





Elaboración: 2023



## Directorio

#### Dr. Agustín Ávila Romero

Encargado del Despacho de la Dirección General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

### ELABORACIÓN

### Mtra. María del Pilar Salazar Vargas

Directora de Economía Ambiental y de Recursos Naturales

#### Lic. Aram Rodríguez de los Santos

Subdirector de Instrumentos Económicos para el Crecimiento Verde

#### Mtra. Cruz Arcelia Tánori Villa

Subdirectora de Vulnerabilidad Socioambiental y Adaptación

#### Act. Eileen Ventura Soriano Camargo

Profesional Ejecutivo

#### Lic. Lucero Adriana Alva Solís

Profesional Ejecutivo

#### Forma de citar:

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2023. Estimación de las pérdidas económicas por los daños ocasionados a partir del derrame en los ríos Sonora y Bacanuchi. México. Pp. 75.

Imagen de portada: INECC, 2023.

#### D.R. © 2023 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Boulevard Adolfo Ruíz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México, C.P. 14210.

https://www.gob.mx/inecc

# ÍNDICE

1.	Introducción6
2.	Población y migración8
3.	Antecedentes del cálculo de costos11
4.	Enfoque metodológico14
5.	Análisis detallado por rubro20
5.1.	Limitaciones de acceso al agua y otros costos asociados 20
5.2.	Pérdidas económicas en la producción agropecuaria26
5.3.	Pérdidas económicas en otros sectores de la economía52
5.4.	Daños en la salud física y mental y otros gastos en salud 54
5.5.	Daños en suelos y vegetación ribereña, y en el lecho del río . 68
5.6.	Desembolsos realizados por el sector ambiental federal73
6.	Resultados finales y conclusiones74
<b>7.</b>	Necesidades para mejorar el análisis78
8.	Otros daños importantes de visibilizar79
9. repr	Anexo 1. Cuestionario aplicado a pobladores esentantes de los CCRS80
10.	Anexo 2. Solicitudes de información del sector ganadero 83
11. mine	Anexo 3. Costo de agotamiento hídrico por operaciones eras87
	Bibliografía 89

## 1. INTRODUCCIÓN

Existe una afectación a los recursos naturales, servicios ambientales, actividades económicas y salud pública derivada del derrame de 40,000 metros cúbicos (m³) de lixiviados de la empresa Buenavista del Cobre S.A. de C.V., en el estado de Sonora el 6 de agosto de 2014.

El derrame impactó cuatro cuerpos de agua, arroyo Tinajas, ríos Bacanuchi y Sonora, y la presa Molinito, así como y a ocho municipios, los cuales son Ures, Arizpe, Baviácora, Aconchi, Banamichi, Cananea, Huépac y San Felipe de Jesús, los cuales cuentan con una población aproximada de 24,000 habitantes.

En términos biofísicos, se estima que la zona de afectación tiene una superficie de 24,400 hectáreas (ha) y considera el lecho del río Bacanuchi-Sonora y las planicies de inundación, donde se ubican zonas agropecuarias y asentamientos humanos. El tramo del río afectado comprende desde el punto del derrame (represa denominada "Tinaja 2" de la Mina Buenavista del Cobre S.A. de C.V.) hasta la Presa El Molinito con una longitud de 281 kilómetros (km).

Desde 2021, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) condujo un diagnóstico del estado de la salud ambiental en la ciudad de Cananea y las comunidades del Río Sonora, en materia de aire, suelo y biota, en el cual se halló, de manera resumida, que a medida que las muestras se acercan a la mina, las concentraciones de sustancias tóxicas como el mercurio, arsénico y plomo aumentan, al tiempo las poblaciones de insectos disminuyen.

A partir de dicho diagnóstico ambiental, este documento busca abonar elementos técnicos sobre los costos del impacto del derrame que contribuyan a fortalecer la posición del sector ambiental en la materia. El objetivo técnico de este reporte consiste en estimar los costos actualizados de las pérdidas y daños derivados por el derrame mencionado, en términos de acceso al agua, producción agrícola, pecuaria y otros sectores económicos, salud física y mental, remediación de suelos del río y su ribera, servicios ecosistémicos de la vegetación ribereña y desembolsos realizados por el sector ambiental federal, así como otros costos asociados.

Debido a las características de la problemática y la información disponible se determinó viable desarrollar este estudio por medio de un análisis económico primordialmente de gabinete, aunque con información primaria puntual, con un enfoque de abajo hacia arriba, es decir a través de un análisis contable y desagregado. Los recursos con los que se contó se basan en la información pública disponible en línea desde 2014 y hasta el momento, tales como literatura académica, reportes de la sociedad civil, estudios desarrollados por instancias gubernamentales y prensa, así como información solicitada a instancias gubernamentales vía oficio, y la información recolectada en un cuestionario aplicado a los representantes de los Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) (Anexo 1).

El análisis incluye ocho municipios que se estiman afectados: Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Cananea, San Felipe de Jesús, Ures y Huépac. Los resultados fueron sensibilizados con base en la información de campo proporcionada por 19 pobladores afectados mediante un cuestionario estructurado aplicado en el marco de las reuniones de los CCRS (Anexo 1). Respecto a los años analizados estos parten de 2014 y hasta 2022, sin embargo, se presentan cálculos puntuales de 2014 a 2015 para sectores como el ganadero o el agrícola, en función de la información disponible que se haya localizado por cada uno de los rubros analizados.

El documento se estructura con una breve descripción de la población de la zona y de los antecedentes de cálculo económico de los daños, la metodología empleada en el análisis y posteriormente se presenta el detalle de las estimaciones respecto a los sectores hídrico, económico, salud, ecosistemas y sector federal.

El periodo de análisis varía en función de la información disponible, por lo que los resultados parciales se presentan en datos corrientes con base en la literatura encontrada.

Finalmente se presenta un apartado de conclusiones, con el resumen de los resultados, en el que se podrá identificar que los montos obtenidos son superiores en magnitud a los reportados anteriormente y a los desembolsos ejercidos por la empresa minera para la atención del daño. Es importante aclarar que los resultados de este apartado final ya se presentan en valor presente al 2022=100, por lo que, para cualquier referencia de costos totales o parciales, los datos de esta sección deben ser considerados como los correctos y finales.

Es importante considerar que después de 2016, existen vacíos importantes de información, tal como la línea base de condiciones biofísicas, vegetación y fauna, sociales, económicas y de salud, así como y de la cuantificación de los daños indirectos, acumulativos y a distancia, como consecuencia del derrame, que requieren ser caracterizados más ampliamente a fin de disponer de insumos mucho más robustos para este tipo de análisis. En este sentido, es importante indicar que, de contar con más información, esta no demeritaría los resultados aquí presentados, sino por el contrario, los análisis pueden ser robustecidos y complementados.

## 2. POBLACIÓN Y MIGRACIÓN

De acuerdo con los censos de población del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de 2010 y 2020, Sonora incrementó su población de 2.7 a 2.9 millones de personas (INEGI, 2020 y 2022). El censo de población 2020 muestra que en Sonora emigraron 20,208 personas a otro país y de los cuales 89 de cada 100 se fueron a Estados Unidos. A nivel estatal, se estima que entre 2015 y 2020, salieron de Sonora 63,808 personas para radicar en otra entidad, que de acuerdo con el orden de importancia fueron: Baja California, Sinaloa, Jalisco, Chihuahua y Nuevo León.

Actualmente algunos de los municipios afectados por el derrame tienen menor población<sup>1</sup> que en 2015 y 2010, lo que puede estar representando procesos demográficos, como la migración (Tabla 1).

Tabla 1. Población por municipio 2010, 2015 y 2020

Municipios	2010	2015	2020	Mujeres 2020	Hombres 2020
Aconchi	2,637	2,788	2,563	1,227	1,336
Arizpe	3,037	2,677	2,778	1,342	1,446
Banámichi	1,643	1,612	1,825	1,825	923
Baviácora	3,560	3,312	3,191	1,529	1,662
Cananea	32,936	35,892	39,451	19,841	19,610
Huépac	1,154	927	934	449	494
San Felipe de Jesús	396	407	369	168	201
Ures	9,185	8,704	8,548	4,097	4,451

Fuente: Elaboración propia con base en COESPO (2022); INEGI (2010); (2020).

 $<sup>^{1}</sup>$  De acuerdo con los CCRS, cerca del 40% de la población afectada corresponde a adultos mayores.

De los ocho municipios afectados la mitad de ellos (Aconchi, Baviácora, San Felipe de Jesús y Ures), disminuyeron su población entre 2015 y 2020, mientras que los cuatro restantes (Arizpe, Banámichi, Cananea y Huépac), la incrementaron (Figura 1).

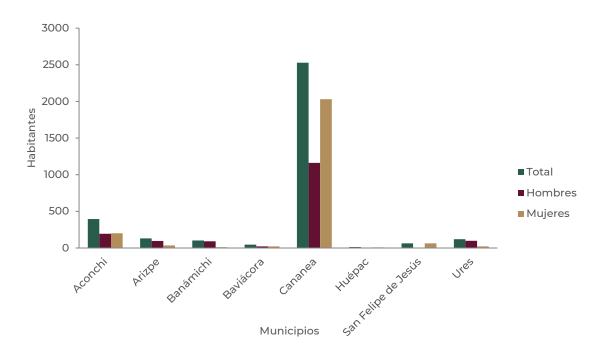


Figura 1. Tasa neta de migración municipal entre 2015 y 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020).

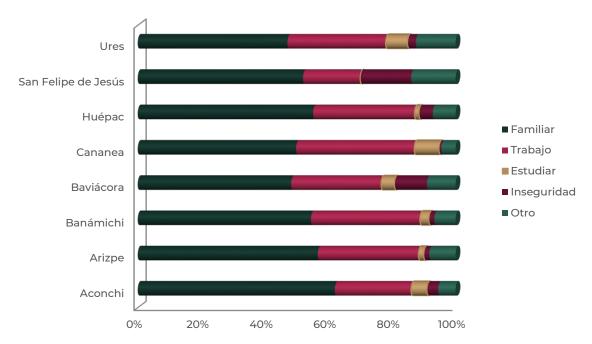
**Nota:** Población de 5 años o más según condición migratoria y sexo, por municipios de residencia en 2020 (migrantes: personas que en 2015 residían en un municipio diferente al de 2020). Migrantes municipales: Personas mayores de 5 años que residen en otra entidad que proceden de los municipios señalados. Tasa de migración: Saldo migratorio, o migración neta, es el balance que existe entre la inmigración y la emigración.

Los datos del año 2020 sobre emigración de habitantes señalan que San Felipe de Jesús y Aconchi tuvieron el mayor porcentaje. En el primero de ellos migraron básicamente mujeres. En todos los municipios afectados, las causas de la migración fueron principalmente por razones familiares y en segundo lugar por trabajo, lo que refleja una tendencia contraria a las dinámicas poblacionales reflejadas en el resto de la entidad.

Debido al bajo número de la población que dejó de residir en estos municipios durante el periodo de 2015 a 2020 se puede inferir que los impactos del derrame en la población no generaron grandes flujos migratorios fuera del municipio y la entidad. En este sentido, habría que determinar a nivel comunitario el porcentaje de personas que abandonaron los municipios por causas ambientales, particularmente aquellas vinculadas a los daños directos e indirectos derivados del derrame, principalmente en los municipios de San Felipe de Jesús y Aconchi.

No obstante, el fenómeno toma relevancia cuando algunos habitantes de los lugares más afectados afirman conocer casos de migración debido al derrame (INECC, 2022a). Se cuenta con algunos testimonios que indican que aquellas personas que migraron estuvieron dentro del grupo de jóvenes: "Eduwiges Ortiz Rodríguez del municipio de Ures, dice "Hoy estamos divididos", y explica que sus hijos mayores tuvieron que mudarse a Hermosillo debido a la falta de trabajo en el municipio" (FUNDAR, 2018).

En la Figura 2 se observa el número de personas de cinco años y más que emigraron de los municipios afectados y las principales causas.



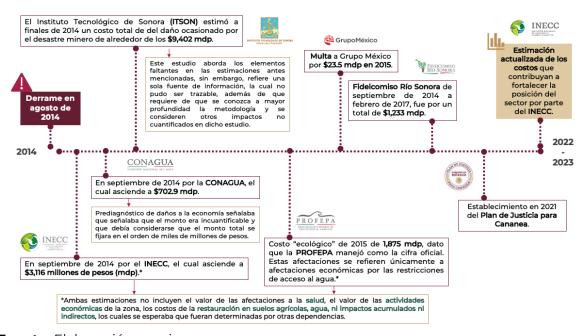
**Figura 2.** Causas de migración de la población de 5 años y más que en 2015 residían en un municipio diferente al año 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2020).

## 3. ANTECEDENTES DEL CÁLCULO DE COSTOS

A partir de una búsqueda exhaustiva de información histórica sobre las posibles estimaciones económicas sobre el costo del derrame, se lograron localizar cuatro ejercicios al respecto, los cuales se presentan de manera desagregada a continuación (Figura 3).

Figura 3. Línea del tiempo de análisis económicos desarrollados y localizados en torno al desastre minero en el río Sonora-Bacanuchi



Fuente: Elaboración propia.

1. La primera estimación hallada, y relativamente la más completa, fue realizada en septiembre de 2014 por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la cual asciende a \$3,116 millones de pesos (mdp; Tabla 2).

Tabla 2. Estimación de costos de los daños del derrame de acuerdo con el INFCC

Concepto	Mdp de 2014
Afectaciones económicas por el deterioro de agua	\$861
Implementación de las medidas de respuesta inmediata	\$104
Medidas adicionales para evitar mayores daños: sistemas de monitoreo	\$280
Implementación de medidas de la CONAGUA a mediano plazo	\$15
Costos de restauración*	\$1,856
Total 2014	\$3,116

Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2014).

Nota: \*Estos costos no consideran la remediación de suelos agrícolas de propiedad privada y social.

El análisis reconoce que estas afectaciones identificadas y cuantificadas en ese momento se referían a: los daños en recursos naturales y servicios ambientales; los gastos asociados a la implementación de las medidas de respuesta inmediata para evitar mayores daños; medidas adicionales de mediano y largo plazo para evaluar y entender mejor los impactos del derrame en el ambiente y; los posibles costos de restauración. Esta estimación no considera otro tipo de impactos, como los observados en los suelos agrícolas, por mencionar un ejemplo.

2. Costo "ecológico" de **\$1,875 mdp**, dato que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) manejó como la cifra oficial en 2015. Éste refiere únicamente a afectaciones económicas por las restricciones de acceso al agua (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación de costos de los daños del derrame de acuerdo con la PRO-**FEPA** 

Rubro	Mdp de 2015
Distribución de agua potable y otras medidas	\$3
Monitoreo ambiental	\$252
Derechos no cobrados presa El Molinito de agosto a	
septiembre 2014	\$133
Restricción de un año más de la presa a 2015	\$1,437
Inflación*	3%
Total 2014-2015	\$1,875**

Fuente: Elaboración propia con base en CICM (s/a).

Nota: \*Se supone que ese ejercicio se realizó, pero no se encuentra documentado. \*\*Este es el dato que puede encontrarse en los medios de comunicación nacionales e internacionales. Este dato considera hasta 2015 y con alcances de rubros limitados.

3. La tercera estimación encontrada, refiere al "Prediagnóstico de daños a la economía de los municipios del Río Sonora como con-secuencia del derrame de sustancias químicas a los ríos Bacanuchi y Sonora" elaborado en septiembre de 2014 por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y que estimó afectaciones económicas por \$702.9 mdp (Tabla 4).

Tabla 4. Estimación de costos de los daños del derrame de acuerdo con la CONAGUA

Rubro	Mdp de 2014
Gasto familiar extraordinario	\$46.2
Inhabilitación de tierras agrícolas	\$86.6
Pérdida de valor de tierras	\$529.5
Perjuicio en liquidez a las actividades turísticas	\$22.8
Suspensión del Sistema Comercial Pecuario	\$17.8
Total 2014	\$702.9

Fuente: Elaboración propia con base en Cámara de Diputados (2014).

Nota: La estimación señalaba que el monto era incuantificable y que debía considerarse que el monto total se fijara en el orden de miles de millones de pesos.

El documento fue preparado en el marco de la "Comisión Especial para dar seguimiento a la problemática generada por el derrame de diversas sustancias contaminantes a los ríos Sonora y Bacanuchi" de la Cámara de Diputados (2014), sin embargo, el mismo no ha sido localizado al momento de la redacción de este reporte.

Para los tres casos, las estimaciones no incluyen el valor de las afectaciones a la salud, el valor de las actividades económicas de la zona, los costos de la restauración en suelos agrícolas, servicios ecosistémicos, las cuales se esperaba que fueran determinadas por otras dependencias, ni los impactos acumulados ni indirectos.

4. Por otro lado, el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON; 2014) estimó un costo total del daño ocasionado por el desastre minero de alrededor de los **\$9,402 mdp**, en el que se estiman los impactos esperados en los sectores agrícolas, ganaderos y servicios turísticos hasta cinco años después del

desastre. Este estudio aborda los elementos faltantes en las estimaciones antes mencionadas, sin embargo, refiere una sola fuente de información, la cual no pudo ser trazable, además de que requiere de que se conozca a mayor profundidad la metodología y se consideren otros impactos no cuantificados en dicho estudio.

En términos de los recursos ejercidos por la empresa Buenavista del Cobre, estos se asocian al pago de la multa impuesta por la PROFEPA y a la operación del Fideicomiso Río Sonora. La multa ascendió a \$23.5 mdp por 50 irregularidades detectadas ante el derrame mientras que, por concepto del Fideicomiso Río Sonora de septiembre de 2014 a febrero de 2017, fue por un total de \$1,233 mdp los cuales fueron utilizados para atender algunas de las afectaciones ocasionadas por el derrame.

Sin embargo, es importante indicar que este mecanismo de remediación y compensación de daños no fue diseñado ni implementado con la participación de la población afectada, ya que este era administrado por Nacional Financiera, S.N.C. (NAFIN), así como por una comisión de representantes técnicos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Centro Mario Molina y la empresa minera. Como se documenta a lo largo de este informe, tanto las estimaciones de los impactos económicos por el derrame como los montos ejercidos para el pago de la multa y para el Fideicomiso, claramente subestimaron los daños al no incluir la totalidad de las matrices ambientales y sociales afectadas.

## 4. ENFOQUE METODOLÓGICO

Se realizó un análisis económico primordialmente de gabinete, con base en la consulta de información pública disponible en medios digitales, producida por fuentes gubernamentales, estadísticas oficiales, organizaciones de la sociedad civil, académicas y periodísticas, así como aquella compartida por instituciones vía oficio (Anexo 2), a fin de obtener insumos de las pérdidas económicas por este derrame. De tener acceso a la información histórica adicional, estos cálculos podrían ser mejorados.

Para este ejercicio, se estimaron los costos económicos de los siguientes rubros:

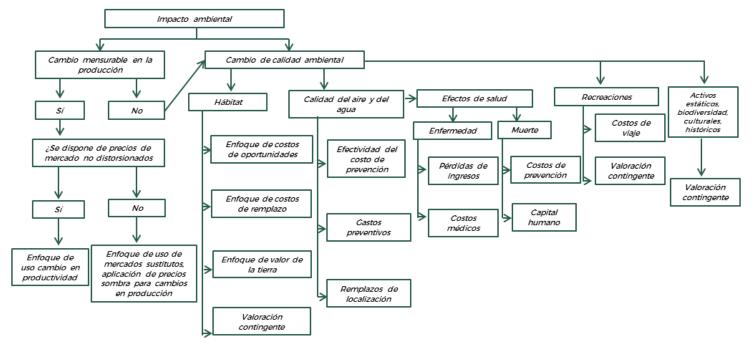
- 1. Limitaciones de acceso al agua y otros costos asociados.
- 2. Pérdidas económicas en la producción agropecuaria.
- 3. Pérdidas económicas en otros sectores de la economía.
- 4. Daños en la salud física y mental y otros gastos en salud.
- 5. Daños en suelos y vegetación ribereña, y en el lecho del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

En términos generales, para la estimación de las externalidades generadas por la actividad minera, se consideran los siguientes pasos metodológicos:

- 1. Estimar el impacto físico sobre el medio ambiente en general. Se requiere conocer el grado de atribución del derrame en los efectos medioambientales, sociales y económicos de los municipios analizados.
- 2. Estimar los efectos netos de estos impactos en la zona.
- 3. Monetizar dichos impactos mediante diversas metodologías.

Dependiendo de los tipos de impactos generados por el daño ambiental, pueden aplicarse diversas metodologías para monetizarlos (Figura 4).

Figura 4. Árbol de decisiones para la selección de metodologías para estimación de daño ambiental



Fuente: Tomado de INECC (2016).

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de las metodologías a emplear por rubro de impacto analizado (Tabla 5).

Tabla 5. Metodologías por rubro de impacto analizado

Rubro	Metodología
Limitaciones de acceso al agua y otros costos asociados	<ul> <li>Costos de oportunidad</li> <li>Precios de mercado</li> <li>Costos de reemplazo de activos varados</li> </ul>
2) Pérdidas económicas en la producción agropecuaria	<ul><li>Precios de mercado</li><li>Cambio en productividad</li></ul>
3) Pérdidas económicas en otros sectores de la economía	Pérdida de ingreso
4) Daños en la salud física y mental y otros gastos en salud	<ul> <li>Costos médicos</li> <li>Pérdida de ingreso</li> <li>Costos de reemplazo de activos varados</li> </ul>

Costos de oportunidad: remediación y 5) Daños en suelos y vegetación restauración ribereña, y en el lecho del río • Valoración económica de servicios ecosistémicos 6) Desembolsos realizados por el Gastos y cotizaciones directas sector ambiental federal

Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2016).

A continuación, se detallan las metodologías empleadas por rubro las cuales fueron seleccionadas y adaptadas, dependiendo de la información disponible para cada caso.

#### 1) Limitaciones de acceso al agua y otros costos asociados

En este rubro se emplearon las metodologías de costo de oportunidad, precios de mercado y costos de reemplazo. La metodología de costo de oportunidad busca visibilizar el valor de renunciar a una opción por seleccionar otra, es decir los costos o beneficios que se hubieran obtenido de haber seleccionado dicha alternativa. En este caso se empleó para el agua que tuvieron que pagar los habitantes por las restricciones en la cantidad y calidad del recurso por el derrame.

Por su parte, los precios de mercado permiten estimar el valor económico del bien o servicio que es vendido y comprado en un mercado, asumiendo que es uno perfectamente competitivo. Se usa cuando existe un mercado para el bien afectado y busca reflejar sus beneficios basado en la oferta y demanda a diferentes precios de este (INECC, 2020). Este enfoque se utilizó de manera transversal en todos los cálculos.

Por otro lado, el método de costos de reemplazo es también conocido como el método de costos evitados. En este caso, el rubro impactado es valorado de acuerdo con lo que costaría reemplazarlo si sus funciones se detuvieran o se vieran afectadas. Los métodos de costos de reemplazo calculan justamente el valor de reemplazar los activos que operan ineficientemente, que no operan como los activos varados (o que ni siquiera fueron construidos), para este caso esta metodología se emplea para conocer el valor de "otros costos asociados" en donde se estima el costo de volver a poner en marcha las potabilizadoras de agua que no operan o lo hacen de manera correcta.

#### 2) Pérdidas económicas en la producción agropecuaria

Las metodologías empleadas corresponden a los precios de mercado y cambio en la productividad. La metodología de precios de mercado se explica en el bullet 1. En cuanto al cambio a la productividad se refiere a la metodología que rastrea el cambio observado en los niveles y valor de producción de bienes y servicios de la zona antes y después del evento, en este caso se refiere a las cabezas de ganado y hectáreas afectadas. Si bien, se ve limitado por las características de la información recolectada, si se documenta el cambio en los niveles de productividad agrícola y ganadera.

#### 3) Pérdidas económicas en otros sectores de la economía

En este rubro se contabilizaron los ingresos perdidos por el comercio, la industria y los servicios. La pérdida de ingresos en estos sectores se vincula con la metodología de costo de oportunidad, pero referente a los recursos económicos que se pierden ya sea por la falta de insumos para producción o la caída en las ventas debido a las afectaciones derivadas del problema ambiental.

#### 4) Daños en la salud física y mental y otros gastos en salud

El método de costo de enfermedad se basa en el mismo principio que el costo de oportunidad, en particular en el costo de oportunidad social derivado de la necesidad de atención causada por enfermedades o emergencias médicas generadas por la afectación a los servicios ambientales, sobre todo los servicios ambientales que son vitales e influyen directamente en el estado de salud de los individuos.

De acuerdo con Ripari et al. (2012), esta carga involucra los recursos necesarios para la prevención, tratamiento y rehabilitación, como también los costos asociados a la pérdida económica como consecuencia de enfermedades o de un factor de riesgo, los cuales se cuantifican en términos monetarios<sup>2</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Los costos de enfermedad se pueden clasificar dentro de dos tipos, los costos directos (medicamentos, equipo e infraestructura, transporte, entre otros) y los costos indirectos (pérdida de productividad e ingresos) de acuerdo con Ripari et al. (2012).

El enfoque de pérdida de ingreso fue utilizado para estimar los costos de la ausencia de días laborales por problemas de salud mental que se documentaron en el evento. El costo unitario fue el salario mínimo para los municipios analizados.

Los métodos de costos de reemplazo fueron empleados para este caso para identificar los montos no ejercidos para la puesta en marcha y operación de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental, la cual fue planteada y comprometida en el marco del Fideicomiso, pero no fue ejecutada, salvo su versión piloto.

#### 5) Daños en suelos y vegetación ribereña, y en el lecho del río

El costo de reemplazo, explicado anteriormente, se utilizó en este rubro para estimar cuál es el valor de remediar los sedimentos tanto de la ribera como del río que aún están afectados, así como el costo de la vegetación riparia dañada.

Para estimar el costo específico de la vegetación dañada se usó el enfoque de la valoración económica de servicios ecosistémicos, la cual se compone de una serie de metodologías para cuantificar los bienes y servicios que la naturaleza brinda a la sociedad. Para la mayoría de los servicios de los ecosistemas no hay precios observables a partir de los cuales se pueda derivar su valor para la sociedad, por este motivo se utilizan técnicas de valoración económica<sup>3</sup> de servicios ecosistémicos (INECC, 2020). En este caso se identificaron estudios de valoración similares para identificar los costos potenciales por la pérdida de estos servicios.

#### 6) Desembolsos realizados por el sector ambiental federal

En este último rubro únicamente se contabilizaron los gastos ejercidos y reportados por el sector ambiental federal en el monitoreo ambiental y seguimiento de esta problemática. No se contabilizan los gastos ejercidos por los niveles estatal y municipal, y otros sectores del gobierno.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Existen tres grupos de métodos de valoración económica: los métodos de preferencia revelada; preferencias declaradas y transferencia de beneficios. Los primeros se basan en el comportamiento real del mercado de los usuarios de bienes y servicios del ecosistema, sin embargo, su aplicabilidad se limita solo a unos pocos bienes y servicios ecosistémicos. Por su parte, los métodos de preferencias declaradas pueden aplicarse a todos los tipos de bienes y servicios ecosistémicos, a partir de la construcción de situaciones hipotéticas para la estimación del valor del servicio ecosistémico para la población objetivo. Finalmente, el método de transferencia de beneficios es la adaptación de información derivada desde una investigación original para su aplicación en un contexto diferente de estudio (INECC, 2020).

## 5. ANÁLISIS DETALLADO POR RUBRO

#### Limitaciones de acceso al agua y otros 5.1. costos asociados

#### Impactos en el recurso hídrico

Para el análisis del deterioro de los recursos hídricos por la contaminación del río Bacanuchi-Sonora, se consideraron los municipios de Arizpe, Aconchi, Banámichi, Baviácora, Cananea, Huépac, San Felipe de Jesús y Ures, ubicados en la porción alta, media y baja de la cuenca del río. Con datos del monitoreo realizado en 2019 por la CONAGUA (PODER-CCRS, 2021) se determinó que 42 pozos se encontraban contaminados, de los cuales solo 38 continuaron presentando mala calidad para el 2021 (SEMARNAT y CONAGUA, 2021). Los volúmenes de agua contaminada que potencialmente se extraen son 154,110,948 m³, de los cuáles 85,754,798 m<sup>3</sup> se dedican a uso agrícola (PODER-CCRS, 2021).

Ante este panorama, en 2018 se instalaron seis plantas potabilizadoras de agua en los pozos de Bacanuchi, Banámichi, San Felipe de Jesús, La Capilla, Mazocahui y San Rafael de Ures. Para 2019, solo una de estas potabilizadoras funcionaba (Banámichi) de manera intermitente (Díaz-Caravantes et al., 2021), por lo que 22 mil habitantes de estos municipios se han visto afectados por la escasez de aqua de calidad.

En 2016, se entrevistaron a 109 personas de los municipios mencionados y 91 de ellas (84%) preferían comprar agua de garrafón (Luque et al., 2019). Para 2020, este gasto ascendía a \$150 pesos semanales y a \$46 mil pesos por familia si se contabiliza el mismo desde 2014 (Expreso, 2020), esto representa el 24% de los ingresos semanales de cada hogar, considerando que el salario mínimo fue de \$123.56.00 pesos en 2020 (CONASAMI, 2020) y que únicamente la persona jefa de familia provee recursos monetarios para la sustentabilidad del hogar Lo anterior, ha sido confirmado por testimonios recientes de pobladores de la región, en los cuales destacan los gastos adicionales realizados para la obtención de aqua potable (INECC, 2022a).

Al respecto, se realizaron estimaciones del monto gastado por las familias a 2020 en garrafones, considerando la población total de los ocho municipios bajo escenarios donde: 50%, 80% y 100% de las familias preferían consumir agua de garrafón, lo que generó un gasto de \$155,503,000, \$248,804,800 y \$311,006,000; respectivamente para cada escenario (Tabla 6). Para este caso, se tomó como dato aproximado para la suma de costos el escenario 1, correspondiente a \$155.50 mdp (en precios de 2020). En efecto, testimonios recientes de pobladores de la región, que se han realizado gastos adicionales en agua potable debido al derrame (INECC, 2022a).

**Tabla 6.** Costo estimado por consumo de agua potable en garrafón

Concepto del impacto y descripción	Monto total estimado para ese periodo (pesos de 2020)
Costos de las familias por consumo de	\$46,000 por familia
agua potable en garrafón en los ocho	
municipios analizados	A continuación, se presentan algunos
	escenarios de gastos:
Población: 22,000 habitantes (19,877	
en 2020)	Si 50% de los hogares prefirieron agua
	de garrafón: \$155,503,000.00
Se consideran 6,761 hogares.	0: 000/ 1 1 1
	Si 80% de los hogares prefirieran agua
	de garrafón:
	\$248,804,800.00
	Ci 1000/ de les hagares profisionan agua
	Si 100% de los hogares prefirieran agua de garrafón: \$311,006,000.00
	de garraion. \$311,000,000.00

Fuente: Elaboración propia con base en Díaz-Caravantes et al. (2021); Expreso (2020); INEGI (2010); (2020); Gobierno de Sonora (2022); Luque et al. (2019); PODER-CCRS (2021); SEMARNAT y CONAGUA (2021).

A partir de la revisión de fuentes de abastecimiento de agua por municipio, se encontró un crecimiento en el número de familias que obtienen agua por pipas, lo que representa gastos adicionales para las familias, por ejemplo, la obtención de aqua potable a través de pipas, sobre todo en Ures, Cananea y Aconchi. En la Tabla 7 se muestran los montos estimados en pesos mexicanos invertidos en el servicio de agua potable a través de pipas, correspondientes a \$0.70 mdp a precios corrientes (en la sección de resultados se presentan todos los resultados en precios constantes).

Tabla 7. Montos estimados en pesos mexicanos invertidos en el servicio de agua potable a través de pipas para Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Cananea, Huépac, San Felipe de Jesús y Ures para el periodo 2015-2020

Año	No. de familias que obtienen agua potable por pipas	Consumo promedio diario de agua potable por persona (litros)	Integrantes por hogar en promedio (personas)	Consumo estimado de agua potable por familia (litros)	Estimación de duración de pipa de agua potable por hogar (días)	Costo de pipa de agua Potable (pesos corrientes)	Monto mensual estimado para la compra de pipa de agua potable (pesos corrientes)	Monto anual estimado para la compra de pipa de agua potable (pesos corrientes)	
2015	9			380		\$819.04	\$7,371.32	\$88,455.84	
2016	11			382		\$856.63	\$9,522.26	\$114,267.12	
2017	13	100	100	3.8	384	26	\$894.22	\$11,673.19	\$140,078.28
2018	15			386		\$931.82	\$13,824.13	\$165,889.56	
2019	17			388		\$969.41	\$15,975.06	\$191,700.72	
2020	18		3.9	390	25	\$1,007.00	\$18,126.00	\$217,512.00	
Total							\$700,391.52		

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010); (2015a); (2020); BANXICO (2022); PROFECO (2021).

Nota: Se consideró como base una pipa de agua potable de 10,000 litros. El número de familias de 2016 a 2019, fue estimado a partir de una interpolación lineal considerando como información directa la obtenida en el año 2015 y 2020. Para el costo de las pipas se obtuvo de Martínez et al. (2018) y de PROFECO (2021), con los cuales, junto con la inflación, se realizó también una interpolación.

Cuadro 1. Datos comparativos entre compensaciones y el tema hídrico

	Tan solo en la compra de garrafones muchas familias han desembolsado cuando menos \$43 mil pesos de 2014 a
Las compensaciones del Fideicomiso para el resarcimiento por afectaciones	·
al agua ascendieron a \$15,250 pesos en una sola exhibición.	Se estima que el monto mensual destinado a la compra de agua en pipas asciende en promedio a \$11.6 mil pesos mensuales, para el periodo del 2015 al 2020.

Asimismo, se incluyen estimaciones anteriores del INECC realizadas en 2014, respecto a las estimaciones de los volúmenes de aqua que no se usaron y que por consiguiente recursos a los cuales el estado no tuvo acceso por concepto de derechos. Los cuales muestran un deterioro del recurso agua por contaminación del río (Tabla 8) por \$100.67 mdp, un deterioro del recurso agua subterránea por \$3.67 mdp, y un deterioro del recurso agua por contaminación por \$756.70 mdp

a precios de 2014 (en la sección de resultados se presentan todos los resultados en precios constantes).

Tabla 8. Volumen de agua que no se pudo usar del momento del derrame a septiembre de 2014

septiembre de 2014							
Concepto	Descripción	Unidad del daño am- biental	Costo unitario (pesos)	Monto (mdp 2014)			
Deterioro del recurso agua por contami- nación del río Sonora-Baca- nuchi del mo- mento del derrame hasta el 15 de septiembre de 2014.	Es el volumen de agua que no se ha po- dido usar por contaminación del río.	4,967,136 m³  Volumen de agua del río Sonora del 6 agosto – 26 agosto 2014 2,318, 900 m³  Volumen de agua del río Sonora del 27 agosto – 15 septiembre 2014 Total: 7,286,035 m³ de agua Calculado con base en el promedio diario de gasto registrado en la estación hidrométrica del Orégano 2.	\$13.8162 por m³ de agua LFD Art. 223 Fracc. A. Zona de disponibili- dad 1	\$100.67			
Deterioro del recurso agua subterránea por el cierre preventivo de pozos dentro del área potencial de afectación del momento del derrame hasta el mes de septiembre de 2014	Es el volumen de agua subte- rránea para consumo hu- mano, agrícola, doméstico o urbano que no se extrajo debido al cierre preventivo de pozos.	3,481,665 m³  Volumen de agua para uso agrícola o pecuario durante agosto y septiembre 196,980 m³  Volumen de agua para uso industrial, doméstico, urbano o múltiple durante agosto y septiembre  Total: 3,678,654 m³ de agua durante agosto y septiembre  Calculado con base en el volumen de extracción que ampara el título de concesión de los pozos dentro del área potencial de afectación. Se asume un consumo mensual constante.	\$0.00 por m³ de agua LFD Art. 224 Fracc. I \$18.6169 por m³ de agua LFD Art. 223 Fracc. A. Zona de disponibili- dad 1	\$3.67			

Deterioro del recurso agua por contaminación del río Sonora-Bacanuchi durante el año que como mínimo durará la contaminación.	Es el volumen de agua alma- cenada en la Presa <i>El Moli- nito</i> que no se podrá usar du- rante un año.	54.75 millones de m³ Volumen de agua de la Presa <i>El Molinito</i> esti- mado para 2014 Calculado con base en las extracciones prome- dio históricas 1993-2013 de la Presa <i>El Molinito</i> .	\$13.8162 por m³ de agua LFD Art. 223 Fracc. A. Zona de disponibili- dad 1	\$756.70	
Total por volumen hídrico no aprovechado					

Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2014); DOF (2014); CONAGUA (2014).

## Las plantas potabilizadoras de agua

Por medio del Fideicomiso se estableció la puesta en marcha de plantas potabilizadoras, sin embargo, no todas se encuentran en operación (Tabla 9).

Tabla 9. Estado de cada una de las potabilizadoras instaladas

Sitio	Operación	Problemática detectada	Suministro eléctrico
Mazocahui	No funcionaba	Cuando se encendía la planta potabilizadora, sólo abastecía a un pequeño sector de la comunidad, porque se había instalado en un lugar inadecuado, donde la tubería de agua era la más delgada de la red (1.5 pulgadas) y por la falta de presión no podía llevar agua a otros sectores con la tubería más ancha (4 pulgadas). Además, se instaló la planta en un lugar con muy poca altitud y por tanto no había presión para abastecer por gravedad.	No contaba con su- ministro eléctrico de la red. Tenía paneles sola- res. Tenía un genera- dor eléctrico.

San Felipe de Jesús	No funcionaba	El problema de la planta pota- bilizadora es la falta de equipo para cloración del agua; aun- que se contaba con las pasti- llas para el proceso de clora- ción, no sabían cómo utilizar- las. Se habían realizado gestio- nes con la Comisión Estatal del Agua, pero no han solucionado el problema.	Contaba con sumi- nistro eléctrico de la red. Tenía paneles sola- res. No tenía genera- dor eléctrico.
La Capilla	Funcionaba de forma intermi- tente	Había días en que sí funcio- naba, pero tenían problemas, ya que el combustible es cos- toso y si no había suficiente luz solar, no funcionaban los pane- les solares. Durante los meses de junio, ju- lio y agosto faltaba agua y re- querían otro pozo.	No tenía suministro eléctrico de la red. Tenía paneles sola- res. Tenía un generador eléctrico.
Banámichi	No funcionaba	Cuando la planta se visitó, aún no funcionaba porque todavía no contaba con el suministro eléctrico de la red. Un problema adicional del sistema de suministro es que la pila de almacenamiento tenía una fuga que causaba problemas de derrame de agua.	No contaba con su- ministro eléctrico. Los paneles solares dan energía al pozo y no a la planta. No tenía generador eléctrico.
San Rafael de Ures	No funcionaba	Cuando inició su operación se elevó el costo del consumo de energía eléctrica y no tuvieron recursos para pagar. La Comi- sión Federal de Electricidad les suspendió el servicio.	Tenía suministro eléctrico de la red. No contaba con pa- neles solares. Tenía generador eléctrico.
Bacanuchi	Funcionaba de forma intermi- tente	Al poner en funcionamiento la planta potabilizadora en un determinado horario, algunos habitantes no alcanzaban a abastecerse de agua. Otro problema es el costo de la operación.	No contaba con su- ministro eléctrico. No tenía paneles solares. Tenía generador eléctrico.

Fuente: Tomado de Díaz-Cervantes et al. (2021).

Asimismo, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) analiza la situación actual de las plantas potabilizadoras con el fin de determinar los costos a incurrir para la rehabilitación de las plantas fijas y la sustitución de las plantas móviles, así como el costo de operación y mantenimiento, tomando en cuenta que las comunidades han manifestado su negativa a las plantas potabilizadoras móviles. El resumen de costos para las 10 plantas se detalla a continuación (Tabla 10), el cual asciende tentativamente a \$19.57 mdp (en precios de 2022).

Tabla 10. Erogaciones estimadas para poner en operación 10 plantas potabilizadoras

Concepto	Costo (pesos de 2022)
Rehabilitación de 6 plantas fijas, puesta en	\$3,461,402.88
marcha	
Sustitución de 4 plantas móviles por plantas	\$12,400,000.00
fijas	
Operación y mantenimiento anual de 10	\$3,710,326.91
plantas	
Total	\$19,571,729.79

Fuente: Elaboración propia con base en IMTA (2022).

**Nota:** No se incluyen los costos de conexiones de entrada y distribución.

Los resultados resumidos y traídos a valor presente de esta sección se presentan en el apartado de resultados y conclusiones.

#### Pérdidas económicas en la producción 5.2. agropecuaria

Esta sección profundiza los impactos económicos detectados a nivel de gabinete en las actividades agrícolas y ganaderas de ocho municipios afectados: Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Cananea, San Felipe de Jesús, Ures y Huépac.

### Análisis estadístico de la actividad agrícola

Para el sector agrícola, se analiza y detalla la información histórica de 2013 a 2020 por municipio de las hectáreas cultivadas, cosechadas y siniestradas, número de productos agrícolas, el rendimiento agrícola, así como el volumen y valor de la producción, además de información adicional sobre casos específicos.

#### Hectáreas cosechadas

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), la superficie cosechada de los municipios analizados ha presentado disminuciones significativas en 2014 y el 2020 (Figura 5). Entre el año 2013 y 2014, la pérdida de superficie cosechada fue de -15.26%, (1,600 ha) con una ligera recuperación en los años siguientes. Para este mismo periodo se reportaron 245 hectáreas (ha) siniestradas, equivalente a 2.63% del total. Fue hasta 2016 que se recuperó la superficie cosechada similar a 2013, año anterior al derrame. Sin embargo, durante el periodo 2013-2020 la tasa de variación promedio de pérdida en la superficie cosechada fue de 5.77%.

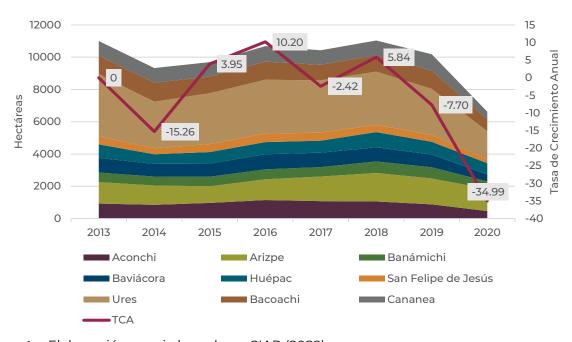


Figura 5. Variación de superficie cosechada en los municipios seleccionados

Fuente: Elaboración propia basado en SIAP (2022).

Nota: La producción para 2020 puede haberse reducido por las importaciones de alimentos, las afectaciones climáticas, y las preocupaciones surgidas ante la pandemia del coronavirus y el mercado agroalimentario mexicano. TCA (Tasa de Crecimiento Anual).

Respecto a la diferencia entre las ha sembradas y cosechadas es posible observar, que posterior al derrame se presentó un incremento de esta diferencia, cuando menos hasta 2018 (Tabla 11).

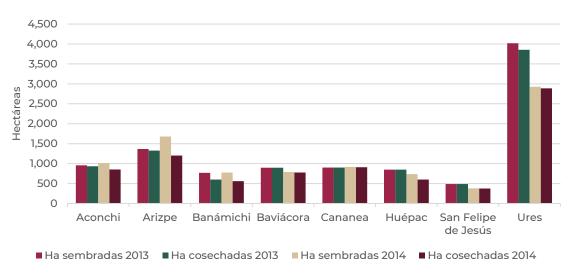
Tabla 11. Hectáreas cosechadas y sembradas de 2013 al 2020 en los municipios afectados

Año	Total de ha sembradas	Total de ha cosechadas	Diferencia
2013	10,246.00	9,850.00	396.00
2014	9,219.00	8,158.20	1,060.80
2015	9,716.00	8,664.00	1,052.00
2016	10,614.00	9,562.00	1,052.00
2017	10,703.31	9,454.81	1,248.50
2018	10,202.01	10,021.01	181.00
2019	9,631.60	9,052.90	578.70
2020	6,663.60	5,870.80	792.80
Suma	76,995.52	70,633.72	6,361.80

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

A nivel municipal (Figura 6), hubo un aumentó en la brecha entre las ha sembradas y las cosechadas en todos los municipios, excepto Ures, con los casos más graves en Arizpe, Banámichi, Huépac y Aconchi, en donde hubo una pérdida más amplia de ha efectivamente cosechadas (Tabla 12). De 2013 a 2014 se perdieron 1,027 ha sembradas y 1,692 ha cosechadas.

Figura 6. Hectáreas sembradas y cosechadas por municipio del 2013-2014



Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

Tabla 12. Diferencia porcentual entre las hectáreas sembradas y cosechadas por año y municipio

Municipio / Año	Diferencia entre hectáreas por año					
Mullicipio / Alio	2013	2014				
Aconchi	-2.20%	-16.07%				
Arizpe	-3.07%	-28.61%				
Banámichi	-22.01%	-27.96%				
Baviácora	0.00%	-1.40%				
Cananea	0.00%	-1.09%				
Huépac	0.00%	-18.83%				
San Felipe de Jesús	0.00%	-0.79%				
Ures	-4.08%	-1.26%				

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

Asimismo, es importante resaltar que si bien en algunos casos las ha sembradas aumentaron en 2014 respecto a 2013, estas se deben a un mayor esfuerzo en la siembra por parte de los productores, representando un 23% de esfuerzo adicional para Arizpe, 6% para Aconchi, 2% para Cananea y 1% para Banámichi.

### Inversiones perdidas en hectáreas siniestradas

En cuanto a las ha siniestradas<sup>4</sup> por municipio (Figura 7), se puede observar que en el 2014 se registraron formalmente 245.8 ha siniestradas. Durante los ocho años del análisis, los municipios con más ha siniestradas fueron Ures (613.3 ha), Aconchi (251 ha), Arizpe (214.5) y Baviácora (108 ha); mientras que durante el periodo 2013-2014 los municipios con más ha siniestradas fueron Aconchi (142 ha), seguido por Arizpe (69 ha), Baviácora (11 ha), Banámichi (10 ha) y Huépac (7 ha).

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> La superficie siniestrada refiere al área sembrada que, en el ciclo agrícola y mes de reporte, registra pérdida total. Un siniestro agrícola se refiere a la destrucción total de los cultivos, la producción parcialmente dañada y/o la ocurrencia de fenómenos climáticos y/o biológicos que afectan la producción calidad y/o supervivencia del cultivo (SAGARPA, s/a).

2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 0 100 600 200 300 500 700 400 Hectáreas ■ Aconchi ■ Arizpe ■ Banámichi ■ Baviácora ■ Cananea ■ Huépac ■ San Felipe de Jesús ■ Ures

Figura 7. Hectáreas siniestradas por municipio desde 2013 al 2020

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

Las ha siniestradas por municipio se desagregan por tipo de cultivo en la Tabla 13. Los productos con más ha siniestradas durante esos años fueron: Maíz grano (129 ha siniestradas), cacahuate (60 ha siniestradas), sorgo grano (50 ha siniestradas), trigo grano (3.8 ha siniestradas) y frijol (3 ha siniestradas). La mayor afectación en la producción de maíz grano fue en Arizpe con 52 ha siniestradas seguido del cacahuate en Aconchi con 47 ha siniestradas.

Tabla 13. Hectáreas siniestradas por tipo de cultivo y municipio del 2013-2014

Tipo de cultivo / Municipio	Acon- chi	Arizpe	Baná- michi	Ba- viácora	Cana- nea	Hué- pac	San Fe- lipe de Jesús	Ures	Suma total
Cacahuate	47	9	0	0	nd	1	3	0	60
Frijol	0	2	0	0	nd	1	0	0	3
Maíz grano	60	52	8	4	nd	5	0	0	129
Sorgo grano	35	6	2	7	nd	0	0	0	50
Trigo grano	0	nd	nd	0	nd	0	0	3.8	3.8
Suma total	142	69	10	n	0	7	3	3.8	245.8

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

**Nota:** nd = datos no disponibles.

Las ha siniestradas conllevaron la pérdida de inversiones ya realizadas en la preparación del sitio. La Tabla 14 presenta un estimado de los costos de producción durante el periodo 2013-2014 de los cultivos que presentaron más ha siniestradas para la zona de Sonora, de la cual se puede resaltar, por ejemplo, que el cultivo de una ha de alfalfa y una ha de maíz grano requieren de aproximadamente \$53,000.00 y \$52,000.00 pesos de inversión respectivamente. Los datos fueron extraídos del Sistema de Agrocostos de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA; 2022)<sup>5</sup>.

Tabla 14. Costos unitarios 2022 de agrocostos de FIRA para la zona de Sonora

Rubro / Tipo de cultivo	Maíz grano	Cacahuate	Sorgo	Trigo	Frijol	Alfalfa
Preparación del terreno	\$4,375.00	\$4,364.00	\$3,606.00	\$3,411.00	\$3,254.00	\$4,443.00
Siembra	\$9,213.00	\$5,171.00	\$2,588.00	\$3,357.00	\$5,896.00	\$8,249.00
Fertilización	\$18,537.00	\$9,132.00	\$9,651.00	\$15,747.00	\$8,087.00	\$10,603.00
Labores cul- turales	\$492.00	\$2,577.00	\$744.00	nd	\$704.00	nd
Riegos	\$3,770.00	\$6,500.00	\$2,555.00	\$2,074.00	\$2,442.00	\$19,548.00
Control de plagas, male- zas y enfer- medades	\$2,777.00	\$9,762.00	\$2,007.00	\$3,439.00	\$2,975.00	\$2,338.00
Cosecha, se- lección y em- paque	\$3,732.00	\$3,600.00	\$3,933.00	\$1,588.00	\$3,233.00	\$7,968.00
Comercializa- ción	\$4,981.00	nd	\$3,800.00	\$4,590.00	nd	nd
Diversos	\$4,306.00	\$1,405.00	\$2,885.00	\$2,732.00	\$4,156.00	nd
Total	\$52,183.00	\$42,511.00	\$31,769.00	\$36,938.00	\$30,747.00	\$53,149.00

Fuente: Elaboración propia con base en FIRA (2022).

Nota: La modalidad de los cultivos antes mencionados corresponde a agricultura tradicional específicamente en la zona de Sonora. nd = datos no disponibles.

A partir de las hectáreas siniestradas y los costos unitarios, se estimaron las pérdidas durante el periodo 2013-2014 (Tabla 15), de las que se destaca la del maíz grano con una pérdida en la inversión correspondiente a \$6.73 mdp, seguido por los cultivos de cacahuate y sorgo en grano con una pérdida de \$2.55 y \$1.58 mdp respectivamente. Es importante resaltar que durante este periodo el monto correspondiente a las inversiones perdidas en ha siniestradas fue alrededor de \$11.10 mdp (en precios de 2022).

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> El Sistema de Agrocostos de FIRA es una herramienta que permite estimar de manera paramétrica costos de producción agrícola en una zona o región determinada bajo una tecnología de producción específica.

Tabla 15. Costos totales por hectáreas siniestradas durante el periodo 2013-2014

Tipo de cultivo	Total de ha siniestradas	Inversiones perdidas
Maíz grano	129	\$6,731,607.00
Cacahuate	60	\$2,550,660.00
Sorgo grano	50	\$1,588,450.00
Trigo grano	3.8	\$140,364.40
Frijol	3	\$92,241.00
Total	245.8	\$11,103,322.40

Fuente: Elaboración propia con base en FIRA (2022).

#### Análisis testimonial del impacto en 2014

Con el fin de complementa el análisis del impacto en el sector agrícola, se solicitó información a los CCRS, en la Tabla 16 se muestra un estimado de los costos de producción por ha de los cultivos de cacahuate, maíz grano, chile verde, chiltepín y alfalfa del año 2014, información fue proporcionada por el Sr. José Manuel López (2023) quien se dedica a cosechar dichos productos. Esto permite visibilizar la pérdida real para los pequeños y medianos productores de la región.

**Tabla 16.** Costos unitarios 2014 correspondientes a la cosecha de un productor de la región

Rubro / Tipo de cultivo	Cacahuate	Maíz grano	Chile verde	Chiltepín	Alfalfa
Barbechos	\$4,000	\$4,000	\$4,000	\$4,000	\$4,000
Rastreos	\$2,000	\$2,000	\$2,000	\$2,000	\$3,000
Emparejado	\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$2,000
Surqueo	\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$1,000	n/a
Riegos	\$2,200	\$2,200	\$3,080	\$4,400	\$5,000
Siembra	\$1,000	n/a	n/a	n/a	n/a
Semilla	\$3,000	\$2,000	n/a	n/a	\$3,000
Cultivadas	\$4,000	\$4,000	\$5,000	\$6,000	n/a
Deshierbes	\$4,500	\$4,500	\$6,000	\$9,000	n/a
Postura y Al- macigo	n/a	n/a	\$3,600	\$3,800	n/a
Total	\$22,700	\$20,700	\$25,680	\$31,200	\$17,000

Fuente: Elaboración propia con base en López (2023).

**Nota:** n/a = no aplica.

#### Daño patrimonial por pérdida de valor de las tierras

De acuerdo con el "Prediagnóstico de daños a la economía de los municipios del Río Sonora como consecuencia del derrame de sustancias químicas a los ríos Bacanuchi y Sonora", elaborado por la CONAGUA (Cámara de Diputados, 2014), se establece, entre otros costos, que el daño patrimonial por pérdida de valor de tierras se calculó por **\$529.50 mdp (en precios de 2014)**. Si bien este dato es conservador, se incluye en este análisis a fin de complementarlo.

#### Número de cultivos

Referente al número de cultivos por municipio<sup>6</sup> desde 2013 al 2020, en la Tabla 17 se puede notar que en el 2014 el 75% de los municipios presentó una disminución del número de sus cultivos, durante el periodo 2014-2015 el 37.5% de los municipios presentaron un decrecimiento del número de sus cultivos, aunque la mayor alteración se presentó en el 2020, con los municipios de Aconchi, Baviácora y San Felipe de Jesús con la mayor disminución de cultivos desde el 2013 al 2020. Cabe mencionar que esta variación puede haberse producido por factores externos como afectaciones climáticas, el mercado agroalimentario mexicano y las afectaciones relacionadas con el COVID-19.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Refiere al número de productos agrícolas sembrados en un área y tiempo específico, y que corresponde a la lista de productos reportados en el SIAP, independientemente del número de ha sembradas.

**Tabla 17.** Número de cultivos por año y producto del 2013 al 2020 para los municipios afectados

Tipo de cultivo / Año	2013	2014	2015	2020
Agave	1	1	1	1
Ajo	8	7	3	8
Alfalfa achicalada	8	8	8	8
Avena forrajera en verde	8	8	8	8
Cacahuate	6	6	7	0
Calabacita	4	2	4	4
Calabaza	7	7	7	0
Caña de azúcar piloncillo	1	1	1	0
Cártamo	1	1	1	0
Cebada forrajera en verde	8	8	8	0
Cebolla	7	7	5	3
Chile verde	7	6	7	6
Frijol	7	3	1	7
Haba grano	6	6	0	0
Haba verde	0	0	4	0
Maíz grano	14	14	14	14
Nopalitos	1	0	0	0
Nuez	6	7	8	7
Papa	3	1	1	1
Pastos y praderas	9	9	9	0
Pepino	3	1	4	0
Sandía	1	0	1	0
Sorgo forrajero en verde	8	8	8	15
Sorgo grano	13	13	13	10
Trigo grano	5	4	4	1
Uva	0	0	0	2

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

Los cultivos que se vieron disminuidos durante 2013, 2014 y 2015 fueron: Ajo, cebolla, frijol, haba, grano, nuez, nopalitos, y papa. Los productos desaparecidos a 2020 son: Cacahuate, calabaza, caña de azúcar piloncillo, cártamo, haba grano, nopalitos, pastos y praderas, pepino, y sandía. Asimismo, todos los municipios con excepción de Cananea vieron reducido el número de cultivos de 2014 y 2015, con respecto a los valores de 2013 (Figura 8).

**2013 2014 2015** 23 23 22 18 17 17 10 10 11 Aconchi Arizpe Banámichi Baviácora Huépa&an Felipe de Jesús Ures Cananea

Figura 8. Número de cultivos por municipio 2013-2015

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

### Rendimientos agrícolas

En relación con el rendimiento agrícola, durante el periodo 2013-2014 se concentra la mayor caída promedio, la cual se debe a pérdidas de rendimiento importante en cultivos como el sorgo, ajo, cacahuate, trigo, cebada y chile, por mencionar algunos (Tabla 18).

Tabla 18. Tasa de variación anual promedio de los rendimientos agrícolas en el periodo 2013-2020 para los municipios con mayor caída

	Municipio	Tasa de variación	Tasa de variación anual promedio de rendimientos agríco- las							
Producto	con mayor caída en rendimien- tos 2014	2013-2014 en municipios con mayor caída	2013- 2014	2014- 2015	2015- 2016	2016- 2017	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	
Sorgo forrajero en verde	Ures	-53.08%	-24.83%	34.70%	1.55%	-1.17%	-7.99%	-16.41%	13.35%	
Nuez	San Felipe de Jesús	-50.00%	-42.76%	58.16%	-5.82%	-3.72%	3.65%	25.07%	-6.34%	
Ajo	Cananea	-50.00%	-6.32%	3.10%	9.87%	19.85%	-13.87%	-3.97%	-0.21%	
Cacahuate	Aconchi	-44.88%	-35.85%	25.75%	24.47%	-5.67%	-0.37%	-0.94%	nd	
Trigo grano	Huépac	-44.57%	-15.68%	23.97%	3.76%	3.32%	16.23%	7.27%	1.78%	
Cebada fo- rrajera en verde	Cananea	-43.59%	-5.10%	8.60%	1.73%	2.39%	1.82%	-2.33%	nd	
Chile verde	Arizpe	-40.00%	38.13%	19.44%	3.22%	-4.09%	17.62%	-1.29%	4.02%	

Sorgo grano	Huépac	-36.86%	-14.44%	0.60%	14.13%	- 24.98%	58.65%	-38.09%	79.49%
Frijol	Huépac	-35.29%	-31.69%	2.34%	14.50%	-4.13%	2.37%	-6.80%	14.68%
Maíz grano	Arizpe	-28.57%	-16.36%	19.37%	8.14%	-2.21%	17.75%	-16.38%	21.33%
Cebolla	San Felipe de Jesús	-17.54%	-9.42%	-1.61%	-5.41%	3.57%	17.35%	-13.13%	2.06%
Pastos y praderas	Cananea	-16.71%	2.82%	4.83%	0.36%	1.33%	3.35%	-1.25%	nd
Calabacita	Ures	-16.00%	-11.50%	45.23%	3.81%	-12.01%	-2.90%	11.82%	-12.09%
Avena fo- rrajera en verde	Cananea	-15.79%	-1.33%	5.19%	1.07%	0.94%	0.27%	-2.52%	-6.34%
Haba grano	Aconchi	-12.00%	-6.90%	nd	nd	nd	-2.67%	nd	nd
Calabaza	Baviácora	-1.69%	2.02%	5.97%	0.00%	- 23.97%	-1.26%	3.74%	nd

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

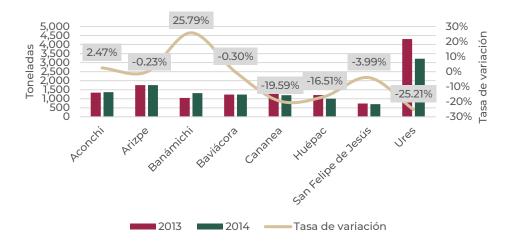
**Nota:** nd = datos no disponibles.

#### Volumen de la producción

En cuanto a la producción agrícola, se realizó un análisis puntual del volumen de producción por año y municipio para 2013-2014 (Figura 9), con el que pudo determinarse que los municipios con una mayor caída en su volumen de producción fueron Ures, Cananea y Huépac, lo que arroja una pérdida de alrededor de 1,575 toneladas de productos agrícolas.

**Figura 9.** Promedio del volumen producción por municipio del 2013-2014 (toneladas)

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Volumen de producto que se logró levantar en determinada superficie cosechada (SAGARPA, s/a).



Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

#### Valor de la producción

Con respecto al valor de la producción agrícola durante el periodo 2013-2014, se estima que pasó de \$265.5 a \$219.7 mdp, correspondiente a una pérdida de 17.2%, es decir, \$45 mdp, para este periodo. En la Figura 10, se muestra la distribución del valor de la producción agrícola a nivel municipal entre 2013 y 2020.

60 \$500 Crecimiento Anua 50 48.69 Mdp corrientes 40 \$400 30 \$300 21.31 20 12.52 10 \$200 5.72 0 \$100 de Fasa ( \$0 2013 2014 2015 2017 2019 2020 2016 2018 Aconchi Arizpe Banámichi Baviácora Huépac San Felipe de Jesús Ures Bacoachi ■ Cananea TCA

Figura 10. Valor de la producción agrícola en los municipios seleccionados

Fuente: Elaboración propia basado en SIAP (2022).

Nota: TCA (Tasa de Crecimiento Anual).

En cuanto al valor de la producción de los productos agrícolas de la región del 2013 al 2014, se puede resaltar que los productos con una mayor caída durante el

periodo de análisis fueron: frijol, cacahuate, maíz grano, trigo en grano, papa y nuez (Figura 11). La suma total de esta variación da origen a una caída neta de \$54.87 mdp (en precios de 2014).

Figura 11. Variación del valor corriente de la producción agrícola por cultivo de 2013 a 2014

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

Estas variaciones negativas se ven reflejadas a nivel municipal en Banámichi con 4 productos completamente perdidos, seguido por Arizpe y San Felipe de Jesús con 3 productos cada uno. En cuanto a los productos con caída, Huépac presentó 17 productos agrícolas con esta tendencia, seguido por Baviácora con 16 productos y Arizpe con 15. En cuanto a los montos de las pérdidas, los municipios que presentaron mayores fueron (Tabla 19): Ures, Aconchi y Cananea.

Tabla 19. Caída del valor de la producción por municipio y por producto, 2013-2014

Municipio	Producto perdido (el cual su producción en 2014 fue cero)	Número de productos con caída	Pérdidas (pesos)
Aconchi	Pepino	14	-\$5,817,380.98
Arizpe	Calabacita, papa y pepino 🧪 🔓 🤎	15	-\$4,544,624.59
Banámichi	Ajo, cacahuate, chile verde y frijol 🖟 🤰 🔰 🕹	11	-\$2,983,550.56
Baviácora	Frijol, papa 🔒 🤚	16	-\$4,854,219.09
Cananea	nd	7	-\$5,693,501.97
Huépac	Calabacita y sandía	17	-\$4,892,235.77
San Felipe de Jesús	Frijol, pepino y trigo	14	-\$2,502,025.30
Ures	Nopalitos	14	-\$23,584,417.87
	Total		-\$54,871,956.13

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

**Nota:** nd = datos no disponibles.

## Caída de producto de alto valor: el caso del chiltepín

Para las localidades de los pueblos aledaños a la región del río Sonora, la colecta de chile chiltepín constituye una opción económica importante; este fruto se conoce por poseer un alto valor alimenticio, se oferta tanto en verde como en seco (rojo), es altamente demandado en las áreas urbanas de la entidad (Sonora), y apreciado por sus propiedades medicinales (Puebla, 2013).

Se calcula que hay 400 ha de siembra del chiltepín en la zona del río Sonora, lo que significa una producción de entre 5 y 6 millones de litros8, equivalentes a 1,714,285.71 kilogramos (kg) en toda esta región. En 2014 se estimó una caída por ha de 100 kg, lo que rondarían los 40,000 kg (40 toneladas) perdidas en dicho año, y considerando un valor de \$800 pesos por kg y una cuota compensatoria por ha por la producción perdida equivalente a \$80,000 pesos por ha, se estima una pérdida de \$32.00 mdp (en precios de 2014) en la región (Tabla 20).

Tabla 20. Afectación a la producción de chiltepín en la región del río Sonora

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> La equivalencia de litros de chiltepín a kilogramos es de 3.5 litros por cada kilogramo (Puebla, 2013).

Tipo de cultivo	Producción óp- tima por ha	Producción pérdida por ha	Propuesta de cuota compensatoria (pe- sos por ha)
Chiltepín	300 a 400 kg	100 kg	\$80,000

Fuente: Elaboración propia con base en SAGARPA (2015).

#### Resumen de las pérdidas agrícolas (en millones de pesos corrientes)

- Inversión perdida en ha siniestradas: \$11.10 mdp de 2022.
- Daño patrimonial por pérdida de valor de tierras: \$529.50 mdp de 2014.
- Caída del valor de la producción agrícola: \$54.87 mdp de 2014.
- Caída de producto agrícola de alto valor (chiltepín): \$32.00 mdp de 2014.

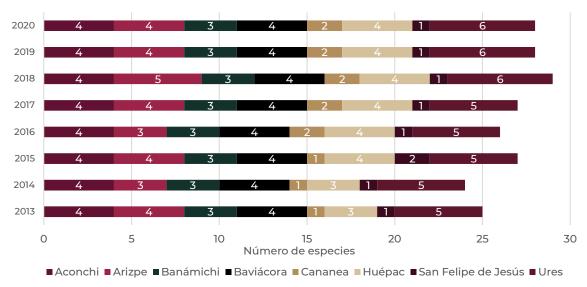
#### Análisis estadístico de la actividad ganadera

Para el sector ganadero, se analiza y detalla la información por municipio de las especies y productos ganaderos, inversión en cabezas de ganado, así como el volumen y valor de la producción de 2013 a 2020, para los municipios analizados.

## **Especies ganaderas**

Respecto a las especies ganaderas, el SIAP reporta para los ochos municipios las siguientes: abejas, aves, bovinos, ovinos y porcinos. El comportamiento del número de especies de ganado durante el periodo 2013-2020 se ha mantenido relativamente estable y los reportes para cada municipio revelan poca variación (Figura 12). Ures es el municipio con el mayor número de especies durante todos los años, seguido por Aconchi, Arizpe, Baviácora y Huépac.

Figura 12. Número de especies por año y municipio del 2013 al 2020



Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

En la Tabla 21 se muestra el número de especies ganaderas en los ocho municipios afectados, en donde se puede visualizar cuántas especies se han ido perdiendo desde el 2013 al 2015, podemos señalar que respecto a las aves, bovinos y ovinos que la producción es constante, en el caso de la abeja disminuye de 5 a 4 en los primeros años y para el tercero crece. El resto de los comportamientos son estables en la zona de estudio.

**Tabla 21.** Número de especies ganaderas por año durante el periodo 2013-2015 para los municipios afectados

Especie/Año	2013	2014	2015	2013-2014	2014-2015
Abeja	5	4	6	]	•
Ave	1	1	1	*	•
Bovino	23	23	23	+ +	+
Ovino	12	12	12	•	•
Porcino	10	10	12	•	

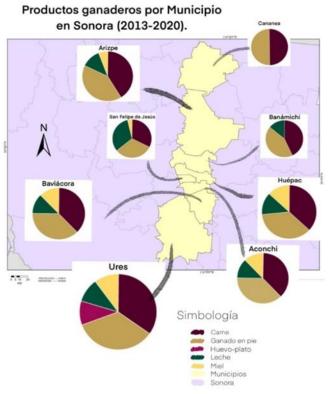
Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

## **Productos ganaderos**

En cuanto a la distribución espacial de la producción ganadera en la región, el municipio con mayor contribución es Ures, principalmente en los derivados de ganado en pie y carne. Dadas sus características territoriales semejantes, Arizpe es el segundo municipio con producción ganadera, la carne y el ganado en pie, son las

actividades que producen más derivados. Aconchi y Baviácora son otros municipios que reportan cifras medianamente semejantes, destacan también en producción de derivados de la carne y ganado en pie y menormente en miel y leche. Cananea, por su parte, no tiene una actividad ganadera significativa, solamente reporta derivados de la carne y ganado en pie (Figura 13).

Figura 13. Productos ganaderos por municipio en Sonora durante el periodo 2013-2020



Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

La Tabla 22 revela la dinámica del total de productos ganaderos entre los años 2013, 2014 y 2015, donde se observa que en el caso de la miel disminuye de 2013 a 2014, para el resto de los productos el comportamiento es estable.

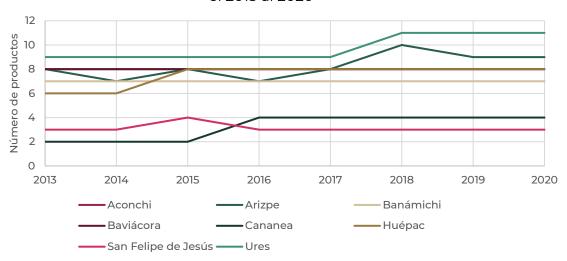
Tabla 22. Número de productos ganaderos durante el periodo 2013-2015 para los municipios afectados

Producto/Año	2013	2014	2015	2013-2014	2014-2015
Carne	19	19	20	•	•——
Ganado en pie	19	19	20	•	
Huevo-plato	1	1	1	•	•
Leche	7	7	7	•	•
Miel	5	4	6	1	

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

Respecto a los municipios, la dinámica temporal de los productos ganaderos también es medianamente estable, los municipios más estables son Banámichi y Huépac, el primero mantiene 7 productos durante todo el periodo, mientras que Huépac mantiene 8 (Figura 14).

Figura 14. Número de productos ganaderos anuales por año y municipio desde el 2013 al 2020



Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

## Inversión en cabezas de ganado

Como parte de la realización del análisis económico presentado, se realizaron solicitudes de información entre 2022 y 2023 en relación con el número de cabezas de ganado anual por tipo para el periodo 2010-2020 en los ocho municipios afectados (Anexo 2). A continuación, se resume la información obtenida:

- La información proporcionada por parte del SIAP de la SADER engloba la población de 2010 a 2020 de aves, bovinos, caprinos, guajolotes, ovinos, porcinos y abejas a nivel estatal para Sonora, es decir, no se encuentra desagregada por municipio.
- Por su parte, la información recibida por parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura (SAGARHPA; 2023) del Estado de Sonora engloba la población de 2010 a 2020 de bovinos, porcinos, equinos, caprinos, mulares, asnales y ovinos a nivel municipal para los ocho municipios analizados.
- Por otro lado, el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIA-CON; 2023) del SIAP, disponible en línea, presenta información al respecto, pero que no guarda consistencia con los volúmenes de la fuente anterior.

Las tres fuentes de datos presentan una disparidad en el número y características de la información recibida, con lo que se limita la posibilidad de desarrollar análisis confiables y a profundidad. En este sentido, un punto muy importante para considerar es que las estadísticas agrícolas y pecuarias no recolectan información de todas las actividades a pequeña escala, de autoconsumo ni de traspatio y tienen limitaciones para las actividades de transición, por lo que debe reconocerse las severas restricciones de esta información y la necesidad de complementarla con información primaria.

A este aspecto, Lamberti (2018) documenta que posterior al derrame la entonces SAGARPA (ahora SADER) realizó un levantamiento de campo en el cual observó una merma generalizada de la economía del sector debida a la disminución de los precios de los productos (porque se había difundido que era riesgoso consumir los productos de la región), y estableció que estimaba, entre otros puntos, alrededor de 72,755 cabezas de ganado bovino afectadas. Por otro lado, se identificó que la prensa señalaba un total de 111,514 cabezas de ganado bovino afectadas (Uniradio Noticias, 2014). Para estimar el valor de la pérdida de la inversión en cabezas, se tomó como dato de referencia las 72,755 cabezas de ganado bovino.

Asimismo, se obtuvieron los precios de venta de ganado de pie promedio, por municipio del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2022). Con esta información se obtuvieron los siguientes costos por cabeza de bovino a valor de 2020: \$22,311.32 pesos. Cabe mencionar que las compensaciones por medio del Fideicomiso solo fueron de \$400 pesos por cabeza de ganado.

Finalmente, en la Tabla 23 se obtiene que el valor económico de las cabezas de ganado perdidas asciende a **\$1,623.26 mdp (en precios de 2022)**.

Tabla 23. Pérdida económica en cabezas de ganado en los municipios afectados

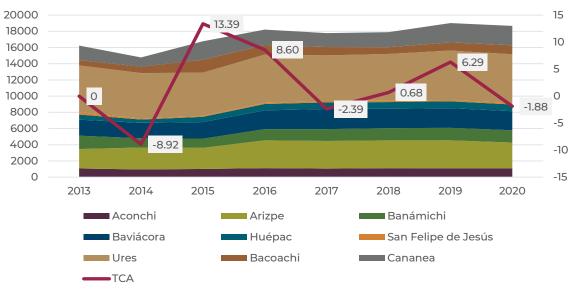
Escenario	Número de cabe- zas de ganado perdidas	Pérdidas calculadas (pesos de 2022)
SAGARPA y FRS (Lamberti)	72,755	\$1,623,260,087.00

Fuente: Elaboración propia con base en SNIIM (2022); SIAP (2022); Lamberti (2018); Uniradio Noticias (2014).

## Volumen de la producción

Durante el periodo 2013-2020 el volumen de producción en los municipios muestra una tasa de crecimiento anual promedio de 2.4%, sin embargo, esta demuestra signos negativos en los años 2014, 2017 y 2020. Los municipios que contribuyeron principalmente a la producción pecuaria a lo largo del periodo fueron Ures, Arizpe, Baviácora con 35%, 19% y 14%, respectivamente (Figura 15).

Figura 15. Volumen de la producción pecuaria en los municipios seleccionados (número de cabezas)



Fuente: Elaboración propia basado en SIAP (2022).

Nota: TCA (Tasa de Crecimiento Anual).

Revisando la información detallada por municipio, se muestran caídas evidentes de 2013 a 2014 en Cananea, Baviácora, Banámichi, Aconchi, San Felipe de Jesús y Huépac, con un total de 729,306 toneladas perdidas. Para 2015 no se observan variaciones destacadas (Figura 16).

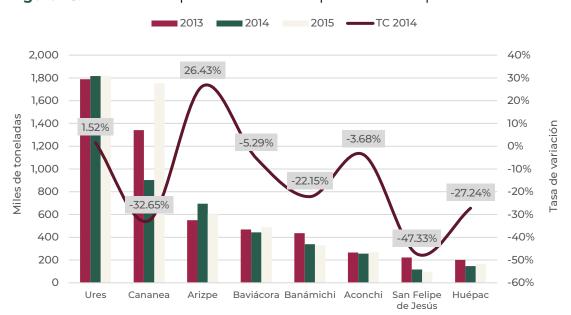


Figura 16. Volumen de producción municipal durante el periodo 2013-2015

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

#### Valor de la producción

Los municipios que han contribuido al valor de la producción pecuaria durante el periodo de análisis han sido Ures, Arizpe y Baviácora. De igual manera, se estima que de 2013 a 2014 el valor total de los municipios seleccionados presentó un incremento de 19.1% (Figura 17).

\$800 60 52.96 50 \$700 asa de Crecimiento Anua 40 \$600 30 \$500 20 19.85 16.37 \$400 11.02 10 \$300 0.98 0.00 0 -0.75 \$200 -10 \$100 -20 20.95 \$--30 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 Arizpe Banámichi Baviácora Huépac San Felipe de Jesús Ures Cananea ■ Bacoachi Aconchi TCA

Figura 17. Valor de la producción pecuaria en los municipios seleccionados (en miles de pesos)

Fuente: Elaboración propia basado en SIAP (2022).

Sin embargo, al revisar a nivel municipal, para el mismo periodo, se encuentra que los municipios de Banámichi, Huépac y San Felipe de Jesús reportaron pérdidas de entre 22% y 61%. Asimismo, para el periodo 2015-2016, se observa una disminución en el valor de la producción en todos los municipios seleccionados, siendo Bacoachi (de nuevo), Cananea y Aconchi los más afectados con pérdidas del 64%, 50% y 12% en el valor de su producción (Tabla 24).

Tabla 24. Pérdidas estimadas en el sector pecuario para el periodo 2013-2014

Municipio	2013 (pesos)	2014 (pesos)	Pérdidas estimadas (2013- 2014) (pesos)	2015 (pesos)	2016 (pesos)	Pérdidas estimadas (2015-2016) (pesos)
Aconchi	\$28,108	\$30,838		\$38,514	\$33,889	\$4,625
Arizpe	\$54,434	\$81,764		\$105,622	\$104,320	\$1,302
Banámichi	\$43,402	\$33,726	\$9,677	\$48,927	\$44,576	\$4,351
Baviácora	\$51,155	\$59,756		\$79,737	\$75,933	\$3,804
Huépac	\$17,844	\$13,574	\$4,270	\$27,568	\$25,009	\$2,559
San Felipe de Jesús	\$9,037	\$3,513	\$5,524	\$5,055	\$4,695	\$360
Ures	\$137,593	\$161,656		\$190,730	\$183,460	\$7,270

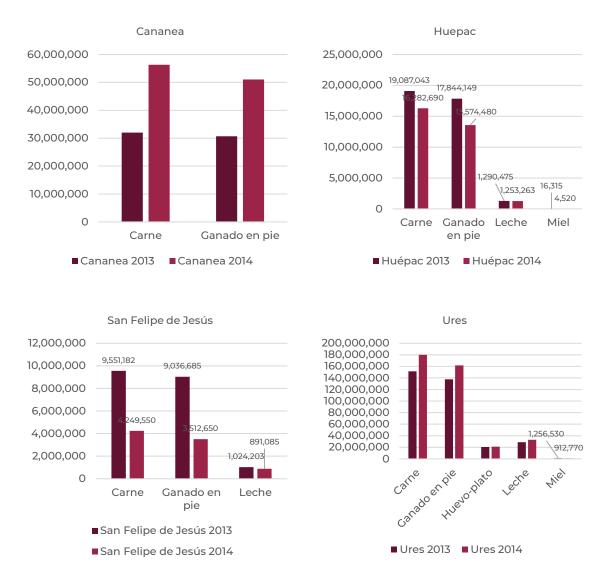
Total	\$395.598	\$471.270	\$19,470	\$712,200	<b>\$566.404</b>	\$145.795
Cananea	\$30.687	\$51.04		\$121.871	\$60.328	\$61.543
Bacoachi	\$23,338	\$35,402		\$94,175	\$34,195	\$59,980

Fuente: Elaboración propia basado en SIAP (2022).

Dado que estos valores no reflejan las variaciones por producto y con el fin de contar con un refinamiento de las pérdidas en el sector ganadero, se analizaron los valores de la producción por municipio y por productos, en lo que respecta a carne, ganado, leche y miel, de 2013 a 2014 (Figura 18).

Figura 18. Valor de la producción por producto y municipio del periodo 2013-2014 (en miles de pesos)





Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

El municipio con mayores pérdidas fue Banámichi con aproximadamente \$18 mdp, seguido por San Felipe de Jesús y Huépac con \$10 mdp y \$7 mdp respectivamente. En resumen (Tabla 25), las afectaciones en el valor de la producción ganadera se valoran en aproximadamente \$38.31 mdp (en precios de 2014).

Tabla 25. Pérdidas en el valor de la producción por municipio y producto, en el periodo 2013-2014

Municipio	Productos afectados	Pérdidas 2013-2014
Aconchi	Ganado, miel	-\$287,005.00
Arizpe	Leche, miel	-\$561,382.00
Banámichi	Carne, ganado	-\$18,332,381.00
Baviácora	Leche, miel	-\$711,594.00
Cananea	nd	nd
Huépac	Carne, ganado, leche, miel	-\$7,123,029.00
San Felipe de Jesús	Carne, ganado, leche	-\$10,958,785.00
Ures	Miel	-\$343,760.00
	-\$38,317,936.00	

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2022).

**Nota:** nd = datos no disponibles.

#### Resumen de las pérdidas ganaderas (en millones de pesos corrientes)

- Inversión perdida en cabezas de ganado afectado: \$1,623.26 mdp de 2022.
- Caída del valor de la producción pecuaria: \$38.31 mdp de 2014.

#### Resumen de daños del sector agropecuario

Derivado de este análisis sobre las pérdidas económicas en el sector agrícola y ganadero derivadas del derrame de 2014 en los ríos Sonora y Bacanuchi, es posible concluir que es complejo extender el análisis más allá de 2015, pero se dispone de información a detalle respecto a los productos agropecuarios y municipios impactados, lo que permite identificar un importante problema en la seguridad alimentaria y los medios de vida de la región impactada.

Asimismo, este análisis confirma los resultados en términos de la caída del valor de la producción ganadera y agrícola en los municipios afectados. Aunque si bien, es necesario tomar en cuenta la naturaleza de la información estadística, ya que esta no reporta las actividades de autoconsumo familiar y la producción de pequeña escala.

A continuación, se presentan las afectaciones en el sector agropecuario en conjunto, las cuales ascienden a alrededor de \$2,289.05 mdp a precios corrientes, correspondientes a **\$627.48** a precios corrientes mdp por pérdidas en el sector agrícola y a \$1,661.58 mdp a precios corrientes para el sector pecuario, las cuales corresponden al 27% y al 73% respectivamente (Tabla 26).

Tabla 26. Resultados de las afectaciones económicas en el sector agropecuario

Sector	Concepto	Total por con- cepto (pesos)	Total por sector (pesos)
	Inversión perdida en ha si- niestradas	\$11,103,322.40	
Sector	Daño patrimonial por pér- dida de valor de tierras	\$529,500,000.00	\$627,475,278.53
agrícola	Caída del valor de la pro- ducción agrícola	\$54,871,956.13	\$027,475,276.55
	Caída de producto agrícola de alto valor (chiltepín)	\$32,000,000.00	
Sector	Inversión perdida en cabe- zas de ganado afectado	\$1,623,260,087.00	¢1 661 570 007 00
ganadero	Caída del valor de la pro- ducción pecuaria	\$38,317,936.00	\$1,661,578,023.00
Tot	al (pesos corrientes)		\$2,289,053,301.53

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se tiene documentado que el mercado regional cerró las puertas a los productos locales, como leche, quesos y un sinnúmero de hortalizas y frutas, previendo que estaban contaminados por metales tóxicos. Esto coincide con testimonios de habitantes de las zonas impactadas por el derrame, pues señalan que se han visto afectados por las pérdidas en la producción y la reducción en la venta de lácteos, verduras y frutas, debido a la desconfianza de los consumidores por la posible contaminación de estos. Se considera, además, que esta situación afectó los ingresos de por lo menos un miembro de cada hogar (INECC, 2022a).

Esta información contribuye al análisis de las afectaciones en el sector agropecuario, las cuales a su vez tienen impactos en los ingresos de la población, la seguridad alimentaria y medios de vida de las comunidades.

Nota: Los resultados resumidos y traídos a valor presente de esta sección se presentan en el apartado de resultados y conclusiones.

# 5.3. Pérdidas económicas en otros sectores de la economía

Existen diversos ejercicios para la estimación de pérdidas en los sectores secundario y terciario de la economía. En un primer momento, la Secretaría de Economía realizó una estimación sobre la compensación en este sector calculando el resultado de restar las ventas después del derrame al total de ventas promedio antes de ocurrido el suceso. Esta estimación se basó en un censo en que estimó el universo inmediato de atención de 1,426 Unidades Económicas de los siguientes sectores: 675 comerciantes, 361 industriales y 390 prestadores de servicios<sup>9</sup>, y estableció que debería darse una compensación mínima de \$14,583 pesos que representa el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita mensual estatal; no consideró el salario mínimo porque en la región afectada los salarios son mucho mayores que el mínimo<sup>10</sup> (Lamberti, 2018).

Finalmente, de acuerdo con FUNDAR (2018), el Fideicomiso Río Sonora otorgó un monto de \$150.9 mdp, correspondiente al 25% del monto total del Fideicomiso, a 6,303 Unidades Económicas<sup>11</sup> en los municipios de Ures, Arizpe y Baviácora, durante el periodo de septiembre de 2014 a enero de 2016, sin considerar a los demás municipios (Tabla 27).

Tabla 27. Distribución de los recursos del Fideicomiso a nivel municipal

Municipios	Unidades Económi- cas	Monto asignado a las Unida- des Económicas (mdp)
Ures	3,191	\$103.20
Arizpe	1,648	\$25.30

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Por otro lado, de acuerdo con el ITSON (2014) se identificó que el derrame ocasionó un impacto social en 27 hoteles o casas de hospedaje, 60 restaurantes, 11 balnearios y 17 puntos turísticos en los municipios afectados, entre otras afectaciones, los cuales dejaron de funcionar o no fueron visitados por miedo a verse afectados. Dicho estudio estima que el impacto económico en los servicios turísticos representó una pérdida anual de \$33,000,000 pesos. En relación con estas actividades turísticas, fueron reactivadas cuatro años después del derrame, actualmente el Gobierno del Estado de Sonora cuenta con un recorrido a los municipios aledaños al río, la ruta inicia en el municipio de Ures, prosigue a Baviácora y Aconchi donde se visitan las aguas termales, continúa en Huépac, Banámichi, Arizpe, Bacoachi, para finalmente pasar por Cananea; la mayoría de las actividades se basan en la historia de los municipios y su arquitectura, sin embargo, una de las actividades del recorrido sugiere visualizar el río a través del puente de San Felipe de Jesús, la mayoría de las rutas realizan el mismo recorrido (Comisión del Fomento al Turismo, 2022).

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) del INEGI (s/a) para Sonora el porcentaje de personas ocupadas que tuvieron un ingreso de hasta 3 salarios mínimos pasó de 58% en 2008 a 67% en 2014. El salario mínimo para este año fue de \$1,976, por lo que el monto de la compensación cubriría al menos 7.3 salarios mínimos.

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> De acuerdo con información de los Censos Económicos de 2008 y 2014 a nivel estatal se registró una disminución en el número de unidades económicas de 107,723 a 90,642 correspondiente a una disminución del 15.8%. Asimismo, se presentó una disminución en el personal ocupado, pasando de 738,403 y 619,690, con una caída del 16.07%.

Baviácora	1,464	\$22.40
Aconchi	N/D	N/D
Banámichi	N/D	N/D
Huépac	N/D	N/D
San Felipe de Jesús	N/D	N/D
Cananea	N/D	N/D
Total	6,303	\$150.90

Fuente: Elaboración propia con información de FUNDAR (2018).

**Nota:** N/D = No disponible.

En vista de que el patrimonio del Fideicomiso fue destinado, en mayor medida, a las zonas de Ures, Arizpe y Baviácora, es importante conocer el número de Unidades Económicas que no fueron contabilizadas de los otros municipios para estimar los posibles costos adicionales en estas zonas, con el propósito de complementar el análisis. De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI (2015b), existen cuando menos 2,069 Unidades Económicas formales (excluyendo las correspondientes a los sectores minero y agropecuario) en el resto de los municipios que no recibieron algún recurso por parte del Fideicomiso.

Si estas unidades no atendidas hubieran recibido cuando menos los \$14,583 empleados para las compensaciones mínimas por el Fideicomiso, el desembolso adicional hubiera ascendido a \$22 mdp. Por lo que, con estos valores, los montos que se debieron otorgar en total a estos sectores de la economía ascienden a **\$172.90 mdp (en precios de 2014)**.

A pesar de estos cálculos iniciales, se requiere disponer de información primaria sobre las afectaciones durante los años siguientes en cada unidad productiva, así como sus cadenas de valor y sectores transversales como el transporte.

Nota: Los resultados resumidos y traídos a valor presente de esta sección se presentan en el apartado de resultados y conclusiones.

#### Daños en la salud física y mental y otros 5.4. gastos en salud

#### Generalidades sobre morbilidad en el estado

Respecto al estado actual del sector público de salud en el estado de Sonora, y que compete a los ocho municipios de este análisis, se detalla a continuación su conformación (Tabla 28).

Tabla 28. Infraestructura pública en salud de Sonora

Municipios	Número de unidades médicas	Distribución de las unidades médicas y nivel de operación
		icción Sanitaria I - Hermosillo
Coordinació	n Médica Loca	
Aconchi	2	(1) Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (1) Servicios de Salud de Sonora (SSS) *Todos de consulta externa
Banámichi	1	(1) Servicios de Salud de Sonora (SSS) *De consulta externa
Baviácora	3	<ul> <li>(1) Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE)</li> <li>(2) Servicios de Salud de Sonora (SSS)</li> <li>*Todos de consulta externa</li> </ul>
Huépac	2	<ul> <li>(1) Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Sonora (ISSSTESON)</li> <li>(1) Servicios de Salud de Sonora (SSS)</li> <li>*Todos de consulta externa</li> </ul>
San Felipe de Jesús	1	(1) Servicios de Salud de Sonora (SSS) *De consulta externa
Ures	6	<ul> <li>(1) Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)</li> <li>(1) Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE)</li> <li>(1) Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Sonora (ISSSTESON)</li> <li>(3) Servicios de Salud de Sonora (SSS)</li> <li>*5 de consulta externa y 1 de hospitalización general (SSS)</li> </ul>

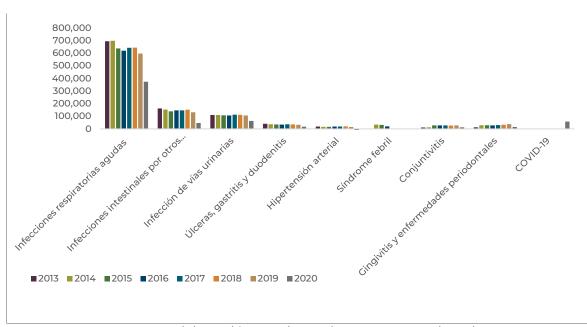
	Jurisdicción Sanitaria III - Santa Ana					
Coordinación	n Médica Loca	ll 11 Cananea				
Arizpe	3	(3) Servicios de Salud de Sonora (SSS) *Todos de consulta externa				
Cananea	8	<ul> <li>(1) Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)</li> <li>(1) Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE)</li> <li>(1) Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Sonora (ISSSTE-SON)</li> <li>(5) Servicios de Salud de Sonora (SSS)</li> <li>*7 de consulta externa y 1 de hospitalización general (SSS)</li> </ul>				

Fuente: Elaboración propia con base en SSP-SES (2020).

Nota: Operación al 31 de diciembre de 2019.

En la Figura 19, se muestra la distribución de las cinco principales causas de morbilidad en Sonora, de acuerdo con los diagnósticos de 2013-2020, en donde resalta el rubro de infecciones respiratorias agudas para dicho periodo.

Figura 19. Casos nuevos de enfermedades registrados en las instituciones del sector público de salud en Sonora de 2013 a 2020



Fuente: Elaboración propia con base en SALUD (2022).

Respecto al costo de sesiones practicadas de quimioterapia y radioterapia aplicadas en la Jurisdicción Sanitaria I - Hermosillo y en la Jurisdicción Sanitaria III -Santa Ana de Sonora que comprenden los ocho municipios de este análisis, a continuación, se detalla para el periodo 2013-2019, y que arroja un costo total de \$383,771,112 pesos (Tabla 29).

Tabla 29. Costo asociado a sesiones de quimioterapia y radioterapia practicadas en los servicios de salud en Sonora de 2013 a 2019 en las Jurisdicciones Sanitarias I y III

Año	Sesiones por Jurisdicción Sanitaria	Jurisdicción Sanitaria I - Hermosillo	Jurisdicción Sa- nitaria III - Santa Ana	Total (pesos)
2013	Quimiotera- pia	2,667	S/D	\$2,667.00
(pesos)	Radioterapia	16,971	S/D	\$16,971.00
2014	Quimiotera- pia	3,375	S/D	\$3,375.00
(pesos)	Radioterapia	16,000	S/D	\$16,000.00
2016	Quimiotera- pia	3,607	S/D	\$3,607.00
(pesos)	Radioterapia	14,325	S/D	\$14,325.00
2017	Quimiotera- pia	3,410	S/D	\$3,410.00
(pesos)	Radioterapia	13,244	S/D	\$13,244.00
2018	Quimiotera- pia	3,048	S/D	\$3,048.00
(pesos)	Radioterapia	11,234	S/D	\$11,234.00
2019	Quimiotera- pia	3,078	S/D	\$3,078.00
(pesos)	Radioterapia	13,410	S/D	\$13,410.00
Costo por	Costo quimioterapia			\$140,741,160.00
sesión del periodo (pesos)		Costo radiotera	apia	\$243,029,952.00

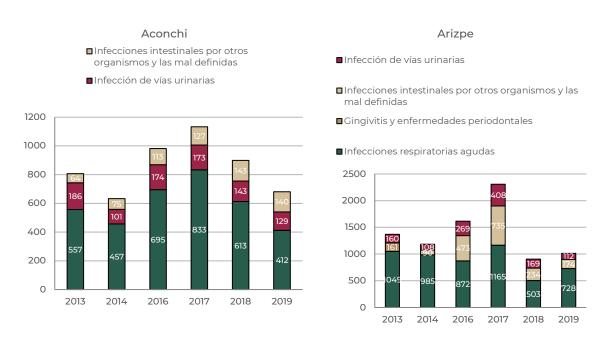
Fuente: Elaboración propia con base en SSP-SES (2014); (2015); (2017); (2018); (2019); (2020); DOF (2021a).

Nota: S/D = Sin dato. N/A = No aplica. Considerando que la unidad médica de hospitalización especializada más cercana a los municipios seleccionados se ubica en el de Hermosillo, y tomando en cuenta la agrupación de las Jurisdicciones Sanitarias en el estado.

Asimismo, sobre las tres principales causas por enfermedad para la Jurisdicción Sanitaria I - Hermosillo y la Jurisdicción Sanitaria III - Santa Ana de Sonora que comprenden los ocho municipios de este análisis, a continuación, se detalla para el periodo 2013-2019 a nivel municipal.

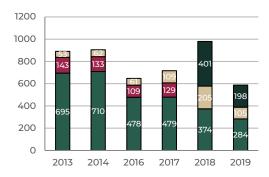
A continuación, se presenta el análisis de las principales causas de enfermedad a nivel municipal de acuerdo con los servicios de salud en Sonora de 2013 a 2019. Donde se puede observar que, para cada uno de los ocho municipios afectados, la principal causa de enfermedad son las infecciones respiratorias agudas, como en el caso estatal presentado previamente (Figura 20).

Figura 20. Análisis de las principales causas de enfermedad a nivel municipal de acuerdo con los servicios de salud en Sonora de 2013 a 2019, número de casos



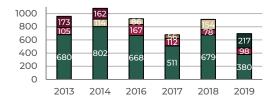
#### Banámichi

- Faringitis y amigdalitis estreptocócicas
- □ Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas
- Infección de vías urinarias
- ■Infecciones respiratorias agudas



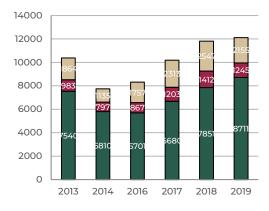
#### Baviácora

- Faringitis y amigdalitis estreptocócicas
- Otitis media agua
- Obesidad
- Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas
- Infección de vías urinarias
- ■Infecciones respiratorias agudas



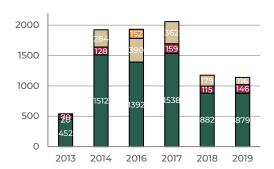
#### Cananea

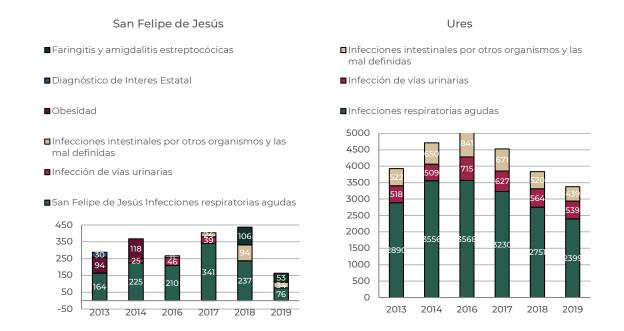
- □ Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas
- Infección de vías urinarias
- Infecciones respiratorias agudas



#### Huépac

- ■Úlceras, gastritis y duodenitis
- Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas
- ■Infección de vías urinarias
- ■Infecciones respiratorias agudas





Fuente: Elaboración propia con datos de SSP-SES (2014); (2015); (2017); (2018); (2019); (2020).

De acuerdo con Cruz et al. (2017), existe una relación de moderada a fuerte entre las infecciones respiratorias agudas y el cobre en Hermosillo, Sonora, posiblemente asociada con la permanente presencia de este metal en el aire ambiente y su capacidad de irritación de nariz y garganta.

## Análisis en los municipios afectados en términos de salud

La Tabla 30 muestra el costo unitario anual de tratamiento para el cáncer u otras afectaciones a la salud que podrían derivar de la exposición a metales pesados de las 381 personas identificadas en agosto de 2016 (CCRS-PODER, s/a) de los ocho municipios de este análisis, considerando un límite mínimo en una institución de salud pública, de acuerdo con datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y un límite máximo en una institución de salud privada, de acuerdo con información del sector asegurador en México, así como información de la media a manera comparativa. El monto máximo es de \$1,018.23 mdp anuales (a precios de 2019) para las personas afectadas de acuerdo con los datos de 2016, lo que representa un total de 2016 a 2022 de \$7,328.73 mdp a precios corrientes (las cifras en valor presente se muestran en la sección de resultados finales y conclusiones).

Tabla 30. Costo unitario anual de tratamiento para el cáncer u otras afectaciones en los municipios afectados de la cohorte de 2016

Concepto del impacto y descripción	Municipio(s), zona y/o población	Costo unitario (pesos 2019)	Monto total anual estimado (pesos 2019)
Afectaciones a la salud de las personas, que presen- taron desechos tó- xicos en san- gre y orina, y habrían sido afectadas.	381 personas. 8 municipios de Sonora: Aconchi, Arizpe, Banámi- chi, Cananea, Huépac, San Fe- lipe de Jesús, Baviácora y Ures. (Número de personas a agosto de 2016).  Enfermedades de la piel, rena- les, cardiovascu- lares y oculares, cáncer, etc.	Atención en unidades de primer nivel: \$969.00 Consulta de Medicina Familiar1 \$122.00 Estudio de Laboratorio Clínico Atención en unidades de segundo nivel: \$1,559.00 Consulta de Especialidades2 \$1,164.00 Estudio de Medicina Nuclear \$454.00 Estudio de Radiodiagnóstico Atención en unidades de tercer nivel: \$2,461.00 Consulta de Especialidades2 \$7,336.00 Sesión de Quimioterapia \$2,853.00 Sesión de Radioterapia \$48,143.00 Intervención Quirúrgica \$10,761.00 Día paciente en Hospitalización Costo unitario anual total	\$28,888,182.00 límite mínimo anual
		Costo unitario promedio anual considerando cáncer o tumores durante 2019 \$2,672,523.00	\$1,018,231,263.00 límite máximo anual

Fuente: Elaboración propia con base en CCRS-PODER (s/a); (2018); DOF (2021a); FORBES (2021).

Durante 2022 el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE) realizó el levantamiento de información y la integración de diagnósticos de salud, en ocho municipios afectados por el derrame, considerando Bacanuchi, Arizpe, Banámichi, Huépac, Aconchi, Baviácora, Ures y Hermosillo Rural.

De este ejercicio resultó un total de 705 casos con plomo en la sangre y sintomatología asociadas a la exposición ambiental, los cuales requieren atención inmediata y algunos tratamientos de por vida, sobre todo aquellos vinculados con arsenicosis, cáncer de piel y riñón. De este grupo de 705 personas, 62 corresponden a la cohorte anteriormente identificada de 381 (2016), por lo que es importante cuantificar los costos base de tratamiento médico necesario para este nuevo grupo de 643 personas (Tabla 31).

Tabla 31. Costo unitario anual de tratamiento para el cáncer u otras afectaciones en los municipios afectados de la cohorte de 2022

Concepto del impacto y descripción	Municipio(s), zona y/o pobla- ción	Costo unitario (pesos 2022)	Monto total anual estimado (pesos 2022)
Afectaciones	643 personas. 8 municipios de So- nora: Bacanuchi, Arizpe, Banámi- chi, Huépac, Aconchi, Ba-	Atención en unidades de primer nivel (mismos datos que la tabla ante- rior) Costo unitario anual to- tal \$75,822.00	\$48,753,546.00 límite mínimo anual
por plomo en la sangre y sin- tomatología asociadas a la exposición am- biental.	viácora, Ures y Hermosillo Rural. (Número de personas a abril de 2022).  Enfermedades vinculadas con arsenicosis, cáncer de piel y riñón.	Costo unitario promedio anual considerando cáncer o tumores (mis- mos datos que la tabla anterior) \$2,672,523.00	\$1,718,432,289.00 límite máximo anual

Fuente: Elaboración propia con base en CENAPRECE (2022); DOF (2021a); FORBES (2021).

Los costos de tratamiento de este grupo de 643 personas ascienden a un monto máximo de \$1,718.43 mdp (en precios de 2022) para las personas afectadas con datos de dicho año, lo que reafirma la urgencia de atención de los riesgos de sufrir daños severos a la salud en las poblaciones humanas que habitan en estos municipios y que se encuentran crónicamente expuestas a dicho entorno contaminado.

A partir de los datos de las siguientes tablas (Tablas 32 y 33), se presentan los gastos por consultas médicas debido a infecciones respiratorias agudas e infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas, considerando las posibles erogaciones del IMSS, los cuales equivalen a alrededor de \$1.55 mdp (en precios de 2016).

Tabla 32. Gastos médicos debido a infecciones respiratorias agudas para el periodo 2014-2016 en los municipios afectados

Municipio	No. casos en 2014	No. de ca- sos en 2016	Incremento de ca- sos de 2014 a 2016	Gastos por consulta médica (pesos corrientes)
Aconchi	457	695	238	\$230,622.00
Arizpe	985	872	N/A	N/A
Banámichi	710	478	N/A	N/A
Baviácora	802	668	N/A	N/A
Cananea	5,810	5,701	N/A	N/A
Huépac	1,512	1,392	N/A	N/A
San Felipe de Jesús	225	210	N/A	N/A
Ures	3,556	3,568	12	\$11,628.00
	\$242,250.00			

Fuente: Elaboración propia con datos de SSP-SES (2014); (2015); (2017); (2018); (2019);

Nota: costo de la consulta \$969.00 pesos mexicanos de acuerdo con DOF (2021a). N/A = No aplica. Se refiere a aquellos municipios donde no hubo un incremento de casos.

**Tabla 33.** Gastos médicos debido a infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas para el periodo 2014-2016 en los municipios afectados

Municipio	No. casos en 2014	No. de ca- sos en 2016	Incremento de ca- sos de 2014 a 2016	Gastos por consulta médica (pesos corrientes)
Aconchi	75	113	38	\$36,822.00
Arizpe	90	473	383	\$37,1127.00
Banámichi	62	61	N/A	N/A
Baviácora	114	86	N/A	N/A
Cananea	1,135	1,757	622	\$60,2718.00
Huépac	284	390	106	\$102,714.00
San Felipe de Jesús	S/D	11	11	\$10,659.00
Ures	650	841	191	\$185,079.00
	\$1,309,119.00			

Fuente: Elaboración propia con datos de SSP-SES (2014); (2015); (2017); (2018); (2019);

Nota: costo de la consulta \$969.00 pesos mexicanos de acuerdo con DOF (2021a).

N/A = No aplica: Se refiere a aquellos municipios donde no hubo un incremento de ca-SOS.

**S/D** = Sin dato.

Cuadro 2. Datos comparativos entre compensaciones y costos de salud

Las compensaciones oscilaban de De acuerdo con la Asociación Mexi-\$14,500 a \$100,000 pesos por persona<sup>12</sup>. cana de Instituciones de Seguros que el PIB de la región.

No hay cálculo exacto de afectación, (AMIS), el costo promedio anual de enpero se compensó mediante un solo fermedades como el cáncer o el desapago. Se estima que se ha dado a la po- rrollo de tumores asciende a \$2,672,523 blación en compensación 7 veces más pesos por paciente, entre otros valores de referencia sobre los impactos.

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> En total, se realizaron 27,200 compensaciones que beneficiaron a 22,000 habitantes de la región afectada.

Los pagos por daños a la salud ascen- Estas compensaciones, bajo ningún dieron a \$7,805,010 pesos (al 2 de fe-escenario, cubrieron los efectos direcvía cheque.

brero de 2017), otorgándose 358 pagos tos, 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.

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT (2018); FORBES (2021).

Según las opiniones de algunos habitantes de los municipios afectados por el derrame, los problemas de salud se manifiestan principalmente en enfermedades respiratorias y gastrointestinales, pero no han estimado los gastos que en este rubro ocasionó el derrame (INECC, 2022a).

#### Otros costos asociados a la salud

Asimismo, es importante mencionar que para la atención epidemiológica en 2014 se creó la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental de Sonora (UVEAS), en la cual el personal técnico realizó la búsqueda intencionada de casos, elaboró diagnósticos clínicos y otorgó seguimiento médico (COFEPRIS, 2015).

Esta unidad contó con el apoyo de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud y el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), y se estableció que operaría una nueva hasta el 2029, quedando pendiente su instalación, cuya construcción fue prometida por la empresa, pero ésta fue cerrada en junio de 2016 (CCRS-PODER, s/a y 2018), la cual contaría con el recurso del Fideicomiso Río Sonora, mismo que fue extinguido en febrero de 2017 (SEMARNAT, 2018).

Cuadro 3. Costo de inversión y operación de la primera UVEAS (Fase I y II) de 2014 a 2017

Acciones de evaluación, contención, seguimiento y atención (UVEAS) incluyendo:

> 19 personas (profesionales de la salud y administrativos), vehículos, visitas domiciliarias, medicamentos, toma de muestras biológicas, consultas médicas, 1 inmueble.

Inversión inicial: \$5.9 mdp Costo estimado de operación mensual: \$2.9 mdp

Costo total erogado:

\$71,080,280 pesos (al 2 de febrero de 2017)

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT (2018); Gobierno de México (2015).

Como parte de los compromisos derivados del Fideicomiso, se preveía la construcción de una nueva (fase III) que operaría hasta 15 años después del derrame, con la finalidad de realizar un seguimiento epidemiológico y ambiental a mediano y largo plazo (Gobierno de México, 2015), sin embargo, esta no fue construida. Estos elementos tienen que ser considerados para atender a la población afectada mediante este esquema u otro que se considere pertinente.

La nueva UVEAS tendría que haber operado hasta 2029, de acuerdo con la fase III y la cohorte afectada, considerando 15 años de afectaciones en un total de 10,875 personas, que de acuerdo con la fase I y II representaban el 100% de la población afectada (Gobierno de México, 2015).

De acuerdo con Gobierno de México (2015) se tenía presupuestado un total de \$279 mdp corrientes para la construcción y equipamiento de la nueva UVEAS. Adicionalmente se indicaba que se destinarían \$6.07 mdp mensuales para su operación. La nueva UVEAS tenía prevista iniciar el 31 de julio de 2015 para la cohorte 2015-2029. Por lo que, considerando dichos datos, existen desembolsos que no fueron ejecutados, los cuales representan, de 2015 a 2029, \$1,601.13 mdp a precios corrientes (en la sección de resultados se presentan todos los resultados en precios constantes; Tabla 34).

Tabla 34. Gastos totales acumulados no ejercidos para la UVEAS (fase III) para el periodo 2015-2029 (mdp a precios corrientes)

Concepto	Monto (mdp corrientes)	Promedio anual por periodo de análisis (mdp co- rrientes)	Subtotal por rubro (mdp corrientes)		
Costos de construcción y equipamiento (2015)	\$279.00	N/A	\$279.00		
Gastos de operación: Periodo 1: 6 años,					
del 2016 al 2022 (mdp corrientes)	\$569.47	\$81.35			
Periodo 2: 6 años, de 2023 a 2029 (mdp corrientes)	\$752.66	\$107.52	\$1,322.13		
	Total				

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT (2018); Gobierno de México (2015).

**Nota:** N/A = No aplica.

Salud mental

Un estudio desarrollado por Luque et al. (2019) aplicó una serie de encuestas longitudinales para medir la percepción sobre la problemática socioambiental derivada del derrame, con énfasis en el agua, para continuar con una evaluación de la salud física y mental de los entrevistados. Respecto a la salud mental, presenta los resultados de las entrevistas a 114 personas de la cuenca alta del río, en los cuales se muestran los días laborales perdidos por salud mental después de ocurrido el derrame (Figura 21).

60% 50% 40% 30% 20% 10% 0% Femenino 8 meses Masculino 8 meses Femenino 26 meses Masculino 26 meses después del derrame después del derrame después del derrame después del derrame ■0 ■1a7 ■8a14 ■15a21 ■22+

**Figura 21.** Resultados sobre los días laborales perdidos por salud mental después de ocurrido el derrame

Fuente: Tomado de Luque et al. (2019).

Considerando el número de días laborales perdidos por salud mental por el derrame obtenidos en la encuesta y tomando en cuenta el salario mínimo de 2015, se obtuvo que durante los dos primeros años se tuvo una pérdida económica para estas personas, solo considerando la ausencia laboral por la salud mental por al menos **\$.08 mdp (en precios de 2015)**, lo que representa más de 10 salarios mínimos de 2015 por persona (y familia) afectada (Tabla 35).

**Tabla 35.** Pérdida económica días laborales perdidos por salud mental por el derrame (pesos de 2015)

Días perdidos de	8 meses después del de- rrame		26 meses después	
trabajo y monto perdido	Femenino (pesos)	Masculino (pesos)	Femenino (pesos)	Masculino (pesos)
Ninguno	N/A	N/A	N/A	N/A
4	\$4,397.00	\$4,066.00	\$6,124.00	\$4,879.00
11	\$864.00	\$2,236.00	\$1,727.00	\$2,236.00
18	\$6,359.00	\$9,514.00	\$11,306.00	\$5,855.00
22	\$17,273.00	\$1,789.00	\$1,727.00	\$4,472.00
Total	\$28,893.00	\$17,605.00	\$20,884.00	\$17,442.00
Sumatoria				\$84,824.00

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT (2018).

**Nota:** N/A = No aplica.

Es muy probable que este dato sea mucho más elevado, a razón de que la muestra solo consideró a un ciento de personas, por lo que habría que considerar estudios longitudinales de percepción en toda la población ocupada, considerando que ascienden a poco más de 8 mil personas (de acuerdo con el último censo del INEGI de 2020), además de su percepción actual y los salarios corrientes.

## Valor Estadístico de la Vida (VEV)

Adicionalmente, por medio del VEV, podemos obtener una estimación de los beneficios que pueden obtenerse por la disminución del riesgo de muerte o del costo que genera la pérdida de una vida humana, calculado a partir de metodologías de precios hedónicos, donde se determina la cantidad de dinero máxima que la gente está dispuesta a pagar para disminuir el riesgo.

Este dato ofrece información de la valoración monetaria que la sociedad en México atribuye a evitar que uno cualquiera de sus miembros fallezca, es decir, es un tipo de aproximación al valor que las personas le asignan a su salud y a su vida.

## Impactos en salud en las infancias

De acuerdo con la UNAM (2016) existe un elevado riesgo a la salud por exposición a plomo en la zona de San Felipe de Jesús. Asimismo, los datos de bio-accesibilidad indican que más del 70% de la población infantil de San Felipe de Jesús podría tener niveles de plomo en sangre superiores a 10 microgramos por decilitro, lo que representa un alto riesgo para su salud.

Tomando como base la población de San Felipe de 369 personas en 2020, que 29% es infantil (INEGI, 2020) y que 70% de estas personas se encuentran en alto riesgo de salud, tendríamos un estimado de 52 infantes con alto riesgo de salud. El VEV, es decir el posible costo económico aproximado de la pérdida de salud de estas infancias (por riesgo de muerte), asciende a alrededor de \$196.82 mdp (en precios de 2021). Es importante mencionar estas estimaciones sobre los impactos a la niñez a fin de acercarse a los costos ocultos que se tienen por los daños intergeneracionales en la salud (Tabla 36).

**Tabla 36.** Impacto a las infancias de acuerdo con el VEV

Valor Estadístico de la Vida (VEV) (México, pesos a precios 2021)	Población infantil en San Felipe de Jesús en riesgo de salud	VEV total (pesos)
\$3,785,090.22	52 personas	\$196,824,691.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los resultados resumidos y traídos a valor presente de esta sección se presentan en el apartado de resultados y conclusiones.

# 5.5. Daños en suelos y vegetación ribereña, y en el lecho del río

La cuenca del río Sonora-Bacanuchi pertenece a la región hidrológica RH-9 Sonora Sur de la Región II Noroeste de la clasificación de la CONAGUA (2010). Por su extensión y provisión de servicios ecosistémicos, la cuenca del río Sonora se ubica como la tercera en importancia en Sonora, seguida de las cuencas de los ríos Yaqui y Mayo.

Los ríos Sonora y Bacanuchi pertenecen a esta cuenca e históricamente han sido las principales fuentes de abastecimiento de aqua para uso en agricultura, ganadería y minería, dada su ubicación en la región semiárida del estado y la relativa limitación de sus cauces (Solis-Garza et al., 2017).

La vegetación en los tres sectores del área de influencia del derrame del 2014 en la subcuenca del río sonora Alto está representada por 27 clases de cobertura del

suelo<sup>13</sup>, de las cuales 20 corresponden a distintos tipos de vegetación natural (primaria y secundaria) y tres a sistemas transformados Luque et al. (2019). Dentro de la zona de estudio se encuentran los hábitats ribereños, los cuales en zonas áridas y semiáridas son proveedores de servicios ecosistémicos, tales como: provisión de agua, protección, alimento y nutrientes a un gran número de organismos para su sobrevivencia, e incluso fungen como corredores migratorios para diversas especies de fauna, además de brindar sustento a comunidades humanas (Solis-Garza et al., 2017).

Con la finalidad de determinar el deterioro de los ecosistemas ribereños, se realizó una estimación de la superficie afectada a partir de información del "Diagnóstico ambiental en la cuenca del río Sonora afectada por el derrame del represo "Tinajas 1" de la mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora" de la UNAM (2016) y de Solis-Garza et al. (2017). Se determinó el área afectada a partir de la longitud de la afectación (13 km) y el ancho de la franja estimada a partir de la cobertura aérea promedio de 131.3 metros cuadrados (m²) (aproximada a 11.45 metros – m – \* 11.45 m), resultando un área de 148, 954 m², es decir 14.8 ha por cada franja. Si consideramos que las afectaciones pudieron presentarse en ambos lados del río está superficie multiplicada por dos franjas daría como resultado 29.7 ha. Se estima que los costos por restauración ribereña ascenderían a \$5.95 mdp (en precios de 2014)<sup>14</sup>.

Con respecto a la remediación de suelos, de acuerdo con Romero-Lázaro et al. (2019) se estima que las afectaciones se presentaron entre 90 y 100 centímetros (cm) de profundidad, por lo que el volumen total a remediar ascendería a 297,908 m³, con un costo aproximado de \$104.60 mdp (en precios de 2014)¹5.

Asimismo, información complementaria proporcionada por la Dirección General Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR) de la SEMAR-NAT (2022) indica que se realizó remediación a nivel superficial (10 cm). Se identificaron las siguientes zonas de afectación (Tabla 37).

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Las clases de cobertura corresponden principalmente vegetación natural (bosques, selva baja y matorrales) 80.2%, seguida por un 14.9% de vegetación secundaria, es decir, vegetación en proceso de regeneración natural, desarrollándose en tierras abandonadas que fueron usadas como campos de cultivo o potreros y un 4.2% clasificado como sistemas transformados, correspondientes a áreas de agricultura de riego, de agricultura de temporal y de pastizales cultivados e inducidos.

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> De acuerdo con el Plan de Acción de Manejo Integral (PAMIC) Cuenca del río Jamapa del INECC (2017), se estima que el costo de restauración de una franja ribereña asciende a \$20,000 por cada 1,000 m², considerando franjas de 100 m lineales\*10 m de ancho, el costo unitario por m² es de \$20.00. Este costo unitario multiplicado por la superficie afectada, correspondiente a 297,908 m.

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup> De acuerdo con Julca (2021), se estima que el costo de remediación por m³ es de \$17.22 USD, en pesos mexicanos este monto equivale a \$354.73 por m<sup>3</sup>. Si se considera que existieron posibles afectaciones a un metro de profundidad, el volumen a remediar asciende a 297,908 m³. A este monto estimado se descontó el volumen que ya ha sido remediado en la zona 1.

Tabla 37. Descripción espacial de la remediación a nivel superficial

Zona	Descripción del tramo	Distancia (km)	Superficie (ha)
1	Tramo comprendido entre el punto del derrame en el represo Tinajas 1, ubicado en el cauce del río Bacanuchi	30 km (0-30)	2.81
2	Tramo ubicado al sur de la localidad Ba- námichi	110km (30-140)	947.5
3	Tramo localizado al sur del poblado de Baviácora	40 km (140- 180)	1,902
4	En este tramo se amplía el cauce del río sonora tras pasar la sierra de Aconche e inicia el valle de Ures	44 km (180- 224)	574.45
5	Este tramo corresponde al punto de des- carga del río Sonora en la presa el Moli- nito	52 km (224- 276)	2,520.85
	Total	276	5,947.61

Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2022).

En la zona 1 se alcanzaron los niveles de remediación propuestos y autorizados, respecto a un volumen de 2,843.6 m³ de suelo contaminado con hierro en un área de 28,153.7 m². A continuación, se presentan los costos asociados al deterioro de los ecosistemas ribereños y los costos de estabilización de sedimentos (Tabla 38).

Por su parte, la Dirección de Investigación de Contaminantes, Sustancias, Residuos y Bioseguridad del INECC estimó en 2022 que el costo total del sedimento a remediar asciende a **\$1,898.05 mdp (en precios de 2022)**<sup>16</sup>.

**Tabla 38.** Costos asociados al deterioro de los ecosistemas ribereños, a la estabilización de sedimentos y a la remediación del lecho del río

Concepto del impacto y descripción	Municipio(s), zona y/o población	Unidad de daño ambiental	Costo uni- tario (pesos)	Monto total (mdp)
Deterioro de los ecosiste- mas ribere- ños	Ecosistemas del río Baca- nuchi y el río	La vegetación riparia de la zona tiene una cobertura aérea promedio de 131.3 m² (11.45 m	\$20,000, por cada 1000 m² (caso de franjas de 100 m	\$5.95 mdp a precios 2014

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> De acuerdo con información proporcionada por la Dirección de Investigación de Contaminantes, Sustancias, Residuos y Bioseguridad del INECC (2022b), este costo considera una longitud de afectación de 250 km, con un ancho de 10 m y una profundidad de 1 m, el costo unitario por tonelada es de \$524.3/ton.

Sonora <sup>17</sup> .	de largo * 11.45 m de ancho). Se estima que el deterioro de los ecosistemas ri-	lineales x 10 m de an- cho) Este costo incluye el	
	bereños se ma- nifestó en la alta mortalidad de árboles ribere- ños sobre el arroyo Tinajas 1, a 13 km al sur del represo, un año después del derrame <sup>18</sup> (esta distancia corres- pondería a la longitud de la	cercado de exclusión, la planta y los jornales.	
	franja a restaurar).  A su vez, se estimó una pérdida de 50.3% de la vegetación ribereña (mayormente mezquites) y se ob-		
	servaron árboles muertos a lo largo de 13 km del río. Superficie afec- tada: 11.458 m * 13,000 m = 148,954 m²,		

<sup>17</sup> Este estudio realizó muestreos a lo a lo largo a 220 km, de los cuales 40 km se localizan en el río Bacanuchi y 180 km en el río Sonora y una anchura de 40 m promedio abarcando desde el poblado de Arizpe en la confluencia de los ríos Bacanuchi y Bacoachi hasta la presa El Molinito a 30 km al noreste de Hermosillo. Es relevante mencionar que este estudio se realizó posterior al paso del huracán Odile en 2014, por lo que también considera la pérdida de cobertura forestal por eventos hidrometeorológicos extremos.

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup> De acuerdo con Luque et al. (2019) se estima que en toda la cuenca existe evidencia de alteración del paisaje por actividades humanas. La extensión por transformación a sistemas agrícolas y pastizales es relativamente baja, de aproximadamente 40,000 ha, distribuidas principalmente en las partes bajas de la subcuenca, cercanas a los cauces de ríos y arroyos. A su vez, los sistemas agrícolas y pastizales, junto con los ecosistemas de la zona ribereña, representados por los bosques de mezquite y de galería (con una extensión aproximada de 35,000 ha) fueron los ecosistemas afectados directa e inmediatamente por el derrame de tóxicos del 2014.

		es decir 14.8 ha por cada franja de vegetación riparia, si se con- sideran dos franjas, una de cada lado del río, la superficie asciende a 29.7 ha (297,908 m²).		
Costos de es- tabilización de sedimen- tos	Estabilización de sedimen- tos trata- miento quí- mico reac- ción de óxi- dos reduc- ción.	297,908 m³. Volumen total de sedimentos a remediar, consi- derando la su- perficie afec- tada y que a un metro de pro- fundidad se pre- sentaba una to- nalidad anó- mala de parda amarillenta  Volumen reme- diado corres- pondiente a la zona 1 (al 2022): 2,843.6 m³  Volumen resi- dual para reme- diar: 295,064.40 m³	\$354.73/m³  precio de 17.22 dóla- res por m³ para la con- versión se utilizó un tipo de cambio \$20.6 pesos por dólar	\$104.60 mdp a precios de 2014 Sería impor- tante revisar a qué nivel de profundidad de las afecta- ciones y ac- tualizar la su- perficie afec- tada.
Costos de re- mediación del lecho del río	Río Sonora	Se consideró un volumen de 2,500,000m³ de sedimento a re- mediar, con una densidad pro- medio de un suelo arenoso	\$524.3/ton	El costo de la remediación total asciende a \$1,898.05 mdp a pre- cios de 2022

de 1.4 t/m<sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia con base en Solis-Garza et al. (2017); UNAM (2016); INECC (2017); Romero-Lázaro et al. (2019); Morales y Hantke (2020); Julca (2021); INECC (2022b).

En relación con la pérdida de otros servicios ecosistémicos y considerando los resultados el estudio de Haro et al. (2015) sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos realizada los ríos Mayo y delta Yaqui, se obtuvieron estimaciones asociadas a las pérdidas de los servicios de aprovisionamiento de alimentos por agricultura, aprovisionamiento de alimentos por ganadería y prevención de sequías, las cuáles ascienden a un aproximado de \$2,315.59 mdp a precios corrientes (Tabla 39).

Desde la perspectiva del valor de paisaje, la visión de algunas personas asentadas en las zonas afectadas por el derrame es que este generó cambios importantes que se reflejan en más árboles muertos, menos animales silvestres y cambios en el color y olor del agua del río y pozos (INECC, 2022a).

Tabla 39. Estimaciones asociadas a las pérdidas de los servicios de aprovisionamiento de alimentos por agricultura, aprovisionamiento de alimentos por ganadería y prevención de sequías

Servicios ecosistémicos	Valor (pe- sos)/ha	Pérdida por servicio ecosistémico* (pesos corrientes)
Provisión de alimento por agricultura	\$6,978.92	\$244,262,102.20
Provisión de alimento por ganadería	\$55,293.47	\$1,935,271,328.99
Prevención de sequía	\$3,887.45	\$136,060,701.21
Riesgo de pérdida de servicios ecosis- témicos en el río Sonora-Bacanuchi	-	\$2,315,594,132.39

Fuente: Elaboración propia con información de Haro et al. (2015); UNAM (2016).

Nota: \*Estimación con base en la superficie total dañada 35,000 ha presentada en el informe final de la UNAM (2016).

Nota: Los resultados resumidos y traídos a valor presente de esta sección se presentan en el apartado de resultados y conclusiones.

### Desembolsos realizados por el sector am-5.6. biental federal

Cabe resaltar la labor del Gobierno de México para atender las afectaciones en los ríos Sonora y Bacanuchi, a través de las diferentes dependencias y entidades que conforman la Administración Pública Federal (APF), muestra de ello es el Plan de Justicia para Cananea, compuesto por cinco ejes: trabajo digno; atención médica y medicamentos gratuitos; bienestar; salud ambiental y derecho al agua; y

mejoramiento urbano (STPS, 2022). Y el cual que busca dar atención integral a la zona afectada y que contempla la zona del río Sonora.

Para este estudio se presentan las erogaciones correspondientes a algunas actividades realizadas por el sector ambiental federal de la APF de 2014 a 2021, y que ascienden a alrededor de \$16.15 mdp a precios corrientes para dicho periodo (Tabla 40).

Tabla 40. Erogaciones del Gobierno de México para la atención del derrame de 2014 a 2021 (pesos corrientes)

Rubro / Año	Muestreo y análisis de la- boratorio	Sueldos y salarios	Campañas de Viáticos, monitoreo y pasajes y salarios otros asociados gastos		Total
Sin año identificado	\$300,000.00 b)		\$300,000.00		
2014	\$654,176.69 a)				\$654,176.69
2015	\$746,431.49 a)	S/D			\$746,431.49
2016	\$741,758.76 a)			S/D	
2017	\$795,346.95 a)				
2018	\$780,916.40 a)				\$780,916.40
2019	\$327,419.13 a)				\$327,419.13
2020	\$2,077,206.68 a), b)	\$53,286.49 c)		\$2,130,493.17	
2021	\$3,242,401.93 a), b), d)	\$60,775.01 c)	\$6,300,000.00 e)	\$79,242.53 d)	\$9,682,419.47
Total	\$9,665,658.02	\$114,061.50	\$6,300,000.00	\$79,242.53	\$16,158,962.05

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por las instituciones. Considerando DOF (2020); (2021b).

Nota: a) Corresponde a la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA), b) Organismo de Cuenca Noroeste, y c) Laboratorio Nacional de Referencia, todos de la CO-NAGUA, d) IMTA y e) Laboratorio del INECC. N/A = No aplica. S/D = Sin dato.

Nota: Los resultados resumidos y traídos a valor presente de esta sección se presentan en el apartado de resultados y conclusiones.

## **6. RESULTADOS FINALES Y CONCLUSIONES**

La sumatoria de los costos derivados del derrame presentados a lo largo de este informe, asciende a un total de alrededor de \$18,685.84 mdp a precios corrientes, sin embargo, dado que cada rubro de análisis proviene de fuentes de información con diferentes años o periodos de tiempo, es importante reportar el costo en una misma base actualizada, por lo que cada uno de los rubros fue sometido a un proceso de ajuste inflacionario, dependiendo del año o periodo de tiempo en el que se reporta cada impacto, para que se reflejen en precios actuales (100=2022), con lo que se obtiene una sumatoria actualizada de alrededor de \$20,508.17 mdp a precios constantes (Tabla 41). Como se mencionó en la introducción, es importante indicar que estos valores fueron estimados conforme a la información pública disponible, por lo que de disponer de más y mejor información sería posible refinar los datos, y de ocurrir esto, la tendencia esperada es que los costos se incrementen.

Tabla 41. Estimación de costos para los impactos derivados del derrame en precios corrientes y constantes 2022

Rubro	Subrubro	Periodo analizado	Costo des- agregado por subrubro (mdp a valo- res corrien- tes de cada año)	Subtotal por rubro (mdp corrientes)	Costo des- agregado por subrubro (mdp a valor constante de 2022)	Subtotal por rubro (mdp 2022)	
	Costo esti- mado supo- niendo que el 50% de la po- blación con- sume agua de garrafón	2020	\$155.50		\$177.32		
	Costo por consumo de agua potable por pipa	2015 – 2020	\$0.70		\$0.92	\$1,433.96	
Limitaciones de acceso al agua y otros costos asocia-	Deterioro del recurso agua por contami- nación del río	2014	\$100.67	\$1,036.81	\$144.53		
dos	Deterioro del recurso agua subterránea	2014	\$3.67		\$5.27		
	Deterioro del recurso agua por contami- nación	2014	\$756.70		\$1,086.35		
	Erogaciones estimadas para poner en operación plantas pota- bilizadoras	2022	\$19.57		\$19.57		

	Dárdidas an						
Pérdidas eco- nómicas en la	Pérdidas en el sector agrí- cola	2013 – 2014	\$627.48		\$895.99		
producción agropecuaria	Pérdidas en el sector pe- cuario	2013 – 2014	1,661.58	\$2,289.05	\$1,678.27	\$2,574.26	
Pérdidas eco- nómicas en otros sectores de la econo- mía	Atención a unidades económicas (comercio, in- dustria y ser- vicios)	2014	\$172.90	\$172.90	\$248.22	\$248.22	
	Costo anual de trata- miento para el cáncer u otras afecta- ciones (cohorte de 2016)  Costo anual 2016 – 2022 \$7,328.73		ara u cta- 2016 – 2022 \$7,328.73		\$7,477.69		
Daños en la salud física y mental y	Costo anual de trata- miento para el cáncer u otras afecta- ciones (cohorte de 2022)	2022	\$1,718.43	\$10,846.74	\$1,718.43	\$11,030.55	
otros gastos en salud	Gastos por consultas médicas	2016	\$1.55		\$2.11		
	Gastos totales acumulados no ejercidos para la UVEAS (fase III)	2015 – 2029	\$1,601.13		\$1,619.86		
	Días perdidos de trabajo	2015	\$0.08		\$0.11		
	Impactos en salud en las infancias	2021	\$196.82		\$212.36		
Daños en suelos y vege-	Deterioro de los ecosiste- mas ribere- ños	2014	\$5.95	¢/ 72/ 10	\$8.54		
tación ribe- reña, y en el lecho del río	Costos de es- tabilización de sedimen- tos ribereños	2014	\$104.60	\$4,324.19	\$150.17	\$5,204.25	

	Costos de re- mediación del lecho del río	2022	\$1,898.05		\$1,898.05	
	Riesgo de pérdida de servicios eco- sistémicos	2015 – 2016	\$2,315.59		\$3,147.49	
Desembolsos realizados por el sector ambiental federal	Erogaciones del sector ambiental fe- deral	2014 – 2021	\$16.15	\$16.15	\$16.92	\$16.92
Total			\$18,685.84		\$20,508.17	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las cifras se presentan a dos dígitos.

Testimonios recabados por el INECC de la población asentada en los municipios afectados confirman que los impactos se concentran, en orden de importancia, en el medio ambiente, la salud de las poblaciones y la economía local. Asimismo, se considera que los efectos fueron diferentes entre hombres y mujeres (INECC, 2022a).

Asimismo, de acuerdo con las estimaciones de este análisis se puede determinar que ni el monto pagado por la multa ni las compensaciones entregadas por el Fideicomiso Río Sonora, bajo ningún escenario, cubrieron los efectos directos, indirectos y acumulativos en la población, los ecosistemas y la economía, ni los costos de monitoreo y atención de la salud y la calidad de las matrices ambientales y de salud.

## 7. NECESIDADES PARA MEJORAR EL ANÁLISIS

A pesar de la búsqueda y análisis exhaustivos de la información disponible, hay alcances y limitaciones de este reporte, los cuales se basan en los siguientes elementos:

- Es importante considerar que después de 2016, existen vacíos importantes de información, asimismo los daños indirectos a los ecosistemas y a la población humana se relacionan a una serie de impactos adversos, acumulativos y a distancia como consecuencia del derrame, que requieren ser monitoreados contabilizados y caracterizados sistemáticos a fin de disponer de mayores insumos para el análisis.
- Conocer la información detallada de línea base de condiciones biofísicas, vegetación y fauna, sociales económicas y de salud, así como y de la cuantificación de los impactos directos y acumulados.
- Se requiere de información primaria desagregada para un análisis detallado tanto en los sectores económicos (a nivel de unidad económica en sectores como industria, servicios y transporte) así como en el sector social (hogar, sexo, edad, condición étnica y otras interseccionalidades), a fin de llevar a cabo análisis de mayor refinamiento.
- Disponer de información estadística detallada a nivel hogar.
- Es necesario recolectar costos directos de la fuente fuentes primarias de información de datos y realizar análisis de sensibilidad.
- Identificar multiplicadores productivos y de empleo para analizar las pérdidas de encadenamientos productivos y mercados.
- Considerar el desarrollo de estudios longitudinales de percepción social y salud mental y emocional en toda la población ocupada.
- Completar faltantes de información desagregada por sexo, edad, condición étnica y otras interseccionalidades.
- Tomar en cuenta que las estadísticas agrícolas y pecuarias no reflejan actividades a pequeña escala, de autoconsumo ni de traspatio, por lo que se requiere complementar los análisis con información primaria, a través de censos integrales.
- Conocer qué sucedió con las instalaciones previstas para la prevención de contingencias ambientales: geomembranas, bordos de sedimentación y represas que se documentaron como instalaciones por desarrollar. Esto de acuerdo con lo indicado por el Gobierno de México (2015).

# 8. OTROS DAÑOS IMPORTANTES DE VISIBILIZAR

Aunque quedaron fuera del alcance de este reporte, hay impactos sociales y ambientales que merecen ser documentados y analizados a profundidad, tales como:

- Riesgos a la salud humana y de los ecosistemas por exposición al agua y suelos contaminados.
- Ausencia de perspectiva de género durante todo el abordaje de la problemática socioambiental de acuerdo con Luque et al. (2019)19.
- Daños reputacionales ocasionados a los productos agrícolas y ganaderos locales.
- Conflictos socioambientales en la zona, principalmente por los pozos.
- Migración ambiental y desintegración del tejido social.
- Síntomas de depresión y estrés en la población.

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> "A las mujeres nos hicieron a un lado. Aquí tomaron en cuenta a los de las tomas de agua, que todos son hombres. Las mujeres somos las que más hemos sufrido, pues hemos tenido que acarrear el agua y conseguir la comida para los niños, pues ya ni siquiera podemos agarrar de la milpa o del río. La cuestión económica aquí es crítica, urgente, que vengan a ver cada casa. Las familias de los jornaleros, como no tienen tierra ni casa, pues se quedaron fuera de los apoyos. Yo no tengo dinero para comprar agua de garrafón, mis hijos se pegan a la llave" (San José de Baviácora, 21 de febrero 2015).

# 9. ANEXO

# 1. Cuestionario aplicado a pobladores representantes de los CCRS

8 de abril de 2022 Huépac, Sonora

DERRAME DE 2014 EN LOS RÍOS BACANUCHI Y SONORA CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN SOCIAL

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) apoya al Gobierno Federal en la estimación de pérdidas económicas por los daños ocasionados desde 2014 por la empresa Buenavista del Cobre S.A. de C.V., así como sus impactos ambientales, sociales y económicos.

El objetivo de este cuestionario es identificar, a partir de la experiencia personal, los impactos observados de este derrame a fin de mejorar el análisis que realiza el INECC.

Agradecemos su participación, la duración del cuestionario es de 20 minutos.

Favor de llenar el siguiente cuadro con sus datos generales (opcional):

1.	Nombre:
2.	Edad:
	Municipio en el cual vive:
4.	Localidad:
	Sexo: Mujer ( ) Hombre ( ) Otra identidad de género ( ) Hablante de lengua indígena: No ( ) Si ( ) ¿Cuál?
	or de marcar con una "X" la opción que mejor considere que representa su sentir. Puec car más de una opción de ser necesario, o bien puede contestar en los espacios en blanc
7.	De acuerdo con su experiencia ¿Cuál es el problema más grave que ocasionó el derram en los ríos Bacanuchi y Sonora en su localidad?
	( ) Daños a la economía local
	( ) Afectaciones al medio ambiente
	( ) Afectaciones en la salud
	( ) Migración
	( ) Otro (describa):
В.	Respecto al tema de agua ¿Qué ha pasado con su consumo debido al derrame?
	( ) Seguí tomando agua del pozo o del río
	( ) Al inicio evité tomar agua del pozo o del río, pero ahora lo hago
	( ) No tomo agua del pozo o del río
9.	¿A realizado gastos adicionales en agua potable debido al derrame? No ( )
	Si () ¿Aproximadamente cuánto ha gastado mensualmente? \$
10.	Respecto al tema de salud ¿Sufrió afectaciones en su salud o de algún miembro de s
	familia debido al derrame?  No ( ) pase a la pregunta 13 Si ( )
	110 ( ) pase and progentaris or ( )
11.	¿Qué afectaciones de salud resintió usted o su familia?
	( ) Enfermedades respiratorias

			8 de abril de 20 Huépac, Sono					
	( )	Enfermedade Cáncer o tum	·					
12.	¿Tiene usted una estimación de los gastos en salud que le generó el derrame? No ( ) Si ( ) ¿Aproximadamente cuánto ha gastado desde que se enfermó?							
	¿en q	ue lo ha gasta	do?					
13.	derrame	e?	isted alguna actividad productiva que haya sido afectada por	el				
		( ) ( ) Describa	su actividad (y productos) así como los impactos que ha tenido	<b>)</b> :				
	( )	Agricultura	(describa):					
	( )	Ganadería	(describa):					
	( )	Pesca	(describa):					
	( )	Comercio	(describa):					
	( )	Otra	(describa):					
14.	¿Cómo	afectó el derra	me el empleo en su familia?					
	( )	En mi familia	al menos una persona perdió el empleo dos o más integrantes perdieron sus empleos todos los integrantes que contribuían al gasto del hogar perdier	on				
15.	¿Consid		rrame afectó los ingresos de usted o de algún miembro de	su				
	No Si	( ) pase a la ( ) ¿Cuánto	pregunta 17 dinero ha perdido mensualmente aproximadamente? \$	_				
16.		persona que ( )	perdió el empleo era jefe o jefa de familia? Si ( )					
17.		e personas que ( )	e tuvieron que migrar debido a las afectaciones del derrame? Si ( )					
18.	indepen	ndientemente	errame afectó de manera diferente a hombres y a mujer de su edad Si ( )	es,				
19.	¿Cuáles del derr		pales cambios que ha notado en el paisaje de su localidad a pai	rtir				

8 de abril de 2022

	7100	pac, sonora
( ) ( ) ( )	Más árboles muertos Menos animales silvestres (por ejemplo, aves, mamíferos, entre otro Cambios en el color y olor del agua en el río y/o pozos Otro (describa): Ninguno	s)
_	es son las medidas más urgentes que considera que las autoridades er en el municipio de Huépac debido al derrame?	deben de
Det	alle a continuación:	
=		

¡Muchas gracias por su participación!

El INECC, con domicilio en Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 4209, Jardines en la Montaña, Ciudad de México, Alcaldía Tlalpan, C.P. 14210, México, es el responsable del tratamiento de los Datos Personales que nos proporcione toda persona que se registre y asista a los eventos, foros, convenciones y encuentros organizados por el Instituto, los cuales serán protegidos conforme a lo dispuesto por la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados y demás normatividad que resulte aplicable.

Podrá consultar el aviso de privacidad integral a través del portal del INECC en la dirección electrónica https://www.inecc.gob.mx/transparencia/Avisos de privacidad.html

# Anexo 2. Solicitudes de información del sector ganadero







COORDINACIÓN GENERAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ECOLOGÍA DIRECCIÓN DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES Oficio RJJ.400.DEARN.-003/2022 Ciudad de México, a 14 de marzo de 2022.

ESTIMABLE DRA. SOL ORTIZ GARCÍA DIRECCIÓN GENERAL DE ATENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR AGROPECUARIO SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (SADER) PRESENTE

Por medio del presente, y en atención a las indicaciones del Dr. Agustín Ávila Romero, Director General de Políticas para el Cambio Climático de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quisiéramos hacer de su conocimiento, que el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) se encuentra realizando un análisis económico ambiental preliminar sobre las afectaciones derivadas de las actividades mineras en el estado de Sonora.

Al respecto, solicitamos atentamente su amable apoyo a fin de facilitar la siguiente información, bases de datos y/o bien, ligas de acceso en referente a la información que a continuación se detalla:

- Superficie (ha) siniestrada a nivel municipal, en los siguientes municipios: Ures, Arizpe, Baviácora, Aconchi, Banamichi, Huépac, San Felipe de Jesús y Cananea, para el periodo 2010-2021, por tipo de causa.
- Número de cabezas pérdidas a nivel municipal, en los siguientes municipios:
   Ures, Arizpe, Baviácora, Aconchi, Banamichi, Huépac, San Felipe de Jesús y Cananea, para el periodo 2010-2021, por tipo de causa.
- Número de beneficiarios y monto promedio de cobertura del seguro catastrófico a nivel municipal, por tipo de cultivo/tipo de ganado a nivel municipal, en los siguientes municipios: Ures, Arizpe, Baviácora, Aconchi, Banamichi, Huépac, San Felipe de Jesús y Cananea, para el periodo 2010-2021.

De antemano agradecemos su apoyo y quedamos atentos de alguna duda o potencial reunión que pueda desprenderse de esta petición. Ponemos a su disposición la siguiente cuenta de correo electrónico para la recepción de dicha información: pilar.salazar@inecc.gob.mx. Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E LA DIRECTORA DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

MTRA. MARÍA DEL PILAR SALAZAR VARGAS

c.c.p.- Dr. Agustín Ávila Romero.- Director General de Políticas para el Cambio Climático (SEMARNAT); c.c.p.- Dra. Margarita Caso Chávez.- Coordinadora General de Adaptación al Cambio Climático y Ecología (INECC).- Para su conocimiento. c.c.p.- Bertha Elena De Buen Richkarday.-Directora de Área en la Dirección General.- Para su conocimiento.

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Col. Jardines en la Montaña, CP. 14210, Tialpan, CDMX Tel: (55) 54246400 www.gob.mx/inec







COORDINACIÓN GENERAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ECOLOGÍA DIRECCIÓN DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

Oficio RJJ.400.DEARN.-004/2022 Ciudad de México, a 14 de marzo de 2022.

ING. SALVADOR MARTINEZ LEDEZMA DIRECTOR GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y CAPITALIZACIÓN AL CAMPO. GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA PRESENTE

Por medio del presente, y en atención a las indicaciones del Dr. Agustín Ávila Romero, Director General de Políticas para el Cambio Climático de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quisiéramos hacer de su conocimiento, que el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) se encuentra realizando un análisis económico ambiental preliminar sobre las afectaciones derivadas de las actividades mineras en el estado de Sonora.

Al respecto, solicitamos atentamente su amable apoyo a fin de facilitar la siguiente información, bases de datos y/o bien, ligas de acceso en referente a la información que a continuación se detalla:

- Superficie (ha) siniestrada a nivel municipal, en los siguientes municipios: Ures, Arizpe, Baviácora, Aconchi, Banamichi, Huépac, San Felipe de Jesús y Cananea, para el periodo 2010-2021, por tipo de causa.
- Número de cabezas pérdidas a nivel municipal, en los siguientes municipios: Ures, Arizpe, Baviácora, Aconchi, Banamichi, Huépac, San Felipe de Jesús y Cananea, para el periodo 2010-2021, por tipo de causa.
- Número de beneficiarios, monto promedio de cobertura del seguro catastrófico a nivel municipal, por tipo de cultivo/tipo de ganado a nivel municipal, en los siguientes municipios: Ures, Arizpe, Baviácora, Aconchi, Banamichi, Huépac, San Felipe de Jesús y Cananea, para el periodo 2010-2021 y características de operación del mismo.

De antemano agradecemos su apoyo y quedamos atentos de alguna duda o potencial reunión que pueda desprenderse de esta petición. Ponemos a su disposición la siguiente cuenta de correo electrónico para la recepción de dicha información: pilar.salazar@inecc.gob.mx. Sin más por el momento, le enviamos un cordial saludo.

#### A T E N T A M E N T E LA DIRECTORA DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

#### MTRA. MARÍA DEL PILAR SALAZAR VARGAS

c.c.p.- Dr. Agustín Ávila Romero.- Director General de Políticas para el Cambio (SEMARNAT);

c.c.p.- Dra. Margarita Caso Chávez.- Coordinadora General de Adaptación al Cambio Climático y Ecología (INECC).- Para su conocimiento

c.c.p.- Mtra. Bertha Elena De Buen Richkarday.-Directora de Área en la Dirección General.- Para su conocimiento

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Col. Jardines en la Montaña, CP. 14210, Tialpan, CDMX Tel: (55) 54246400 www.gob.mx/înecc





COORDINACIÓN GENERAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ECOLOGÍA DIRECCIÓN DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES Oficio R33.400.DEARN -002/23 Ciudad de México, a 16 de enero 2023

ING. JOSE ARMANDO CASTILLO CASTILLO DIRECTOR GENERAL DE SERVICIOS GANADEROS DE SAGARPA GOBIERNO DE SONORA. Presente

Por medio del presente, y en atención a las indicaciones del Dr. Agustín Ávila Romero, Director General Políticas para el Cambio Climático de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quisiéramos hacer de su conocimiento, que el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) se encuentra realizando un análisis económico ambiental preliminar sobre las afectaciones derivadas de las actividades mineras en el estado de Sonora.

Al respecto, solicitamos atentamente su amable apoyo a fin de facilitar información, bases de datos y/o bien, ligas de acceso en relación con el número de cabezas de ganado anual por tipo (bovino, porcino, ave, ovino, caprino u otro tipo que considere pertinente), para el periodo 2010-2020 para los ocho municipios que a continuación se enlistan: Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Cananea, San Felipe de Jesús, Ures y Huépac.

De antemano agradecemos su apoyo y quedamos atentos de alguna duda o potencial reunión que pueda desprenderse de esta petición. Ponemos a su disposición la siguiente cuenta de correo electrónico para la recepción de dicha información: pilar.salazar@inecc.gob.mx. Sin más por el momento, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Directora de Economía Ambiental y de Recursos Naturales.

Mtra. María del Pilar Salazar Vargas

C.c.p.-Dr. Agustín Ávila Romero.- Director General de Políticas para el Cambio Climático (Semarnat).- Para su

Blvd. Adolfo Bulz Cortines No. 4209, Col. Jardines en la Montaña, CP. 14210. Tialgan, CDMX.

2023



COORDINACIÓN GENERAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y ECOLOGÍA DIRECCIÓN DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES Oficio RJJ.400.DEARN.-003/23 Ciudad de México, a 24 de enero 2023

MTRA. PATRICIA ORNELAS RUIZ DIRECTORA EN JEFE DEL SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP) Presente

Por medio del presente, y en atención a las indicaciones del Dr. Agustín Ávila Romero, Director General Políticas para la Acción Climática de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quisiéramos hacer de su conocimiento, que el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) se encuentra realizando un análisis económico ambiental preliminar sobre las afectaciones derivadas de las actividades mineras en el estado de Sonora.

Al respecto, solicitamos atentamente su amable apoyo a fin de facilitar información, bases de datos y/o bien, ligas de acceso en relación con el número de cabezas de ganado anual por tipo (bovino, porcino, ave, ovino, caprino u otro tipo que considere pertinente), para el periodo 2010-2020 para los ocho municipios que a continuación se enlistan: Aconchi, Arizpe, Banámichi, Baviácora, Cananea, San Felipe de Jesús, Ures y Huépac.

De antemano agradecemos su apoyo y quedamos atentos de alguna duda o potencial reunión que pueda desprenderse de esta petición. Ponemos a su disposición la siguiente cuenta de correo electrónico para la recepción de dicha información: <a href="mailto:pilar.salazar@inecc.gob.mx">pilar.salazar@inecc.gob.mx</a>. Sin más por el momento, le enviamos un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E Directora de Economía Ambiental y de Recursos Naturales.

Mtra. María del Pilar Salazar Vargas

C.c.p.-Dr. Agustín Ávila Romero.- Para su conocimiento.

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Col. Jardines en la Montaña, CP. 14210, Tialpan, CDMX. Tel: (55) 54246400 www.gob.mx/inecc



## Anexo 3. Costo de agotamiento hídrico por operaciones mineras

Como se revisó en la sección de metodología, las operaciones mineras tienen una serie de externalidades ambientales importantes que requieren ser visibilizadas y contabilizadas con miras a mejorar los procesos de justicia ambiental de las comunidades y sus ecosistemas. Un caso importante es el hídrico. Según datos de la CONAGUA, la empresa Buenavista del Cobre posee más del 50% del volumen del agua subterránea total de los acuíferos de Bacoachi y Bacanuchi, los cuales se encuentran en condición de sobreexplotación a partir de las concesiones a dicha empresa. Por tal motivo resulta importante evaluar cuál es el costo que implicaría retornar a las condiciones de explotación sustentable. Existen algunos ejemplos en México al respecto que pueden rescatarse (Tabla 42).

De acuerdo con la "Revisión y análisis sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019", del INECC (2020), se tienen ubicados cuando menos 4 ejercicios de 2010 a 2016 relacionados con valoración económica del servicio de agua subterránea para beber en México. Los ecosistemas en los que se analiza este servicio son matorral, bosque y agrícola y la metodología empleada dominante es la valoración contingente. Con esta metodología, los primeros tres estudios permiten identificar el valor que asigna la población a la provisión de agua desde los acuíferos.

Tabla 42. Ejercicios de 2010 a 2016 relacionados con valoración económica del servicio de agua subterránea para beber en México

Artículo		Eco- sis- tema	Método de valo- ración	Año	Valor min re- portado	Valor max reportado
1	Groundwater contamination and contingent valuation of safe drinking water in Guadalupe, Zacatecas, Mexico	Mato- rral	Valora- ción contin- gente	2010	\$56.55	\$66.37
2	Disponibilidad para ahorrar agua de uso agrícola en México: caso de los acuíferos de Calera y Chupaderos	Agrí- cola	Valora- ción contin- gente	2010	\$2,696	\$3,011
3	Economic valuation of water in a natural protected area of an	Mato- rral	Valora- ción	2012		\$250,000

	emerging economy: recommendations for El Vizcaino Biosphere Reserve, Mexico		contin- gente		
4	Valuation of hidden water ecosystem services: the replacement cost of the aquifer system in Central Mexico	Bos- que	Basada en cos- tos	2016	US\$25,000 millones

Fuente: Elaboración propia con datos de INECC (2020).

Para el caso del primer artículo, este se asocia a los altos niveles de fluoruro y arsénico se han encontrado en pozos de extracción y en agua corriente en la ciudad de Guadalupe, Zacatecas, con riesgos fuertes a la salud de la población. El objetivo consistió en investigar la disposición de los hogares a pagar por una mejor calidad del aqua a través de la instalación de un nuevo sistema de filtración para eliminar el fluoruro y el arsénico de las aguas subterráneas. Se encontró que los encuestados declararon en promedio una disposición a pagar más alta por la eliminación de fluoruro (\$66.37) que para la remoción de arsénico (\$56.55).

El cuarto estudio reporta una investigación que estima los costos de reposición del sistema de acuíferos de la Ciudad de México, Toluca y Cuernavaca, en el centro de México, bombean de 10 acuíferos sobreexplotados con seis alternativas de abastecimiento de aqua superficial, las cuales se concentran en la importación del líquido de otras fuentes, la conversión de presas de riego a consumo humano, o bien, en la recarga de acuíferos. Mediante el diseño de un programa de optimización de los costos de inversión y operación, se encontró que reemplazar la extracción de agua subterránea involucra la construcción de alternativas a un costo estimado de \$25 mil millones de dólares.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

BANXICO (Consultada el 08 de abril de 2022). SISTEMA DE INFORMACIÓN ECO-NÓMICA. Banco de México (BANXICO). Recuperado de https://www.banxico.org.mx/tipcamb/main.do?page=inf&idioma=sp

Cámara de Diputados (2014). Primer informe de trabajo de la Comisión especial para dar seguimiento a la problemática generada por el derrame de diversas sustancias contaminantes a los ríos Sonora y Bacanuchi. Gaceta Parlamentaria de la Cámara de Diputados. 17 de septiembre de 2014. Recuperado de http://sil.gobernacion.gob.mx/Reportes/Sesion/reporteAsunto.php?cveAsunto=3 141039

CCRS-PODER (s/a). Derrame en el Río Sonora: La evasión de Grupo México y el Estado mexicano. Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS) y Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER). Recuperado de https://poderlatam.org/wp-content/uploads/2020/01/relator\_resumen\_OK.pdf

CCRS-PODER (2018). 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 Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER).

CENAPRECE (2022). Abordaje Toxicológico de la Salud. Reunión para presentación de Resultados Plan de Justicia Para Cananea-Río Sonora. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE).

CICM (s/a). Costo por derrame será de 1,800 MDP; Profepa señala daños de Grupo México en Sonora. Colegio de Ingenieros Civiles de México A.C. Recuperado de https://cicm.org.mx/costo-por-derrame-sera-de-1800-mdp-profepa-senala-danos-de-grupo-mexico-en-sonora/

Cruz Campas, M. E., Gómez Álvarez, A., Ramírez Leal, R., Villalba Villalba, A. G., Monge Amaya, O., Varela Salazar, J., Quiroz Castillo, J. M., & Duarte Tagles, H. F. (2017). CALIDAD DEL AIRE RESPECTO DE METALES (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) Y RELA-CIÓN CON SALUD RESPIRATORIA: CASO SONORA, MÉXICO. Revista Internacio-Contaminación Ambiental. 33. 23-34. nal De https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp02.02

COESPO (Consultado el 19 de abril de 2022). Documentos/Consulta. Consejo Estatal de Población de Sonora (COESPO). Recuperado de https://coespo.sonora.gob.mx/

COFEPRIS (2015). La Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental de Sonora (UVEAS), otorga atención a los habitantes de Molino de Camoú. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Recuperado de https://www.gob.mx/cofepris/prensa/la-unidad-de-vigilancia-epidemiologica-yambiental-de-sonora-uveas-otorga-atencion-a-los-habitantes-de-molino-de-camou

Comisión de Fomento al Turismo (2022). Gobierno del Estado de Sonora. Recuperado de https://turismo.sonora.gob.mx/

CONAGUA (2010). Aqua. Comisión Nacional del Aqua (CONAGUA). Recuperado http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas aqua.pdf

CONAGUA (2014). Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Última actualización 30 de junio de 2014. México. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Recuperado de <a href="https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/registro-">https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/registro-</a> publico-de-derechos-de-agua-repda-55190

CONASAMI (2020). Salarios Mínimos 2020. Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI). Recuperado de <a href="https://www.gob.mx/cms/uploads/attach-">https://www.gob.mx/cms/uploads/attach-</a> ment/file/525061/Tabla\_de\_salarios\_m\_nmos\_vigentes\_apartir del 01 de enero de 2020.pdf

Díaz-Caravantes, R. E., Durazo-Gálvez, F. M., Moreno Vázquez, J. L., Duarte Tagles, H., & Pineda Pablos, N. (2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: una revisión de la recuperación del desastre. Región y Sociedad, 33, e1416. https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1416

DOF (2014) Ley Federal de Derechos, última reforma DOF 11-08-2014. Diario Oficial de la Federación (DOF). México, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos. Subdirección General Técnica.

DOF (2020). ACUERDO mediante el cual se expide el Manual de Percepciones de los Servidores Públicos de las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal. Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota\_detalle.php?codigo=5594049&fecha=29/05/2020

DOF (2021a). ACUERDO número ACDO.AS3.HCT.251121/301.P.DF dictado por el H. Consejo Técnico, en sesión ordinaria de 25 de noviembre de 2021, relativo a la Aprobación de los Costos Unitarios por Nivel de Atención Médica actualizados al año 2022. Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota\_detalle.php?codigo=5639077&fecha=22/12/2021

DOF (2021b). ACUERDO mediante el cual se expide el Manual de Percepciones de los Servidores Públicos de las Dependencias y Entidades de la Administración

Pública Federal. Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota\_detalle.php?codigo=5619830&fecha=31/05/2021

Expreso (2020). Habitantes del Río Sonora exigen agua de calidad. Recuperado https://www.expreso.com.mx/seccion/sonora/216317-habitantes-del-rio-sonora-exigen-agua-de-calidad.htmlhttps://www.expreso.com.mx/seccion/sonora/216317-habitantes-del-rio-sonora-exigen-agua-de-calidad.html

FIRA (2022). Agrocostos. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). Recuperado de https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp

FORBES (2021). Cáncer y tumores alcanzan costo promedio de atención por 2.6 mdp: AMIS. Recuperado de https://www.forbes.com.mx/noticias-cancer-y-tumores-costo-promedio-de-atencion-por-2-6-mdp-amis/

FUNDAR (2018). Fideicomisos en México, el arte de desaparecer el dinero público. Fundar, Centro de Análisis e Investigación A.C. (FUNDAR). Recuperado de https://fundar.org.mx/mexico/pdf/FideicomisosEnMexico.pdf

Gobierno de México (2015). BALANCE DE LAS ACCIONES DEL GOBIERNO DE LA RÍO REPÚBLICA ΕN EL SONORA. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/338881/05DP\_RIO\_SO-NORA\_Balance\_Anual\_agosto2015.pdf

Gobierno de Sonora (2022). Venta de agua en pipa. Recuperado de https://www.sonora.gob.mx/tramites-y-servicios/todos/tramite\_servicio/151.html

Haro Martínez, A. A., Arias Rojo, H. M., & Taddei Bringas, I. C. (2015). El valor de los servicios ambientales en la cuenca baja del río Mayo. región Y Sociedad, 27(63). https://doi.org/10.22198/rys.2015.63.a236

IMTA (2022). Plantas potabilizadoras. Plan de Justicia de Cananea y Río Sonora marzo 2022. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

INECC (2014). Cuantificación del daño ambiental y elementos para determinar la compensación asociada al derrame de lixiviado de sulfato de cobre de la empresa Buenavista del Cobre, S.A., en Sonora (Inédito). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Septiembre de 2014.

INECC (2016). Metodología de Valoración Económica del Daño al Medioambiente por contingencias del sector minero. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Recuperado de <a href="https://www.gob.mx/cms/uploads/attach-">https://www.gob.mx/cms/uploads/attach-</a> ment/file/199520/3\_CGCV\_2016\_Metodolog\_a\_de\_valoraci\_n\_contingencias\_sector\_minero\_CDMEX.pdf

INECC (2017). Plan de Acción de Manejo Integral (PAMIC) Cuenca del río Jamapa. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Recuperado de

https://datos.abiertos.inecc.gob.mx/Datos\_abiertos\_INECC/CGACC/PAMICs/PA-MIC\_rio\_Jamapa.pdf

INECC (2020). Revisión y análisis sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019, México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/579760/Revisio\_n\_v\_analisis\_valoracion.pdf

INECC (2022a). Cuestionario aplicado a 19 personas que habitan los municipios afectados por el derrame, en el marco de la reunión de seguimiento de los avances del Plan de Justicia para Cananea, realizada el 8 de abril de 2022 en Huépac, Sonora. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

INECC (2022b). Costos de remediación. Dirección de Investigación de Contaminantes, Sustancias, Residuos y Bioseguridad. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

INEGI (s/a). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15vmas

INEGI (2010). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/2010/#Microdatos

INEGI (2015a). Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enh/2015/doc/enh2015\_resultados.pdf

INEGI (2015b). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de https://www.ineqi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de <a href="https://www.inegi.org.mx/progra-">https://www.inegi.org.mx/progra-</a> mas/ccpv/2010/

INEGI (2022). Información de los Censos Económicos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/#Tabulados

ITSON (2014). Diseño en la administración de costos para la obtención del costo unitario a través del sistema de órdenes de producción. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Recuperado de https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no88/Pacioli-88-eBook.pdf

Julca (2021). Estimación de costos en el cierre de minas. Curso de cierre de minas. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/v\_-\_estimacion\_de\_costos\_cepal.pdf

Lamberti (2018). Análisis del Fideicomiso Río Sonora. Recuperado de https://poderlatam.org/2018/07/analisis-del-frs/

López, J. M., (2023). Información sobre los costos de cosecha de 5 productos agrícolas en 2014.

Luque, D., Murphy, A., Jones, E., Búrquez, A., Martínez, A., Manrique, T., & 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. (CIAD). Recuperado de https://patrimoniobiocultural.com/archivos/publicaciones/libros/Libro\_electroni co\_PDF\_Rio\_Sonora.pdf

Martínez, E. M., Flores, J. S. M., Sánchez, R. C. G., Salazar, J. A. G., Viqueira, J. P., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2018). Comercialización de agua por pipas en el oriente del Valle de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Recuperado http://htps://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1227/1380

Morales, A. L., y Hantke M. (2020). Guía metodológica de cierre de minas. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/166), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46532/S2000767\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PODER-CCRS (2021). La situación del agua en el Río Sonora. Proyecto sobre Organización, Desarrollo, Educación e Investigación (PODER) y Comités de Cuenca Río Sonora (CCRS). Recuperado de <a href="https://poderlatam.org/2021/08/la-situacion-">https://poderlatam.org/2021/08/la-situacion-</a> del-aqua-en-el-rio-sonora/

PROFECO (2021). Quién es quién en los precios. Pipas de agua potable. Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). Recuperado de https://www.profeco.gob.mx/precios/canasta/pipas/2021/QQPPIPAS\_051021.pdf

Puebla Gutiérrez, M. A. (2013). INTERMEDIACIÓN EN EL MERCADO DE CHILTEPÍN DE LA REGIÓN RÍO SONORA. Recuperado de https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/410/1/PUEBLA-GUTIERREZ-MA13.pdf

Ripari, N. V., Moscoso, N. S., & Elorza, M. E. (2012). Costos de enfermedades: Una revisión crítica de las metodologías de estimación. Lecturas de Economía, (77), 253-282. Recuperado de <a href="https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155226077008">https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155226077008</a>

Romero-Lázaro, E. M., Ramos-Pérez, D., Romero, F. M., & Sedov, S. (2019). INDICA-DORES INDIRECTOS DE CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN SUELOS Y SEDIMEN-TOS DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA, MÉXICO. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(2), 371-386. https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.09

SAGARHPA (2023). Información del oficio No. 002/23 con fecha del 16 de enero del 2023, solicitada a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura del Esado de Sonora (SAGARHPA).

SAGARPA (s/a). Norma Técnica para la Generación de Estadística Básica Agropecuaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/opt/normativ\_agricola/nagrop\_full.pdf

SAGARPA (2015). Criterios de procedencia que establecen el mecanismo de pago complementario a cultivos afectados como consecuencia directa del derrame de sustancias tóxicas en el "Rio Bacanuchi", ocurrido el 6 de agosto de 2014 en las instalaciones del complejo minero "Buenavista del Cobre" ubicadas en el estado de Sonora. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/339113/Criterios\_de\_Procedencia\_de\_Complemento\_a\_Cultivos.pdf

SALUD (2022). Anuario de Morbilidad 1984 - 2020. Secretaría de Salud (SALUD). Recuperado de https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/morbilidad\_grupo.html

SEMARNAT (2018). Fideicomiso Río Sonora. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/fideicomiso-rio-sonora

SEMARNAT (2022). Información sobre remediación a nivel superficial en el río Sonora. Dirección General Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

SEMARNAT y CONAGUA (2021). Resultados de los Análisis del Monitoreo de Calidad del Aqua Superficial y Subterránea en los Ríos Bacanuchi y Sonora Agosto de 2021. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Recuperado de https://en15dias.com/wpcontent/uploads/2022/01/Presentacion-Semarnat-Conagua-Analisis-de-calidaddel-agua-Agosto-2021.pdfhttps://en15dias.com/wp-content/uploads/2022/01/Presentacion-Semarnat-Conagua-Analisis-de-calidad-del-agua-Agosto-2021.pdf

SIACON (2023). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Recuperado de https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430

SIAP (2022). Estadística de Producción Agrícola. Servicio de Información Agroali-Pesquera (SIAP). Recuperado de http://infomentaria siap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php

SNIIM (2022). Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados -SNIIM. Recuperado de http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/

Solis-Garza, G., Robles-López, H., & Castellanos-Villegas, A. E. (2017). ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA EN ZONAS ÁRIDAS. EL CASO DE LOS RÍOS BACANUCHI Y SONORA EN EL NOROESTE DE MÉXICO. Biotecnia, 19(2), 3–12. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v19i2.378

SSP-SES (2014). Anuario Estadístico Edición 2014. Secretaría de Salud Pública (SSP) - Sistema Estatal de Salud (SES).

SSP-SES (2015). Anuario Estadístico 2015. Secretaría de Salud Pública (SSP) – Sistema Estatal de Salud (SES).

SSP-SES (2017). Anuario Estadístico 2017. Secretaría de Salud Pública (SSP) - Sistema Estatal de Salud (SES).

SSP-SES (2018). Anuario Estadístico 2018. Secretaría de Salud Pública (SSP) - Sistema Estatal de Salud (SES). Recuperado de http://salud.sonora.gob.mx/images/documentos-y-formatos/Anuario-Estadstico-2018-Sistema-Estatal-de-Salud.pdf

SSP-SES (2019). Anuario Estadístico 2019. Secretaría de Salud Pública (SSP) - Sistema Estatal de Salud (SES). Recuperado de http://salud.sonora.gob.mx/images/documentos-y-formatos/Anuario\_Estadistico\_2019-Sistema\_Estatal\_de\_Salud.pdf

SSP-SES (2020). Anuario Estadístico 2020. Secretaría de Salud Pública (SSP) - Sistema Estatal de Salud (SES). Recuperado de <a href="http://salud.sonora.gob.mx/ima-">http://salud.sonora.gob.mx/ima-</a> ges/informes-y-resultados/Anuario\_Estadstico\_2020\_-Sistema\_Estatal\_de\_Sa-<u>lud.pdf</u>

STPS (2022). PLAN DE JUSTICIA PARA CANANEA ABRIL 2022. Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).

UNAM (2016). INFORME FINAL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RÍO SONORA AFECTADA POR EL DERRAME DEL REPRESO "TINAJAS 1" DE LA MINA BUENAVISTA DEL COBRE, CANANEA, SONORA. Universidad Nacional Au-(UNAM). Recuperado de tónoma de México https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/341869/INFORME\_FI-NAL UNAM.pdf

Uniradio Noticias (2014). Río Sonora: dos meses de incertidumbre. Recuperado de <a href="https://www.uniradioinforma.com/noticias/riosonora/298833/rio-sonora-dos-meses-de-incertidumbre.html">https://www.uniradioinforma.com/noticias/riosonora/298833/rio-sonora-dos-meses-de-incertidumbre.html</a>