



**LANCIS**

Laboratorio Nacional  
de Ciencias de la Sostenibilidad  
UNAM

**Evidencias de las afectaciones a la integridad funcional de los ecosistemas del Río Bacanuchi y el Río Sonora por el derrame de la mina Buena Vista del Cobre: avances del diagnóstico ambiental.**



21 de abril de 2016

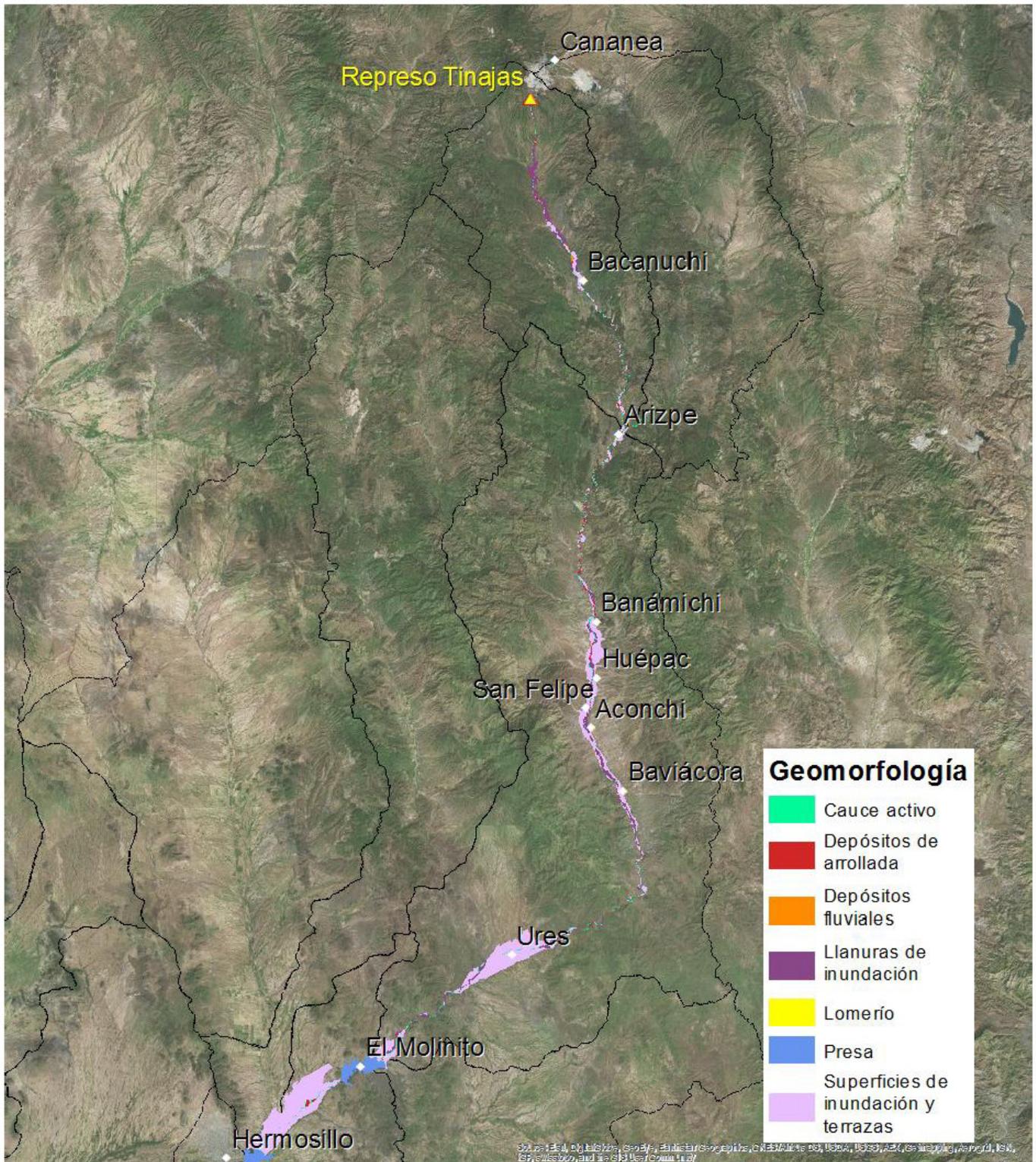
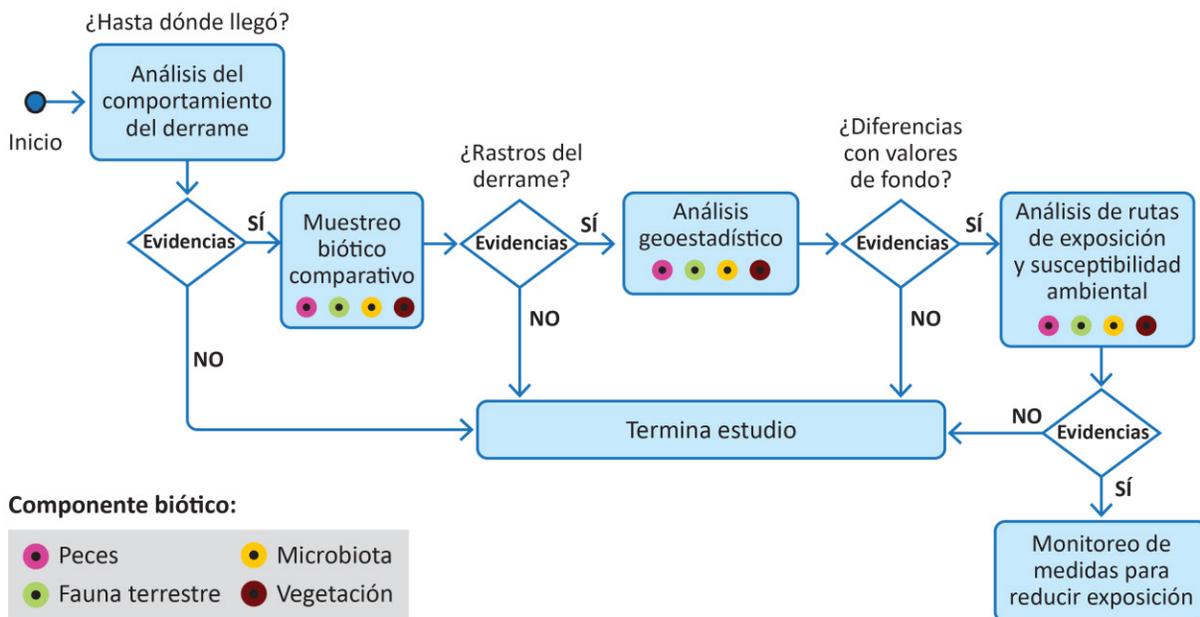


Figura 4. Geomorfología a lo largo del cauce del Río Bacanuchi-Sonora.



**Figura 6. Esquema general de investigación.**

#### 4.1 Dinámica del derrame y fase aguda

Con respecto al tránsito de la sustancia preñada a lo largo del cauce, se examinan los patrones de distribución del pH y de las concentraciones de metales en aguas superficiales y subterráneas en los días posteriores al derrame (con base en los muestreos hechos por CONAGUA). Los valores de referencia se obtienen de muestreos obtenidos para el cauce del Río Bacanuchi-Sonora desde el Represo Tinajas hasta El Molinito: (1) en el 2004, para pH y agua subterránea (reportadas por el Instituto Tecnológico de Sonora); y (2) en el 2005, para agua superficial (reportadas por la Universidad de Sonora).

El patrón espacio-temporal (la extensión a lo largo del cauce) se obtiene mediante un modelo geoestadístico. La duración de la fase aguda se determina al examinar el patrón de distribución del pH ácido.

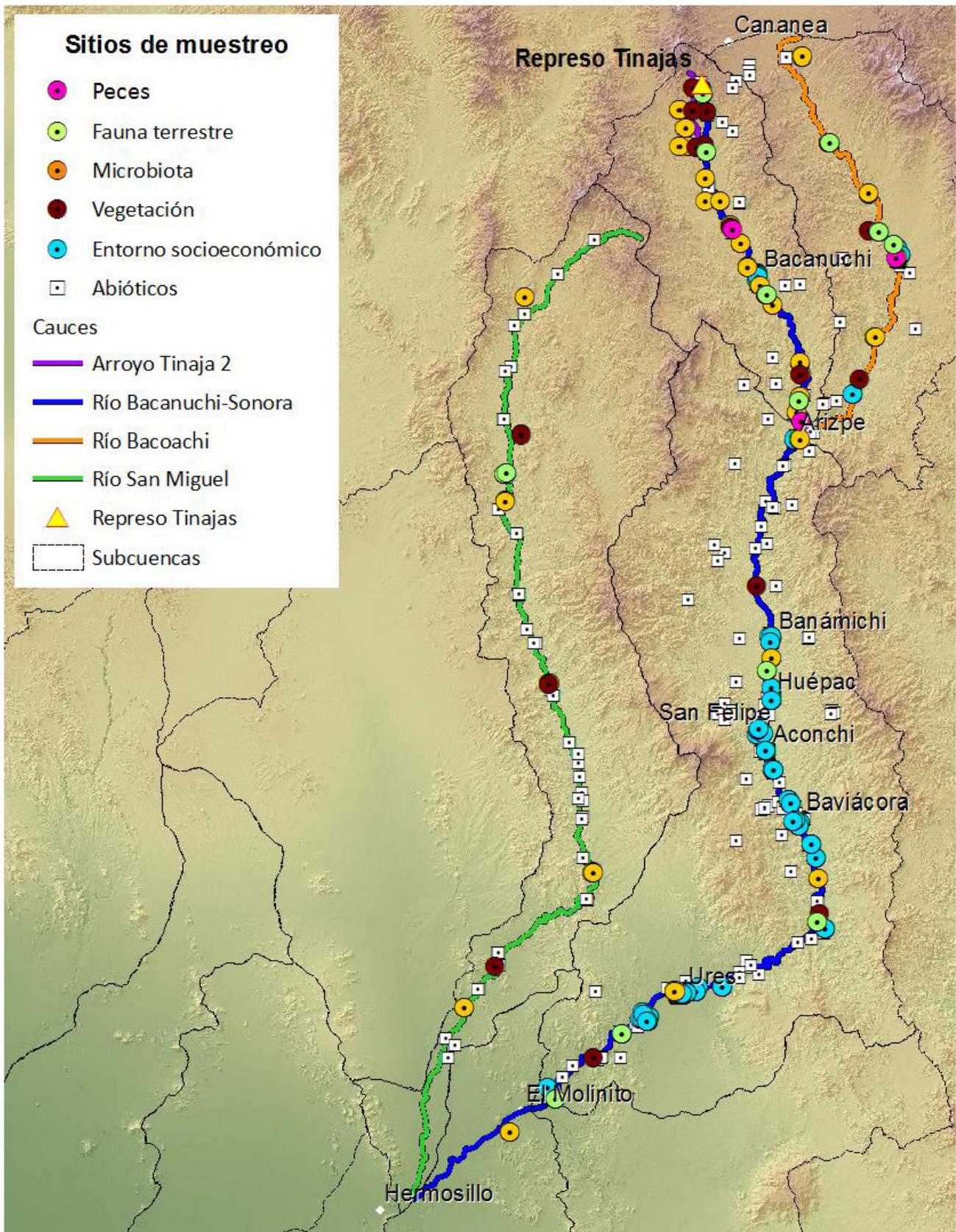
#### 4.2 Fase crónica exacerbada

##### 4.2.1 Muestreo biótico comparativo

Los elementos críticos del ecosistema incluyen: fauna acuática, fauna terrestre (silvestre y doméstica), microbiota y vegetación. Asimismo, se analizan indicadores del entorno socioeconómico (inocuidad).

Los criterios del muestreo biótico comparativo son los siguientes:

- Sitios equidistantes y geo-estadísticamente representativos.
- Sitios en la zona de afectación a lo largo del cauce del Río Bacanuchi-Sonora (para fauna doméstica e inocuidad en las localidades circundantes).
- Sitios control sin influencia de la mina Buenavista del Cobre en la subcuenca del Río San Miguel.
- Sitios control con influencia de la mina Buenavista del Cobre en el Arroyo Tinajas 2 y la subcuenca del Río Bacoachi.
- Transectos y réplicas que capturan la variabilidad local.



**Figura 7. Distribución de los sitios de muestreo por componente en los cuatro cauces estudiados. El Arroyo Tinaja 1 se analiza como parte del sistema fluvial Río Bacanuchi-Sonora.**

- Se observa una alta mortalidad del arbolado en el arroyo Tinaja 1 a 13 km al sur del represo Tinajas, que contrasta con las observaciones realizadas en el arroyo Tinaja 2 (Figura 18 y Figura 17).

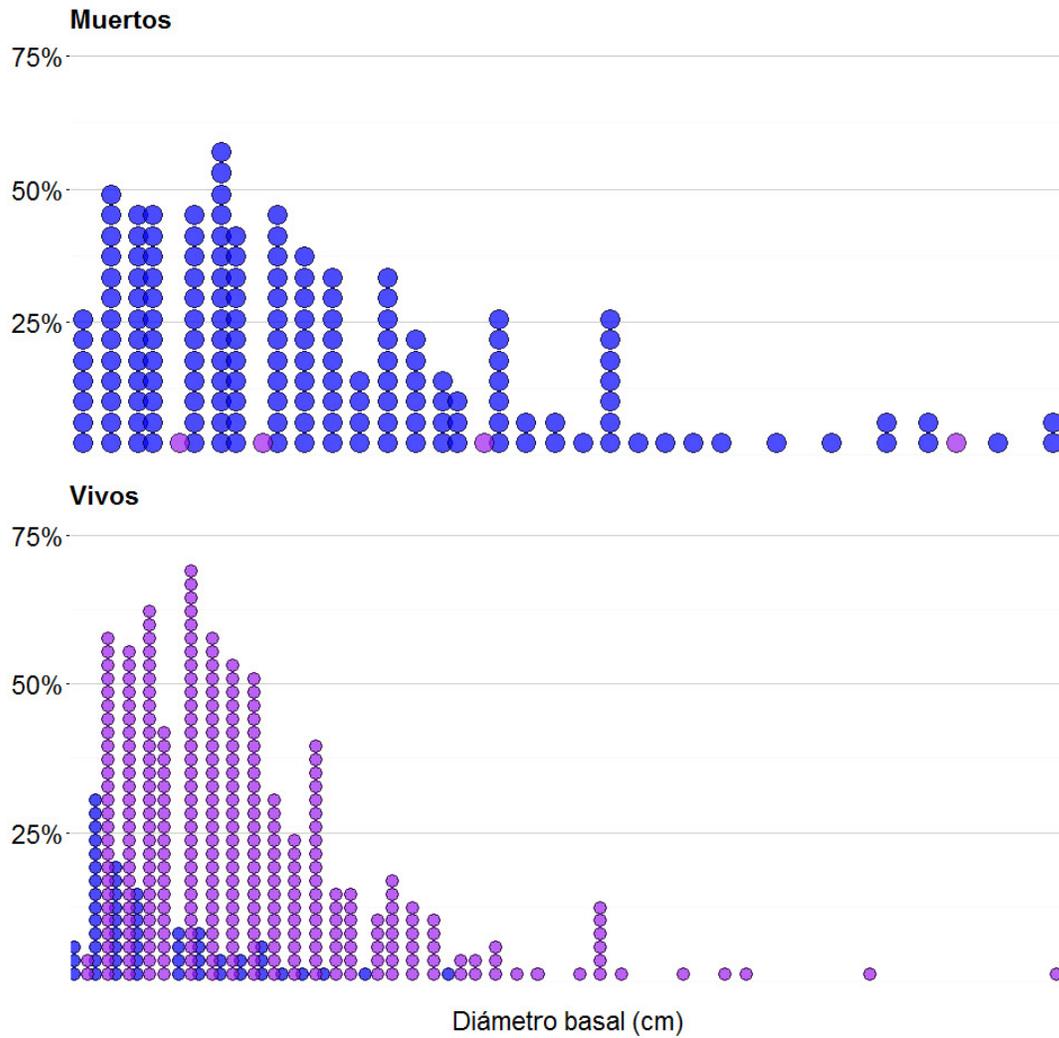
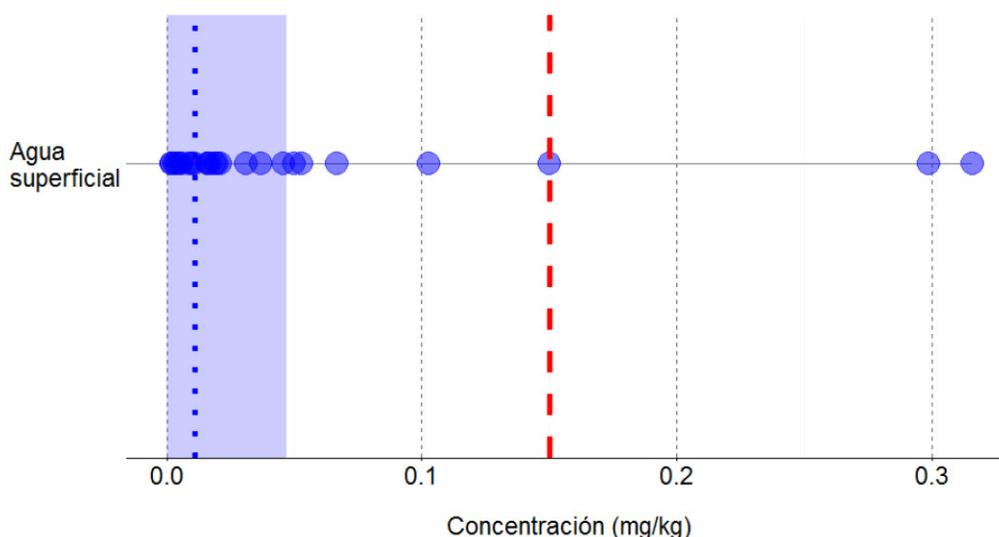


Figura 17. Diferencia entre árboles vivos y muertos en los transectos en el Arroyo Tinaja 1 (puntos en azul), y Arroyo Tinaja 2 (puntos en violeta). El derrame ocurrió 13 km al norte de los sitios de muestreo sobre el Arroyo Tinaja 1.



**Figura 27. Concentración de manganeso en agua superficial 15 meses después del derrame. derrame (punto azul=concentración en sitio de muestreo; línea discontinua roja = límite permisible para agua superficial, NOM-127-SSA1-2000; línea punteada azul = promedio del valor de referencia o estado base; franja azul = promedio  $\pm$  desviación estándar del valor de referencia o estado con base ITSON, 2004)**

### 5.3 Nexo causal

Existen evidencias necesarias y suficientes, de índole geológica y biológica, del incremento de la concentración de metales en el ambiente, por encima de la condición inmediata anterior al derrame. Estas evidencias claramente indican el nexo causal entre los elementos tóxicos contenidos y liberados a consecuencia del derrame y la alteración del estado base del Río Bacanuchi-Sonora.

Las evidencias de índole geológica indican que:

- El cambio adverso en las condiciones químicas de los ecosistemas del Río Bacanuchi-Sonora tiene origen en los metales contenidos en la solución preñada, y en los metales liberados y removilizados, por procesos de desorción y solubilización, al paso de la solución ácida.
- La solución ácida a lo largo del Río Sonora llegó a un punto al sur de Aconchi y al norte de Baviacora, conforme a los registros de valores de pH ácido (de 2.6 a 4) en agua superficial.
- Conforme a los resultados del análisis geoestadístico de los muestreos oficiales de agua, se demuestra que los efectos del derrame llegaron hasta las inmediaciones de la Presa El Molinito.
- Los metales contenidos en el lixiviado derramado y los removilizados por el paso del derrame precipitaron en fases minerales inestables en depósitos dentro del área de influencia del derrame (esto es, cauce menor, cauce mayor, planicie de inundación y zonas de afectación por crecidas extraordinarias).
- Los metales depositados representan un riesgo mayor al poder ser removilizados y liberados al ambiente con cambios en el pH del agua.
- Los muestreos de suelo y sedimento en zanjas de 1 a 3 m de profundidad a lo largo arroyo Tinajas y el Río Bacanuchi-Sonora demuestran la presencia de contaminación residual por la migración vertical de metales provenientes del derrame.