia social en contraste con el recurso hídrico se analizaron indicadores de CONAGUA e INEGI, y esta información se complementó con las encuestas.

4.3.3. Indicadores-dimensión sistema de gobernanza y actores

En la dimensión *sistema de gobernanza*, diferentes autores (Cotler, Mazari y Anda, 2006) plantearon la gobernanza del agua e hicieron referencia al trabajo de Ostrom (2009). Este se usó de manera contextual para establecer que la situación del recurso hídrico era crítica, dado que se tenía acceso irrestricto en condiciones de recurso de propiedad común o de uso colectivo; es decir, el agua era extraída por diferentes sectores sin límites, por cuanto se la consideraba como inagotable. Por esta razón, a través del sistema de gobernanza se facilita la identificación de los actores o usuarios del agua para que, posteriormente, sea la autoridad competente quien regule y gestione los recursos para garantizar el abastecimiento (Pacheco-Vega, 2014).

Por su parte, Ostrom(2009) consideró la dimensión *actores* como básica para los SSE, en tanto que estos desempeñan diferentes roles dentro de la comunidad. Así, se estudia la relación de las redes de actores, se analizan los usuarios del sistema de recurso y el papel que juegan dentro del sistema completo (social y ecológico), y se estudian los actores institucionales del ámbito local y estatal, y los actores externos al SSE (Torres, Schlüter y López, 2016).

En cuanto a la dimensión infraestructura se define como el conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo y el abastecimiento de agua potable dentro de los SSE (Ostrom, 2009).

5. Resultados

En este apartado se describen los resultados obtenidos a partir de las entrevistas y encuestas realizadas, así como por el análisis técnico del BH de la microcuenca. Se dio inicio con los resultados del BH. A esta sección se le denominó “unidad de recurso”, la cual hace referencia a la microcuenca, mientras que los resultados hacen énfasis al sistema ambiental. En un segundo momento se exponen los resultados cualitativos obtenidos por medio de las entrevistas y encuestas. Después de realizar el análisis de los instrumentos en cada programa señalado se describen los resultados y se interpretan con base en la percepción propia y de la persona encuestada o entrevistada.

5.1. Caracterización de la unidad de recurso

En este apartado el abordaje de los resultados tiene lugar desde una perspectiva ecológica, considerando la microcuenca como la unidad base de recurso dentro del marco de los SSE. Asumiendo lo anterior se analizan las características principales de la microcuenca y se estudia el recurso hídrico.

La microcuenca de Banámichi tiene una extracción de agua de 28 974 504 m³ que se destinan para diferentes usos (tabla 2), principalmente para la agricultura (63.4%), seguida del sector industrial (26.5%) y el uso doméstico (0.06%). En estas cifras se consideran los municipios que se ubican en la microcuenca (Arizpe y Banámichi). Por último, el número de concesiones de títulos de agua en la microcuenca es de 448.

Tabla 2. Uso del agua en la microcuenca

	Municipio	Uso del agua	% de uso	Volumen de aguas superficiales (m ³ /año):	Volumen de aguas subterráneas (m ³ /año):	Volumen de extracción de aguas nacionales (m ³ /año)
Microcuenca	Banámichi	Agricultura	30.3 %	6,620,400	2,168,740	8,789,140
		Pecuario	0.2 %	0	45,003	45,003
		Industrial*	1.1 %	0	305,075	305,075
		Doméstico	0.03 %	0	8,388	8,388
		Diferentes usos	2.3 %	0	679,030	679,030
		Público urbano	1.3 %	0	362,898	362,898
	Arizpe	Agricultura	33.1 %	1,572,800	8,016,618	9,589,418
		Pecuario	0.3 %	0	94,151	94,151
		Industrial**	25.4 %	1,000	7,362,345	7,363,345
		Doméstico	0.03 %	0	8,388	8,388
		Servicio público	2.0 %	0	569,989	569,989
		Diferentes usos	4.0 %	0	1,159,679	1,159,679
		Total	100 %	8,194,200	20,780,304	28,974,504

* En Banámichi el uso industrial corresponde a Nusantara de México S.A. de C.V. (Mina Santa Elena).

** En Arizpe los titulares son tres: Compañía minera la Lllamarada S.A. de C.V. (300,000 m³), Buena Vista del Cobre (7,061,345 m³) y Grupo Arizpe S.A. de C.V. (1,000 m³).

Fuente: elaboración propia basado en CONAGUA (2020a).

5.1.1 Balance hídrico

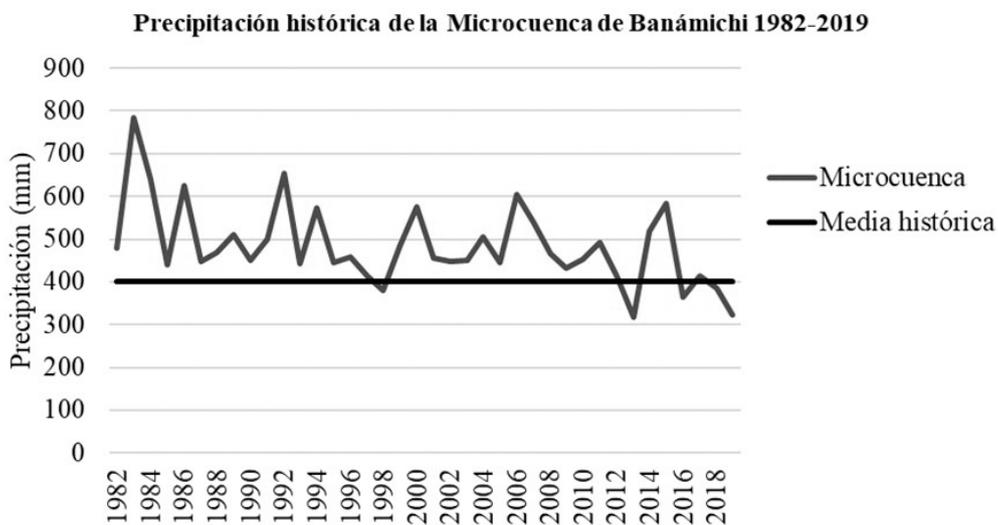
El balance hídrico (BH) constituye una herramienta básica para estimar la disponibilidad de agua en una cuenca. Este análisis explica el comportamiento de las dimensiones importantes en ella, como es el caso de la disponibilidad natural del agua y la explotación de los acuíferos; dicho cálculo consiste en cuantificar y sumar los flujos de entrada y salida de la cuenca. Para este estudio se incorporan diferentes variables: elevación, precipitación, temperatura, evapotranspiración, evaporación y tipo de vegetación. Para estudiar el BH de la microcuenca se consideraron los datos de las estaciones meteorológicas de Arizpe (26005), Sinoquipe (26271) y Banámichi (26008). Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó el método de Thornthwaite (1948), que consiste en una serie de ecuaciones donde se integran las diferentes variables para la obtención del BH.

Los valores correspondientes a la precipitación media anual en la microcuenca presentan una variación de 368 mm hasta los 624 mm, de acuerdo con los registros de las estaciones climatológicas. El valor medio anual para la precipitación en esta microcuenca se establece en 415 mm. Se tomó en consideración los datos recopilados por tres estaciones climatológicas durante el periodo comprendido entre los años 1982 y 2019 ([figura 6](#)).

Los datos estadísticos desde 1982 hasta el año 2000 revelan la presencia de dos años con niveles de precipitación inferiores a la media. En contraste, durante el periodo que comprende desde 2000 hasta el 2019 se constata la existencia de cinco años con niveles de precipitación por debajo de la media histórica. A partir de estos datos estadísticos se puede inferir de manera general que en los años precedentes a 1990, la precipitación fue 25% mayor en comparación con los años más recientes.

Para obtener el BH se utilizó el programa *ArcMap*, que dio como resultado la [figura 7](#). Este balance corresponde a los años 2015-2020. Asimismo, al interpretar el resultado se deben considerar los parámetros propuestos por Budyko, como se puede ver en la [tabla 3](#).

Figura 6. Precipitación anual de la microcuenca



Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2020b).

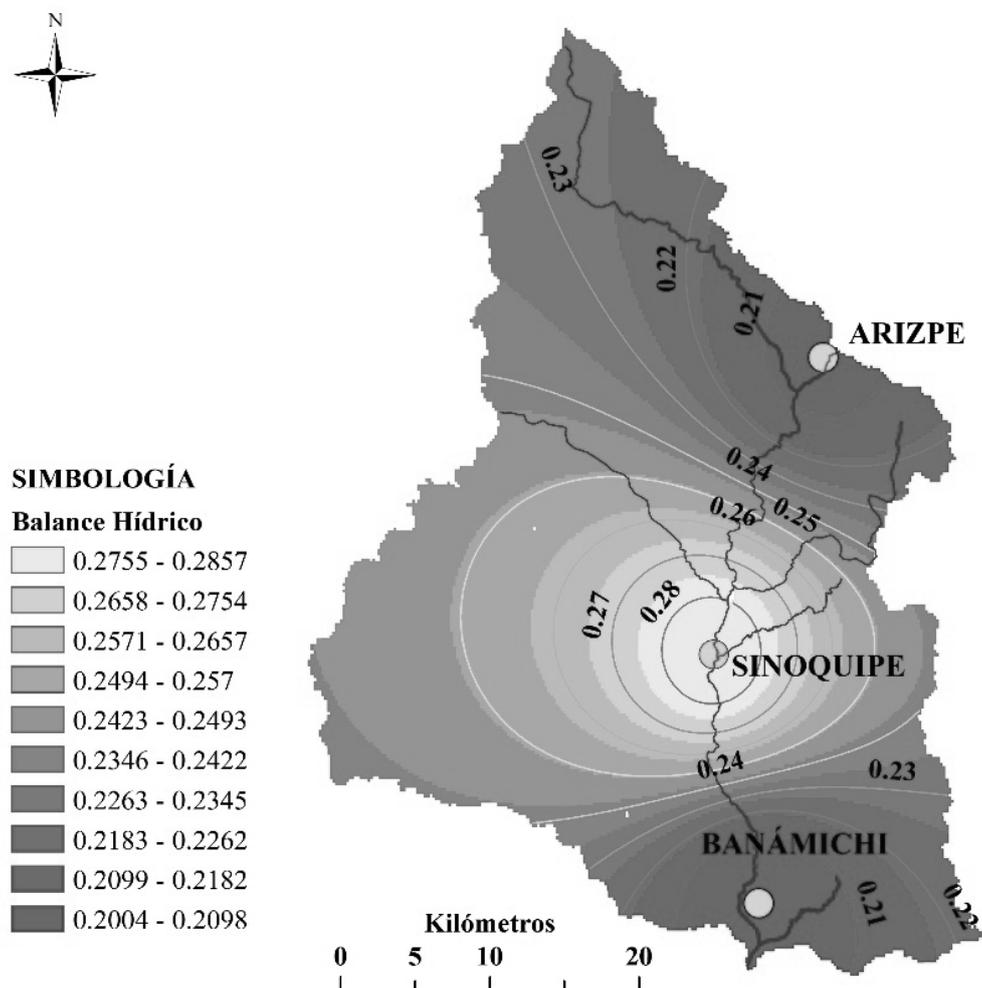
Tabla 3. Interpretación BH

Criterio	Valor	Interpretación
Mayor a	1.20	Exceso hídrico
Entre	0.80-1.2	Estabilidad
Menor a	0.80	Déficit hídrico

Fuente: Budyko (1958, p. 32).

Como se observa en la [figura 7](#), el resultado de la microcuenca indica que los datos obtenidos del BH oscilan entre 0.20 a 0.28; por lo tanto, y de acuerdo con la escala de interpretación, la región presenta un déficit hídrico de forma natural, aun sin tomar en cuenta la extracciones y usos del agua. Es decir, por medio de este estudio del balance hídrico, podemos determinar que en la microcuenca de Banámichi el agua es un recurso ecológicamente escaso.

Figura 7. BH de la microcuenca



Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2020b).

5.2. Caracterización del sistema socioecológico

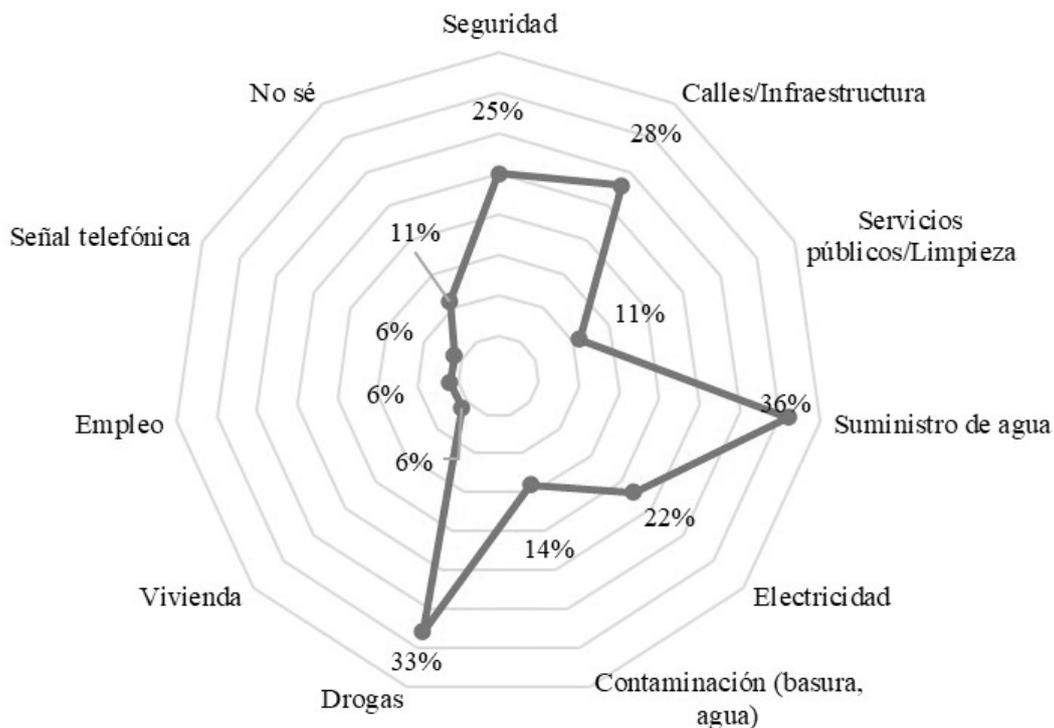
En esta sección se desarrollan las diferentes dimensiones que se consideraron en el análisis de los sistemas socioecológicos desde la perspectiva del sistema social y la relación con la unidad de recurso. Partiendo de lo propuesto por Ostrom (2009), los sistemas socioecológicos constituyen un enfoque que permite el estudio a nivel de microcuena, dado que a esta se le considera como unidad de recurso dentro del marco de los SSE (Challenger, Bocco, Equihua, Maass y Lazos, 2015, p. 2). Se reconoce en este trabajo que la unidad de análisis establecida para hablar del SSE es el resultado de la combinación de variables administrativas, geográficas, ecológicas y sociales.

5.2.1. Actores

Para este trabajo se encuestaron 71 personas, donde 36% eran hombres y 64% eran mujeres. De acuerdo con el grado escolar, 16% de los hombres encuestados había cursado la primaria, 12% la secundaria, 3% la preparatoria y 6% la universidad. Entre las mujeres encuestadas 15% se había graduado de primaria, 20% de secundaria, 21% de preparatoria, 6% de la universidad y 1% (una persona) de algún posgrado. La edad de los encuestados osciló entre los 23 y 84 años.

Los principales problemas identificados por los habitantes fueron el suministro del agua, con 36%; las drogas, con 33%; las calles y la infraestructura, con 28%; la inseguridad, con 25%; y la electricidad, con 22%, como se puede ver en la [figura 8](#).

Figura 8. Percepción de los principales problemas en la comunidad



Fuente: elaboración propia.

También se preguntó a los encuestados acerca de la fuente de abastecimiento que utilizan de acuerdo con las actividades que realizan en el hogar. De estos, 78% señaló que la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo personal y preparación de alimentos es el agua purificada envasada, lo cual conlleva a un gasto adicional: “Antes del derrame, tomábamos agua de la llave, ahora pues ya no se puede, porque dicen que está contaminada” (encuestado, noviembre 2021).

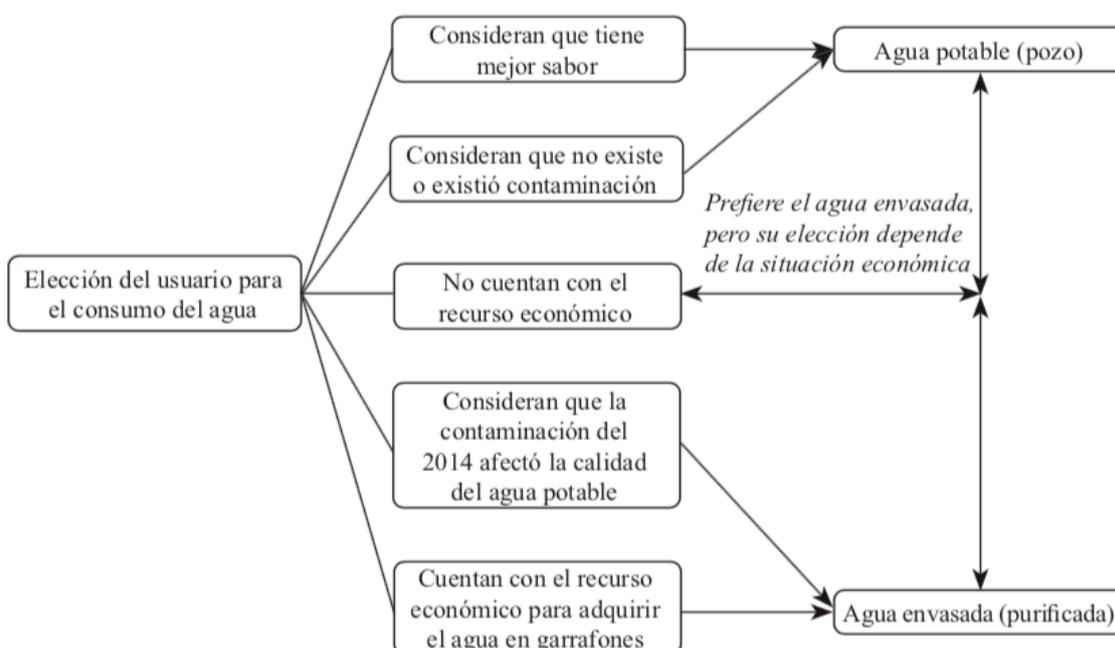
5.2.2. Percepción de la vulnerabilidad sociohídrica

Los habitantes de Banámichi se preocupan por “beber agua de calidad”. Dicha preocupación se relaciona con la salud humana puesto que, para dicha población, el consumo de agua de calidad se relaciona con el cuidado y preservación de la salud; a su vez, con el paso del tiempo se han adaptado a los cambios provocados por los eventos externos (como el derrame minero en 2014), representando un primer paso de dicha adaptación la búsqueda de fuentes alternas de abastecimiento de agua para el consumo humano.

De este modo, respecto al consumo de agua, la población del municipio se reúne en dos grupos: *a)* consumo de agua purificada envasada y *b)* consumo de agua potable (figura 9).

Aun cuando entre los informantes predomina el consumo de agua purificada envasada, también se encontró que parte de la población opta por consumir agua potable. Al indagar sobre dicha elección las y los informantes argumentaron que el agua potable “tiene mejor sabor”; asimismo, en este grupo prevalece la idea de que “no existe dicha contaminación”, o bien, que “existió en el momento del derrame”. Tal como se indica en los estudios a propósito de desastres socioambientales, riesgo socioambiental o conflictos socioambientales, en las poblaciones afectadas prevalece el desconocimiento, la desinformación y la falta de divulgación de los resultados de las investigaciones (Becerril, López y Guzmán, 2020). En dichos sectores por lo general no se implementan mecanismos ni estrategias de información para las comunidades, prevalece la ausencia de sistemas participativos para el monitoreo y manejo de la información dejando a la población relegada; es por ello por lo que se observan acciones orientadas por la desinformación, los usos y las costumbres.

Figura 9. Esquema de elección que hacen los usuarios para el consumo de agua



Fuente: elaboración propia.

Al preguntar a los habitantes su percepción sobre la calidad del agua, 19% manifestó su total desacuerdo en contar con agua de calidad; de la misma manera, 19% respondió estar totalmente de acuerdo, mientras que 27% expresó estar regularmente de acuerdo. Al preguntar sobre si consideraban tener suficiente acceso al agua potable 28% respondió totalmente en desacuerdo. Por último, una de las preguntas mencionaba si existe abundante agua en la comunidad, lo cual 44% respondió de manera negativa.

Otro aspecto destacable en cuanto al consumo de agua se relaciona con la economía de la población. Si bien la preocupación por consumir agua de calidad es una constante, gran parte de las y los habitantes carece de recurso económico para acceder de manera continua al agua purificada envasada. Por tanto, aparece una brecha de desigualdad entre quienes tienen acceso al agua de calidad y quienes no lo tienen: “A veces no tenemos dinero para pagar un garrafón y pues tomamos agua de la llave [...] dicen que está contaminada y otros dicen que está limpia, que no tiene nada, y pues cuando no tenemos dinero para comprar garrafón, usamos el agua de la llave” (encuestado, noviembre 2021). Estas mismas personas han mencionado que antes del derrame de 2014 no era necesario comprar garrafones, dado que el agua de la red estaba limpia; sin embargo, a partir del acontecimiento prefirieron comprar agua purificada.

La mayoría del pueblo ha optado por no pagar la tarifa del agua potable, ya que afirman que la encargada de solventar los costos de operación es la empresa responsable del derrame (Grupo México). Esta pérdida de ingreso al municipio para el mantenimiento y operación del sistema de agua potable podría tener consecuencias en cuanto al soporte e infraestructura y complicar el abastecimiento de agua a la población. Uno de los principales gastos de operación es el costo de la electricidad que requiere el equipo de bombeo. Este panorama de gasto eléctrico de operación se puede apreciar en otras comunidades del río Sonora (Elizalde, 2020).

5.2.3. Sistema político institucional

El director del agua de Banámichi manifestó una resistencia de parte de los usuarios sobre el tema del agua. Esta inconformidad de los usuarios se basa en el derrame ocurrido en 2014, pues desde esa fecha la mayoría de las personas ha dejado de pagar el consumo de agua potable. La tarifa que aplica el ayuntamiento es fija, y el cobro es de 55 pesos mensuales. El director expresó que los pozos y equipos de bombeo requieren constante mantenimiento para garantizar el abastecimiento, y, a causa de la deuda de una gran parte de la población es difícil costear dichos servicios. Por consiguiente, el ayuntamiento consideró un ajuste a la tarifa del agua a partir de 2022: “Hablarle a la gente y decirle que va a subir el agua y pues si de por sí no se arriman y subiéndole pues menos. Pues nosotros lo vamos a subir entrando el año” (director del agua).

Por otra parte, la autoridad a cargo del monitoreo de la calidad del agua es la Comisión Estatal del Agua (CEA). Este proceso se lleva a cabo cada mes y se le notifica al ayuntamiento el resultado. Así, de no cumplir el monitoreo con los parámetros permitidos, y considerando la NOM-127-SSA1-1994, se cuestionó sobre las medidas que había considerado el ayuntamiento para garantizar el agua de calidad: “pues ahorita la verdad, cómo le digo. Pero sí me ha dado cuenta de que, así cada, casi seis meses, no sé la verdad, hasta ahorita no sé, como yo voy entrando, no sé cómo qué tanto tiempo tienen y monitorearlo, a lo mejor ya lo monitorearon el año pasado” (autoridad responsable del monitoreo del agua).

En este punto resulta medular reconocer la urgencia de acciones que garanticen el abastecimiento de agua de calidad; es decir, de forma que cumpla con las normas oficiales para el consumo humano.

El aparente desconocimiento del informante respecto de las acciones a implementarse para atender los resultados derivados del monitoreo pudo deberse a la ausencia de mecanismos de información, capacitación y divulgación de los resultados de investigaciones. La poca claridad sobre las acciones requeridas deriva en la

ineficiencia de las funciones correspondientes a la atención o solución de cuestiones ambientales que conciernen al recurso hídrico (Torres, González, Rustrián y Houbron, 2013; Burgos y Bocco, 2015; Acevedo, Ortiz, Pérez y Lugo, 2017; Villada-Canela, Martínez, Daesslé y Mendoza, 2019). En este punto, la literatura especializada reconoce que existen desarticulaciones y omisión de acciones por parte de las autoridades responsables del manejo del agua, lo que genera un desorden en el ejercicio de funciones entre los organismos encargados de manejar los recursos naturales en la cuenca. Además, prevalece un desconocimiento del marco legal relacionado con el agua y la ausencia de normativas claras, provocando irregularidad en las regulaciones legales, incertidumbre, desconfianza y confusión en materia de gestión de cuencas (Acevedo et al., 2017; Villada et al., 2019; Luque et al., 2019; Becerril et al., 2020).

La entrevista con el presidente municipal se llevó a cabo el 9 de diciembre de 2021. Al preguntarle qué dependencias o instituciones intervenían para el abastecimiento del agua respondió que se hacía responsable el municipio y en ocasiones el Estado, que acudía solo para monitorear los pozos y hacer el seguimiento de la calidad del agua. Además, mencionó que mediante el programa de Zona Económica Especial del Río Sonora (ZEERS) a partir de 2018 están recibiendo un recurso económico para compensar el gasto de operación del abastecimiento de agua; dicho programa tendrá una vigencia hasta el año 2032.

Por otra parte, se le preguntó al entrevistado sobre la tarifa del agua, en tanto que los habitantes comentaban que era extraño que, al cambiar de administración municipal, se comenzara a cobrar el agua. Uno de los habitantes comentó: “No hemos pagado el agua desde que sucedió el derrame, ese fue el acuerdo, la empresa se haría cargo de los costos de agua. ¿Cómo vamos a pagar algo que está contaminado, que no se encuentra en buen estado?” (encuestado, noviembre 2021). Al cuestionamiento, el presidente municipal respondió:

Grupo México no paga un centavo por el apoyo para el suministro de agua. La gente tiene esa creencia y comenta: “yo no pago el agua porque el Grupo México la paga”. Esto no es así. El apoyo otorgado es el de la zona económica especial, gestionado por los diputados para que el Gobierno del Estado nos dé un apoyo, no es el 100% del costo. Si bien andamos ahí, alrededor del 30% lo que nos apoya el Gobierno del Estado a través de la zona económica especial, pero Grupo México no paga, no paga el agua.

La única participación de Grupo México con el municipio fue en la construcción de la planta potabilizadora, la cual no opera debido al aumento del costo de la conducción; esto se debe a que el pozo está muy retirado de la red pública, por lo tanto, aumenta el costo de la operación y no hay capacidad para suministrar agua a toda la población.

Si bien cuando pasó eso del derrame (2014) se hicieron ciertas obras en ese tiempo, se construyeron pozos ubicándolos de fuera de los rangos contaminados. El pozo que se construyó en Banámichi, es un pozo que no dio el gasto requerido, y aparte sale mucho más cara la conducción porque estaba muy retirado. Con esto fue lo que apoyó Grupo México en aquel tiempo. Después de construir el pozo se nos dijo que Grupo México se haría responsable del suministro de agua y del mantenimiento de los pozos, pero no pagó electricidad, ni pagó mantenimiento, ni pagó nada para suministro del agua. Pero la gente se quedó con esa creencia que Grupo México iba a estar pagándonos el agua por toda la vida y no es así. Sí hubo un tiempo que se dejó de cobrar el agua, pero fue cuando sucedió el derrame en el año 2014-2015, no se pagó agua. Pero después del 2015 se comenzó a cobrar. Por lo que sí hay muchos rezagos. Se debe mucho, mucho de agua, pero es porque la gente cree que Grupo México la paga, pero no es así (presidente municipal).

Si bien es cierto que Grupo México no interviene en el municipio, el sector minero³ participa de manera independiente en las comunidades de Las Delicias, Las Moras y Banámichi. En las dos primeras, la industria minera es reconocida por el apoyo que brinda en temas de salud y deporte: “Aquí no vienen las autoridades, solo en tiempos de campaña se ven los políticos[...] Gracias a la minera tenemos centro de salud, si no fuera por ellos, aquí estuviéramos” (persona encuestada, Las Moras, 2021).

6. Conclusiones

De acuerdo con esta investigación, a partir de la revisión de la microcuenca de Banámichi desde la dimensión ecológica encontramos que tiene una extracción de agua de 28,974,504 m³ que se destinan para diferentes usos, siendo el principal la agricultura con 63%, seguido del sector industrial con 26.5% y para el uso doméstico con 0.06%. El número de concesiones de títulos de agua en la microcuenca es de 448. Considerando que Banámichi se encuentra en el punto bajo de la microcuenca, las acciones y actividades que suceden en la parte alta de ella afectan todo el sistema de la unidad de recurso.

Al realizar el BH se identifica un déficit natural considerable: este indicador debe tomarse en cuenta en las políticas públicas para la gestión y manejo del recurso; tal es el caso de aquellos factores ambientales que han contribuido a la disminución de la disponibilidad del recurso hídrico. Con base en los datos de CONAGUA y la estimación del BH se observa que del 2015 al 2020 las precipitaciones han disminuido, esto ocasiona menor recarga hídrica en la cuenca y acuífero contra el aumento de la demanda del agua por los sectores antes mencionados.

Debido a la escasez de agua superficial, la principal fuente de abastecimiento es el agua subterránea, por ello es importante administrar el agua disponible de los acuíferos para evitar problemas complejos, como sucede en la costa del municipio de Hermosillo. Para este caso, el acuífero del río Sonora aún cuenta con disponibilidad, sin embargo, es muy poca, considerando la alta demanda.

El segundo actor principal de extracción de agua es el sector industrial, en este caso la minería. De los proyectos que se encuentran en la microcuenca unos son de exploración y otros se encuentran activos, es decir, en explotación. Bajo el contexto de disponibilidad de agua en los acuíferos, sin la regulación adecuada tomarán el control los principales actores económicos, generando mayor estrés hídrico.

Como factores sociales que inciden en la escasez del agua en la comunidad se identificaron la falta de infraestructura y plan de acciones por parte de las autoridades municipales, además del acaparamiento del agua por los sectores económicos (Moreno, 2021). Por esta razón es necesario que el ayuntamiento genere un plan preventivo y de acciones concretas en conjunto con la sociedad, el sector público y el privado. La crisis del agua es un problema que si no se atiende de manera integral y colaborativa se vislumbra como un futuro complicado puesto que la región es principalmente minera, lo que puede desencadenar conflictos por este recurso, así como otros de carácter territorial.

Una crisis hídrica no solamente se vive en Banámichi, o en el estado de Sonora, o algunos otros estados de la república mexicana: su presencia es global y las proyecciones que señala la ONU o la OMS distan de ser alentadoras, por lo que las acciones y decisiones que comienzan a tomar los gobiernos deben de ser desde el enfoque integral de los sistemas. Esta crisis que comienzan a padecer o padecen diversos sectores no obedece solo a las condiciones ecológicas-ambientales, también se relaciona con el modelo mercantil del agua.

Para superar esta crisis es necesario cambiar este enfoque mercantil que se le ha asignado al vital líquido: es fundamental un modelo social que tenga como eje principal el derecho humano al agua limpia, de calidad y

³ La Mina Santa Elena, ubicada en Banámichi, corresponde a First Majestic Silver Corp.

en cantidad. Llama la atención que, para mitigar los efectos del estrés hídrico, los gobiernos estatales o municipales generalmente optan por el racionamiento del agua para el consumo humano. Pero ¿qué pasa con las actividades económicas? Las acciones de las autoridades locales se observan limitadas ante el uso indiscriminado del agua por parte de los sectores lucrativos, las actividades agropecuarias y el sector minero siguen contando con el recurso hídrico suficiente para seguir sus labores a pesar de que a la población se le regula con tandeos u otras medidas similares.

En síntesis, estas son las principales reflexiones derivadas del análisis de este trabajo:

En el territorio se presentan diversos conflictos y disputas que no son atendidos de manera oportuna, no se implementan acciones para revertir los problemas. En este sentido, la heterogeneidad de las condiciones locales, principalmente en lo que se refiere al tamaño, condiciones ambientales y necesidades de las comunidades requiere de estrategias diferenciadas en atención a la conservación, la protección y la restauración de la cuenca.

Sigue pendiente la gestión participativa de la cuenca. Esto solo se ha quedado en una elaboración conceptual que adorna y organiza los proyectos, pero falta su aplicación; por ello, la participación de la población en las acciones y proyectos orientados a la gestión del agua es poca o nula, no se promueven esquemas de participación de los diferentes sectores sociales.

Se requiere de nuevos enfoques de gestión en el manejo de cuencas, nuevos instrumentos de participación de la sociedad, información y educación para entender su dinámica, así como la interrelación y dependencia de los factores de orden natural y antrópico imperantes en estos territorios.

Las instituciones se encuentran rezagadas respecto a la evolución conceptual de las cuencas, lo que repercute en su manejo, gestión e impide la puesta en marcha de acciones concretas en la administración de los recursos naturales de la cuenca.

Los proyectos que se implementan están alejados de la realidad y las necesidades de las comunidades. No se consideran las opiniones de los actores sociales, los problemas reales y las posibles soluciones que se vislumbran desde la experiencia y necesidades de dichos actores. En este sentido, se destaca que las decisiones son tomadas de arriba hacia abajo, no de un proceso histórico social. Existe un malestar generalizado por la toma unilateral de decisiones del gobierno.

En los consejos de cuenca son pocos los actores que asumen la participación como una oportunidad fundamental para los cambios en la práctica. Según la literatura revisada, esto se puede deber a que los consejos de cuenca obstaculizan una verdadera representatividad de usuarios y sociedad organizada, por lo que muchas veces la constitución del consejos de cuenca se reduce a ciertos grupos y se excluye la participación de diversos actores; en este sentido, la participación de mujeres es mínima.

Por lo que se refiere a los mecanismos de participación local (comisiones y comités), estos son de instalación reciente y no han tenido una promoción extensa, además de haber sido construidos desde el gobierno federal en la gran mayoría de los casos.

Omisión en las políticas de distribución y uso del recurso. La distribución del agua es precaria, inequitativa e injusta, los grupos minoritarios son los más afectados.

En las cuencas, microcuencas o subcuencas, el volumen del líquido se ve afectado por la toma indiscriminada del agua y por fuentes de contaminación diversa y recurrente. Existe preocupación por parte de las comunidades respecto a la contaminación de las aguas puesto que no se analizan de manera sistemática, además de la ausencia de datos sobre la calidad de esta.

No hay mecanismos ni estrategias de información a las comunidades. Falta de información y divulgación de las investigaciones, carencia en investigaciones de los problemas locales referentes al agua.

Existen desarticulaciones y omisión de acciones por parte de la autoridad responsable del manejo del agua, lo que genera un traslape de funciones entre los organismos encargados de manejar los recursos naturales en la cuenca. Además, prevalece un desconocimiento del marco legal relacionado con el agua y la ausencia de normativas claras, provocando irregularidades legales, incertidumbre, desconfianza y confusión en materia de gestión de cuencas. En el caso específico de los consejos de cuenca no se tiene claridad respecto a sus actividades y si estos tienen incidencia en la resolución de problemas de localidad de agua; tampoco resultan claras las funciones que les corresponde desempeñar en la solución de cuestiones ambientales referente al recurso.

Lo anterior se vincula con el tema de transparencia, prevalecen entonces mecanismos y cultura de tipo clientelar caracterizados por la corrupción y la simulación. En este contexto, el interés de participación se centra en la expectativa de recibir recursos económicos y menos en la responsabilidad e interés de vigilancia para la aplicación de las normas.

Respecto al proceso de sistemas participativos desde las comunidades se requiere de una actuación constante. Una vía para lograrlo es a partir de los comités comunitarios de agua (instancias dirigidas por los propios individuos de las comunidades) para tener una gestión más sustentable de sus recursos. Es necesario transitar hacia nuevos esquemas de participación deliberativos, descentralizados y de colaboración intrainstitucional.

Por último, es urgente una mayor planeación y desarrollo de capacidades de las comunidades relacionadas con el manejo, distribución y estado del recurso hídrico.

Referencias

- Acevedo, M., Ortiz, Y., Pérez, R., y Lugo, G. (2017). El comité comunitario en el manejo de recursos hidrológicos en San José Chiltepec, Oaxaca, México. *IDESIA*, 35(4), 79-85. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017000400079>
- Adger, W. N. (2000). Resiliencia social y ecológica: ¿están relacionadas? *Progress in Human Geography*, 24(3), 347-364. doi: <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>
- Becerril, H., López, R., y Guzmán, L. A. (2020). Planeación colaborativa para gestionar recursos hídricos: una propuesta metodológica basada en la teoría del actor-red. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 8(22), 1-17. doi: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2020.22.76412>
- Berkes, F., Folke, C., y Colding, J. (2000). *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press.
- Budyko, M. I. (1958). *The heat balance of the earth's surface*, translated by Nina A. Stepanova (from *Teplovoi balans zemnoi poverkhnosti, Gidrometeorologicheskoi izdatel'stvo*, Leningrad, 1956, 255 pages), US Department of Commerce, Washington, DC.
- Burgos, A., y Bocco, G. (2015). La cuenca hidrográfica como espacio geográfico. En A. L. Burgos, G. Bocco y J. Sosa (coords), *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas* (pp. 11-29). México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castillo-Villanueva, L., y Velázquez-Torres, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia. *Quivera*, 17(2), 11-32.

- Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Lazos Chavero, E., y Maass, M. (2015). La aplicación del concepto del Sistema Socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación Ambiental Ciencia y política pública*, 6(2), 1-21.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2018). *Estadística del agua en México*. México: Comisión Nacional del Agua y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2020a). Base de datos Registro Público de Derechos del Agua. Recuperado de <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2020b). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Río Sonora (2624), Estado de Sonora.
- Cotler, H., Mazari, M., y Anda, J. (2006). *Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala. Construyendo una visión conjunta*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Ecología.
- Díaz-Caravantes, R. E., Duarte-Tagles, H., y Durazo-Gálvez, F. M. (2016). Amenazas para la salud en el Río Sonora: análisis exploratorio de la calidad del agua reportada en la base de datos oficial de México. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 48(1), 91-96. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3438/343844022012>
- Díaz-Caravantes, R. E., Durazo-Gálvez, F. M., Moreno Vázquez, J. L., Duarte Tagles, H., y Pineda Pablos, N. (2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: una revisión de la recuperación del desastre. *región y sociedad*, 33(e1416). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416>
- Durazo-Gálvez, F. M. (2020). *Fotointerpretación satelital del cambio de uso del suelo en las márgenes del río Sonora, en el tramo Ures-Molino de Camou y el efecto social derivado de la actividad antrópica regional* (tesis de licenciatura en geología). Universidad de Sonora, Hermosillo. Recuperado de <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/6971>
- Elizalde Castillo, F. (2020). *Acceso al agua potable ante el derrame minero de 2014: vulnerabilidad y resiliencia en las comunidades del río Sonora* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperado de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44490>
- Elizalde Castillo, F., Díaz-Caravantes, R. E., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). Resiliencia en el agua doméstica en comunidades del río Sonora ante el derrame de 2014. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 569-598. doi: <https://doi.org/10.22136/est20211715>
- Holling, C. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (4), 1-23.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Luque, D., Murphy, A., Jones, E., Búrquez, A., Martínez, A., Manrique, T., y Esquer, D. (2019). *Río Sonora. El derrame de la Mina Buenavista del Cobre-Cananea, 2014*. México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
- Mehta, L. (2007). ¿De quién es la escasez? ¿De quién es la propiedad? El caso del agua en el oeste de la India. *Política de uso de la tierra*, 24(4), 654-663.
- Moreno Vázquez, J. L. (2021). *Acaparamiento y deterioro del agua en el noreste de Sonora. El caso de la mina de Cananea, 1899-2020*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.

- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2019). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (1971). *Scientific framework of world water balance*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000073095>
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Pacheco-Vega, R. (2014). Ostrom y la gobernanza del agua en México. *Revista Mexicana de Sociología*, 76(3), 137-166. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/iis.01882503p.2014.0.46485>
- Romo-León, J. R., Castellanos-Villegas, A., y Méndez-Estrella, R. (2014). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía - Consejo de Cuenca Alto Noroeste [Reporte Técnico]. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/IMTA_CONAGUA%20cuenca%20Noroeste%20salida.pdf
- Thornthwaite, C. W. (1948) An Approach Toward A Rational Classification Of Climate. *American Geographical Society*, 38(1), 55-94.
- Torres Beristáin, B., González, G., Rustrián, E., y Houbron, E. (2013). Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 135-146.
- Torres Guevara, L., Schlüter, A., y López, M. (2016). Collective action in a tropical estuarine lagoon: adapting Ostrom's SES framework to Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *International Journal of the Commons*, 10(1), 334-362. doi: 10.18352/ijc.623
- Villada-Canela, M., Martínez-Segura, N., Daesslé, L., y Mendoza-Espinosa, L. (2019). Fundamentos, obstáculos y retos de la participación pública en la gestión del agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(3), 12-46. doi:10.24850/j-tyca-2019-03-02

PROPUESTA DE INDICADORES DE UNA MATRIZ
DE SEGURIDAD HÍDRICA RURAL
PARA LOCALIDADES DEL RÍO SONORA

Eber Martínez Jiménez¹

Brisa Violeta Carrasco Gallegos²

Pablo A. Reyes-Castro³

1. Introducción

Los estudios recientes respecto a la problemática del río Sonora han abarcado distintas visiones del riesgo respecto a la actividad minera, la exposición a los metales pesados y las problemáticas socioambientales en las localidades de la cuenca. A pesar de que se han tocado diferentes ejes de estudio, el tema de la seguridad hídrica ha sido poco explorado en estos análisis.

En las últimas décadas, en México, el concepto de seguridad hídrica se ha incorporado cada vez más en los temas de discusión enfocados a la creciente demanda y escasez del agua en el territorio nacional. En las metodologías actuales para la evaluación de la seguridad hídrica en el país, varios de los elementos que este concepto examina no han sido tomados en cuenta debido a que el elemento cuantitativo es la principal arista para la creación de los índices de evaluación. Dada su importancia, en este trabajo se presenta el estudio y propuesta de una serie de indicadores que pueden dar cuenta del estado de Seguridad Hídrica Rural (SHR) de diversas comunidades, como las que se ubican a lo largo del río Sonora, afectadas por el derrame de origen minero ocurrido en el año 2014.

La construcción de los indicadores para este instrumento de evaluación permitió abordar distintas perspectivas de análisis de la seguridad hídrica, no solo las de tipo cuantitativo, sino también cualitativo. El resultado fue un instrumento que mejora el diagnóstico de la seguridad hídrica, ya que esta matriz ayuda a reconocer el estado en el que se encuentra la localidad respecto a la gestión del agua, los riesgos hídricos relacionados con la seguridad hídrica y las líneas a seguir para un buen desarrollo.

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional, ebermaji@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8128-3775>

² Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía, bvcarrascog@uaemex.mx, <https://orcid.org/0000-0003-4676-6215>

³ El Colegio de Sonora, Centro de Estudios en Salud y Sociedad, preyes@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-3091-5530>

2. Antecedentes

La contaminación minera, las afectaciones a la salud y ambiente, así como la resiliencia en la cuenca del río Sonora, son temas de interés que han sido abordados desde diversos enfoques del conocimiento por diversos grupos académicos, instituciones, así como por el sector no gubernamental para vislumbrar las problemáticas que acontecen en dicho territorio.

Estudios como los de Gómez, Ortega y Yocupicio (1990) y Gómez et al. (2009) que tratan el comportamiento de los metales pesados en los sedimentos de la cuenca, su acumulación y concentración, son algunos de los trabajos de investigación que han permitido concluir que, en el área de Cananea, los ecosistemas son afectados por la industria minera y la descarga de aguas residuales no tratadas (Martínez Jiménez, 2022).

En 2014 se produjo el “mayor desastre ambiental de la historia de la industria minera del país”, con el derrame de 40,000 m³ de lixiviado ácido a la cuenca del río Sonora proveniente de la mina Buenavista del Cobre, filial de Grupo México, que afectó a más de 22,000 personas de siete municipios: Arizpe, Banámichi, Huépac, Aconchi, San Felipe, Baviácora y Ures (Lamberti, 2018). Poco después de este incidente se creó el Fideicomiso Río Sonora (FRS) para responder las demandas y afectaciones de las comunidades de la cuenca (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2018). Estudios realizados por organizaciones civiles presentes en la cuenca del río Sonora, posteriores a la creación del FRS, revelan la ausencia de las autoridades reguladoras para remediar los impactos en el ambiente y la salud de la población, además de inconsistencias en el FRS (PODER, 2020; Martínez Jiménez, 2022).

En el año 2016, y debido a la persistencia de los metales pesados en la cuenca del río Sonora, se realizó un análisis de la movilidad y biodisponibilidad de estos elementos en las corrientes Mexicana y Jaralito, afectadas por las actividades mineras. Con base en índices de geo-acumulación (Igeo) y datos de referencia geoquímicos se determinó que estas áreas presentan contaminación moderada por metales en relación con las comparaciones de los criterios de calidad LEL y SEL por sus siglas en inglés (Lowest Effect Level y Severe Effect Level), representando un riesgo ambiental sustancial debido a la alta movilidad y disponibilidad de los metales, lo que confirma la urgencia de implementar prácticas efectivas de gestión ambiental ante la probabilidad de efectos biológicos adversos de los altos niveles de metales en esas corrientes (Aguilar et al., 2016).

Dos años después, en 2018, se llevó a cabo un estudio donde se examinaron los criterios de evaluación relacionados con los metales pesados y la calidad del agua en la cuenca del río Sonora después del derrame. En esta investigación se compararon los datos reportados por el FRS con los Lineamientos de Calidad del Agua (LCA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP), ambos regulados por la SEMARNAT. Los resultados permitieron evidenciar el estado de amenaza y vulnerabilidad en que se encuentra la vida acuática en el río Sonora, además del laxo énfasis en la protección de los servicios ambientales en el país en el que impera un paradigma mercantilista del agua (Díaz-Caravantes et al., 2018).

En 2020 salió a la luz un trabajo sobre la percepción del riesgo por actividades mineras en el río Sonora desde el punto de vista de diferentes actores: autoridades, activistas, asociaciones civiles, organizaciones sociales, académicos y pobladores, donde se empleó metodología cualitativa a través de entrevistas que analizan el discurso de expertos y lugareños, además de incorporar talleres de cartografía social con los activistas locales. Este estudio demostró que existen controversias entre los actores sobre la vulnerabilidad política, social, económica, física, técnica y ambiental, más allá de las indiferencias y similitudes en las posturas en torno a la vulnerabilidad ideológico-cultural de las actividades mineras en el río Sonora (Orozco y Rodríguez, 2020).

Al mismo tiempo, en una publicación de PODER (2020) se expuso la situación a seis años de lo ocurrido en la mina Buenavista del Cobre, denunciando la falta de atención de las administraciones estatales y federales para resarcir el daño, además de las promesas incumplidas por parte de la empresa en los aspectos de agua, salud, reactivación económica, captura del Estado y del propio Fideicomiso.

En 2021, haciendo uso de la teoría de la Gestión Integral del Riesgo (GIR), se analizaron los componentes de la resiliencia en el abastecimiento de agua doméstica en las localidades del río Sonora para evaluar la vulnerabilidad antes del derrame, cómo se afrontó la situación y el proceso adaptativo posterior. El método del estudio fue cualitativo y se basó en entrevistas semiestructuradas a encargados y usuarios de agua en las localidades de Puerta del Sol, en el municipio de Ures; Mazocahui, Baviácora y San Felipe de Jesús. Como resultado se pudo apreciar que en las instituciones locales del agua existe una mejor gestión que en las estatales y federales; sin embargo, la infraestructura disponible para otorgar agua en la cantidad y calidad requeridas ha generado problemas, por lo que se concluyó que los sistemas de agua son insuficientes (Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021).

En los últimos estudios respecto a la problemática del río Sonora se debate acerca de una aparente remediación —sin resultados— vinculada con los objetivos de remediación del FRS, ya que varios de los sitios contaminados por lo ocurrido en 2014 no cuentan con plantas potabilizadoras y, de las instaladas, algunas no son las más adecuadas en términos técnicos, pues presentan deficiencias en la operación por parte de las instancias locales. Por otra parte, no se cumplieron los objetivos para la recuperación del desastre minero en cuanto a la instalación de plantas potabilizadoras, ya que el número propuesto que era de 37 disminuyó a 28. De estas plantas potabilizadoras solo se han instalado 10 (seis fijas y cuatro móviles); además, las que fueron instaladas funcionan de forma intermitente ya que presentaron problemas en su instalación y operación, demostrando que es imposible gestionar la total reparación de los daños para los damnificados, siendo aún más difícil sin voluntad y capacidad política de las autoridades estatales y federales (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021; Martínez Jiménez, 2022).

3. Construcción de indicadores de Seguridad Hídrica Rural

En las últimas décadas, el concepto de SH se ha incorporado cada vez más en la discusión científica sobre la creciente demanda y escasez del agua en el territorio, pues la vulnerabilidad social de las personas tiene un peso importante en el manejo de los recursos; sin embargo, su definición difiere entre los distintos autores, por lo que se debe conceptualizar el término de una manera real a la problemática que se aborda (Arreguín et al., 2020; Martínez Jiménez, 2022).

Una definición de la SH ampliamente aceptada y frecuentemente citada es la de Grey y Sadoff (2007, p. 545). Ellos definen la SH como la disponibilidad de una cantidad y calidad aceptables de agua para la salud, los medios de vida, los ecosistemas y la producción, acompañada de un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua para las personas, el medio ambiente y las economías (Martínez Jiménez, 2022).

La Seguridad Hídrica Rural (SHR) es un concepto que se desprende de la Seguridad Hídrica Urbana (SHU) (Romero y Gnatz, 2016), pues adapta varios de sus componentes para evaluar la SH a un escenario rural y analiza sus características a nivel local a través de una serie de dimensiones vinculadas con varios de los enfoques de la SH, permitiendo reconocer el estado actual del agua para uso público urbano. Por tanto, una definición más concreta de la SHR es: la capacidad que tienen los actores del agua en el medio rural para mantener una disponibilidad sostenible de cantidades y calidad adecuadas de agua, fomentando comunidades resilientes (Martínez Jiménez, 2022).

En el estado de Sonora existe un déficit de información respecto a la SH, ya que las instituciones gubernamentales encargadas de la gestión del agua aún no han implementado un instrumento que se adapte por completo para recabar información de utilidad que evalúe la SH en las localidades rurales (Martínez Jiménez, 2022).

Los indicadores que se crearon para la matriz de SHR se establecieron tomando en cuenta las dimensiones para el estudio de la SHU, propuestas por Romero y Gnatz (2016, p. 47) y aplicadas en el estudio de Díaz-Caravantes et al. (2020, p. 276):

Sociodemográfica: Satisfacer a los usuarios de agua urbanos-regionales y necesidades de saneamiento y construcción de comunidades y ecosistemas resilientes que puedan adaptarse de forma sostenible al cambio.

Económica: Fomentar economías urbanas-regionales vibrantes en la industria, agricultura y energía.

Tecnológica: Diseñar y construir (o actualizar la existente) la infraestructura de abastecimiento de agua y saneamiento para que sea multifuncional, redundante, modular (adaptable) y “a prueba de fallos”.

Ecológica: Mantener o restaurar cuerpos de agua regionales saludables y ecosistemas.

Gobernanza: Fomentar instituciones del agua que sean capaces de equilibrar sus naturalezas inherentemente conservadoras y reactivas con la necesidad de ser adaptativo, justo y flexible. Díaz-Caravantes et al. (2020, p. 276, traducción propia).

Estas cinco dimensiones fueron analizadas por Díaz-Caravantes et al. (2020) para el estudio de la SHU en los casos de las ciudades de Hermosillo, México; Mendoza, Argentina, y Tucson, EE. UU. En el presente trabajo consideramos que es importante desagregar cada una de las dimensiones y conocer sus componentes desde diferentes técnicas de recolección de información: el análisis territorial, estadístico y el análisis en campo.

Para la construcción de los indicadores de la matriz de SHR a continuación se describe brevemente la conceptualización de las dimensiones que se emplearon en este estudio para evaluar el nivel de SHR:

Sociodemográfica. Características demográficas y de vivienda que se vinculan con el acceso a los servicios de agua en la localidad.

Tecnológica. Elementos vinculados con la red de agua pública de la localidad y su estado operativo.

Ecológica. Características locales relacionadas con la conservación del recurso hídrico y su disponibilidad.

Económica. Factores relacionados con la competencia de usos del agua y su evolución.

Gobernanza. Aspectos que abarcan la jurisdicción y la organización local de la gestión del agua, además de la evaluación de los resultados percibidos.

Atención médica. Características territoriales y de población vinculadas con el acceso a los servicios de atención y suministros médicos dentro de la localidad.

Calidad del agua. Elementos relacionados con la evaluación local del estado hídrico, el manejo de riesgos y su prevención.

Los siguientes indicadores son el resultado del análisis de las variables que se relacionan con cada una de las dimensiones antes mencionadas y que permitieron examinar las capacidades de las localidades de este estudio para la SH, así como los elementos que están dentro del ámbito de la Inseguridad Hídrica (IH):

Tabla 1. Indicadores para el análisis de la SHR

Dimensión	Indicadores
Sociodemográfica	<i>Cantidad de agua por habitante diaria</i> <i>Tasa anual de crecimiento poblacional</i> <i>Acceso al alcantarillado</i> <i>Acceso al agua en la vivienda</i> <i>Pago de agua</i>
Tecnológica	<i>Número de depósitos de almacenamiento</i> <i>Número de fuentes de abastecimiento</i> <i>Potabilizadoras funcionando</i> <i>Presión del agua</i> <i>Número de horas de servicio</i>
Ecológicas	<i>Planta de aguas residuales</i> <i>Acciones de restauración</i> <i>Acciones de mantenimiento</i> <i>Explotación del acuífero</i> <i>Proyectos mineros</i>
Económicas	<i>Expansión de suelo urbano</i> <i>Competencia de usos del agua</i> <i>Evolución de competencia</i>
Gobernanza	<i>Evaluación global de desempeño municipal</i> <i>Existencia de comité de agua</i> <i>Figura jurídica en el comité de agua</i>
Atención médica	<i>Derechohabencia</i> <i>Atención de primer nivel (dentro de la localidad)</i> <i>Atención de segundo nivel (dentro de la localidad)</i> <i>Acceso a farmacias</i>
Calidad de agua	<i>Calidad del agua</i> <i>Contaminación hídrica</i> <i>Registro de enfermedades de origen hídrico</i> <i>Prevención</i>

Fuente: Martínez Jiménez (2022, p. 69).

Para enfatizar la relación entre los indicadores y variables, en los siguientes apartados se definen cada uno de ellos, la justificación de su inclusión en el análisis de la SHR y su construcción.

3.1. Indicadores de la dimensión sociodemográfica

Los indicadores de la dimensión sociodemográfica se describen de la siguiente manera:

Cantidad de agua por habitante diaria: comprende los aspectos relacionados con la cantidad promedio de litros diarios de agua que se destinan para los habitantes en la localidad. La importancia de esta variable radica en conocer si la localidad está dentro de los parámetros sugeridos por la Organización Mundial de Salud (OMS) respecto al consumo diario de agua promedio por persona para cubrir las necesidades básicas de consumo e higiene (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2019).

Tasa anual de crecimiento poblacional: la importancia de analizar el comportamiento de la tasa de crecimiento poblacional enfatiza el tema del suministro del recurso hídrico, ya que esta puede aumentar o disminuir. De cierta manera, esto tiene correspondencia, pues la tasa anual de crecimiento poblacional puede alterarse por la variación de los factores que influyen con el crecimiento o decrecimiento poblacional, entre ellos los factores: demográficos, económicos, climáticos, recursos disponibles, entre otros más. El análisis de esta variable se sustenta en lo mencionado por Martínez Austria (2013), pues señala que entre los factores principales que inducen o incrementan los riesgos para la SH se encuentran los procesos demográficos; de esta manera, la urbanización y gestión del agua supondrá un enorme reto regional, pues el suministro y saneamiento del recurso requerirá una eficiente gestión junto con medidas de conservación del medio ambiente, necesarias para preservar dichas fuentes de abastecimiento.

Acceso al alcantarillado: se vincula con ciertas características de las viviendas de la localidad de estudio; la importancia de su análisis radica en conocer si se cuenta con una deposición adecuada de las aguas residuales domésticas de la localidad, y, por tanto, si esta característica se encuentra dentro de la SH o la IH. Al respecto, Oshakbaev, Akisheva y Martoussevitch (2021) mencionan que dentro de los 26 indicadores propuestos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para monitorear el progreso hacia el crecimiento verde, nueve indicadores están relacionados directa o indirectamente con los recursos hídricos, la gestión de la infraestructura hídrica, su disponibilidad y uso. Dentro de los indicadores de la OCDE se incluye el indicador 16.1, relacionado con la *población conectada al tratamiento de aguas negras*, el cual proponen utilizar los autores mencionados para medir el progreso hacia la SH; dentro de los indicadores indirectos se encuentra la *proporción de la población que tiene una red de alcantarillado*.

Acceso al agua en la vivienda: comprende el análisis de las características de viviendas con relación al servicio del agua, examina la proporción de la población con agua dentro de la vivienda y su condición e infraestructura, y busca reconocer si la localidad cuenta con un porcentaje óptimo de viviendas con esta característica en proporción a las viviendas totales de la localidad. La inclusión de esta variable se basa en los indicadores de la OCDE, pues dentro de estos se incluye el indicador 16.2, referente a la *población con acceso sostenible a agua potable*; igualmente, Oshakbaev et al. (2021) proponen utilizar este indicador indirecto para examinar al acceso al saneamiento básico y mejorado a fuentes de agua potable a través de la proporción y el número de la población con acceso al agua potable.

Almacenamiento de agua en la vivienda: se relaciona con las características de las viviendas a propósito del almacenamiento de agua y su condición. El indicador examina la proporción de viviendas que cuentan con tinaco respecto a las viviendas totales. Su importancia en este estudio radica en conocer si la localidad cuenta con un porcentaje óptimo de viviendas con esta condición respecto al promedio estatal, de esta manera se puede evaluar si el indicador se encuentra dentro de los la SH o de la IH, según sea el caso.

Pago de agua: está vinculado con la gestión del servicio de agua potable y el pago del servicio, además de examinar la proporción aproximada de usuarios que efectúan esta acción en la localidad. Respecto a lo anterior, Cárdenas y Pineda (2019) mencionan que, en relación con el pago del agua, las agencias involucradas en la gobernanza del agua de la región del río Sonora tienen tasas bajas de pago puntual del agua y tarifas bajas del servicio de agua. Esto se debe a que en la región existe una cultura débil del pago del agua, independientemente de que los ingresos anuales no son suficientes para cubrir siquiera el costo de energía. La importancia de este indicador en el estudio de la SHR es conocer si existe o no esta particularidad en la zona, además de distinguir si existen los recursos para gestionar el mantenimiento del servicio y de la infraestructura.

En la [tabla 2](#) se muestra la descripción del cálculo, el indicador y el criterio utilizado para determinar la SHR de dimensión sociodemográfica:

Tabla 2. Cálculo y criterios de los indicadores de la dimensión sociodemográfica

Indicador	Descripción	Criterio
Cantidad de agua concesionada por habitante	<p>Este indicador se calculó con base en el dato de la cantidad de volumen de agua (m³/anuales) concesionado para uso Público Urbano de acuerdo con los datos del REPDA, entre la población extraída del INEGI (2020) de la localidad para el año más reciente. Para calcular el dato se utilizó la siguiente fórmula:</p> $\sum \frac{\text{Litros diarios público urbano}}{\text{Población total de la localidad}}$	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH se define con base en los siguientes criterios:</p> <p>Si el valor del <i>indicador</i> se encuentra dentro de los 100 litros/diarios sugeridos por la OMS (CONANP, 2019), o el valor es mayor, se considera que el indicador cumple con las características de SH.</p> <p>Por otra parte, si el indicador se encuentra por debajo de este criterio, se considera que el indicador tiene propiedades que lo sitúan dentro de la IH.</p> <p>$I \geq 100 = \text{SH}$ $I < 100 = \text{IH}$</p> <p>$I = \text{Indicador}$ $\text{SH} = \text{Seguridad Hidrica}$ $\text{IH} = \text{Inseguridad Hidrica}$</p>
Tasa anual de crecimiento	<p>Este indicador se calculó con base en el dato extraído del censo de población y vivienda del INEGI (2020), de la población total del año más reciente entre el dato de la población total del censo de población anterior (2010). Para calcular el dato se utilizó la siguiente fórmula:</p> $\sum \frac{\text{Población total del año final}}{\text{Población total del año inicial}}$	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH se define con base en los siguientes criterios:</p> <p>Si la tasa de población ha disminuido o aumentado, posiblemente resultado de factores demográficos, económicos, climáticos, recursos disponibles, entre otros más. El indicador se encuentra dentro de la IH.</p> <p>Por otra parte, si el indicador se mantiene sin variación, se considera que el indicador tiene propiedades que lo sitúan dentro de la SH.</p> <p>$I: \text{Se mantiene sin variación} = \text{SH}$ $I: \text{Aumenta o disminuye} = \text{IH}$</p>
Acceso al alcantarillado	<p>Este indicador se calculó con base en el dato extraído del censo de población y vivienda del INEGI (2020) del total de viviendas particulares que cuentan con drenaje y excusado en relación con el total de viviendas particulares. Este indicador se corroboró con la <i>guía de observación</i> realizada en la localidad de estudio. Para calcular los datos se utilizaron las siguientes fórmulas:</p> $\sum \frac{\text{Viviendas particulares con drenaje}}{\text{Viviendas particulares habitadas}}$ $\sum \frac{\text{Viviendas particulares con excusado}}{\text{Viviendas particulares habitadas}}$	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es la proporción que tiene la localidad respecto al porcentaje promedio de viviendas con drenaje y excusado del estado de Sonora. Para considerar que el indicador está dentro de los criterios de SH este debe de cumplir con un porcentaje mayor o igual de viviendas con drenaje y excusado, es decir, en ambas condiciones.</p> <p>$I \geq \text{DES} \mid \text{EES} = \text{SH}$ $I < \text{DES} \mid \text{EES} = \text{IH}$</p> <p>$\text{DES} = \text{Porcentaje de viviendas con Drenaje en el Estado de Sonora (94.41\%)}$ $\text{EES} = \text{Porcentaje de viviendas con Excusado en el Estado de Sonora (92.83\%)}$</p>

Indicador	Descripción	Criterio
Acceso al agua en la vivienda	<p>Este indicador se calculó con base en el dato extraído del censo de población y vivienda del INEGI (2020) del total de viviendas particulares que cuentan con acceso al agua dentro de la vivienda en relación con el total de viviendas particulares. Este indicador se corroboró con la <i>guía de observación</i> realizada en la localidad de estudio. Para calcular el dato se utilizó la siguiente fórmula:</p> $\sum \frac{\text{Viviendas particulares con agua dentro de la vivienda}}{\text{Viviendas particulares habitadas}}$	<p>El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es la proporción que tiene la localidad respecto al porcentaje promedio de viviendas con acceso al agua dentro de la vivienda del estado de Sonora. Para considerar que el indicador está dentro de los parámetros de SH, el indicador debe de cumplir con la siguiente condición:</p> $I \geq VAGRS = SH$ $I < VAGRS = IH$ <p><i>VAGRS = Porcentaje de Viviendas con Acceso al Agua en el Estado de Sonora (98.25%)</i></p>
Almacenamiento de agua en la vivienda	<p>Este indicador se calculó con base en el dato extraído del censo de población y vivienda del INEGI (2020) del total de viviendas particulares que cuentan con tinaco en la vivienda respecto al total de viviendas particulares. Este indicador se corroboró con la <i>Guía de observación</i> realizada en la localidad de estudio. Para calcular el dato se utilizó la siguiente fórmula:</p> $\sum \frac{\text{Viviendas particulares con tinaco}}{\text{Viviendas particulares habitadas}}$	<p>El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es la proporción que tiene la localidad respecto al porcentaje promedio de las viviendas con almacenamiento de agua (tinaco) dentro de la vivienda del estado de Sonora. Para considerar que el indicador está dentro de los parámetros de SH, el indicador debe de cumplir la siguiente condición:</p> $I \geq VALMRS = SH$ $I < VALMRS = IH$ <p><i>VALMRS = Porcentaje de Viviendas con Almacenamiento del agua en el Estado de Sonora (43.89%)</i></p>
Pago de agua	<p>Este indicador se creó con base en el dato de pago por el servicio de agua (A) en la localidad y porcentaje de usuarios que pagan el agua regularmente (B); información extraída del <i>cuestionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio.</p> <p>Pago de agua: A B</p> <p>Los datos utilizados para este indicador son de carácter cualitativo, por lo que el valor del dato es aproximado.</p>	<p>El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está definido con base en dos condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La existencia del pago de servicio en la localidad. 2. Si el porcentaje es igual o mayor al 50% de usuarios que realizan esta acción. <p>Para considerar que el indicador está dentro de las características de SH, debe de cumplir las siguientes condiciones:</p> $I \geq 50\% \mid \text{Sí se paga el servicio} = SH$ $I < 50\% \mid \text{No se paga el servicio} = IH$

Fuente: Martínez Jiménez (2022, pp. 77-78).

3.2. Indicadores de la dimensión tecnológica

En cuanto a los indicadores de la dimensión tecnológica, estos se describen de la siguiente manera:

Número de depósitos de almacenamiento: está relacionado con la presencia de sistemas de almacenamiento de agua en la red pública, por ejemplo: pilas, bordos, tanque elevado, tinacos, entre otros. El indicador examina la cantidad de fuentes de almacenamiento que posee la localidad, el estado en el que se encuentran y su óptimo funcionamiento dentro de la red de agua. La importancia de incluir este indicador dentro del análisis de la SHR es conocer las condiciones de la infraestructura local relacionadas con el almacenamiento dentro de la red de agua.

Número de fuentes de abastecimiento: abarca la presencia de fuentes de abastecimiento en la red de agua de la localidad, por ejemplo: pozos, norias, sistemas de captación, entre otros. Este indicador examina la cantidad y el tipo de fuentes de abastecimiento con los que cuenta la zona, además de su localización y sus propiedades. La importancia de integrar este indicador en el análisis de la SHR radica en conocer la cantidad de las fuentes de abastecimiento y sus características operativas dentro de la red.

Los indicadores antes mencionados examinan características enfocadas en la distribución y gestión del agua en la zona. Referente a esto, Elizalde (2020) señala que los habitantes del río Sonora tienen vulnerabilidades compartidas en cuanto al sistema de abastecimiento de agua, esto quiere decir que la resiliencia y la capacidad adaptativa después del derrame minero de 2014 derivó en la reorganización de las personas para el abastecimiento de agua, obligadas a estar al pendiente de la hora en la que las pipas la repartían, trasladando garrafones y cargando baldes durante el suministro del líquido. Dicho esto, es de gran importancia en el análisis de la matriz SHR la evaluación de los indicadores, pues se examina cómo operan estos elementos en relación con las capacidades adaptativas de la localidad.

Potabilizadoras funcionando: está relacionado con la cantidad total de potabilizadoras en la zona y su funcionamiento, es decir, examina el estado operativo de la infraestructura y su óptimo funcionamiento. En este sentido, Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda (2021) han mencionado que en varios de los sitios contaminados por lo ocurrido en 2014 en el río Sonora no se cuenta con una adecuada adaptación de estos sistemas, además de presentar problemas en su operación. La importancia de analizar este indicador en la matriz de SHR es conocer si se cuenta con este sistema y si funciona adecuadamente en la localidad.

Presión del agua: está relacionado con la calidad de la presión del agua que se administra en la red de agua de la zona; dicho de otra manera, examina la eficiencia del servicio como un indicativo de que la red pública se encuentra en un estado operativo óptimo en términos generales. La importancia de integrar esta variable en el estudio de la SHR radica en conocer la eficiencia del servicio, su estado operativo y evaluar si su condición se encuentra dentro de los parámetros de la SH o IH.

Número de horas de servicio: está relacionado con el número de horas totales con el que se cuenta con el servicio de agua al menos durante el día, es decir, la frecuencia del servicio, por ejemplo: si el servicio es constante en el área, si presenta interrupciones, o si se tiene algún problema que suspenda de manera constante el servicio. Este último escenario apuntaría a que las características del servicio presentan deficiencias en algún aspecto relacionado con el estado de la red. La importancia de analizar este indicador dentro de la matriz de SHR es conocer la cantidad de horas con las que la localidad cuenta con el servicio o si presenta cortes por varias horas, al menos durante el día, ya que a través de esta característica se puede saber cómo se encuentra de una manera general el servicio del agua en la zona.

En la [tabla 3](#) se muestra la descripción del cálculo de las variables de la dimensión tecnológica.

Tabla 3. Cálculo y criterios de los indicadores de la dimensión tecnológica

Indicador	Descripción	Criterio
Número de depósitos de almacenamiento	Este indicador se creó con base en el dato del número total de depósitos de almacenamiento de agua conectados a la red de agua pública: información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio. Los datos utilizados para este indicador se corroboraron con la <i>guía de observación</i> aplicada en la localidad.	El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está definido con base en el siguiente criterio: $I \geq 2$ Fuentes de almacenamiento = SH $I < 2$ Fuentes de almacenamiento = IH $I = \text{Indicador}$ SH = <i>Seguridad Hídrica</i> IH = <i>Inseguridad Hídrica</i>
Número de fuentes de abastecimiento	Este indicador se creó con base en el dato del número total de fuentes de abastecimiento de agua conectados a la red de agua pública: información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio. Los datos utilizados para este indicador se corroboraron con la <i>guía de observación</i> aplicada en la localidad.	El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está definido con base en el siguiente criterio: $I \geq 2$ Fuentes de almacenamiento = SH $I < 2$ Fuentes de almacenamiento = IH
Potabilizadoras funcionando	Este indicador se creó con base en el dato del número total de potabilizadoras de agua en operación conectadas a la red de agua pública: información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio. Los datos utilizados para este indicador se corroboraron con la <i>guía de observación</i> aplicada en la localidad.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está definido con base en dos condiciones: 1. La existencia de potabilizadoras conectadas a la red de agua potable en la localidad. 2. Si se encuentra en operación la potabilizadora, es decir, si su estado operativo es el adecuado. Por tanto, los criterios son los siguientes: $I \geq$ Si hay potabilizadora en la localidad Si está en operación = SH $I < \text{No}^*$ hay potabilizadora en la localidad No está en operación = IH *Se puede dar el caso que SÍ exista potabilizadora en la localidad, pero no se encuentre en operación, por tanto, este indicador estaría dentro de las características de la IH.
Presión del agua	Este indicador se creó con base en el dato de la presión del agua en la zona: información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio. Los datos utilizados para este indicador son de carácter cualitativo, por lo que el valor del dato es aproximado.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente: I: Buena presión* = SH I: Mala presión* (intermitente o nula) = IH *Esta característica es de carácter cualitativo.

Indicador	Descripción	Criterio
Número de horas de servicio	<p>Este indicador se creó con base en el dato del número de horas de servicio de agua en la zona: información extraída del <i>cuestionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio.</p> <p>Los datos utilizados para este indicador son de carácter cualitativo, por lo que el valor del dato es aproximado.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>I: Se cuenta con el servicio al menos durante el transcurso del día * = SH</p> <p>I: No se cuenta con el servicio o hay intermitencia en el transcurso del día * = IH</p> <p>*Esta característica es de carácter cualitativo.</p>

Fuente: Martínez Jiménez (2022, pp. 81-82).

3.3. Indicadores de la dimensión ecológica

En relación con los indicadores de la dimensión ecológica, estos se describen de la siguiente manera:

Planta de aguas residuales: abarca la presencia de plantas de aguas residuales en la localidad y su operación. En algunos casos este indicador puede ser diferente, ya que existe la posibilidad de encontrar otro tipo de alternativa para la deposición final de las aguas residuales. Este indicador examina la presencia y la operabilidad de este elemento, además de conocer el sitio donde se descargan las aguas residuales. Respecto a esto, Oshakbaev et al. (2021) proponen utilizar los indicadores indirectos del indicador 16.1 de la OCDE, relacionado con la *población conectada al tratamiento de aguas negras*, para monitorear y medir el progreso hacia la SH. Dentro de estos indicadores indirectos se incluye: la proporción de la población que vive en asentamientos que tienen una red de alcantarillado y una planta de tratamiento mecánico de aguas residuales única (las aguas residuales y lodos fecales ingresaron a una red de alcantarillado), así como la proporción de la población conectada al tratamiento de aguas residuales en dichos asentamientos.

Extrapolando el caso a la República de Kazajstán, Oshakbaev et al. (2021) mencionan que muchos de los asentamientos humanos, más allá de los límites de la ciudad de Kazajstán, no tienen plantas de tratamiento biológico de aguas residuales integradas con redes de alcantarillado. La importancia de integrar esta variable dentro de la matriz de SHR es examinar la presencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en la localidad, así como de otros sistemas, y determinar si cuentan con SH o IH de acuerdo con su condición y operabilidad.

Acciones de restauración: está relacionado con la presencia de acciones de restauración en la red de agua por parte de las organizaciones locales encargadas: dependencias gubernamentales, comité de agua, jefe del agua, encargado del agua, comité vecinal, entre otros. El indicador examina la presencia y el nivel de las acciones relacionadas con la conservación de la infraestructura del suministro del agua: pozos, tuberías, drenaje, planta tratadora, sistemas de riego, entre otros más. La importancia de incorporar este indicador en la matriz de SHR radica en examinar si se han realizado acciones en cuanto a la restauración de la infraestructura de la red de agua y evidencias (fotos, documentos, informes) que sustenten este aspecto.

Acciones de mantenimiento: está relacionado con la presencia de acciones de mantenimiento por parte de las organizaciones locales de la red de agua: dependencias gubernamentales, comité de agua, jefe del agua, encargado del agua, comité vecinal, entre otros. El indicador examina la presencia y evidencias de las acciones relacionadas con el mantenimiento de la infraestructura del suministro del agua y, al igual que en el indicador anterior, se examina si se han realizado estos trabajos locales.

Explotación del acuífero: examina el nivel de disponibilidad del acuífero y su condición respecto al nivel de Disponibilidad Media Anual (DMA). La importancia de la inclusión de este indicador en el análisis de la SHR es conocer las condiciones actuales del acuífero para su explotación, uso o aprovechamiento sin poner en peligro los ecosistemas, tal y como lo define la CONAGUA (2020) en su documento de Actualización de la Disponibilidad Media Anual (DMA) del agua para diferentes acuíferos en el país. Es importante mencionar que la Disponibilidad Media Anual del agua en el acuífero refleja el recurso hídrico en conjunto, por lo que, dependiendo del estudio, la DMA debe de ser analizada a detalle; es decir, para examinar el estado de la SH a nivel local se deben de tomar en cuenta otros indicadores auxiliares.

Proyectos mineros: está relacionado con la presencia de proyectos mineros que afectan de alguna manera el recurso hídrico, ya sea por el uso excesivo de agua en sus procesos o por la contaminación hídrica que se genera en las cercanías. El indicador examina la cantidad de proyectos con los que cuenta la localidad en la zona. La importancia de incluir esta variable en el análisis de la SHR son las afectaciones directas de la minería en el aspecto hídrico, pues ya que al tener tan solo un proyecto minero activo, las condiciones del recurso hídrico sufren alteraciones.

En la [tabla 4](#) se muestra la descripción del cálculo de las variables de la dimensión ecológica.

Tabla 4. Cálculo y criterios de los indicadores de la dimensión ecológica

Indicador	Descripción	Criterio
Planta de aguas residuales	Este indicador se creó con base en el dato del total de plantas de agua residuales en la zona: información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio. Los datos utilizados para este indicador se corroboraron con la <i>guía de observación</i> aplicada en la localidad.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente: I: Al menos 1 planta en operación* = SH I: No opera ninguna planta* (0) = IH I = <i>Indicador</i> SH = <i>Seguridad Hídrica</i> IH = <i>Inseguridad Hídrica</i> *Esta característica se rectifica con el encargado del agua de la zona y con la guía de observación.
Acciones de restauración	Este indicador se creó con base en el dato de las acciones de restauración realizadas en la zona en el ámbito de la infraestructura hídrica; información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio y del <i>Informe de Gobierno 2019-2020</i> del gobierno local.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente: I: Sí se cuenta con acciones de restauración* = SH I: No se cuenta con acciones de restauración* = IH *Esta característica requiere evidencias: documento, archivo fotográfico u otro.
Acciones de mantenimiento	Este indicador se creó con base en el dato de las acciones de mantenimiento realizadas en la zona en el ámbito de la infraestructura hídrica; información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio y del <i>Informe de Gobierno 2019-2020</i> del gobierno local.	El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está determinado por el siguiente criterio: I: Sí se cuenta con acciones de mantenimiento* = SH I: No se cuenta con acciones de mantenimiento* = IH *Esta característica requiere evidencias: documento, archivo fotográfico, otro.

Indicador	Descripción	Criterio
Explotación del acuífero	Este indicador se creó con base en el dato de Disponibilidad media anual de agua subterránea (DMA); información extraída del documento de <i>Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero río Sonora (2624)</i> , CONAGUA (2020).	El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está determinado por el siguiente criterio: I: Si se cuenta con disponibilidad del acuífero = SH I: El acuífero está sobreexplotado = IH
Proyectos mineros	Esta variable se creó a partir de la revisión de los proyectos mineros activos en la localidad con base en lo publicado en el portal del SGM (GeoInfoMex) y del portal de la localidad de San Felipe de Jesús (sanfelipejesusson.com).	El parámetro utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está determinado por el siguiente criterio: I = 0 proyectos mineros = SH I ≥ 1 proyecto minero = IH

Fuente: Martínez Jiménez (2022, pp. 84-85).

3.4. Indicadores de la dimensión económica

Los indicadores de la dimensión económica se describen de la siguiente manera:

Expansión del suelo urbano: examina la evolución territorial de la mancha urbana entre diferentes años y se relaciona con el aumento del recurso hídrico destinado para el uso público urbano, ya que entre mayor sea el aumento de la mancha urbana, el recurso hídrico para cubrir la demanda en las viviendas necesitará ser mayor. En relación con esto, Torre y Moreno (2019) mencionan que los fenómenos demográficos, como el crecimiento urbano, provocan niveles de perturbación complejos del Sistema Socioecológico, planteando factores que deben de considerarse en los procesos hídricos, así como su interrelación. La importancia de incluir este indicador dentro de la matriz de SHR es el conocer las características de la localidad en cuanto a este aspecto y evaluar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH, según sea el caso.

Competencia de usos del agua: examina la proporción de la cantidad de agua destinada para el aprovechamiento público urbano en la localidad en comparación con los demás usos del agua. La importancia de integrar este indicador en el análisis de la SHR es analizar la proporción del uso respecto a la cuenca, pues de esta manera se puede saber si la proporción es menor o está dentro del porcentaje destinado para este tipo de aprovechamiento, por tanto, si se encuentra dentro de la SH o IH, según sea el caso.

Evolución de competencia: está relacionado con la proporción del recurso hídrico y la evolución de sus usos, es decir, examina el porcentaje del uso del agua destinado para el aprovechamiento público urbano en la localidad y su variación respecto a la cantidad diaria concesionada por habitante a través del tiempo. La importancia de incluir este indicador en el estudio de la SHR es comparar el porcentaje de un año respecto a otro y diferenciar el incremento o disminución en el volumen del agua destinada para el aprovechamiento público urbano.

En la [tabla 5](#) se muestra la descripción del cálculo de las variables de la dimensión económica.

Tabla 5. Cálculo y criterios de los indicadores de la dimensión económica

Indicador	Descripción	Criterio
Expansión de suelo urbano	<p>Este indicador se calculó con base en el dato de la extensión territorial del año más reciente (af) menos la extensión territorial del año anterior comparable (ac); información extraída del marco geoestadístico del INEGI para los años 2010 y 2020. Para calcular el dato se utilizó la siguiente fórmula:</p> $\sum \frac{\text{Extensión territorial (af)} - \text{Extensión territorial (ac)}}{\text{Extensión territorial (ac)}}$ <p>Los datos utilizados para este indicador se valoraron de acuerdo con las características de las localidades estudiadas.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>I: <i>La extensión se mantiene sin variación</i> = SH I: <i>La extensión aumenta</i> = IH</p> <p>I = <i>Indicador</i> SH = <i>Seguridad Hídrica</i> IH = <i>Inseguridad Hídrica</i></p>
Competencia de usos del agua	<p>Este indicador se calculó con base en el dato de la cantidad de agua destinada para el uso público urbano en relación con el total de usos del agua de la localidad; información extraída del repositorio de datos del REPDA. Para calcular el dato se utilizó la siguiente fórmula:</p> $\sum \frac{\text{Cantidad uso público urbano}}{\text{Cantidad total de usos del agua}}$	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>I ≥ PAUC = SH I < PAUC = IH</p> <p>PAUC = <i>Porcentaje de agua destinado para uso público cuenca río Sonora (3.77%)</i></p> <p>* Este valor puede sustituirse por la proporción a nivel subcuenca en caso de que el indicador sea utilizado para el análisis de una mayor cantidad de localidades o municipios.</p>
Evolución de competencia	<p>Este indicador se calculó con base en el comparativo de litros diarios destinados para el uso público urbano para el año 2010 (ac) y 2020 (af). Es importante mencionar que en este comparativo se consideró el histórico de 2015 para la zona de estudio, dando como resultado un análisis a profundidad en la evolución de la competencia de uso del agua para público urbano.</p> $\sum \frac{\text{Litros diarios público urbano (af)} - \text{Litros diarios público urbano (ac)}}{\text{Litros diarios público urbano (af)}}$ <p>af: <i>año final</i> ac: <i>año anterior comparable</i></p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>I: <i>Se mantiene o aumenta</i> = SH I: <i>Si disminuye</i> = IH</p>

Fuente: Martínez Jiménez (2022, pp. 96-97).

3.5. Indicadores de la dimensión de gobernanza

En relación con los indicadores de la dimensión de gobernanza, estos se describen de la siguiente manera:

Evaluación global de desempeño municipal: está compuesto por el índice de *Evaluación global de desempeño municipal* (EGDM), el cual evalúa la eficiencia financiera, fiscal y operativa de las administraciones

municipales (Olivera y Cano, 2012). La importancia de incluir este indicador dentro del análisis de la SHR es conocer si se cuenta con este tipo de índice o evaluaciones similares dentro de los reportes del municipio (informes de gobierno) al que pertenece la localidad, ya que, de una manera general, estas evaluaciones permiten examinar cómo se percibe la gobernanza.

Recurso financiero municipal: se relaciona con el tema de la gobernanza y la gestión del recurso en la localidad, además de analizar el promedio del ingreso mensual por persona en el hogar con el que cuenta la localidad respecto al promedio estatal. La importancia de incluir este indicador es evaluar las condiciones económicas de la localidad respecto al recurso aproximado del que se dispone, pues en la mayoría de los hogares afectados por el derrame en 2014 el agua potable tuvo que ser adquirida en garrafones para el uso diario, implicando un gasto extra (Elizalde, 2020).

Existencia de comité de agua: examina la existencia de al menos un comité de agua en la localidad, su vigencia y sus integrantes, ya que la importancia de incluir este indicador en el análisis de la SHR es conocer el estado actual de los comités de agua dentro de la localidad y si aún siguen operando dentro de las funciones de la gestión del agua.

Figura jurídica en el comité de agua: está vinculado con la presencia de múltiples representantes en el comité de agua: empresas, asociaciones civiles, dependencias gubernamentales y privadas, entre otros. El indicador examina la presencia de diversos agentes involucrados en la toma de decisiones de la gestión del agua. A propósito, Díaz-Caravantes et al. (2020) mencionan que la forma de la gobernanza en la gestión del agua tiende a variar, lo que ha permitido que con la autonomía y diversidad de las agencias se implementen ideas innovadoras. Dicho esto, la importancia de incluir este indicador en la matriz de SHR se sustenta en la presencia de otros agentes en los asuntos relacionados con la gestión del agua y la generación de alternativas para sufragar los problemas de este ámbito.

En la [tabla 6](#) se muestra la descripción del cálculo de las variables de la dimensión de gobernanza.

Tabla 6. Cálculo y criterios de los indicadores de la dimensión gobernanza

Indicador	Descripción	Criterio
Evaluación global de desempeño municipal	Este indicador se creó con base en el dato de la Evaluación Global de Desempeño Municipal (EGDM), extraído del documento: <i>Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018 de San Felipe de Jesús</i> , y se consideró como un valor comparable en el ámbito de la dimensión de gobernanza.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente: I: Se cuenta con EGDM* = SH I: No se cuenta con EGDM* = IH I = <i>Indicador</i> SH = <i>Seguridad Hídrica</i> IH = <i>Inseguridad Hídrica</i> *Este dato de evaluación solo es considerado cuando el gobierno local ha generado dicho indicador. De no contar con él se percibe que hay IH respecto a esta característica.

Indicador	Descripción	Criterio
Recurso financiero municipal	<p>Este indicador se calculó con base en la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, tomando en cuenta la relación entre el ingreso total por trabajo en el hogar y el número total de personas en la vivienda.</p> $\sum \frac{\text{Ingreso por trabajo en el hogar}}{\text{Número de personas en la vivienda}}$ <p>Este cálculo se elaboró con el programa SPSS, obteniendo la media de los datos y dando como resultado el ingreso promedio por habitante en la localidad.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>$I \geq \text{IPES} = \text{SH}$ $I < \text{IPES} = \text{IH}$</p> <p><i>IPES = Ingreso promedio mensual por persona en el hogar del Estado de Sonora (\$3,265.95)</i></p>
Existencia de comité de agua	<p>Este indicador se creó con base en el dato de la presencia de un comité de agua en la localidad; información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>I: <i>Sí existe un comité</i> = SH I: <i>No existe un comité</i> = IH</p>
Figura jurídica en el comité de agua	<p>Este indicador se creó con base en el dato del número total de figuras jurídicas que participan en la toma de decisiones del agua de la localidad; información extraída del <i>questionario de control de SH para indicadores locales</i> aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>I: <i>Sí hay una figura jurídica</i> = SH I: <i>No hay una figura jurídica</i> = IH</p>

Fuente: Martínez Jiménez (2022, p. 89).

3.6. Indicadores de la dimensión de atención médica

Referente a los indicadores de la dimensión de atención médica, estos se describen de la siguiente manera:

Derechohabencia: examina la proporción de los habitantes de la localidad que cuentan o no con esta característica, ya que la importancia de incluir este indicador dentro la matriz de SHR es reconocer cómo se encuentra esta característica en la localidad y evaluarla respecto al promedio estatal.

Atención de primer nivel: está vinculado con el acceso de la población a establecimientos que brinden servicios de salud de primer nivel en la localidad: consultorios médicos locales y centros de salud a cargo del gobierno. La importancia de analizar este indicador dentro de la SHR es reconocer las alternativas para el acceso a la salud, es decir, si la localidad cuenta con la capacidad para atender a los habitantes y si existe más de una opción de dónde pueden acudir por algún padecimiento médico que requiera de servicios de salud de primer nivel.

Atención de segundo nivel: está vinculado con el acceso de la población a servicios de salud de segundo nivel dentro del municipio al que pertenece la localidad y examinan si se cumple con esta particularidad en la zona. Referente a esto, los Comités de Cuenca han señalado que a pesar de que en los discursos oficiales se ha mencionado la construcción de hospitales en la zona, nada de esto se ha cumplido, además de que no se ha garantizado la atención médica en toda la cuenca del río Sonora, pues la clínica especializada de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental de Sonora (UVEAS) en el municipio de Ures no es suficiente (PODER, 2020). En relación con lo anterior, la importancia de integrar este indicador en el análisis de la matriz de SHR es evaluar la presencia de las alternativas de acceso a la salud y si el indicador se encuentra dentro de la SH o de la IH.

Tabla 7. Cálculo y criterios de los indicadores de la dimensión de atención médica

Indicador	Descripción	Criterio
Derechohabiencia	<p>Este indicador se creó con base en el dato del total de la población que cuenta con derechohabiencia en proporción con la población total de la localidad del año más reciente; información extraída del censo de población y vivienda del INEGI (2020). Para calcular el dato se utilizó la siguiente fórmula:</p> $\sum \frac{\text{Población con derechohabiencia}}{\text{Población total}}$	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>$I \geq DHES = SH$ $I < DHES = IH$</p> <p><i>I = Indicador</i> <i>DHES = Derechohabiencia en el Estado de Sonora (82.21%)</i> <i>SH = Seguridad Hídrica</i> <i>IH = Inseguridad Hídrica</i></p>
Atención de primer nivel	<p>Esta variable se creó a partir del análisis en el programa QGIS de los datos vectoriales de las unidades económicas del INEGI (2020) relacionadas con las alternativas para acceder a servicios de atención médica de primer nivel en la localidad; instituciones públicas y locales.</p> <p>Este indicador se complementó con la <i>guía de observación</i> aplicada en la localidad de estudio.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>$I \geq 2 \text{ Establecimientos que presten atención de primer nivel (Gobierno, local u otro)} = SH$</p> <p>$I \leq 1 \text{ Establecimiento que preste atención de primer nivel (Gobierno o local)} = IH$</p>
Atención de segundo nivel dentro del municipio	<p>Esta variable se creó a partir del análisis en el programa QGIS de los datos vectoriales de las unidades económicas del INEGI (2020) relacionadas con las alternativas para acceder a servicios de atención médica de segundo nivel dentro del municipio al que pertenece la localidad; instituciones de derechohabiencia estatal y públicas.</p> <p>Este indicador se complementó con la <i>guía de observación</i> aplicada en la localidad de estudio.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>$I \geq 2 \text{ Establecimientos que presten atención de segundo nivel (Gobierno, local u otro)} = SH$ $I \leq 1 \text{ Establecimiento que preste atención de segundo nivel (Gobierno o local)} = IH$</p>
Acceso a farmacias	<p>Esta variable se creó a partir del análisis en el programa QGIS de los datos vectoriales de las unidades económicas del INEGI (2020) relacionadas con las alternativas a establecimientos que sufraguen el acceso a los suministros médicos de la localidad; instituciones públicas y locales.</p> <p>Este indicador se complementó con la <i>guía de observación</i> aplicada en la localidad de estudio.</p>	<p>El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente:</p> <p>$I \geq 2 \text{ Establecimientos que sufraguen la demanda de suministros médicos (Gobierno, local u otro)} = SH$ $I \leq 1 \text{ Establecimiento que sufrague la demanda de suministros médicos (Gobierno o local)} = IH$</p>

Fuente: Martínez Jiménez (2022, pp. 91-92).

Acceso a farmacias: se relaciona con el número de establecimientos con los que cuenta la localidad para el acceso a suministros médicos. El indicador examina la presencia de establecimientos gubernamentales y locales donde los habitantes de la localidad puedan acceder a medicamentos para los padecimientos de salud. Los Comités de Cuenca Río Sonora han señalado que existe una falta de provisión de medicinas por parte del Gobierno, además de presentar problemas con la clínica especializada de la UVEAS en el municipio de Ures (PODER, 2020). La importancia de integrar este indicador en el análisis de la SHR es examinar si la localidad

cuenta con la capacidad para el acceso a este tipo de establecimientos y si se surte adecuadamente; con base en las alternativas con las que cuenta la localidad se evalúa si este aspecto se encuentra dentro de la SH o IH, según sea el caso.

En la [tabla 7](#) se muestra la descripción del cálculo de las variables de la dimensión de atención médica.

3.7. Indicadores de la dimensión de calidad del agua

En relación con los indicadores de la dimensión de calidad del agua, estos se describen de la siguiente manera:

Calidad del agua: está relacionado con la presencia de estudios de calidad del agua en la localidad y la incidencia de eventos que perturban las propiedades del recurso hídrico. Referente a esto, Díaz-Caravantes, Duarte y Durazo-Gálvez (2016) y Díaz-Caravantes et al. (2018) han demostrado con base en el análisis de los datos del monitoreo del FRS que se ha hecho caso omiso en el cumplimiento de las normas sustentadas en los Lineamientos de Calidad del Agua (LCA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP), ambos regulados por la legislación mexicana, y que se han hallado inconsistencias en la captura de los datos. La importancia de incorporar el indicador *Calidad del agua* en el análisis de SHR se basa en reconocer si existen estudios de calidad del agua que demuestren que los parámetros se encuentran dentro de las normas y el registro histórico de casos.

Contaminación hídrica: está relacionado con la categorización de incidencias de eventos vinculados con la contaminación hídrica y las diversas fuentes contaminantes en la localidad: aguas negras, minera, agrotóxicos, entre otras. En relación con esto, Robles, Mayer, Auer y Vivoni (2012) han señalado que en el río Sonora existen otras fuentes contaminantes, como la contaminación microbiana de las aguas residuales en la parte alta del río Sonora, que tiene implicaciones asociadas a la salud además de afectar la calidad del agua y el impacto potencial a los usuarios. La importancia de incluir este indicador en la matriz de SHR se centra en analizar el tipo de contaminación que hay en la zona y la cantidad de fuentes contaminantes.

Registro de enfermedades de origen hídrico: examina si la localidad cuenta con un registro de enfermedades de origen hídrico en el que se descarte la presencia de estos problemas. Este indicador se constituye principalmente por los registros médicos de la localidad, y su importancia dentro de la matriz de SHR estriba en conocer el panorama de salud de la localidad en relación con las enfermedades de origen hídrico; y si se encuentra presente, evaluar si este indicador se ubica dentro de la SH o IH, según sea el caso.

Prevención: comprende los aspectos relacionados con la presencia de manejo y capacitación de riesgos de origen hídrico en la localidad. El indicador examina si se cuenta con un plan de manejo o de contingencia de primera acción ante una emergencia ambiental-salud, así como con la capacitación sobre cómo responder ante los riesgos de origen hídrico en la localidad. La importancia de integrar este indicador en el análisis de la SHR es evaluar si los organismos locales cuentan con las capacidades para hacer frente a un escenario de riesgo hídrico, teniendo como antecedente el derrame minero de 2014 en el río Sonora.

En la [tabla 8](#) se muestra la descripción del cálculo de las variables de la dimensión de calidad del agua.

Tabla 8. Cálculo y criterios de los indicadores de la dimensión de calidad del agua

Indicador	Descripción	Criterio
Calidad del agua	Este indicador se creó con base en la presencia de estudios y de incidencias relacionados con la calidad de agua en la zona; esta información fue extraída del cuestionario de control de SH para indicadores locales aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH está definido con base en dos condiciones: I: <i>No existen estudios de calidad del agua</i> <i>No hay incidencias con la calidad del agua</i> = SH I: <i>Si existen estudios de calidad del agua*</i> <i>Si hay incidencias con la calidad del agua</i> = IH I = <i>Indicador</i> SH = <i>Seguridad Hídrica</i> IH = <i>Inseguridad Hídrica</i> *Si hay estudios de calidad del agua deben demostrar que esta se encuentra dentro de las normas y que no reporten enfermedades para ser considerados dentro de la SH, si este fuera el caso.
Contaminación hídrica	Este indicador se creó con base en la presencia y tipo de contaminación hídrica en la zona; esta información fue extraída del cuestionario de control de SH para indicadores locales aplicado al encargado del agua de la localidad de estudio.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente: I: <i>No existe ningún tipo de contaminación hídrica</i> = SH I: <i>Si existe algún tipo de contaminación hídrica relacionada con la calidad del agua</i> = IH
Registro de enfermedades de origen hídrico	Este indicador se creó con base en la presencia de un registro de enfermedades de origen hídrico en la localidad; esta información fue extraída del cuestionario de control de SH para indicadores locales aplicado al encargado del centro de salud de la localidad de estudio.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente: I: <i>Si se cuenta con un REOH</i> = SH I: <i>No se cuenta con un REOH</i> = IH <i>REOH = Registro de enfermedades de origen hídrico*</i> *Esta característica requiere evidencias: documento, archivo fotográfico u otro.
Prevención	Este indicador se creó con base en la presencia de un plan de manejo y capacitación de riesgos de origen hídrico en la localidad; esta información fue extraída del cuestionario de control de SH para indicadores locales aplicado al encargado de protección civil de la localidad de estudio.	El criterio utilizado para determinar si el indicador se encuentra dentro de la SH o IH es el siguiente: I: <i>Si se cuenta con un PMROH y CROH</i> = SH I: <i>No se cuenta con un PMROH y CROH</i> = IH <i>PMRPH = Plan de manejo de riesgos de origen hídrico*</i> <i>CROH = Capacitación de riesgos de origen hídrico*</i> *Esta característica requiere evidencias: documento, archivo fotográfico u otro.

Fuente: Martínez Jiménez (2022, p. 94).

4. Discusión

La construcción de los indicadores para la matriz de SHR permite abordar distintas perspectivas de análisis de la SH, no solo cuantitativas, sino también cualitativas. Dentro del proceso metodológico se llegó a comprobar que los indicadores auxiliares, mismos que son omitidos en la creación de índices regionales o nacionales, son importantes para examinar la SH a detalle. Esta omisión se debe en gran parte al enfoque cuantitativo de las

metodologías actuales para la elaboración de estos índices y de las alternativas para mejorar la SH que se enfocan en generar ganancias de producción. Por lo anterior, si los proyectos de SH están orientados en las inversiones para salvaguardar el recurso hídrico y están sujetos a la producción, no se está hablando de SH (Garrick y Hall, 2014; Martínez Jiménez, 2022).

Si bien los indicadores de SH se vinculan con el riesgo en términos de frecuencia y gravedad de eventos peligrosos raros -como los relacionados con la variabilidad climática- y eventos extremos -sequías, inundaciones, tiempo impredecible, entre otros-, también se enfocan en los peligros crónicos asociados con el suministro de agua, saneamiento, baja calidad del agua, cantidad insuficiente de agua para la producción de energía y alimentos, así como la degradación de los servicios ecosistémicos (Pahl-Wostl, Palmer y Richards, 2013; Cook y Bakker, 2012). Por tanto, los indicadores que examinan la SH tienen estrecha relación entre los estudios del riesgo en su gran variedad de enfoques.

En la práctica, la intersección entre la creación de oportunidades y la reducción-manejo de riesgos de la SH ha sido poco explorada, pues en el enfoque actual se prioriza el manejo de riesgos y se deja de lado la creación de oportunidades, así como la capacidad adaptativa de las comunidades (Lemos, Manuel-Navarrete, Willems, Díaz-Caravantes y Varady, 2016).

El déficit de información para generar estudios de SH en las localidades rurales es un tema en el que poco se ha avanzado desde las instituciones gubernamentales encargadas de la gestión del agua, pues aún no han implementado un instrumento que se adapte por completo para recabar información de utilidad en las evaluaciones de la SH. En relación con lo anterior, los organismos encargados de la gestión del agua en este tipo de localidades se componen de diferente forma; esto quiere decir que algunos datos requeridos para las evaluaciones de SH no se encuentran disponibles de la misma manera, por tanto, se debe de contemplar el uso de instrumentos con los que se pueda recabar esta información.

En este sentido, los indicadores que componen la matriz de SHR aportan un instrumento que mejora el diagnóstico de la SH en localidades como las del río Sonora, dado que la información que se obtiene con esta matriz ayuda a reconocer el estado en el que se encuentra la localidad respecto a la gestión del agua, los riesgos hídricos relacionados con la SH y las líneas para mejorarla. Esto último aporta ejes para el diseño de programas gubernamentales para mejorar la gestión del agua, así como planes de acción que contribuyan a remediar los problemas de desbaste de agua en las comunidades estudiadas.

Referencias

- Aguilar-Hinojosa, Y., Meza-Figueroa, D., Villalba-Atondo, A. I., Encinas-Romero, M. A., Valenzuela-García, J. L., y Gómez-Álvarez, A. (2016). Mobility and Bioavailability of Metals in Stream Sediments Impacted by Mining Activities: the Jaralito and the Mexicana in Sonora, Mexico. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(345). doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3046-1>
- Arreguín-Cortés, F. I., Rodríguez-Varela, J. M., Tzatchkov, V. G., Cortez-Mejía, P. E., Llaguno-Guilberto, O. J., Mendoza-Cázares, E. Y., Sainos-Candelario, A., Gómez-Martínez, J. F., Ortega-Gaucín, D., y Saavedra-Horita, J. R. (2020). Generación de índices de seguridad hídrica municipal con un enfoque probabilista. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(6), 287-338. doi: <https://doi.org/10.24850/jtyca-2020-06-07>
- Cáñez-Cota, A., y Pineda-Pablos, N. (2019). Breaking Out of the Governance Trap in Rural Mexico. *Water Alternatives*, 12(1), 221-240. Recuperado de <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol12/v12issue1/487-a12-1-13/file>

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (29 de marzo de 2019). ¿Sabes cuánta agua consumes? Gobierno de México. Recuperado de <http://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2020). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Río Sonora (2624), Estado de Sonora. Diario Oficial de la Federación.
- Cook, C., y Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, 22(1), 94-102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011>
- Díaz-Caravantes, R. E., Duarte-Tagles, H., y Durazo-Gálvez, F. M. (2016). Amenazas para la salud en el Río Sonora: análisis exploratorio de la calidad del agua reportada en la base de datos oficial de México. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 48(1), 91-96. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3438/343844022012>
- Díaz Caravantes, R. E., Duarte Tagles, H., Pallanez Murrieta, M., Moreno Vázquez, J. L., Mejía Santellanes, J. A., y Durazo-Gálvez, F. M. (2018). Análisis de los criterios para proteger la vida acuática: el río Sonora después del derrame minero de 2014. *Aqua-LAC*, 10(1), 75-87. doi: <https://doi.org/10.29104/PHI-2018-AQUALAC-V10-N1-07>
- Díaz-Caravantes, R. E., Zuniga-Teran, A., Martín, F., Bernabeu, M., Stoker, P., y Scott, C. (2020). Urban water security: a comparative study of cities in the arid Americas. *Environment and Urbanization*, 32(1), 275-294. doi: <https://doi.org/10.1177/0956247819900468>
- Díaz-Caravantes, R. E., Durazo-Gálvez, F. M., Moreno Vázquez, J. L., Duarte Tagles, H., y Pineda Pablos, N. (2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: una revisión de la recuperación del desastre. *región y sociedad*, 33(e1416). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416>
- Elizalde Castillo, F. (2020). *Acceso al agua potable ante el derrame minero de 2014: Vulnerabilidad y Resiliencia en comunidades del río Sonora* (tesis de maestría en ciencias sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44490>
- Elizalde Castillo, F., Díaz-Caravantes, R. E., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). Resiliencia en el agua doméstica en comunidades del río Sonora ante el derrame de 2014. *Economía Sociedad y Territorio*, 21(66), 569-598. doi: <https://doi.org/10.22136/est20211715>
- Garrick, D., y Hall, J. W. (2014). Water Security and Society: Risks, Metrics, and Pathways. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 611-639. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-013012-093817>
- Grey, D., y Sadoff, C. W. (2007). Sink or Swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9(6), 545-571. doi: <https://doi.org/10.2166/wp.2007.021>
- Gómez-Alvarez, A., Yocupicio-Anaya, M. T. D. J., y Ortega-Romero, P. (1990). Distribución de Metales Pesados en el Río Sonora y su Afluente el Río Bacánuchi, Sonora, México. *Revista Ecológica*, 1(2), 10-20. Recuperado de https://investigadores.unison.mx/ws/portalfiles/portal/6011351/Articulo_R_o_Sonora_Ecologica_1990.pdf
- Gómez-Álvarez, A., Meza-Figueroa, D., Villalba-Atondo, A. I., Valenzuela-García, J. L., Ramírez-Hernández, J., y Almendariz-Tapia, F. J. (2009). Estimation of potential pollution from mine tailings in the San Pedro River (1993-2005), Mexico-US border. *Environmental Geology*, 57, 1469-1479. doi: <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1424-8>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Censo General de Población y Vivienda 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Lamberti, M. J. (2018). Derrame de 40 millones de litros de solución de cobre acidulado a los ríos Bacánuchi y Sonora provenientes de las instalaciones de la mina Buenavista del Cobre, S.A. de C.V., Subsidiaria de Grupo México. Informe para el Relator Especial sobre las obligaciones de derechos humanos relacionadas con la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos, Sr. Baskut Tuncak. Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS] y PODER. Recuperado de https://www.projectpoder.org/wp-content/uploads/2018/05/Sonora_Informe_May_2018.pdf
- Lemos, M. C., Manuel-Navarrete, D., Willems, B. L., Díaz Caravantes, R., y Varady, R. G. (2016). Advancing metrics: models for understanding adaptive capacity and water security. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 21, 52-57. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.004>
- Martínez-Austria, P. F. (2013). Los retos de la seguridad hídrica. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(5), 165-180.
- Martínez Jiménez, E. (2022). *Construcción de una matriz de Seguridad Hídrica Rural: El caso de San Felipe de Jesús, Sonora* (tesis de maestría en ciencias sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44611>
- Olivera, D., y Cano, M. (2012). La evaluación del desempeño a nivel municipal. *Revista Ciencia Administrativa*, (2), 117-121. Recuperado de <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/04/13CA201202.pdf>
- Orozco Martínez, Y., y Rodríguez Gámez, L. I. (2020). Controversias sobre vulnerabilidad ante el riesgo minero en el río Sonora, México. *región y sociedad*, 32(e1319). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1319>
- Oshakbaev, D., Akisheva, Z., y Martoussevitch, A. (2021). Developing a national water security indicators framework in Kazakhstan. *OECD Environment Working Papers*, (177), 1-72. doi: <https://doi.org/10.1787/9ce9aa8c-en>
- Pahl-Wostl, C., Palmer, M., y Richards, K. (2013). Enhancing water security for the benefits of humans and nature-the role of governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 676-684. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.018>
- PODER. (2020). *Río Sonora. 6 años de promesas incumplidas. Voces de los Comités de Cuenca Río Sonora*. Ciudad de México: PODER. Recuperado de https://poderlatam.org/wpcontent/uploads/2020/08/RioSonora6_VocesCCRS_FIN.pdf
- Robles-Morua, A., Mayer, A. S., Auer, M. T., y Vivoni, E. R. (2012). Modeling riverine pathogen fate and transport in Mexican rural communities and associated public health implications. *Journal of Environmental Management*, 113, 61-70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.08.035>
- Romero-Lankao, P., y Gnatz, D. M. (2016). Conceptualizing urban water security in an urbanizing world. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 21, 45-51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.002>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018). Fideicomiso Río Sonora. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/fideicomiso-rio-sonora>

Torre Valdez, H. C. de la, y Moreno Vázquez, J. L. (2019). Resiliencia del Sistema Socio-Ecológico en la región subcuenca baja Río Sonora. *Estudios Sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 29(53). doi: <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.698>

ESTUDIOS SOCIALES DEL DESASTRE MINERO DE 2014: ALCANCES Y LIMITACIONES

Rolando E. Díaz-Caravantes¹

José Luis Moreno Vázquez²

1. Introducción

El papel de la academia en el estudio del derrame tóxico de origen minero en el río Sonora ha sido abordado en estudios que se han realizado sobre este evento. Tanto Moreno (2021) como Luque et al. (2019) indican que, en particular, los estudios de índole biofísica muestran diferencias entre ellos; por ejemplo, en los primeros años después del desastre, mientras buena parte de los estudios presentaban evidencia sobre los efectos ambientales del derrame (Aguilar-Hinojosa et al., 2016; Díaz-Caravantes, Duarte y Durazo-Gálvez, 2016), otros estudios consideraban que el agua, suelos y sedimentos no representaban un riesgo ambiental (Gutiérrez y Romero, 2015, p. 615). Hubo un conjunto de reportes elaborados en 2016 y encabezados por equipos de investigación nacional que confirmaban los impactos biofísicos del derrame; sin embargo, lamentablemente, su difusión pública fue por un corto periodo o se divulgaron años después del derrame (Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad [LANCIS], 2016; Prado et al., 2016; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2016; Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2016).

Posteriormente al derrame, los estudios biofísicos, en su mayoría, fueron de tipo geológico, enfocados en el análisis de los sedimentos del río. Buena parte de estos estudios continuó arrojando evidencia del impacto del derrame de 2014 y de la minería (Archundia, Prado-Pano, González-Méndez, Loredó-Portales y Molina-Freaner, 2021; Barceinas, Ortega, Romero, Sedov y Ramos, 2021; Díaz-Caravantes et al., 2018; Escobar-Quiroz, Villalobos-Peñalosa, Pi-Puig, Romero y Aguilar-Carrillo, 2019; Romero Lázaro, Ramos Pérez, Romero y Sedov, 2019; León-García et al., 2018); sin embargo, otros estudios concluyen que la concentración natural de minerales puede ser malinterpretada erróneamente como actividades antropogénicas relacionadas a la minería (Calmus, Valencia-Moreno, Del Río-Salas, Ochoa-Landín y Mendivil-Quijada, 2018); o que algunos resultados de los muestreos que se pueden atribuir al derrame de 2014, “[...] podrían reflejar el derrame de la mina que ocurrió en la década de 1980, cuando la mina era operada por una empresa anterior” (Romo-Morales et al., 2020, p. 11). Inclusive, en los estudios más recientes continúa esta ambivalencia, pues mientras algunos de ellos siguen demostrando las consecuencias en el río Sonora (León-García et al., 2022; Molina-Freaner y Martínez-Rodríguez, 2022), otros concluyen que los sedimentos no

¹ El Colegio de Sonora, Centro de Estudios en Salud y Sociedad, rdiaz@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-4117-2197>

² El Colegio de Sonora, Centro de Estudios del Desarrollo, jmoreno@colson.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8770-434X>

representan un peligro para la población humana del área de estudio, pues los elementos representan un riesgo aceptable (Gutiérrez-Ruiz et al., 2022).

De acuerdo con Luque et al. (2019, p. 105), la contradicción entre los estudios científicos refuerza el ambiente de gran incertidumbre y confusión que prevalece en las comunidades del río Sonora. Aunque no es el propósito de este capítulo realizar una revisión exhaustiva acerca del aspecto biofísico del derrame, esta breve exploración deja clara la importancia de realizar un balance acerca de los alcances que han tenido los estudios, al menos los de índole social (que son en los que se enfoca esta obra), en la comprensión de las consecuencias del caso socioambiental que nos ocupa. Asimismo, pretende vislumbrar las ausencias y retos de estudio que todavía están pendientes en el aprendizaje sobre este tipo de desastres.

Por lograr este objetivo, para este capítulo se revisaron alrededor de 40 publicaciones académicas, entre libros, artículos, tesis, etcétera, que abordan el caso del derrame tóxico de origen minero en el río Sonora desde una perspectiva social. Se incluyen las aportaciones de los autores de este volumen, pero sin dejar de lado las contribuciones que han surgido a lo largo de casi una década. Las publicaciones se codificaron en seis temas y 24 subtemas por medio del programa *NVivo 10*.

Este capítulo se divide en seis secciones, en las cuales se buscó ordenar las publicaciones de forma cronológica y temática. El primer tema aborda el conjunto de estudios sociales sobre el desastre y sus consecuencias más inmediatas, al que podríamos llamar el periodo de emergencia del desastre. La segunda parte es sobre las publicaciones que analizan el desempeño institucional de las dependencias públicas que deberían haber atendido los impactos del derrame. El tercer tema comprende los estudios que examinan la respuesta social al derrame, lo que podríamos decir fueron las formas de reacción ante el derrame y su ineficaz atención. En la cuarta sección se revisan los resultados de tesis de posgrado que analizan la situación de las comunidades, pudiéndonos referir a un periodo después de la emergencia. En la quinta parte se revisan algunas publicaciones sobre la empresa minera, su relación con ciertas comunidades y la explotación de recursos hídricos para su funcionamiento. En la sexta sección se revisan los avances y condicionantes en el Plan de Justicia para el río Sonora. Finalmente, en el apartado de conclusiones se realiza un balance entre los alcances, limitaciones y retos que aún permanecen para la comprensión y atención de este desastre de origen minero.

2. El desastre y sus consecuencias más inmediatas

2.1. Primeras aproximaciones

Como es de esperarse, todos los estudios sociales revisados aluden al evento del derrame de origen minero en el río Sonora. Los primeros trabajos eran de divulgación, breves, testimoniales y manejaban poca información obtenida en campo (Moreno, 2016); entre estos encontramos los trabajos de Castro Longoria (2014), Albert y Jacott (2015), Carrillo, Espinosa, Olgún y Cuevas (2015). La publicación más inmediata que se basa en trabajo de campo sobre la percepción de los habitantes del río Sonora acerca de la contaminación fue publicada por Ortiz, Tapia y Rascón (2016). En esta, mediante 34 entrevistas realizadas entre octubre y noviembre de 2014, se demuestra que entre las percepciones de los habitantes los temas centrales fueron los impactos inmediatos de la contaminación, la indemnización por el daño y la desinformación acerca de la situación por fuentes oficiales. Este acercamiento tiene como base la tesis de una de las autoras (Rascón, 2016).

2.2. Acceso al agua potable

Recién aconteció la contaminación del río se estableció un área vedada de 500 metros a ambos lados del río, con lo cual se restringió el uso de 322 pozos y norias. Para atender la problemática, se debió abastecer de agua a la población por medio de pipas y entrega de garrafones de agua purificada (Elizalde, 2020; Noriega, 2019). De acuerdo con Elizalde (2020), esta práctica de recolección de agua de las pipas afectó la salud de los habitantes, ya que algunos manifestaron que en los meses que debieron acarrear el agua en baldes y garrafones tuvieron fuertes problemas en las articulaciones del cuerpo.

Esta necesidad provocada por el derrame trastocó la vida diaria de los habitantes, pues tuvieron que organizarse en torno a los horarios del reparto de agua. Además, por lo limitado del abastecimiento, fueron alteradas sus prácticas de higiene y salud al no poder hacer uso del recurso como se acostumbraba (Ortiz, Tapia y Rascón, 2016). Además, fueron afectadas las prácticas alimentarias, pues se desconfiaba del agua que consumían en la preparación de la comida (Franco, 2019).

2.3. Impacto económico

Otro estudio —de más largo aliento y que inició en el mismo año del derrame— fue el realizado por Luque et al. (2019) a través de un trabajo de 253 entrevistas en 23 localidades del río Sonora durante los años de 2014 a 2016. En su libro, los autores primero brindan una caracterización socioeconómica y ambiental de la región del río Sonora, para después identificar algunos impactos del derrame, como la marca negativa a la identidad colectiva de lo que significa el río, impactos en el ingreso económico y la organización productiva tradicional, afectaciones en los sistemas de acceso al agua, tanto para consumo humano como para sus cultivos y animales, así como en la biodiversidad. De igual forma, identifican que, a ocho meses de ocurrido el derrame, la población mostraba síntomas de estrés postraumático y de depresión (Luque et al., 2019).

A una conclusión similar llega la tesis de Vázquez (2016). En esta se señala que se generalizó la idea de que cualquier producto estaba contaminado, tanto los pecuarios como los agrícolas, con lo que bajó la demanda de productos de la zona (Franco, 2019; Vázquez, 2016). Por otra parte, también hubo un daño al sector turístico, pues las personas dejaron de visitar y consumir productos en la región (Carrillo, Espinosa, Olgún y Cuevas, 2015; Vázquez, 2016). Sobre este tema se logró registrar en los estudios la existencia de un pesimismo general pues, según Luque et al. (2019), casi la mitad, 44% de los encuestados, indicaron que habían perdido gran parte de su patrimonio; además señalaron que veían difícil el futuro. Asimismo, 88% afirmó que había recuperado poco o nada después del evento y 75% veía pocas posibilidades de recuperar lo que ya tenían antes del evento.

2.4. Indemnización y conflicto

Para la empresa minera, la contingencia solo ocasionó la clausura parcial y temporal de instalaciones del complejo minero por un lapso de seis meses y el pago de una multa de 22.9 mdp (millones de pesos) (Moreno, 2021). Para continuar con sus operaciones y atender la reclamación de los daños, en septiembre de 2014 el gobierno federal y Grupo México negociaron la creación de un fondo que fue denominado Fideicomiso Río Sonora (FRS) con un monto final total de 1,207 mdp, con el cual se pretendía remediar la contingencia a partir de la implementación de pagos por el desabasto temporal de agua, normalización del abasto de agua potable con fuentes alternas y un muestreo sistemático de los pozos; además de subsanar los daños a la salud, remediar los problemas ambientales y la reactivación económica de la zona (Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021).

Como resultado de la inadecuada administración del FRS, otro tema de relevancia en los estudios sociales sobre los impactos del derrame fue la indemnización y los conflictos generados por la forma en cómo se realizó esta gestión (Elizalde et al., 2021; Noriega, 2019; Rascón, 2016; Toscana y Hernández, 2017; Vázquez, 2016; Haro, 2021).

Entre los problemas señalados se encuentra que hubo personas que se registraron sin ser realmente residentes de la región (Rascón, 2016; Toscana y Hernández, 2017); además, se señala la insuficiencia de una indemnización de 15,000 pesos por toma de agua ante la magnitud del impacto. Otro asunto fue lo inequitativo de las indemnizaciones entre diversos sectores económicos: hoteleros, comerciantes, agricultores y ganaderos (Vázquez, 2016); también, los pobladores indicaron que en la lista de beneficiarios faltaron personas que sí habían sido afectadas (Toscana y Hernández, 2017). Según lo estudiado, debido al proceso electoral se suspendió la entrega de recursos del 6 de marzo al 7 de junio de 2015, a pesar de que provenían de una fuente privada (Toscana y Hernández, 2017).

El nivel de conflicto llegó a tal profundidad que, de acuerdo con lo registrado en los estudios, hubo hasta ruptura entre familias debido a la forma opaca en que manejaron los recursos de la indemnización (Noriega, 2019).

Pero el conflicto no fue solo por la forma en cómo repartieron los recursos monetarios, sino también por la manera como se dotó de infraestructura a las comunidades. Un ejemplo es el señalado por Elizalde et al. (2021), quienes indican que la reubicación de los pozos en lugares mucho más alejados del río provocó un elevado costo del servicio eléctrico y con ello conflictos comunitarios en la organización del pago del agua.

El tema de la falta de pago aún continúa pues, como fue registrado, algunos pobladores no quieren pagar el agua porque aluden a que está contaminada y la empresa y el gobierno deberían hacerse cargo de los costos del servicio de agua (Cáñez y Pineda, 2019).

En conclusión, de acuerdo con los estudios sociales, prevalece la idea de que la indemnización no sirvió para remediar los impactos del derrame, antes bien el único resultado fue la generación de fricciones, tensiones y divisiones en la población del río Sonora, lo cual fue parte de la estrategia de la empresa para fracturar el tejido social de la región (Toscana y Hernández, 2017).

2.5. La cobertura de los medios de comunicación

Cuando ocurrió el derrame los medios de comunicación se convirtieron en un actor relevante, pues funcionaron como una forma de “alerta temprana” del desastre para una parte de la población que se dio cuenta de la magnitud del derrame a través de los medios periodísticos (Elizalde, 2020). Hubo una gran cantidad de medios de comunicación cubriendo las noticias sobre el derrame y sus consecuencias, e incluso generando información que más tarde fue retomada por los estudios sociales sobre la contingencia. Durante varios meses el desastre ocupó titulares en medios locales, nacionales e internacionales. Un estudio social sobre el papel de los medios fue la tesis de Farías (2019), que más tarde se publicaría como libro por el mismo autor (Farías, 2022). En este estudio se destaca el papel que desempeñó un equipo periodístico en la cobertura del derrame durante los primeros meses. Con base en 140 notas de este equipo periodístico, Farías (2022) destaca que el criterio de objetividad periodística se manifiesta en la cobertura desplegada por este equipo; sin embargo, enmarcando la cobertura en el llamado periodismo de desastres, se detecta la ausencia del debate a fondo de las causas de origen del desastre y la falta del discurso de prevención y contención de riesgos debido a la no especialización de los reporteros en el tema. Por otra parte, este autor establece que la cobertura periodística sobre la contingencia solo se retoma al cumplirse un nuevo aniversario de su acontecimiento (Farías, 2022).

3. Desempeño institucional

3.1. *Búsqueda de justicia y defensa legal*

Existen diversos estudios donde se menciona la necesidad de justicia en el caso del río Sonora (Ibarra y Moreno, 2017; Luque et al., 2019; Toscana y Hernández, 2017), destacando la aportación de Ibarra y Moreno. Entre los aspectos positivos del balance general que realizan en el capítulo 2 de este volumen a casi diez años del derrame, resaltan los avances en materia de levantamiento de expedientes de salud familiares, la nueva valoración de los costos del daño ambiental y el mantenimiento de la interlocución con la SEMARNAT. Los aspectos negativos que sobresalen son la permanente incertidumbre entre la población en relación con la calidad del agua que consumen, la falta de transparencia en la aplicación de los recursos ejercidos en el programa de la Zona Económica Especial Río Sonora (ZEERS), el incumplimiento de los compromisos originales (clínica de salud, 36 potabilizadoras, plan de remediación del río), y la falta de atención a las demandas planteadas por los Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS).

Como conclusión general, los autores destacan que existe una simulación de las autoridades responsables ante un sistema jurídico que no proporciona una solución imparcial, equitativa, completa ni expedita, al no establecer un procedimiento que pueda prever eficazmente los daños ambientales. A casi una década de ocurrido el evento, queda claro que no ha habido ni una rápida ni una adecuada reparación, por lo que la búsqueda de justicia sigue.

A esta conclusión se podría agregar otra cuestión importante, específicamente sobre el ámbito judicial, y es que la rigidez, la verticalidad, la falta de especialización, operan en contra de los afectados ambientales que requieren una solución expedita, un sistema judicial que anteponga los principios pro persona, pro actione, precautorio a los formalismos jurídicos (Ibarra y Moreno, 2021, p. 139). Según establecen Ibarra y Moreno en el capítulo 2, los pobladores de las comunidades afectadas se encuentran limitados a ejercer acciones de tipo legal, pues están sujetos a la realización de estudios técnico-científicos sobre los efectos del derrame por los impactos ambientales, los cuales resultan altamente costosos y no se encuentran a su alcance; este hecho se contrapone con el principio precautorio, el cual, frente a la incertidumbre, posibilita al juzgador revertir las cargas probatorias hacia las autoridades que deberán probar la inexistencia de los riesgos a la salud ambiental. De allí la necesidad de un nuevo marco legal en el cual exista una jurisdicción especializada para brindar prontitud a este tipo de procesos (Ibarra, 2023).

3.2. *Atención a la salud*

Sin temor a equivocarnos, podemos decir que la salud es el tema prioritario para los pobladores del río Sonora; así lo patentizan diversos estudios (Aragonés, Tapia-Fonllem, Poggio y Fraijo-Sing, 2017; Elizalde et al., 2021; Luque et al., 2019; Orozco y Rodríguez, 2022; Rascón, 2016).

Sobre este tema, Orozco y Rodríguez (2022), con base en entrevistas abiertas y en un taller de cartografía social realizado con pobladores de la región del río Sonora, establecen que existe una gran preocupación por la alta incidencia de cáncer en la región, preocupación que es exacerbada por la falta de médicos e insumos en los centros de salud en los municipios afectados. A esta percepción de problemas de salud física se agregan los problemas de salud mental. De acuerdo con el estudio realizado por Luque et al. (2019) durante el periodo 2014-2016, en esos tres años el síntoma más común que reportaron la mayoría de los entrevistados fue la intrusión de pensamientos sobre el evento, los cuales interferían afectando las actividades diarias, lo cual en muchos casos conllevaba problemas para concentrarse en sus actividades diarias y una mayor irritabilidad, lo cual a su vez afectaba también sus actividades laborales produciendo en muchos casos pérdida de días de trabajo.

En el tercer capítulo de este libro, Pacheco y Duarte nos recuerdan que al inicio del desastre se reconoció el daño a la salud en 360 personas derivado de la exposición a los contaminantes del derrame tóxico en 2014. Para atender esto y los futuros casos, en el ya mencionado FRS se estableció un operativo *permanente* de vigilancia epidemiológica llevado a cabo por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, el cual se extendería por 15 años. Entre las acciones se planeaba la instalación de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental en el Estado de Sonora (UVEAS); sin embargo, dicha unidad, ubicada en Ures, no fungió ni cumplió con los requisitos para ser considerada un centro de salud.

Otro episodio importante en la (des)atención en la salud fue el estudio toxicológico llevado a cabo por el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE), el cual se dio a conocer en 2022 y en el cual se encuestaron a 1,504 personas de diversas localidades del río Sonora. En este estudio se encontró, entre otros datos, plomo en orina en más de 90% de toda la población muestreada, arsénico en más de 50% y cadmio en más de 80%. Otro dato alarmante es la presencia de plomo en la sangre en más de 70% del total de personas examinadas. No obstante estos datos, hasta 2023 no se habían reactivado la UVEAS ni se ha planteado alguna alternativa satisfactoria de atención a la salud.

3.3. Desconfianza hacia las instituciones

Otro tema señalado en diversos estudios sociales sobre el derrame es la desconfianza de los pobladores hacia las instituciones gubernamentales (Díaz, 2019; Elizalde et al., 2021; Luque et al., 2019; Noriega, 2019; Orozco y Rodríguez, 2022; Escoboza-Castillo, Díaz-Caravantes y Elizalde-Castillo, 2023). Luque et al. (2019) identificaron una generalizada falta de confianza en el gobierno expresada por la mayoría de los entrevistados, quienes consideraron muy poco probable que se lograra la limpieza del río Sonora en un mediano plazo. Asimismo, Elizalde et al. (2021) constataron en un estudio de corte cualitativo en tres localidades del río Sonora que las personas desconfiaban de la calidad del agua porque las instituciones gubernamentales no les presentaban los resultados.

Sobre este tema, en el capítulo 4 de este volumen, Escoboza y Enríquez, basándose en un estudio en dos comunidades, concluyeron que la desconfianza de los pobladores hacia las instituciones gubernamentales ocurre, principalmente, por tres razones. La primera de ellas es la falta de seguimiento y atención por parte de las instituciones, pues los pobladores aludieron a que las acciones gubernamentales han sido insuficientes y solo ocurrió en mayor medida durante la fase de emergencia, cayendo después en un estado de abandono. Una segunda razón se debe a la escasa comunicación de parte de las instituciones, la cual se ha caracterizado por la carencia de apertura al diálogo en la toma de decisiones, la falta de consulta con las poblaciones y la ausencia de información sobre la calidad del agua y el estado de riesgo de la población. Finalmente, otra razón señalada en este capítulo es la incompatibilidad de intereses con las instituciones gubernamentales, pues existe la percepción, con base en las múltiples experiencias, de que estas instituciones anteponen los intereses de la empresa minera al de las comunidades.

3.4. Desconocimiento de la calidad del agua

Un tema de gran interés que genera desconfianza de los pobladores hacia las instituciones gubernamentales es la incertidumbre sobre la calidad de agua (Elizalde et al., 2021; Escoboza, 2020; Luque et al., 2019). Como se establece en el primer capítulo de esta obra, uno de los objetivos del FRS fue llevar a cabo un monitoreo de calidad del agua de forma continua en el río Sonora durante un quinquenio. En los primeros años los resultados de este monitoreo eran mostrados en la página *web* del FRS; sin embargo, incumpliendo los

compromisos, el 7 de febrero de 2017 cierra el FRS y al tiempo su página *web*. Los datos fueron recogidos y mostrados posteriormente en la página *web* del Observatorio Río Sonora de El Colegio de Sonora y en la página del Observatorio Socio Ambiental. Asimismo, estudios académicos han llevado a cabo esfuerzos por analizar y simplificar las bases de datos del monitoreo de agua subterránea (Díaz-Caravantes, Duarte y Durazo-Gálvez, 2016) y de agua superficial (Díaz Caravantes et al., 2018). En estos estudios se han demostrado algunas inconsistencias de las bases de datos y, a pesar de estas omisiones, los datos patentizan la contaminación por el evento minero, cuya presencia de metales continúa en algunos sitios, como se expone en el primer capítulo.

A pesar de estos esfuerzos, los pobladores del río Sonora siguen indicando que no tienen datos sobre la calidad del agua, pues las autoridades solo acuden a tomar muestras y no les comunican los resultados.

3.5. Fallidas plantas potabilizadoras

Relacionado con el tema de la calidad del agua, también se puede identificar el incumplimiento de la instalación de las plantas potabilizadoras del río Sonora. A inicios de 2015, en el marco del FRS, se indicó que se instalarían 37 plantas potabilizadoras para eliminar metales en las poblaciones afectadas (Gobierno de la República, 2015, p. 8). Sin embargo, como fue estudiado por Díaz-Caravantes et al. (2021), no se cumplió con el número de plantas potabilizadoras proyectado, ya que solo se instalaron seis plantas fijas, mientras que lugares con alta presencia de metales no cuentan con potabilización; además, los tipos de plantas instaladas con el FRS no son los adecuados para remover metales pesados y arsénico, y de las seis plantas instaladas solamente funcionaban dos de forma intermitente. En resumen, en cuanto al tema de las plantas potabilizadoras, se puede considerar como otra acción incumplida.

3.6. Fideicomiso Río Sonora

Hasta el momento, en este capítulo hemos expuesto diversos problemas que se suscitaron con el limitado e inadecuado desempeño institucional a través del FRS: una dudosa distribución de indemnización que creó más conflicto social que soluciones, una unidad de vigilancia epidemiológica que quedó en obra negra, un monitoreo de calidad del agua con inconsistencias que no ha llegado al conocimiento de los pobladores, y una ineficiente y constreñida instalación de plantas potabilizadoras en las localidades afectadas.

Estos incumplimientos podrían tener su explicación más lógica en lo que podría llamarse, en el mejor de los casos, una descoordinación gubernamental, la cual, según los estudios, presenta diversos matices, como una interconexión entre las leyes, las políticas, los niveles de gobierno, las empresas y la población para la gestión del riesgo (Toscana y Hernández, 2017); una relación conflictiva entre el gobierno federal y estatal (Luque y Murphy, 2020); y una desvinculación entre las propias autoridades del agua a nivel municipal, estatal y federal con las dependencias gubernamentales encargadas de la salud (Díaz-Caravantes et al., 2021).

El estudio que explica a detalle estos pormenores institucionales en cuanto al FRS es la tesis doctoral de Haro (2021). En esta se expone que la ineficacia del FRS en parte se debe a que, en la agenda de decisión, los responsables de las autorizaciones fueron distintos a los formuladores, la cual estuvo a cargo de participantes menos visibles como el presidente del comité técnico, funcionarios federales externos a los criterios de procedencia y los participantes fuera del gobierno, como asociaciones de profesionistas, centros de investigación y universidades públicas. Asimismo, establece que “participantes como el ejecutivo, los afectados, los actores gubernamentales estatales y locales y los medios de comunicación tuvieron una escasa incidencia” (Haro, 2021, p. 389).

4. La respuesta social al derrame

4.1. Organización regional independiente

De acuerdo con Luque y Murphy (2020), en el momento en que ocurrió el derrame la organización de la región del río Sonora estaba determinada por el gobierno y no había alguna que actuara de forma independiente. Tanto el Distrito de Desarrollo Rural como la organización agraria y las unidades de riego agrícola eran agrupadas y promovidas por el gobierno, ya sea federal, estatal o municipal.

A una conclusión similar llegaron Díaz-Caravantes, Elizalde y Escoboza (2021) en un estudio sobre la vulnerabilidad sociohídrica del río Sonora respecto al manejo comunitario de agua potable. En su estudio se analizaron cinco dimensiones: técnica, económica, social, institucional y política, y se concluyó que las comunidades del río Sonora son muy vulnerables, ya que tienen una limitada capacidad de respuesta ante los diversos problemas y amenazas para la seguridad hídrica. Se encontró también que, en la mayoría de los casos, las comunidades no cuentan con la autonomía suficiente para la toma de decisiones, debido en buena parte a que no cuentan con un marco legal que les otorgue una figura jurídica para la gestión comunitaria del agua (Díaz-Caravantes et al., 2021; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], 2016).

Ante esta ausencia o limitada presencia de organizaciones independientes del gobierno, Luque y Murphy (2020) plantean que no hubo una respuesta rápida en la defensa de sus derechos colectivos, sino que, durante la emergencia, se vieron obligados a aceptar el manejo de las autoridades gubernamentales.

4.2. Respuesta social inicial

De acuerdo con algunos estudios, ante la percepción de una atención ineficaz a la emergencia por parte de los tres niveles de gobierno, una forma de respuesta social se dio a través de la protesta pública, en la cual intervinieron diversos actores identificados en los estudios sociales (Lugo, 2020; Luque y Murphy, 2020; Orozco y Rodríguez, 2020; Vega, 2019).

Según lo señalado por Vega (2019), en septiembre de 2014 comenzaron las primeras manifestaciones públicas expresando el malestar por la forma en que el gobierno manejaba la emergencia y la exclusión de los afectados en la toma de decisiones. Fue a finales de 2014 y principios de 2015 cuando inició un mayor dinamismo de la protesta pública, como la toma de la carretera de forma intermitente por habitantes del río Sonora para protestar por los apoyos insuficientes y desiguales del Fideicomiso (Vega, 2019). Pero no fue sino hasta mediados de marzo de 2015 que se llevó a cabo una acción que tuvo cierta contundencia en el contexto de confusión e incertidumbre, cuando trabajadores de la Sección 65 del Sindicato Minero organizaron la toma de la estación de bombeo de agua de Los Patos en Cananea, al mismo tiempo que organizaron la caravana de unas mil personas del río Sonora creando un movimiento social que tuvo por nombre “Todos Unidos contra Grupo México” y otro que se denominó “Frente Río Sonora”, con la idea de forzar a las autoridades involucradas con el Fideicomiso para que se establecieran mesas de trabajo con ellos (Vega, 2019, pp. 81-83). De acuerdo con Vega (2019, p. 84), a tres años de iniciada esta fase de acciones colectivas, dicho primer intento de respuesta social se fue desgastando, lo cual provocó una ruptura de parte de los liderazgos, a lo cual se le puede sumar el fatal desenlace sufrido por la activista Karla Duarte, quien murió en un accidente automovilístico.

De acuerdo con la tesis doctoral de Lugo (2020), la eventual desarticulación de este colectivo se debió a una cierta incompatibilidad de agendas: por una parte, uno de los frentes actuaba dentro del sistema y esperaba que las acciones de remediación provinieran de arriba hacia abajo, es decir, que el gobierno brindara la atención adecuada, mientras el otro frente buscaba construir de abajo hacia arriba, “un espacio

donde converjan la minería con las actividades económicas tradicionales de la región, se equilibren los costos ambientales y sociales con base en la valoración económica extractiva de la actividad minera” (Lugo, 2020, p. 151).

4.3. Comités de Cuenca Río Sonora

Según lo identifican los estudios, es innegable el papel prominente y permanente que los Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) han tenido en la segunda etapa de organización de respuesta de la sociedad civil ante el desastre (Ibarra, 2018; Lugo y Lara, 2020; Luque y Murphy, 2020; Vega, 2019). Lugo y Lara (2020) catalogan a los CCRS como un grupo informal y autónomo con representación en cada uno de los municipios afectados que no guarda relación con los consejos o comités de cuenca oficiales, el cual ha mantenido actividades constantes para visibilizar la problemática, realizado acciones de concientización en la zona afectada y participado en eventos a nivel nacional e internacional. Ibarra y Moreno, en el segundo capítulo de esta obra, identifican a estos comités como los impulsores de varias demandas de amparo ante el poder judicial, entre las que destacan los siguientes temas: 1) en materia de manejo de residuos peligrosos; 2) de consulta y participación pública respecto a la construcción de la nueva presa de Jales; y 3) de aplicación de la normatividad mexicana respecto a los parámetros para medir la calidad del agua.

De acuerdo con Luque y Murphy (2020), acompañando a los CCRS se puede ubicar a la organización no gubernamental grupo PODER A. C., que tiene por misión “la construcción de un movimiento ciudadano para la transparencia y la rendición de cuentas en América Latina” (citado por Luque y Murphy, 2020, p. 231). En este contexto, para estos autores, la lucha social se ha ciudadanizado, y en las circunstancias derivadas de un desastre, este proceso se acelera y abre un espacio particular e inédito en la tradición política regional.

5. Las comunidades después de la emergencia

En los capítulos 5, 6 y 7 de esta obra colectiva hay tres trabajos resultados de tesis de posgrado que muestran cómo se vive en las comunidades las consecuencias del derrame después de la emergencia, entre los años 2019 y 2021. Adicionalmente se presenta un estudio sobre la resiliencia comunitaria y la desigualdad de género.

5.1. Agua y salud comunitaria en Mazocahui

En el capítulo 5, en la microhistoria de agua y salud de la localidad de Mazocahui del municipio de Baviácora, Moreno concluye que hasta antes del derrame había existido, con ciertas dificultades, una evolución positiva de acceso al agua potable y a la salud de la población del río Sonora debido al desarrollo de los servicios públicos. Este hecho se debe en buena parte a una estrategia del gobierno federal de varias décadas atrás implementada con el fin de reducir las tasas de mortalidad infantil, controlar las tasas de morbilidad por enfermedades infecciosas y parasitarias, al mismo tiempo que se proponía como una estrategia de contención de la migración rural-urbana (Moreno, 2022).

A partir de 2014, la percepción positiva de la salud de los habitantes se vio perjudicada drásticamente. Debido a que se había ordenado el cierre de pozos en la emergencia sanitaria de ese año, estalló un conflicto social en la gestión del agua que devino en la desconfianza a las gestiones comunitarias. Ante esta necesidad, la comunidad reaccionó con la conformación de comités comunitarios que, con dificultades propias de organizar un recurso escaso, han logrado la meta de abastecimiento del agua, principalmente desde la autogestión del recurso.

Al margen de estas capacidades locales, el autor recomienda la alianza con otros sectores gubernamentales e identifica la necesidad de que la legislación estatal reconozca a los comités comunitarios de agua potable como gestores indispensables.

5.2. Sistemas Socioecológicos de Banámichi

En el capítulo 6, Durazo-Gálvez y Hernández analizan el caso de Banámichi tomando como marco conceptual los Sistemas Socioecológicos (SSE). A partir del uso de Sistemas de Información Geográfica analizan el balance hídrico de la microcuenca de Banámichi encontrando un déficit natural considerable (Durazo, 2022). Con base en datos hidrometeorológicos producidos por las instituciones del agua se encontró que las precipitaciones han disminuido, lo que ocasiona menor recarga hídrica en la cuenca y el acuífero frente al aumento de la demanda del agua por diversos sectores.

Una de las consecuencias del derrame que se hacen patentes en este estudio, realizado en 2021, es la compra de garrafones de agua que quedó como una práctica permanente después del derrame, lo cual fue registrado en estudios anteriores (Elizalde, 2020; Franco, 2019; Luque et al., 2019). Según se menciona en las entrevistas, antes del derrame de 2014 no se consumía agua en garrafones; después del derrame existe la preocupación e incertidumbre sobre la calidad de agua, lo cual derivó en que este tipo de consumo de agua embotellada sea una práctica común. Sin embargo, debido al gasto que representa el estar adquiriendo de forma continua agua envasada, una parte de la población opta por consumir agua de la llave, aun con el riesgo que esto les representa.

Los autores advierten sobre la problemática que se avecina debido a la instalación de nuevas industrias, principalmente mineras, que pudieran asentarse en la región o que ya están trabajando en la misma, como es el caso de la Mina Santa Elena. La preocupación es que el déficit natural de balance hídrico de la microcuenca y la frágil disponibilidad del acuífero, sin la regulación adecuada, generarán un mayor estrés hídrico.

5.3. Seguridad Hídrica Rural

En el capítulo 7 de este libro, Martínez, Carrasco y Reyes-Castro presentan una propuesta de una matriz de seguridad hídrica rural. De acuerdo con los autores, esta matriz tiene la ventaja de ser un instrumento sencillo y práctico para realizar una exploración general sobre la situación hídrica de las comunidades del río Sonora.

Con base en estudios anteriores sobre seguridad hídrica, en la matriz proponen siete dimensiones de estudio: sociodemográfica, tecnológica, ecológica, económica, gobernanza, atención médica y calidad de agua (Martínez, 2022). Para cada dimensión plantean una serie de indicadores que se apoyan en estudios previos sobre las comunidades del río Sonora o estudios de agua en general.

A partir de estudios realizados en el río Sonora proponen dos dimensiones con especial énfasis en este tipo de caso: atención médica y calidad del agua. La primera considera indicadores como la derechohabiencia, acceso a atención primer y segundo nivel y acceso a farmacias. En cuanto a la segunda consideran indicadores como la existencia de estudios de calidad del agua, antecedentes de contaminación hídrica, existencia de registro de enfermedades de origen hídrico y la presencia de un plan de manejo y capacitación de riesgos de origen hídrico.

De acuerdo con los autores, la matriz de seguridad hídrica puede cumplir una función importante para las instituciones gubernamentales del agua, pues cubre un déficit de información actual acerca de la situación del agua doméstica en las localidades rurales.

5.4. Resiliencia comunitaria

Entre los estudios de las comunidades después de la emergencia sanitaria está la tesis de posgrado de Elizalde (2020), quien estudia cualitativamente la resiliencia de comunidades del río Sonora; también destaca el papel de los comités comunitarios de agua, los cuales son los principales actores que se organizan ante los problemas de abastecimiento a la red pública de agua. En este trabajo documenta que cinco años después de la contaminación, comunidades como Puerta del Sol reabrieron los pozos antiguos vedados durante el derrame con el objetivo de obtener agua constantemente, con suficiente presión y a un costo menor, puesto que el pozo emergente estaba muy alejado de la localidad y la extracción y conducción del agua a la localidad encarecía los costos de servicio eléctrico. En San Felipe de Jesús se observó que tenían menor capacidad de gestión cuando atendían los problemas del agua, principalmente porque son más dependientes del ayuntamiento, lo cual aminora las prácticas de autogestión comunitaria.

Por otra parte, posteriormente al derrame se realizaron otro tipo de estudios con enfoque de género (Vázquez-García, 2021; Vázquez-García, Ortega-Ortega, Martínez-González y Ojeda-Gutiérrez, 2020), en los cuales se demuestra que las mujeres cubren las deficiencias del sistema de distribución de agua potable y de salud con su trabajo permanente, invisible y no pagado. De tal forma que, en el marco del concepto de “subsidió de género” argumentan que el Estado mexicano ha sido incapaz de garantizar el derecho humano al agua de las mujeres, su derecho humano a la salud y a un medio ambiente sano.

6. La empresa minera

Otro conjunto de estudios sociales que examinan el derrame de 2014 se enfoca en la empresa minera causante del mismo, como se muestra a continuación.

6.1. Discurso de responsabilidad social

En un trabajo colectivo encabezado por Rodríguez y Lara (2021) se revisan aspectos relevantes de las compañías mineras, como gestión de la imagen, responsabilidad y reputación corporativa, limitaciones de la política tributaria minera en México, y la distribución de recursos del Fondo Minero en las entidades federativas y municipios. En el último capítulo, Velázquez y Arvizu (2021) analizan la responsabilidad social del Grupo México en comunidades en las que tienen fuerte presencia por medio del proyecto “Casa Grande”, donde concluyen que al no existir una guía sobre el trabajo que se debe realizar, se permiten procesos productivos cuestionables, puesto que las consecuencias negativas que generan de estos procesos son mayores que los beneficios.

Sobre el mismo tema, Almaguer (2022) realizó en conjunto con un equipo de trabajo un estudio con un muestreo estadístico de 363 encuestas en la parte alta de la cuenca del río Sonora y 383 encuestas en la ciudad de Cananea sobre las percepciones de la imagen corporativa y las acciones de responsabilidad social de las empresas mineras instaladas en sus cercanías. La autora establece que la imagen y reputación de las empresas mineras se ven afectadas por su impacto socioambiental, como los desechos tóxicos que producen contaminación del ambiente y dañan la salud de las personas y el ganado; esto a pesar de las acciones de “responsabilidad social” y el flujo de empleos relacionados con la actividad (Almaguer, 2022). En los municipios de Arizpe y Banámichi el flujo de empleos es reducido, pero en el caso de la ciudad de Cananea existen cuatro corporativos mineros que generan una mayor demanda laboral.

A una conclusión similar llega Guarneros-Meza (2022) quien, a través de un estudio cualitativo en la ciudad de Cananea que implicó 39 entrevistas en profundidad y observación en la vida cotidiana, revisa la

práctica de responsabilidad social empresarial de Grupo México a través el proyecto “Casa Grande”. Según la autora, aunque a lo largo de los años el proyecto organizado ha jugado un papel vital en la recuperación de parte de la confianza perdida por la represión y la tensión económica causada por la empresa, este proyecto también ha producido una dominación administrativa en las relaciones entre las autoridades gubernamentales y la corporación minera por medio de tres estrategias: el distanciamiento de la corporación de la responsabilidad política, la legitimidad a través del control y el ocultamiento de tácticas coercitivas.

6.2. Crecimiento de la minería

Como se mencionó en el primer capítulo de esta obra, hasta finales de 2013 el sector minero estatal generó casi 67,000 mdp corrientes, e históricamente ha representado una fuente importante de ingresos para el estado y el país. De las 21 minas metálicas activas en 2014, seis se ubicaban dentro de los límites de la cuenca del río Sonora.

Debido a que la actividad minera metálica de gran escala se localiza en la parte alta de la sierra sonorense, las minas tienen influencia sobre las áreas de captación de agua o cabeceras de las cuencas hidrológicas, afectando potencialmente a las comunidades y ecosistemas en su camino aguas abajo. Una de estas es Buenavista del Cobre, que a finales de 2022 tenía títulos de concesión de agua registrados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) por 51.7 millones de metros cúbicos anuales (o hectómetros cúbicos), mismos que obtenía de extracciones de origen subterráneo en su totalidad (CONAGUA, 2022). Esta es la mayor concesionaria minera de agua en el estado.

Como se mencionó en el primer capítulo, la minería en Sonora tenía concesiones de tierra por poco más de 5.7 millones de hectáreas amparadas por 5,726 títulos, representando 30.4% de la superficie estatal (SEMARNAT, 2020). De tal forma, es importante considerar los efectos socioambientales adversos del crecimiento de este sector industrial en caso de pasar a la explotación de las minas.

6.3. Acaparamiento de agua

Las implicaciones de la extracción del agua por el sector minero son abordadas, para el caso de Cananea, por Moreno (2021) en su libro sobre el acaparamiento del agua. El autor examina, por medio de una investigación documental, los mecanismos de apropiación del agua de la empresa minera Buenavista del Cobre con el propósito de mostrar que durante más de un siglo la producción de mineral ha provocado el deterioro de la cantidad y la calidad de las fuentes de agua y el acaparamiento del recurso por parte de una sola empresa.

Entre otros temas, Moreno (2021, p. 92) concluye que el acaparamiento de agua se consolidó con la venta de la mina de Cananea al Grupo México, pues de un total de 62 pozos con una extracción de 28 hm³ al año en 1990, se ascendió a 135 aprovechamientos en un mayor número de acuíferos con un volumen concesionado de 63.9 hm³ al año en 2020. De tal forma que, para este autor, de continuar la tendencia observada en los últimos treinta años se puede crear un imperio minero basado en el acaparamiento del agua.

7. El Plan de Justicia

Como se expuso en varios capítulos de este volumen, el 11 de noviembre de 2021, el presidente Andrés Manuel López Obrador acudió a la ciudad de Cananea para presentar el Plan de Justicia para Cananea, el cual tiene cinco ejes con 12 objetivos: trabajo digno (4 objetivos); atención médica y medicamentos gratuitos (4); bienestar (1); salud ambiental y derecho al agua (2), y mejoramiento urbano (1) (Gobierno de México, 2021).

De los 12 objetivos, solamente uno, el objetivo 4.1, estaba dirigido a atender las demandas de los pobladores del río Sonora. Básicamente se planteaban tres avances: 1) se comenzaron los diagnósticos en materia de agua, aire y suelo a cargo de la SEMARNAT, en conjunto con el IMTA e INECC; 2) a mediados de noviembre de ese año se iniciaría el levantamiento de cédulas y muestreos en personas de la comunidad del río Sonora por las instituciones de salud, y 3) trabajarían con Grupo México para que las diez plantas potabilizadoras que fueron instaladas (y que no funcionaban) a lo largo del río pudieran operar (Gobierno de México, 2021).

A inicios de 2022, los CCRS expresaron que el Plan de Justicia para Cananea fuera presentado formalmente ante las y los ciudadanos del río Sonora (Ibarra, 2023). A partir de esta exigencia, se renombró como Plan de Justicia para Cananea-Río Sonora. A finales de 2023, cuando se cierra el periodo estudiado en este libro, ha ocurrido lo siguiente:

7.1. Dictamen Diagnóstico Ambiental Río Sonora

Respecto a la primera acción, los diagnósticos encabezados por la SEMARNAT, en el segundo trimestre de 2022, se presentaron a los CCRS avances en diversos temas, entre los que destacan: 1) una estimación de pérdidas económicas por los daños ocasionados a partir del derrame en los ríos Sonora y Bacanuchi, encabezado por el INECC; 2) los estudios ambientales en los componentes de suelo, aire y biota, elaborados por el INECC; 3) los estudios sobre la rehabilitación y operación de las plantas potabilizadoras, encabezados por el IMTA (Ibarra, 2023).

Todos estos avances se concentraron en el Dictamen Diagnóstico Ambiental Río Sonora, dado a conocer por la SEMARNAT en septiembre de 2023 (SEMARNAT, 2023). Algunos de los resultados son:

a) Se confirma que el diseño hidrológico del sistema de presas Tinajas 1 fue inadecuado, por lo que el derrame de 2014 fue responsabilidad de la empresa minera.

b) Existe un acaparamiento del 57 % del volumen concesionado de agua subterránea por parte de la empresa Buenavista del Cobre.

c) Hay una persistencia de la contaminación del agua superficial por metales asociados a jales y lixiviados que pone en riesgo la salud ambiental y de las personas en la zona.

d) Los sedimentos indican la presencia de aluminio, antimonio, arsénico y bario en casi todas las muestras analizadas debido a la contaminación crónica por la actividad minera.

e) En el municipio de Cananea se evidencian valores de enriquecimiento del suelo por elementos directamente relacionados con la extracción de cobre.

f) En cuanto a calidad del aire, se registraron 11 sitios a lo largo del río Sonora con valores superiores a las típicas concentraciones de mercurio en grandes ciudades que oscilan entre 40 y 100 ng/m³.

g) La relación negativa de la comunidad de artrópodos (como indicador de la biota) con los metales y metaloides en suelos y la lejanía con la mina, indican que la principal fuente de afectación son las partículas provenientes de esta zona minera, particularmente de la nueva presa de jales.

h) Se calculó una pérdida económica de 20,508 (mdp) debido al derrame tóxico de 2014; 17 veces más que los 1,207 mdp del Fideicomiso Río Sonora. Los rubros fueron: limitaciones de acceso al agua; pérdidas económicas en la producción agropecuaria y otros sectores de la economía; daños en la salud física y mental; daños en suelos y vegetación ribereña, y desembolsos realizados por el sector ambiental federal.

Este dictamen se dio a conocer también en conferencia de prensa, conocida como “La Mañanera”, en octubre de ese mismo año y además se presentó en Ures a los CCRS por la titular de la SEMARNAT. Sin

embargo, a finales de 2023, los pobladores del río Sonora seguían esperando que se pase de los diagnósticos a las acciones de remediación ambiental.

7.2. Estudios epidemiológicos del CENAPRECE

Sobre la segunda acción, la atención a la salud, efectivamente, a finales de 2021, como se especificó en el Plan de Justicia, a través del CENAPRECE se tomaron las muestras de sangre y orina a 1,504 pobladores del río. Entre los resultados más importantes, presentados en abril de 2022, fueron los ya señalados por Pacheco y Duarte en el tercer capítulo: se encontró plomo en la orina de la mayor parte de la población muestreada, arsénico en más de la mitad y cadmio en la gran mayoría. Además, se encontró plomo en la sangre de buena parte de la población examinada.

Los que resulta incomprensible sobre este tema, es que, a pesar de estos datos tan contundentes, y a pesar de que desde mayo de 2022 se presentó una estrategia de intervención en salud, no se atendió a la población muestreada, ni se ha llevado alguna acción específica en ese mismo ámbito de atención, ni mucho menos se ha reactivado la UVEAS.

La falta de atención a los habitantes del río Sonora provocó que, a inicios de diciembre de 2023, los representantes de los CCRS realizaran frente a Palacio de Gobierno una manifestación para demandar atención inmediata a la salud de la población afectada por el derrame, obteniendo una respuesta desfavorable de la Secretaría de Salud (Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS], 2023b).

7.3. Plantas potabilizadoras

Respecto a la tercera acción, la rehabilitación y operación de las 10 plantas potabilizadoras que no funcionaban (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021), en marzo de 2022, en el marco del Plan de Justicia, el IMTA presentó a los CCRS una estimación de costos de alrededor de 20 mdp para la rehabilitación y operación por un año de la decena de plantas.

No obstante, en un recorrido realizado en 2023 por las localidades del río Sonora y cuyos resultados puede ser revisados en el Observatorio Río Sonora (ORS, 2023), se aprecia un limitado avance en las plantas potabilizadoras. En cinco de las seis plantas potabilizadoras fijas, instaladas en las localidades de Bacanuchi, Banámichi, San Felipe de Jesús, La Capilla y Mazocahui, el único cambio observable es la instalación de celdas solares; sin embargo, ninguna funcionaba. Las cuatro plantas potabilizadoras móviles ubicadas en Arizpe, Huépac, Aconchi y Baviácora, continúan sin funcionar, resguardadas por los ayuntamientos.

La única planta potabilizadora fija que tuvo alguna novedad fue la de San Rafael de Ures, la cual fue modificada de planta potabilizadora a purificadora (o garrafonera) y funcionó por algunos meses durante el 2023, pero fue cerrada el 20 de noviembre de ese año por el comité comunitario. La razón fue el incumplimiento de los compromisos de los gobiernos federal y estatal para su operación y mantenimiento, como la falta de equipo para la limpieza y el mantenimiento de la planta para cumplir las medidas de salubridad que exige COFEPRIS, falta de muestreos de calidad del agua, elevados costos de servicio eléctrico y adeudos a los operadores de la planta (Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS], 2023a).

8. Conclusiones

8.1. Alcances de los estudios sociales

En la [tabla 1](#) se resume el total de temas y subtemas sobre el derrame de 2014 y consecuencias, abordados por los estudios sociales.

Tabla 1. Temas y subtemas abordados desde lo social sobre el derrame

Temas	Subtemas	Publicaciones
El desastre y sus consecuencias más inmediatas	Primeras aproximaciones	Albert y Jacott, 2015; Carrillo, Espinosa, Olguín y Cuevas, 2015; Castro Longoria, 2014; Moreno, 2016; Ortiz, Tapia y Rascón, 2016; Rascón, 2016.
	Acceso al agua potable	Elizalde, 2020; Franco, 2019; Noriega, 2019; Ortiz, Tapia y Rascón, 2016.
	Impacto económico	Carrillo, Espinosa, Olguín y Cuevas, 2015; Luque et al., 2019; Vázquez, 2016.
	Indemnización y conflicto	Cáñez y Pineda, 2019; Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021; Noriega, 2019; Rascón, 2016; Toscana y Hernández, 2017; Vázquez, 2016.
	La cobertura de los medios de comunicación	Elizalde, 2020; Farías, 2022; Farías, 2019; Farías Aúcar, 2024.
Desempeño institucional	Búsqueda de justicia y defensa legal	Ibarra y Moreno, 2017; Ibarra y Moreno, 2021; Ibarra, 2023; Ibarra y Moreno, Capítulo 2; Luque et al., 2019; Toscana y Hernández, 2017.
	Atención a la salud	Aragonés, Tapia-Fonllem, Poggio y Fraijo-Sing, 2017; Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021; Luque et al., 2019; Orozco y Rodríguez, 2022; Pacheco y Duarte, Capítulo 3; Rascón, 2016.
	Desconfianza hacia las instituciones	Díaz, 2019; Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021; Escoboza y Enríquez, Capítulo 4; Luque et al., 2019; Noriega, 2019; Orozco y Rodríguez, 2022; Escoboza-Castillo et al., 2023.
	Desconocimiento de la calidad del agua	Díaz-Caravantes, Duarte y Durazo-Gálvez, 2016; Díaz Caravantes et al., 2018; Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021; Escoboza, 2020.
	Fallidas plantas potabilizadoras	Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021.
	Fideicomiso Río Sonora	Haro, 2021.
La respuesta social al derrame	Organización regional independiente	Luque y Murphy, 2020; Díaz-Caravantes, Elizalde y Escoboza, 2021
	Respuesta social inicial	Lugo, 2020; Luque y Murphy, 2020; Orozco y Rodríguez, 2020; Vega, 2019.
	Comités de Cuenca Río Sonora	Ibarra, 2018; Lugo y Lara, 2020; Luque y Murphy, 2020; Vega, 2019.
Las comunidades después de la emergencia	Agua y salud comunitaria en Mazocahui	Moreno, 2022; Moreno, Capítulo 5.
	Sistemas Socioecológicos de Banámichi	Durazo-Gálvez, 2022; Durazo Gálvez y Hernández, Capítulo 6.
	Seguridad Hídrica Rural	Martínez, 2022; Martínez, Carrasco y Reyes-Castro, Capítulo 7.
	Resiliencia comunitaria	Elizalde, Díaz-Caravantes y Moreno, 2021; Elizalde, 2020; Vázquez-García, 2021; Vázquez-García, Ortega-Ortega, Martínez-González y Ojeda-Gutiérrez, 2020; Díaz-Caravantes, Elizalde y Escoboza, 2021.
La empresa minera	Discurso de responsabilidad social	Guarneros-Meza, 2022; Almaguer, 2022; Rodríguez y Lara, 2021; Velázquez y Arvizu, 2021; Farias Aúcar y Rodríguez Gámez, 2024; Farias Aúcar, 2024.
	Crecimiento de la minería	Díaz-Caravantes, Lutz-Ley y Durazo-Gálvez, Capítulo 1; Moreno, 2021.
	Acaparamiento de agua	Moreno, 2021.
El Plan de Justicia	Dictamen Diagnóstico Ambiental Río Sonora	Ibarra, 2023; SEMARNAT, 2023
	Estudios CENAPRECE	Pacheco y Duarte, Capítulo 3
	Plantas Potabilizadoras	Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021; Observatorio Río Sonora, 2023.

Fuente: elaboración propia.

Según lo que se observa en la [tabla 1](#), los estudios sociales abordaron diversos temas, todos ellos de importancia. De acuerdo con esto, se podría evaluar que los estudios sociales han tenido un cierto alcance en las siguientes temáticas:

1. Las consecuencias inmediatas del desastre de origen minero, respecto al acceso al agua potable, el impacto económico, la indemnización y su conflicto por la inadecuada distribución y el papel de los medios de comunicación.
2. El desempeño de las instituciones en la (des)atención a la salud, monitoreo de calidad de agua y su fallida potabilización, magra impartición de justicia y defensa de derechos.
3. La respuesta social ante el derrame, en la cual se reconoce el importante papel de los CCRS y grupo PODER A. C. en la demanda de atención y concientización de la población.
4. La situación en el manejo del agua potable de las comunidades del río Sonora en el periodo posterior a la emergencia, 2019-2021.
5. Otro tema es la empresa minera contaminante, acerca de su crecimiento y acaparamiento del agua, y al discurso de responsabilidad social para el control de las comunidades.
6. Finalmente, en los estudios sociales se abordan los limitados, casi nulos, alcances, primero del Fideicomiso Río Sonora, y después del Plan de Justicia Cananea-Río Sonora.

8.2. Limitaciones y pendientes

Aunque se cubrieron una gran diversidad de temas, aun con la agrupación que se muestra en la tabla 1, es evidente una dispersión analítica en los estudios sociales. Esto evidencia una ausencia de marco conceptual que integre toda esta serie de estudios. Este marco base lo podrían proporcionar los estudios de gestión del desastre (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021).

La ciencia, la cual debió arrojar con prontitud evidencias del daño ambiental y social en la toma de decisiones, tuvo una reacción limitada ante el derrame. Si bien se conformaron y financiaron tempranamente equipos científicos para la investigación, estos fueron liderados desde el centro del país por el Instituto de Ecología y el Instituto de Geología de la UNAM, lo cual resultó en un significativo desconocimiento de los procesos locales (Luque et al., 2019).

Además, los reportes de estos estudios no salieron a la luz sino de manera intermitente o años después del derrame por haber firmado un convenio de confidencialidad, impidiendo alguna posible incidencia (Luque y Murphy, 2020).

Tampoco existió una política científica interdisciplinaria, pues los integrantes de estos equipos eran expertos en temas biofísicos y no en temas sociales. Los científicos sociales tuvieron que abordar el tema gradualmente, desde sus propios recursos, con pequeños proyectos o por medio de las direcciones de tesis.

Para cuando se difundieron las primeras conclusiones del impacto social en las comunidades, ya el gobierno había terminado la fase de emergencia. Peor aún, para cuando difundieron el grueso de las publicaciones de 2017 en adelante, ya el gobierno había dado por extinto el FRS, aludiendo a que ya no había problemas derivados del derrame.

Estos dos aspectos, la dispersión temática y la tardía reacción temporal, deja ver un hecho importante y es que, así como los habitantes del río Sonora no estaban preparados para enfrentar el peor desastre ambiental de la minería, tampoco lo estaban los encargados de las directrices de la ciencia en México. Para Luque y Murphy (2020), la falta de protocolos ante este tipo de emergencia exhibió los problemas de una política centralizada y discrecional de ciencia y tecnología.

Las limitaciones abren a su vez líneas de investigación que necesitan ser cubiertas en un corto plazo. Una falla que resulta inaudita para este tipo de situaciones es la ausencia de integración de un equipo de científicos de la salud que haya monitoreado y analizado la evolución de los pobladores en todos estos años. Fuera de los primeros estudios realizados por COFEPRIS en 2014 y los estudios realizados por CENAPRECE en 2022, no se encontró algún estudio epidemiológico sobre la salud de los pobladores, excepto por una tesis de maestría sobre la prevalencia de manifestaciones cutáneas posiblemente asociadas al consumo de agua contaminada con arsénico realizada en un par de comunidades afectadas por el derrame (Ochoa, 2018). Por lo sensible del tema, resulta hasta ominosa esta ausencia. A su vez, se presenta una oportunidad de análisis interinstitucional.

Otra gran deuda que queda para el estudio y atención del caso es que nunca se integraron equipos de expertos en derecho ambiental. Como se expone en esta obra, a casi una década de ocurrido el evento, no ha habido ni una rápida ni adecuada reparación de daños, lo cual se debe en parte por la falta de especialistas en el tema que brinden solución expedita a los damnificados. Es necesario un sistema judicial y un conjunto de expertos formados en el principio precautorio, pues mientras no se tome en cuenta con seriedad este principio y los juicios estén sujetos a la realización de estudios altamente costosos fuera del alcance de las personas afectadas, las empresas siempre tendrán ventaja, pues cuentan con los recursos económicos para gestionar las cosas a su favor.

Hasta el momento, tampoco ha habido un análisis de la caótica transición de responsabilidades durante estos casi diez años; ya han pasado varios gobiernos federales y estatales y también municipales, y el desempeño institucional ha sido insuficiente. No hay un documento que analice a profundidad qué se hizo bien y qué faltó dentro de lo que se consideraría una gestión integral del desastre. Si no ha habido un documento de tal naturaleza, mucho menos se cuenta con un plan de contingencia ante este tipo de eventos desastrosos que no solo prepare a la población, sino que reduzca el peligro de fuentes de contaminación como presas de jales, plantas de lixiviados, etcétera.

8.3. El otro desastre

De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (The United Nations International Strategy for Disaster Reduction [UNISDR]), un desastre se define como: “una interrupción grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad que implica pérdidas e impactos humanos, materiales, económicos o ambientales generalizados, que excede la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente con sus propios recursos” (UNISDR, 2009, p. 9).

Para los estudiosos del caso del río Sonora, el derrame de 2014 puede considerarse un desastre debido a las pérdidas económicas, culturales y, por supuesto, de salud (Díaz-Caravantes, Durazo-Gálvez, Moreno, Duarte y Pineda, 2021; Luque y Murphy, 2020; Toscana y Hernández, 2017).

Dada la limitada e ineficaz atención de este primer desastre por parte de las dependencias gubernamentales podemos concluir, sin dudar, que en el caso del río Sonora hubo un segundo desastre: el desastre institucional. Nos atrevemos a realizar esta aseveración partiendo de que en el caso del río Sonora se identifica una incapacidad gubernamental grave que no pudo, o no quiso, hacer frente a lo que fue llamado por el entonces titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) “el peor desastre ambiental de la industria minera del país”. Una inequitativa y conflictiva indemnización; una limitada, casi nula, atención a la salud; un menosprecio informativo hacia las poblaciones; incumplimientos en lo planeado como las plantas potabilizadoras; y una justicia que no ha llegado, son evidencia de la incapacidad institucional ante un desastre de esta magnitud.

Cabe preguntarse para quién es conveniente el desastre institucional en la atención del desastre físico. El gran ganador sin duda alguna es Grupo México, el cual hasta la fecha continúa extrayendo minerales como si nada hubiera ocurrido. Lo que pudo ser un ejemplo de gestión del desastre y justicia socioambiental se ha convertido en una serie de menosprecios por la población.

Es importante recordar que lo que está en juego no es el futuro de las políticas económicas ni la competencia entre países por avanzar en el ajedrez de las potencias. Lo que verdaderamente está en juego es la salud y tranquilidad de las poblaciones que viven en riesgo, un riesgo que no pidieron ni merecen. Al ser entrevistadas sobre cómo percibían el futuro, algunas personas lo veían con temor por la emergencia de enfermedades y la posibilidad de otro derrame debido a la nueva presa de Jales y a las operaciones de las minas en la región.

Hasta la fecha, el Plan de Justicia de Cananea-Río Sonora no se ha traducido en una atención expedita y contundente como se prometió, pareciera más bien otra simulación, como lo fue el Fideicomiso, para aparentar que se trabaja por resolver el problema, pero en realidad se apuesta al olvido, el desgaste social y a mantener la situación previa al derrame. Esta publicación busca que esto no ocurra.

Referencias

- Aguilar-Hinojosa, Y., Meza-Figueroa, D., Villalba-Atondo, A. I., Encinas-Romero, M. A., Valenzuela-García, J. L., y Gómez-Álvarez, A. (2016). Mobility and Bioavailability of Metals in Stream Sediments Impacted by Mining Activities: the Jaralito and the Mexicana in Sonora, Mexico. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(345). doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3046-1>
- Albert, L. A., y Jacott, M. (2015). *México tóxico: Emergencias químicas*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- Almaguer Acosta, L. G. (2022). *Responsabilidad social empresarial como constructo de la imagen del sector minero en Sonora: un estudio comparativo entre Cananea y los municipios del río Sonora* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/46154>
- Aragónés, J. I., Tapia-Fonllem, C., Poggio, L., y Fraijo-Sing, B. (2017). Perception on the Risk of the Sonora River Pollution. *Sustainability*, 9(2), Article 2. doi: <https://doi.org/10.3390/su9020263>
- Archundia, D., Prado-Pano, B., González-Méndez, B., Loredó-Portales, R., y Molina-Freaner, F. (2021). Water resources affected by potentially toxic elements in an area under current and historical mining in northwestern Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(236). doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08998-z>
- Barceñas Cruz, H., Ortega Guerrero, B., Romero, F. M., Sedov, S., y Ramos Pérez, D. (2021). Identification of mining residual pollutants in the Sonora River basin (northwestern Mexico) using thermomagnetic measurements. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 7-19. doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.53508>
- Calmus, T., Valencia-Moreno, M., Del Río-Salas, R., Ochoa-Landín, L., y Mendivil-Quijada, H. (2018). A multi-elemental study to establish the natural background and geochemical anomalies in rocks from the Sonora River upper basin, NW Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 35(2), 158-167. doi: <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2018.2.605>

- Cáñez Cota, A., y Pineda-Pablos, N. (2019). Breaking Out of the Governance Trap in Rural Mexico. *Water Alternatives*, 12(1), 221-240. Recuperado de <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol12/v12issue1/487-a12-1-13/file>
- Carrillo Cisneros, E., Espinosa Guillén, S., Olgún Negrete, B. R., y Cuevas Contreras, T. (2015). Imagen del destino turístico frente a la contingencia ambiental del 2014 en el Estado de Sonora. *La Revista de la Universidad Estatal de Sonora*, 4, 19-27.
- Castro Longoria, R. (2014). *Derrame de contaminantes por la minera Buenavista del Cobre. Contaminación por metales pesados en los ríos Bacanuchi y Sonora*. Manuscrito inédito.
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (24 de noviembre de 2023a). *Cierra la única planta potabilizadora que funcionaba en Río Sonora*. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2023/11/24/cierra-la-unica-planta-potabilizadora-que-funcionaba-en-rio-sonora/>
- Comités de Cuenca Río Sonora [CCRS]. (6 de diciembre de 2023b). *Basta de simulaciones y mentiras. Respuesta al comunicado de la Secretaría de Salud de Sonora*. Recuperado de <https://comitescuencariosonora.wordpress.com/2023/12/06/basta-de-simulaciones-y-mentiras-respuesta-al-comunicado-de-la-secretaria-de-salud-de-sonora/>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2022). *Registro Público de Derechos de Agua (REPGA)*. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx>
- Díaz-Caravantes, R. E., Durazo-Gálvez, F. M., Moreno Vázquez, J. L., Duarte Tagles, H., y Pineda Pablos, N. (2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: una revisión de la recuperación del desastre. *región y sociedad*, 33(e1416). doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416>
- Díaz-Caravantes, R. E., Elizalde Castillo, F., y Escoboza, P. (2021). Vulnerabilidad sociohídrica en comunidades del río Sonora. Un enfoque para los estudios de seguridad hídrica. *Revista de El Colegio de San Luis*, XI(22), 5-34. doi: <http://dx.doi.org/10.21696/rcsl112220211344>
- Díaz Caravantes, R. E., Duarte Tagles, H., Pallanez Murrieta, M., Moreno Vázquez, J. L., Mejía Santellanes, J. A., y Durazo-Gálvez, F. M. (2018). Análisis de los criterios para proteger la vida acuática: el río Sonora después del derrame minero de 2014. *Aqua-LAC*, 10(1), 75-87. doi: <https://doi.org/10.29104/PHI-2018-AQUALAC-V10-N1-07>
- Díaz-Caravantes, R. E., Duarte-Tagles, H., y Durazo-Gálvez, F. M. (2016). Amenazas para la salud en el Río Sonora: análisis exploratorio de la calidad del agua reportada en la base de datos oficial de México. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 48(1), 91-96. Recuperado de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/5406/5655>
- Díaz Ceniceros, H. (2019). El acceso a la información en el caso del Río Sonora. Descripción de cómo el Fideicomiso Río Sonora se convirtió en una herramienta para la opacidad y la falta de transparencia que beneficia a Grupo México. En H. Vega Deloya (Coord.), *Los derechos ambientales como paradigma social y de gobierno en Sonora: El caso del Río Sonora y otros estudios* (pp. 123-139). México: Universidad de Sonora.
- Durazo-Gálvez, F. M. (2022). *Análisis de los Sistemas socioecológicos de la microcuenca de Banámichi para la conservación del recurso hídrico y el abastecimiento de agua potable* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). Universidad de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <http://repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/8154/1/durazogalvezfranciscmartinm.pdf>

- Elizalde Castillo, F. (2020). *Acceso al agua potable ante el derrame minero de 2014: vulnerabilidad y resiliencia en comunidades del río Sonora* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44490>
- Elizalde Castillo, F., Díaz-Caravantes, R. E., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). Resiliencia en el agua doméstica en comunidades del río Sonora ante el derrame de 2014. *Economía Sociedad y Territorio*, XXI(66), 569-598. doi: <https://doi.org/10.22136/est20211715>
- Escobar-Quiroz, I. N., Villalobos-Peñalosa, M., Pi-Puig, T., Romero, F. M., y Aguilar-Carrillo De Albornoz, J. (2019). Identification of jarosite and other major mineral Fe phases in acidic environments affected by mining-metallurgy using X-ray Absorption Spectroscopy: With special emphasis on the August 2014 Cananea acid spill. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 36(2), 229-241. doi: <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2019.2.1021>
- Escoboza Castillo, P. A. (2020). *Percepción de riesgo, confianza institucional y capital social en el contexto de contaminación del río Sonora. Un Estudio comparativo de comunidades: Bacanuchi y San Isidro (Molino de Camou)* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). Universidad de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <http://repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/8157>
- Escoboza-Castillo, P. A., Díaz-Caravantes, R. E., y Elizalde-Castillo, F. (2023). Confianza institucional en el río Sonora post-contingencia 2014. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 33(62), 1-29. <https://doi.org/10.24836/es.v33i62.1363>
- Farías Aúcar, D. (2024). *Minería y greenwashing: tendencias en la comunicación corporativa de grupo México en el periodo 2014-2020* (tesis de doctorado en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/46662>
- Farías Aúcar, D. (2022). *Periodismo de desastres. La cobertura de Proyecto Puente en el río Sonora* (Primera edición). El Colegio de Sonora.
- Farías Aúcar, D. (2019). *Periodismo de desastres: el caso del derrame de tóxicos sobre el Río Sonora y su representación en UniRadio Noticia* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44417>
- Farías Aúcar, D. y Rodríguez Gámez, L. I. (2024). Minería y greenwashing: tendencias en la comunicación corporativa de Grupo México (2014-2020). *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, 63, 126-146. <https://doi.org/10.12795/Ambitos.2024.i63.07>
- Franco Garza, L. A. (2019). *Alimentación, Territorio y Desastre: Prácticas alimentarias en una población rural del norte de México afectada por la contaminación de sus Medios de Vida* (tesis de maestría en Antropología Social). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Recuperada de <https://ciesas.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1015/918>
- Gobierno de México. (2021). *Plan de Justicia para Cananea: Primeros resultados*. Recuperado de www.gob.mx/stps/documentos/plan-de-justicia-para-cananea-288328
- Gobierno de la República. (2015). *Balance de las acciones del Gobierno de la República en el río Sonora. Agosto*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/60595>
- Guarneros-Meza, V. (2022). Governance, Participation, and Hegemony: Governing Cananea and the Sonora River Region. *Latin American Perspectives*, 50(2), 69-86. doi: <https://doi.org/10.1177/0094582X221106146>

- Gutiérrez, M., y Romero, F. (2015). *Valoración del daño ambiental en la Cuenca del Río Sonora asociado al derrame del 06 de agosto de 2014 de Buena Vista del Cobre* (pp. 604-616). En Memorias de la XXXI Convención Internacional de Minería. Asociación de Ingenieros Mineros y Metalúrgicos de México.
- Gutiérrez-Ruiz, M., Muro-Puente, A., Ceniceros-Gómez, A. E., Amaro-Ramírez, D., Pérez-Manzanera, L., Martínez-Jardines, L. G., y Romero, F. (2022). Acid spill impact on Sonora River basin. Part I. sediments: Affected area, pollutant geochemistry and health aspects. *Journal of Environmental Management*, 314, 115032. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115032>
- Haro, N. (2021). *Especificación de alternativas en la formación de la agenda para la remediación del Río Sonora por el derrame de lixiviados de cobre* (tesis de doctorado en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora. Recuperado de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44591>
- Ibarra Barreras, M. F. (2023). *¿Qué producen los conflictos ambientales cuando se judicializan? Análisis de dos casos en Sonora: Acueducto Independencia y Contaminación Río Sonora* (tesis de doctorado en Ciencias Sociales). Universidad de Sonora. Hermosillo.
- Ibarra Barreras, M. F. (2018). *Justicia Ambiental y Movilización Sociolegal en el Río Sonora (2014-2017)* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo.
- Ibarra Barreras, M. F., y Moreno Vázquez, J. L. (2017). La justicia ambiental en el Río Sonora. *RevIISE, Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 10(10), 135-155. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/5535/553559586012/html/>
- Ibarra Barreras, M. F., y Moreno Vázquez, J. L. (2021). La (in)justicia ambiental en el río Sonora. En J. L. Castro, A. Cortez y V. Sánchez (coords.), *Visiones contemporáneas de la cooperación y la gestión del agua en la frontera México-Estados Unidos* (pp. 113-144). Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA]. (2016). *Bases para la gestión comunitaria del agua en México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS). (2016). *Evidencias de las afectaciones a la integridad funcional de los ecosistemas del Río Buena Vista del Cobre: Avances del diagnóstico*. Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- León-García, G. J., Meza-Figueroa, D. M., Valenzuela-García, J. L., Encinas-Romero, M. A., Villalba-Atondo, A. I., Encinas-Soto, K. K., y Gómez-Álvarez, A. (2018). Study of Heavy Metal Pollution in Arid and Semi-Arid Regions Due to Mining Activity: Sonora and Bacanuchi Rivers. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 11(1), 1-11.
- León-García, G. J., Gómez Álvarez, A., Meza Figueroa, D. M., Valenzuela García, J. L., Encinas Romero, M. A., Villalba Atondo, A. I., Centeno García, E., y Encinas Soto, K. K. (2022). Assessment of heavy metal pollution in sediments of the Sonora River basin impacted by mining activities. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 41(3). doi: <https://doi.org/10.1002/ep.13796>
- Lugo Gil, C. Y. (2020). *Derrame minero y conflicto socioambiental en el Río Sonora: Trayectoria de las organizaciones de la sociedad civil (2014-2018)* (tesis de doctorado en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://repositorio.colson.edu.mx/handle/2012/44573>

- Lugo-Gil, C. Y. y Lara-Enríquez, B. E. (2020). El conflicto socioambiental en el Río Sonora. Análisis de la acción colectiva de las Organizaciones de la Sociedad Civil de 2014 a 2018. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55), 1-29. doi: <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.949>
- Luque, D., y Murphy, A. D. (2020). La gramática del río Sonora que exhibió el derrame de la mina de Cananea. *Argumentos. Estudios críticos de la sociedad*, 2(93), 217-238. doi: <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202093-10>
- Luque, D., Murphy, A., Jones, E., Búrquez, A., Martínez, A., Manrique, T., y Esquer, D. (2019). *Río Sonora: El derrame de la Mina Buenavista del Cobre-Cananea, 2014*. Hermosillo: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- Martínez Jiménez, E. (2022). *Construcción de una matriz de Seguridad Hidrica Rural: El caso de San Felipe de Jesús, Sonora* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo.
- Molina-Freaner, F., y Martínez-Rodríguez, J. (2022). REMOVED: Patterns of plant mortality caused by a copper mine spill. *Anthropocene*, 39, 100344. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2022.100344>
- Moreno González, L. R. (2022). *“El agua es del pueblo”: Gestión comunitaria del agua potable de Mazocahui, Sonora de 1969 a 2021* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora, Hermosillo.
- Moreno Vázquez, J. L. (Agosto, 2016). A dos años del derrame en el río Sonora ¿Qué es lo que sabemos? Trabajo presentado en el Foro “Río Sonora: A dos años del derrame ¿Qué sabemos?” organizado por la Red Fronteriza de Salud y Ambiente, Hermosillo, Sonora.
- Moreno Vázquez, J. L. (2021). Acaparamiento y deterioro del agua en el noreste de Sonora. El caso de la mina de Cananea, 1899-2020. Hermosillo: El Colegio de Sonora. Recuperado de <https://libros.colson.edu.mx/index.php/colson/catalog/book/264>
- Noriega, G. (2019). *Contaminación del río sonora: repercusiones en la vida cotidiana de los pobladores, desde una perspectiva de género* (tesis de doctorado en Ciencias Sociales). Universidad de Sonora.
- Ochoa Vea, D. E. (2018). *Análisis de la prevalencia de manifestaciones cutáneas posiblemente asociadas al consumo de agua contaminada con arsénico en los pobladores de las comunidades aledañas a la presa “El Molinito”* (tesis de maestría en Ciencias de la Salud). Universidad de Sonora, Hermosillo. Recuperado de <http://repositorioinstitucional.unison.mx/bitstream/20.500.12984/4187/1/ochoaveaderheyzeugeniame.pdf>
- Orozco Martínez, Y., y Rodríguez Gámez, L. I. (2020). Controversias sobre vulnerabilidad ante el riesgo minero en el río Sonora, México. *región y sociedad*, 32(e1319), 1-25. doi: <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1319>
- Orozco Martínez, Y., y Rodríguez Gámez, L. I. (2022). Narrativas del riesgo minero: cartografía y discursos en el río Sonora, México. *Intersticios Sociales*, 12(24), 297-331. doi: <https://doi.org/10.55555/IS.24.454>
- Ortiz Valdez, A., Tapia Fonllem, C., y Rascón Arriaga, F. (2016). *Percepción acerca de la contaminación del río Sonora, en habitantes de los pueblos cercanos*. Academia Nacional de Educación Ambiental, AC. Recuperado de <https://docplayer.es/29362009-Percepcion-acerca-de-la-contaminacion-del-rio-sonora-en-habitantes-de-los-pueblos-cercanos.html>
- Observatorio Río Sonora [ORS]. (2023). *Agua potable (infraestructura)*. Observatorio Río Sonora. Recuperado de www.colson.edu.mx/RioSonora

- Prado, B., Caballero, L., Mora, L., Morales, E., Méndez, L., y Robles, A. (2016). *Diagnóstico ambiental y propuesta de remediación-reparación-compensación en la Cuenca del Río Sonora afectada por el derrame del represo "Tinajas 1" de la mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora. Informe Final del Grupo Agua*. Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto Tecnológico de Sonora.
- Rascón Arriaga, F. G. (2016). *Preocupaciones, expectativas y nivel de información de los habitantes de los pueblos del río Sonora en torno a la contaminación de 2014* (tesis de licenciatura en psicología). Universidad de Sonora, Hermosillo. Recuperada de <https://investigadores.unison.mx/es/studentTheses/preocupaciones-expectativas-y-nivel-de-informaci%C3%B3n-de-los-habitan>
- Rodríguez Gámez, L. I., y Lara Enríquez, B. E. (eds.). (2021). *Minería y sociedad en el río Sonora. Diálogos sobre desarrollo, sostenibilidad e inclusión*. Hermosillo: El Colegio de Sonora. Recuperado de <https://libros.colson.edu.mx/index.php/colson/catalog/book/263>
- Romero-Lázaro, E. M., Ramos Pérez, D., Romero, F. M., y Sedov, S. (2019). Indicadores indirectos de contaminación residual en suelos y sedimentos de la cuenca del río Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 371-386. doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.09>
- Romo-Morales, D., Moreno-Rodríguez, V., Molina-Freaner, F., Valencia-Moreno, M., Ruiz, J., Minjárez-Osorio, C., Hernández-Mendiola, E., y Del Río-Salas, R. (2020). Assessment of Geogenic and Anthropogenic Pollution Sources Using an Aquatic Plant Along the Sonora River Basin: Insights from Elemental Concentrations and Pb Isotope Signatures. *Natural Resources Research*, 29(4), 2773-2786. doi: <https://doi.org/10.1007/s11053-020-09620-8>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (Mayo de 2023). Dictamen Diagnóstico Ambiental Río Sonora. Recuperado de www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/859786/Ri_o_Sonora_28_07_23_.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2020). *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNLARN). Compendio de Estadísticas Ambientales 2020. Concesiones mineras vigentes al año que se reporta*. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet21b5.html
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2016). *Anexo 1.10. Evaluación del riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos en suelos, asociados al derrame de Buenavista del Cobre ocurrido en Agosto del 2014*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/341781/ANEXO_1.10_1_.pdf
- Toscana Aparicio, A., y Hernández Canales, P. de J. (2017). Gestión de riesgos y desastres socioambientales. El caso de la mina Buenavista del Cobre de Cananea. *Investigaciones Geográficas*, (93), 1-14. doi: <https://doi.org/10.14350/rig.54770>
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (10 de octubre de 2016). *Diagnóstico ambiental en la Cuenca del Río Sonora afectada por el derrame del represo "Tinajas 1" de la mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/341869/INFORME_FINAL_UNAM.pdf
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction [UNISDR]. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Estrategia Internacional para la reducción de Desastres de las Naciones Unidas.

- Vázquez Ohlmaier, M. A. (2016). *Ruta turística del Río de Sonora: del desastre ecológico a la reconversión por un entorno sustentable. Un diagnóstico desde sus comunidades* (tesis de maestría en Ciencias Sociales). Universidad de Sonora, Hermosillo. Recuperado de <http://repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/265>
- Vázquez-García, V. (2021). Género, desastres ambientales y consumo de agua embotellada. El caso de la cuenca del río Sonora. *región y sociedad*, 33(e1473), 1-22. doi: <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1473>
- Vázquez-García, V., Ortega-Ortega, T., Martínez-González, R., y Ojeda-Gutiérrez, D. (2020). Minería extractiva y conflictos socioambientales por agua en el noroeste árido de México: Un análisis desde la ecología política. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 55, 280-299. doi: <https://doi.org/10.5380/dma.v55i0.73387>
- Vega Deloya, H. F. (2019). El papel de las ONG's en la construcción social del derecho ambiental por medio del trabajo de organización comunitaria y la promoción de Derechos Humanos. En H. F. Vega Deloya (ed.), *Los derechos ambientales como paradigma social y de gobierno en Sonora: El caso del Río Sonora y otros estudios* (pp. 75-88). Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Velázquez Contreras, L., y Arvizu Armenta, E. (2021). Responsabilidad social empresarial: De la intención a las acciones. El caso del Grupo México en Sonora. En L. I. Rodríguez Gámez y B. E. Lara Enríquez (eds.), *Minería y sociedad en el río Sonora* (pp. 313-335). Hermosillo: El Colegio de Sonora.

Julio de 2024
(edición impresa)

Agosto de 2024
(edición electrónica)

Cuidado editorial:
Martha Ordaz

Fotografía de portada:
Héctor López

Diseño de portada:
Héctor López

Compuedición:
Saúl Marcos Castillejos

Corrección de estilo y pruebas:
Manuel Córdova

Edición en formato digital:
Ave Editorial (www.aveeditorial.com)

Departamento de Difusión Cultural de
El Colegio de Sonora

