



**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**

I. RESUMEN EJECUTIVO

A partir del derrame de 40,000 metros cúbicos de lixiviados de la empresa Buenavista del Cobre S.A. de C.V. en el estado de Sonora, se derivaron graves riesgos a la salud de los habitantes en las zonas aledañas, así como a sus actividades productivas y afectaciones al entorno natural. La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) realizan, desde sus respectivas competencias, evaluaciones de los riesgos a la población y a sus actividades económicas y estiman los costos de atención y prevención, a corto y mediano plazo. Por su parte, el sector ambiental presenta en este documento las estimaciones respecto de las afectaciones del derrame sobre los recursos naturales, ecosistemas y servicios ambientales de la región.

En este sentido, el sector ambiental, encabezado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), hizo una estimación de las afectaciones inmediatas y las estimadas a mediano y largo plazo respecto de los recursos naturales y los servicios ambientales, en una franja del Río Bacanuchi-Sonora que va desde el punto del derrame hasta la Presa Rodolfo Félix Valdés, conocida como *El Molinito*. Al respecto, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) ha analizado la información que pusieron a su disposición las diferentes dependencias y entidades del sector ambiental, como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPa), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el propio INECC, el Servicio Geológico Mexicano de la Secretaría de Economía y diversas instituciones académicas. En este sentido, con la información que se ha hecho llegar a este Instituto, en nuestra opinión:

Los compuestos liberados por el derrame alteraron las características físico-químicas del agua introduciendo e incrementado sustancias y metales pesados que tienen efectos tóxicos agudos o crónicos en la salud humana, las especies de flora y fauna, así como sobre los ecosistemas. Los metales derramados son **bioacumulables y biomagnificables**, es decir, se acumulan en los tejidos de los organismos y por ende tienen impactos a lo largo de las cadenas alimenticias.

1. **La zona de afectación potencial 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 km**.



2. Ha quedado documentada la presencia de contaminantes atribuibles a la descarga de lixiviados, provenientes de la empresa Buenavista del Cobre S.A. de C.V. en el agua y sedimentos de la zona afectada. **Estos contaminantes han generado cambios, deterioros y modificaciones adversas en la calidad y disponibilidad del agua, así como en la composición de los sedimentos del Río Bacanuchi-Sonora.** Asimismo, representan una fuente de riesgo para las poblaciones humanas, ecosistemas y especies animales y vegetales.
3. Los contaminantes presentes en los lixiviados vertidos generan efectos a lo largo del tiempo en los diversos organismos. En consecuencia, **algunos impactos sólo podrán detectarse en el mediano y largo plazo.** Por lo tanto es necesario que el seguimiento y monitoreo de los recursos naturales y servicios ambientales también sean actividades de mediano y largo plazo. Esto justifica el establecimiento de **un sistema integral de monitoreo permanente en la zona** para identificar y cumplir con las obligaciones que se deriven de las posibles afectaciones e impactos adversos que en su momento se llegaran a detectar.
4. **Las afectaciones identificadas y cuantificadas hasta el momento por el INECC se refieren únicamente a los daños en recursos naturales y servicios ambientales,** a los gastos asociados a la implementación de las **medidas de respuesta inmediata** para evitar mayores daños, a **medidas adicionales de mediano y largo plazo** para evaluar y entender mejor los impactos del derrame en el ambiente, y a los **posibles costos de restauración.** Estas estimaciones no incluyen el valor de las afectaciones a la salud, ni el valor de las actividades económicas de la zona, las cuales están siendo determinadas por otras dependencias (COFEPRIS y SAGARPA, entre otros).
5. **Los costos estimados por el INECC asociados al derrame pueden calcularse en \$3,116 millones de pesos.** A continuación se detallan estos costos:

Tabla 1. Resumen de la cuantificación del daño ambiental

Concepto	Monto (millones de pesos)
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 CONAGUA a mediano plazo	15
Costos de restauración*	1,856
TOTAL	3,117

Nota: la suma de los parciales pudiera no coincidir con el total debido a redondeo al millar más próximo.

*Estos costos no consideran la remediación de suelos agrícolas de propiedad privada y social (ver inciso F).



A. Afectaciones económicas por el deterioro de agua que por precaución no fue destinada para consumo humano se puede calcular en: \$104.34 millones de pesos.

El Río Sonora abastece a la Presa *El Molinito*, embalse del cual se extrae agua para consumo humano. La Presa fue cerrada inmediatamente después del incidente y continúa cerrada. Entre el 6 Agosto y el 15 de Septiembre, el flujo de agua fue de **7.28 millones de m³**, que considerando el derecho cobrado por el gobierno federal por agua de uso doméstico en la Zona de disponibilidad del Río Sonora, asciende a **\$100.67 millones de pesos (Tabla 1.1)**.

Por otro lado, considerando que hubo un **cierre preventivo** de pozos dentro del área potencial de afectación, que duró del momento del derrame hasta el mes de septiembre, se estima que se han dejado de utilizar **196,980 m³ de agua subterránea**. Dado que el agua para uso agrícola y pecuario está exenta de pago de derechos, el agua sujeta a cobro es la destinada a uso industrial, doméstico y urbano, cuyo costo asciende aproximadamente a **\$3.67 millones de pesos (Tabla 1.1)**.

B. Implementación de las medidas de respuesta inmediata asciende a la cantidad de: \$103.67 millones de pesos.

Por un lado, se cuantificaron los posibles gastos asociados a recursos humanos y viajes para la atención de la contingencia así como los gastos por material, equipo y análisis de muestras de agua, sedimentos y material biológico, que dieron un total de **\$8.68 millones de pesos hasta el momento (Tablas 2.1-2.4)**. Los **gastos en distribución de agua potable** a la población suma **\$94.99 millones de pesos (Tabla 2.4)**.

C. Medidas de prevención para evitar mayores daños puede calcularse en: \$294.55 millones de pesos.

La existencia de fuertes incertidumbres y efectos ambientales que sólo se materializarán en el mediano y largo plazo, implica la necesidad de establecer un sistema integral de monitoreo ambiental de largo plazo, el cual incluye los siguientes:

- i. Monitoreo de **flora y fauna**
- ii. Monitoreo de **agua superficial y subterránea**
- iii. Monitoreo de **suelos**
- iv. Monitoreo **atmosférico** (calidad del aire)
- v. Monitoreo de la **efectividad de las medidas** de restauración y de compensación



Adicionalmente, se considera importante la creación de un comité científico de seguimiento. El costo del establecimiento de estos monitoreos se estima aproximadamente en **\$279.56 millones de pesos (Tablas 3.1-3.2)**.

Con el fin de disminuir los riesgos asociados al derrame, los gastos en materiales y equipos que proyecta gastar la CONAGUA **para el resto del 2014**, tendrán un costo aproximado de **\$14.99 millones de pesos (Tabla 3.3)**.

D. Posibles afectaciones a mediano plazo por restricciones al uso del agua asciende a la cantidad de: \$756.7 millones de pesos por año.

La limitación al uso del agua de los ríos Bacanuchi-Sonora y de la Presa *El Molinito* pudiese continuar a futuro dependiendo de las medidas de restauración que se implementen. La restricción anual al uso del agua de la Presa para uso humano representaría un volumen anual de **54.75 millones de m³**, con un valor aproximado de **\$756.7 millones de pesos** por año (Tabla 1.1).

E. Costos por remediación de suelos y restauración de zonas riparias se estima la cantidad de: \$1,856 millones de pesos.

Adicional a la contaminación del agua, las afectaciones incluyen el depósito de metales pesados en los sedimentos del lecho del Río Bacanuchi-Sonora y en los suelos donde se llevan a cabo actividades agrícolas. Para cuantificar **la afectación a terrenos nacionales**, se consideraron los 281 km de río impactado (desde el sitio del derrame hasta la Presa *El Molinito*) y se consideraron 10 metros de cada lado, resultando en un área de 562 hectáreas. Los costos de restauración dependerán del grado de afectación en cada segmento del río. Sin embargo, una estimación preliminar de los costos involucrados tomando en cuenta la restauración de vegetación riparia y la estabilización de sedimentos arroja una cifra de \$1,856 millones de pesos (Tabla 4.1).

F. Remediación de suelos en zonas NO federales asciende a \$16,880 millones de pesos.

La superficie de suelos agrícolas potencialmente contaminados es de casi 16,000 hectáreas. Los contaminantes alojados en estos suelos podrían lixiviarse hacia los acuíferos provocando la contaminación de cuerpos de agua de jurisdicción federal. El costo de la remediación de dichas tierras a través, por ejemplo, técnicas de fitoremediación asciende a **\$16,880 millones de pesos**.

6. Para cumplir **con las obligaciones derivadas de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental sobre restauración y compensación de daños ambientales** derivados del



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO

derrame, se deberá dar seguimiento puntual tanto a las acciones implementadas al momento, como a aquellas afectaciones e impactos que puedan surgir como resultado de dicho evento. Éstas deberán ser evaluadas por expertos, quienes determinarán ajustes a las medidas y estimaciones, dependiendo de la información y conocimiento que se vaya generando.

DOCUMENTO DE TRABAJO



Tabla 1.1. Costos de las afectaciones económicas por la pérdida de agua por el derrame de lixiviados de sulfato de cobre en el Río Bacanuchi-Sonora

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario (pesos)	Monto (millones de pesos)	Fuente
Deterioro del recurso agua por contaminación del Río Sonora del momento del derrame hasta el 15 de Septiembre 2014.	Es el volumen de agua que no se ha podido usar por contaminación del Río.	<p>4,967,136 m³ Volumen de agua del río Sonora del 6 agosto – 26 agosto 2014</p> <p>2,318,900 m³ Volumen de agua del río Sonora del 27 agosto – 15 Septiembre 2014</p> <p>Total: 7,286,035 m³ de agua Calculado con base en el promedio diario de gasto registrado en la estación hidrométrica del Orégano 2.</p>	<p>\$13.8162 por metro cúbico de agua LFD Art. 223 Fracc. A. Zona de disponibilidad 1</p>	\$100.67	<p>DOF (2014) Ley Federal de Derechos, última reforma DOF 11-08-2014. Diario Oficial de la Federación. México</p> <p>CONAGUA, Banco Nacional de Datos de Aguas Nacionales, Gasto promedio del Río Sonora (1942-2011), Estación Hidrométrica El Orégano 2, (No 09017)</p>
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 subterránea para consumo humano, agrícola, doméstico o urbano que no se extrajo debido al cierre preventivo de pozos.	<p>3,481,665 m³ Volumen de agua para uso agrícola o pecuario durante agosto y septiembre</p> <p>196,980 m³ Volumen de agua para uso industrial, doméstico, urbano o múltiple durante agosto y septiembre</p> <p>Total: 3,678,654 m³ de agua durante agosto y septiembre</p> <p>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.</p>	<p>\$0.00 por metro cúbico de agua LFD Art. 224 Fracc. I</p> <p>\$18.6169 por metro cúbico de agua LFD Art. 223 Fracc. A. Zona de disponibilidad 1</p>	\$3.67	<p>DOF (2014) Ley Federal de Derechos, última reforma DOF 11-08-2014. Diario Oficial de la Federación. México.</p> <p>CONAGUA (2014). Registro Público de Derechos de Agua (REPGA). Última actualización 30 de junio de 2014. México.</p>
Deterioro del recurso agua por contaminación del Río Sonora durante el año que como mínimo durará la contaminación.	Es el volumen de agua almacenada en la Presa <i>El Molinito</i> que no se podrá usar durante un año.	<p>54.75 millones de m³ Volumen de agua de la Presa <i>El Molinito</i> estimado para 2014</p> <p>Calculado con base en las extracciones promedio históricas 1993-2013 de la Presa <i>El Molinito</i></p>	<p>\$13.8162 por metro cúbico de agua LFD Art. 223 Fracc. A. Zona de disponibilidad 1</p>	\$756.7	<p>DOF (2014) Ley Federal de Derechos, última reforma DOF 11-08-2014. Diario Oficial de la Federación. México</p> <p>Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos. Subdirección General Técnica. CONAGUA. SEMARNAT.</p>



TOTAL				\$861.04	
--------------	--	--	--	-----------------	--

Tabla 2.1 Costos de las medidas de respuesta inmediata implementadas por la PROFEPA derivadas del derrame de lixiviados de sulfato de cobre en el Río Bacanuchi- Sonora

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario (pesos)	Monto (millones de pesos)	Fuente
Inspecciones para documentar el daño en materia de Vida Silvestre del 6 de agosto al 5 de septiembre 2014.	Gastos asociados a recursos humanos y viajes para documentar el daño en materia de Vida Silvestre para la atención de la contingencia.	13 funcionarios laboraron durante la contingencia. (Desglose de costos ver anexo 1)	\$18,360 gasto promedio por funcionario que incluye salarios, viáticos, traslados	\$0.24	Dirección General de Inspección y Vigilancia de Vida Silvestre, Recursos Marinos y Ecosistemas Costeros, Subprocuraduría de Recursos Naturales. PROFEPA. SEMARNAT.
Inspecciones para documentar el daño en materia de contaminación industrial del día del derrame hasta el 15 de septiembre de 2014.	Gastos asociados a recursos humanos y viajes para la atención de la contingencia.	16 funcionarios laboraron durante la contingencia Costos desglosados ejercidos por los 16 funcionarios: \$136,866 <u>TOTAL DE SUELDOS DE 16 FUNCIONARIOS POR LOS DÍAS LABORADOS DEL 10 DE AGOSTO AL 15 DE SEPTIEMBRE</u> \$143,472 pasajes <u>TOTAL DE PASAJES DE 16 FUNCIONARIOS POR LOS DÍAS LABORADOS DEL 10 DE AGOSTO AL 15 DE SEPTIEMBRE</u> \$217,900 viáticos <u>TOTAL DE VIÁTICOS DE 16 FUNCIONARIOS POR LOS DÍAS LABORADOS DEL 10 DE AGOSTO AL 15 DE SEPTIEMBRE</u> Calculado con base en los gastos de los 16 funcionarios que atendieron las inspecciones, incluyendo la inspección del 10 al 15 de septiembre 2014.	\$31,139 gasto promedio por funcionario que incluye salarios, viáticos y pasajes	\$0.50	Dirección de Evaluación y Seguimiento de Programas, Subprocuraduría de Inspección Industrial, PROFEPA.
Análisis de laboratorio de PROFEPA para documentar el daño en materia de contaminación del río	Gastos asociados a los análisis de las muestras enviadas al laboratorio para determinar los niveles de contaminación erogados	Salario del técnico muestreador Transporte de material en avión Viáticos y traslados a Cananea, Sonora Análisis de acuerdo a la NOM-147- SEMARNAT/SSA1-2004 Análisis Hierro total EPA 6010C-2007 Análisis Cobre Total EPA 6010C-2007	0.01 0.02 0.11 0.16 0.03 0.03	\$0.42	Dirección de Evaluación y Seguimiento de Programas, Subprocuraduría de Inspección Industrial, PROFEPA.



reportados hasta el 15 de septiembre de 2014.	hasta el 15 de septiembre de 2014.	Análisis Manganeso Total EPA 6010C-2007 Análisis Aluminio Total EPA 6010C-2007	0.03 0.03 Cifras en millones de pesos		
SUBTOTAL				1.16	

DOCUMENTO DE TRABAJO



Tabla 2.2 Costos de las medidas emergentes implementadas por la CONAGUA derivadas derrame de lixiviados de sulfato de cobre en el Río Bacanuchi- Sonora (continuación)

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario (pesos)	Monto (millones de pesos)	Fuente
Gastos realizados por la atención de la emergencia en viáticos y pasajes por parte de CONAGUA entre el 10 de agosto y 3 de septiembre de 2014.	Gastos asociados viajes que realizó el personal de CONAGUA para la atención de la contingencia.	6 funcionarios laboraron durante la contingencia Costos desglosados ejercidos por los 16 funcionarios: Viáticos \$41,250 16 días, 2 funcionarios \$10,725 8 días, un funcionario \$5,000.00 5 días, un funcionario \$1,875 2 días, un funcionario \$4,375 4 días, un funcionario TOTAL DE VIÁTICOS DE 6 FUNCIONARIOS: <u>\$63,225</u> Pasajes \$ 75, 924 9 viajes, 1 funcionario 3 viajes, 1 funcionario 2 viajes y 4 funcionarios con un viaje Calculado con base en los gastos por comisión reportados por CONAGUA. Para 6 funcionarios del 10 de agosto y 3 de septiembre	\$23, 191 gasto promedio por funcionario que incluye viáticos y pasajes	\$0.14	Subgerencia de Dictámenes Técnicos y Emergencias Hidrogeológicas, Gerencia de Calidad del Agua, CONAGUA
SUBTOTAL				\$0.14	



Tabla 2.3 Costos de las medidas emergentes implementadas por la CONAGUA derivadas derrame de lixiviados de sulfato de cobre en el Río Sonora (continuación)

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario (pesos)	Monto (millones de pesos)	Fuente
Gastos realizados por la atención de la emergencia en materiales y equipo por parte de CONAGUA entre el 6 de agosto y 10 de septiembre	Gastos en materiales y equipos por parte de la CONAGUA para la atención de la contingencia.	Mantenimiento y reparación de equipo, pipas y vehículos	\$0.67	\$7.1	Gerencia de Procesos Administrativos. Subdirección General Jurídica. CONAGUA.
		Consumo de combustibles diesel y gasolina	\$0.65		
		Análisis de muestras de agua del Río Sonora	\$0.58		
		Motobombas y equipo de bombeo instalado en pozos y pipas para reparto de agua potable.	\$0.17		
		Almacenamiento y distribución de agua potable.	\$0.09		
		Productos químicos de cloro, hipoclorito de calcio, plata coloidal, pastillas DPD y comparadores	\$0.30		
		Transportación aérea y terrestre: renta de helicópteros y avión para operativos y sobrevuelos y otros gastos asociados a la atención de la emergencia	\$4.64		
		Cifras en millones de pesos			
Gastos a realizar en viajes y viáticos por la atención de la emergencia por parte de CONAGUA de septiembre hasta diciembre 2014.	Gastos proyectados asociados a viajes, viáticos, por parte de CONAGUA para la atención de la contingencia contemplados para los meses de septiembre a diciembre de 2014.	4 meses de comisión para 6 funcionarios a Costos desglosados a ejercer por mes por funcionario durante septiembre a diciembre: Comisiones \$12,561.00 viáticos y pasajes de un funcionario por mes TOTAL \$50,244 por cuatro meses \$11,561.00 viáticos y pasajes para 5 funcionarios por mes TOTAL \$231,220 por cuatro meses \$281,464 <u>TOTAL DE VIÁTICOS Y PASAJES POR 6 FUNCIONARIOS EN 4 MESES</u>	\$70,366 costo total por comisión para 6 funcionarios al mes.	\$0.28	Subgerencia de Dictámenes Técnicos y Emergencias Hidrogeológicas, Gerencia de Calidad del Agua, CONAGUA



SUBTOTAL				\$7.38	
-----------------	--	--	--	--------	--

Tabla 2.4 Costos de las medidas emergentes implementadas por la CONAGUA derivadas derrame de lixiviados de sulfato de cobre en el Río Sonora (continuación)

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario (pesos)	Monto (millones de pesos)	Fuente
Distribución emergente de agua potable para suplir desabasto del 12 de agosto al 10 de septiembre 2014.	Gastos totales asociados a la distribución diaria de agua potable, por parte de CONAGUA, a través de pipas. Se atendió a 10,961 habitantes de los municipios Arizpe, Banamichi, Huépac, Aconchi, San Felipe de Jesús y Baviácora.	10.16 millones de litros de agua Volumen suministrado mediante 22 pipas de CONAGUA 10.16 millones de litros de agua Volumen suministrado mediante 22 mediante pipas rentadas por CONAGUA. Total: 20.32 millones de litros de agua Calculado con base en el volumen diario suministrado de agua potable.	. 40 centavos por litro costo por litro de agua distribuido con pipas de CONAGUA .95 centavos por litro costo por litro de agua distribuido con pipas rentadas.	\$13.72	Subgerencia de Dictámenes Técnicos y Emergencias Hidrogeológicas, Gerencia de Calidad del Agua, CONAGUA.
Distribución de plantas potabilizadoras para la población en los municipios afectados	Inversión requerida para la instalación y suministro para una planta potabilizadora de osmosis invertida en cada una de las cabeceras municipales de los municipios afectados.	7 plantas potabilizadoras de osmosis invertida. Calculado con base en la inversión requerida por planta potabilizadora para cada una de las cabeceras municipales de los municipios afectados.	\$11.61 millones de pesos por planta potabilizadora	\$81.27	Gerencia de Procesos Administrativos. Subdirección General Jurídico. CONAGUA. SEMARNAT.
SUBTOTAL				\$94.99	



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO

TOTAL DE MEDIDAS EMERGENTES IMPLEMENTADAS	SUMA SUBTOTALES TABLAS 2.1-2.4			\$103.67	
--	---------------------------------------	--	--	-----------------	--

DOCUMENTO DE TRABAJOS



Tabla 3.1 Costos de medidas adicionales para evitar mayores daños ambientales: sistema de monitoreo al ecosistema

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario	Monto (millones de pesos)	Fuente
Monitoreo del impacto al ecosistema	Estudios de monitoreo sobre los cambios en los procesos químicos y biológicos en el Río Sonora y área circundante, relativos a la modelación de contaminantes, ecotoxicológicos; de poblaciones de especies indicadoras; de parámetros de comunidades afectadas, de condición de salud de especies indicadoras, seguimiento en la zona costera receptora con organismos indicadores. Se propone la realización de los muestreos durante un plazo de 10 años.	<ul style="list-style-type: none"> ● Salidas de campo para la obtención de muestras de agua y sedimento ● Análisis fisicoquímico de agua ● Análisis fisicoquímico de sedimentos ● Análisis de metales pesados de agua y sedimentos ● Salidas de campo para la obtención de muestras biológicas ● Análisis de tejido para metales pesados y bioacumulación ● Análisis de isótopos estables ● Monitoreo de salud de los peces y anfibios ● Análisis bacteriológico ● Modelación espacio temporal 	<p>\$0.28</p> <p>\$2.4</p> <p>\$2.8</p> <p>\$2.8</p> <p>\$0.32</p> <p>\$2.8</p> <p>\$6</p> <p>\$0.28</p> <p>\$2.0</p> <p>\$1.6</p> <p>TOTAL \$21.28 millones de peses por año</p>	<p>\$212.8</p> <p>por 10 años</p>	Consulta con expertos: Leticia García Rico, CIAD; IMTA, Dr. Arturo García Gómez, Facultad de Ciencias de la UNAM; Dr. Caros Chávez Toledo, Centro de Superiores del Estado de Sonora; Dr. Jorge Zavala, Centro Mareográfico Nacional, UNAM; Jorge Herrera, CINVESTAV-Mérida; Dr. Luis Zambrano, Instituto de Biología, UNAM.
SUBTOTAL				\$212.8	



Tabla 3.2 Costos de medidas adicionales para evitar mayores daños ambientales: sistema de monitoreo al agua y sedimentos

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario	Monto (millones de pesos)	Fuente
Sistema de monitoreo de calidad del agua, superficial, subterránea y sedimentos	<p>Costos de muestreo y análisis de agua superficial, subterránea y sedimentos en el Río Bacanuchi, Río Sonora y la Presa "El Molinito".</p> <p>El monitoreo de la calidad del agua superficial y subterránea se realizará para los siguientes elementos: arsénico, bario, berilio, cromo, cadmio, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y vanadio.</p> <p>El monitoreo para sedimentos se realizará para los siguientes elementos: arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y pH.</p> <p>El muestreo y análisis se realizará por 5 años.</p> <p>Incluye costos de muestreo y análisis de muestras sin interpretación.</p>	<p>24 muestreos al año para agua superficial, subterránea y sedimentos.</p> <p>(120 muestreos por cinco años)</p> <p>2,256 análisis en laboratorio de muestras de agua superficial y agua subterránea a analizar anualmente</p> <p>(11,280 análisis en laboratorio de muestras de agua por cinco años)</p> <p>696 análisis en laboratorio de muestras de sedimentos al año</p> <p>(3,480 análisis en laboratorio de muestras de sedimentos por cinco años)</p>	<p>\$85,840 por muestreo</p> <p>\$3,857 por muestra de agua superficial y subterránea</p> <p>\$3,724 por muestra de sedimentos</p>	<p>\$66.76 por cinco años</p> <p>(\$13.35 por año)</p>	Estimación Comercial Ofertada.
SUBTOTAL				\$66.76	
Total de monitoreo				279.56	



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO

DOCUMENTO DE TRABAJO



Tabla 3.3. Costos de medidas adicionales para evitar mayores daños ambientales: medidas que implementará CONAGUA

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario	Monto (millones de pesos)	Fuente
Proyección de gastos a realizar por la atención de la emergencia en materiales y equipo por parte de CONAGUA	Proyección de gastos en materiales y equipos por parte de la CONAGUA para la atención de la contingencia.	Mantenimiento y reparación de equipo, pipas y vehículos	\$0.62	\$14.99	Subgerencia de Dictámenes Técnicos y Emergencias Hidrogeológicas, Gerencia de Calidad del Agua, CONAGUA
		Consumo de combustibles diesel y gasolina	\$0.80		
		Análisis de muestras de agua del Río Sonora	\$0.60		
		Almacenamiento y distribución de agua potable.	\$0.10		
		Productos químicos de cloro, hipoclorito de calcio, plata coloidal, pastillas DPD y comparadores	\$0.30		
		Transportación aérea y terrestre: renta de helicópteros y avión para operativos y sobrevuelos y otros gastos asociados a la atención de la emergencia	\$3.07		
		Renta de pipas: para distribución de agua potable y no potable en poblaciones afectadas	\$9.50		
TOTAL			Millones de pesos	\$14.99	

DOCUMENTO



Tabla 4.1. Costos de restauración (valores máximos considerando el total del área potencial de afectación)

Concepto	Descripción	Unidad del daño ambiental	Costo Unitario	Monto (millones de pesos)	Fuente
Costos de restauración de vegetación riparia	<p>La restauración por contaminación de metales pesados contempla la reforestación riparia a 10 metros a cada lado del Río Sonora.</p> <p>La restauración se llevará a cabo en el transcurso de 5 años.</p>	<p>1,250 acres</p> <p>La superficie a restaurar se estimó a partir de considerarse que se implementará a 10 metros de ancho de cada lado del Río Sonora a lo largo de una longitud de 253 km</p>	<p>\$1,453 pesos por acre</p> <p>precio de 110 dólares por acre para la conversión se utilizó un tipo de cambio \$13.21 reportado por Banxico sept 10, 2014</p> <p>(\$0.384 por año)</p>	\$1.81	Bair, B (2000), Stream restoration cost estimates, USDA Forest Service.
Costos de estabilización de sedimentos	Estabilización de sedimentos tratamiento químico reacción de óxidos reducción.	<p>1,124,000 m³</p> <p>Volumen máximo de sedimentos para remediar.</p>	<p>\$1,651 /m³</p> <p>precio de 125 dólares por m³ para la conversión se utilizó un tipo de cambio \$13.21 reportado por Banxico sept 10, 2014</p>	\$1,855	Estimación Obtenida.
Total				\$1,856	

DOCUMENT