

ANEXO

1.10

Evaluación del riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos en suelos, asociados al derrame de Buenavista del Cobre ocurrido en Agosto del 2014

INFORME

FIDEICOMISO RIO SONORA

Evaluación del riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos en suelos, asociados al derrame de Buenavista del Cobre ocurrido en Agosto del 2014.

Preparado para:

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMARNAT

Preparado por:

Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía-LANGEM
Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad de Sonora
Instituto Tecnológico de Sonora

Contenido

PRÓLOGO	4
GLOSARIO.....	5
1. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	7
2. INTRODUCCIÓN	8
2.1. Documentos principales utilizados	9
2.2. Modelo Conceptual	10
3. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Selección del sitio de referencia.	11
3.2. Rutas de exposición.	11
3.3. Selección de contaminantes críticos.....	12
3.4. Generalidades sobre los metales analizados que están asociados a la solución derramada.	12
Cobre.....	12
Hierro.....	13
Manganeso	13
Zinc	13
Arsénico.....	13
Plomo	13
3.5. Modelo IEUBK.....	14
3.6. Valores de referencia	15
3.7. Muestreo	16
3.8. Preparación de muestras.....	16
3.9. Métodos analíticos	17
3.10. Control de calidad y cadenas de custodia.....	18
4. RESULTADOS	20
4.1. Bacoachi (Zona Control o Sitio de Referencia).....	20
4.1.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	20
4.1.2. Estimación de riesgo.....	24
4.2. Arizpe.....	29
4.2.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	29
4.2.2. Estimación de riesgo.....	32
4.3. Aconchi	35
4.3.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	35
4.3.2. Estimación de riesgo.....	39
4.4. Banámichi	42
4.4.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	42

4.4.2. Estimación de riesgo.....	46
4.5. Huépac.....	49
4.5.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	49
4.5.2. Estimación de riesgo.....	53
4.6. San Felipe de Jesús.	56
4.6.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	56
4.6.2. Estimación de riesgo.....	61
4.7. Baviácora.	64
4.7.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	64
4.7.2. Estimación de riesgo.....	69
4.8. Ures.....	72
4.8.1. Investigación histórica y descripción del sitio.	72
4.8.2. Estimación de riesgo.....	76
CONCLUSIONES.	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS	81
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DEL SITIO DE REFERENCIA: BACOACHI, SONORA.....	81
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE ARIZPE, SONORA.....	86
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE BANAMICHI, SONORA.....	91
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE HUÉPAC, SONORA	94
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE SAN FELIPE DE JESÚS, SONORA	99
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE ACONCHI, SONORA.....	103
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE BAVIÁCORA, SONORA.....	107
CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE URES, SONORA	112

PRÓLOGO

El objetivo del presente documento es proporcionar evidencia científica y racional acerca del riesgo a la salud humana por exposición crónica a metales en suelos de comunidades del Río Sonora. La investigación se centra no solo en la determinación de concentración total de metales en suelos, sino también en su bioaccesibilidad oral (fase gástrica). La evaluación de riesgo a la salud por exposición a plomo se centra en niños por ser la población más vulnerable y se trabajó con el modelo IEUBK incluyendo datos de valores máximos de contenido de plomo encontrados en alimentos analizados para las áreas estudiadas. El escenario para el cálculo de riesgo es siempre el más conservador, es decir, se consideran los valores máximos encontrados en la matrices de suelos, pruebas de bioaccesibilidad oral y alimentos.

GLOSARIO

Ambiente. Conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Bioaccesibilidad. Fracción soluble de un elemento químico contenido en el suelo determinado a partir de un estudio in vitro (NOM-147-SEMARNAT)

Biodisponibilidad. Característica de las sustancias tóxicas que indica la facilidad de incorporarse a los seres vivos mediante procesos o mecanismos, inhalación, ingesta o absorción, y que están influenciados por diferentes parámetros como las rutas de exposición, características fisiológicas del receptor, características químicas del contaminante. Se interpreta como la fracción soluble de un elemento potencialmente tóxico que puede atravesar barreras biológicas de intercambio del organismo receptor.

Biomarcador. Es un indicador bioquímico, fisiológico o ecológico del estrés físico, químico o biológico en los organismos y sus poblaciones. Es un trazador de las reacciones que pueden ocurrir a diferentes niveles-molecular, celular, organismo completo, poblaciones o comunidades. Su detección permite evaluar de forma temprana los efectos negativos de los contaminantes. Se utilizan para detectar la presencia de una exposición, determinar las consecuencias biológicas de la exposición, detectar estados iniciales o intermedios de un proceso patológico, identificar individuos sensibles de una población, fundamentar la decisión de intervenir, tanto a nivel individual como ambiental.

Biomarcador de exposición. Respuesta biológica que integra las propiedades fisicoquímicas del compuesto tóxico y su toxicocinética en el organismo. Refleja si el organismo está o ha estado expuesto a contaminantes particulares dando cuenta de su biodisponibilidad.

Biomarcador de efecto. Respuestas moleculares, bioquímicas, celulares o fisiológicas de un organismo y que son indicativas del efecto tóxico de los contaminantes. Algunos de estos biomarcadores señalan solamente el estado de un proceso que puede ser o no reversible, dependiendo de la duración o intensidad de la exposición.

Cadena de custodia. Documento de registro de obtención de muestras, transporte, entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas o análisis.

Cálculo del riesgo. Cuantificación de la probabilidad de que ocurran efectos adversos específicos en un organismo, sistema o población por la exposición actual o futura a un contaminante.

Caracterización del riesgo. Integración de la evidencia, razonamientos y conclusiones recolectados durante la identificación del peligro, evaluación de dosis-respuesta y la evaluación de exposición; el cálculo de la probabilidad, incluyendo las incertidumbres de ocurrencia y efectos adversos cuando se administra, toma o absorbe un agente en un organismo o población. Es el último paso en la evaluación del riesgo.

Carcinógeno(a): Cualquier sustancia que pueda causar cáncer.

Concentración. Relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia.

Concentración de fondo total: Masa del elemento químico regulado por unidad de masa del suelo en estudio y que encuentra en un suelo de manera natural.

Concentración total: Masa del elemento químico por unidad de masa del suelo en estudio, expresada en mg/kg.

Contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Contaminante crítico. Contaminante elegido por su toxicidad y peligrosidad para realizar la caracterización del riesgo.

Dosis. Cantidad de una sustancia disponible que interactúa con el proceso metabólico o biológico de los receptores una vez que ha cruzado las barreras externas del organismo.

Dosis de exposición. Cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto. La dosis de exposición determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica.

Dosis de referencia (RfD o DdR). Es el índice de toxicidad que más se utiliza en la evaluación de riesgos por exposición a sustancias no-cancerígenas. Es el nivel de exposición diaria que no produce un riesgo apreciable de daño en poblaciones humanas, incluyendo las subpoblaciones sensibles.

Efecto adverso o daño. Cambio en la morfología, fisiología, crecimiento, desarrollo, o reproducción de un organismo, población, comunidad o ecosistema que resulta en el deterioro de la capacidad funcional y deterioro en la capacidad de compensar los efectos de factores de estrés adicionales. Es una función de la dosis de exposición y, de las condiciones de exposición.

Elemento natural. Elemento físico, químico o biológico, que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Escenario de exposición. Conjunto de suposiciones que describen cómo ocurren las exposiciones, incluyendo las características del agente estresante.

Evaluación del riesgo ambiental. Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman.

Fuente de contaminación. Punto o área de contaminación y dispersión de materiales peligrosos y residuos peligrosos al ambiente, fuente que emite contaminantes al medio ambiente en un sitio contaminado.

Fuente no específica. Actividades que generan una contaminación difusa (no puntual) de materiales peligrosos o residuos peligrosos al medio ambiente y que pueden aplicarse a diferentes actividades o procesos.

Límite máximo de la exposición. Cuando la exposición aunque puede representar un riesgo para la población, es todavía socialmente aceptable.

Mecanismo de transporte. Proceso físico mediante el cual los contaminantes migran hacia un medio ambiente y de él hacia otro medio.

Modelo conceptual. Herramienta que representa esquemática o descriptivamente un evento de contaminación en un sistema ambiental. Es utilizado para determinar los procesos físicos, químicos y biológicos que dan lugar al transporte de contaminantes desde la fuente hacia los medios ambientales y de ahí a los potenciales receptores del sistema, así como para determinar el grado de contaminación de un sitio.

Muestreo biológico. Determinación cuantitativa de la concentración de un tóxico o sus metabolitos en uno o más medios corporales del organismo expuesto. Se usan para estimar la magnitud de la exposición ambiental y para demostrar que existió una exposición efectiva.

Población potencialmente expuesta. Grupos de individuos de la misma especie situados en el mismo tiempo y espacio en la proximidad o dentro de un sitio contaminado, que pueden entrar en contacto con sustancias o compuestos de origen antropogénico presentes en el medio ambiente, susceptibles de ocasionar efectos adversos en la salud.

Pasivo ambiental. Se considera a aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos que no fueron remediados oportunamente para impedir la dispersión de contaminantes, pero que implican una obligación de remediación.

Riesgo. Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en el agua, aire, suelo, en los ecosistemas, o en los bienes y propiedades pertenecientes a los particulares.

Ruta de exposición. Transporte eólico o hídrico que sigue el contaminante desde la fuente de contaminación hasta el organismo receptor.

UTM. Proyección transversal de Mercator, sistema utilizado para convertir coordenadas geográficas esféricas en coordenadas cartesianas planas.

Vía de exposición. Proceso por el cual el contaminante entra en contacto directo con el cuerpo, tejidos o barreras de intercambio de organismo receptor, por ejemplo, ingestión, inhalación y absorción dérmica.

1. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

El objetivo del presente documento es proporcionar evidencia científica y racional acerca del riesgo a la salud humana por exposición crónica a metales en suelos de 8 comunidades del Río Sonora (Bacoachi, Arizpe, Banamichi, Huépac, San Felipe de Jesús, Baviácora, Aconchi, y Ures). Investigación reciente a nivel internacional (Luo et al., 2012; Walraven et al., 2015; Izquierdo et al., 2015; Mingot et al., 2011; Reis et al., 2014) indica que la estimación de riesgo a la salud humana por exposición a metales en suelos (ingestión) debe considerar la bioaccesibilidad oral de los metales, al menos en la fase gástrica. Los suelos agrícolas influyen directamente en la salud humana a través de la cadena alimenticia, en contraste, la principal ruta de exposición en los suelos residenciales es la ingestión a través del contacto con las manos (Guney et al., 2010; Ljung et al., 2007). El riesgo real asociado a la ingestión de metales en suelos residenciales impactados depende de la fracción soluble en el tracto gastrointestinal disponible para su absorción. Esto significa que solo una fracción del contenido total de un metal encontrado en un suelo será bioaccesible a los humanos (Luo et al., 2011). Se presenta evidencia de riesgo elevado por exposición a plomo en la zona de San Felipe de Jesús. Las concentraciones exceden los valores de referencia de 400 mg/kg, con un máximo de 1945 mg/kg de plomo en fracción de suelo adherible a manos. Los datos de bioaccesibilidad ingresados al modelo IEUBK 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. Este valor representa un efecto adverso a la salud. Esta investigación en la zona de San Felipe de Jesús indica que el plomo que aparece como un factor de alto riesgo no se puede descartar que se deba al derrame de Buena Vista del Cobre, Cananea o si es debido a los jales locales de Pb y Zn. En esta etapa del trabajo no es posible diagnosticar el origen del plomo en esta población. Se sugiere realizar estudios de isótopos de plomo no solo en los materiales geológicos (identificación de la fuente) sino también en sangre de habitantes de San Felipe de Jesús y comunidades localizadas hacia el sur, así como realizar estudios en sangre de ganado y fauna silvestre. Los resultados en suelos residenciales indican que no existe un riesgo a la salud por exposición a As, Zn, Pb, Mn, y Cu por ingestión de suelos en las poblaciones de: Bacoachi, Arizpe, Aconchi, Banamichi, Baviácora, Huépac y Ures.

2. INTRODUCCIÓN

El 06 de Agosto del 2014 ocurrió un derrame de lixiviados como consecuencia de una falla en el represo denominado Tinajas 2, dentro de las instalaciones de la mina Buenavista del Cobre, en Cananea, Sonora. El volumen estimado de la solución derramada es de 40,000 m³, con una composición principalmente de ácido sulfúrico, agua, cobre y otros metales disueltos. La solución derramada escurrió hacia el Río Bacanuchi, el cual es un afluente del sistema del Río Sonora. Debido a que el derrame coincidió en tiempo con dos eventos de lluvias extraordinarias (Huracán Norberto del 5 al 9 de Septiembre del 2014 y el Huracán Odile del 17 al 18 de Noviembre del 2014) se ha considerado que la solución derramada pudiera haber afectado hasta la presa “El Molinito” en las cercanías a la ciudad de Hermosillo. Considerando lo anterior, la sociedad sonorensis ha manifestado preocupación por los efectos a la salud de los residentes debido a la exposición crónica a los elementos asociados al derrame.

- Los metales tienen características únicas que deben ser consideradas en una evaluación de riesgo a la salud humana. Por ejemplo, los metales no se crean o se destruyen por procesos químicos y biológicos, los metales se transforman de una forma química a otra por dichos procesos. Los metales nativos (valencia cero) y otros compuestos metálicos no son fácilmente solubles, como consecuencia, las pruebas de toxicidad que se basan en sales solubles pueden sobreestimar la biodisponibilidad de dichos metales.
- Algunos metales como el cobre, el manganeso, el selenio y el zinc son elementos esenciales para la nutrición cuando se encuentran a bajas concentraciones, sin embargo elementos como el plomo, el arsénico y el mercurio no son necesarios para las funciones biológicas.
- El documento Framework for metal risk assessment, United States Environmental Protection Agency EPA 120/R-07/001, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) identifica principios clave de los metales. El documento no es una guía de evaluación de riesgo, el objetivo del mismo es abordar aspectos únicos asociados a metales y que deben considerarse en un estudio de evaluación de riesgo a seres humanos.
- La planeación de este estudio incluyó lo siguiente: (a) Definición de la escala geográfica; (b) Identificación de la población potencialmente expuesta y las poblaciones vulnerables, así como la descripción del escenario humano; (c) Caracterización de las rutas de exposición y de transporte (Modelo Conceptual); (d) Descripción de la metodología para evaluar la exposición; (e) Descripción la metodología para identificar dosis de referencia y la bioaccesibilidad; (d) Descripción de la estimación del riesgo no cancerígeno.

- En este trabajo, los niveles de alerta en suelos se basan en un coeficiente integrado de 1 o superior para riesgo no-carcinogénico de acuerdo a las sugerencias estipuladas en el documento Soil Screening Guidance: User's Guide, publicado por la U.S. Environmental Protection Agency.

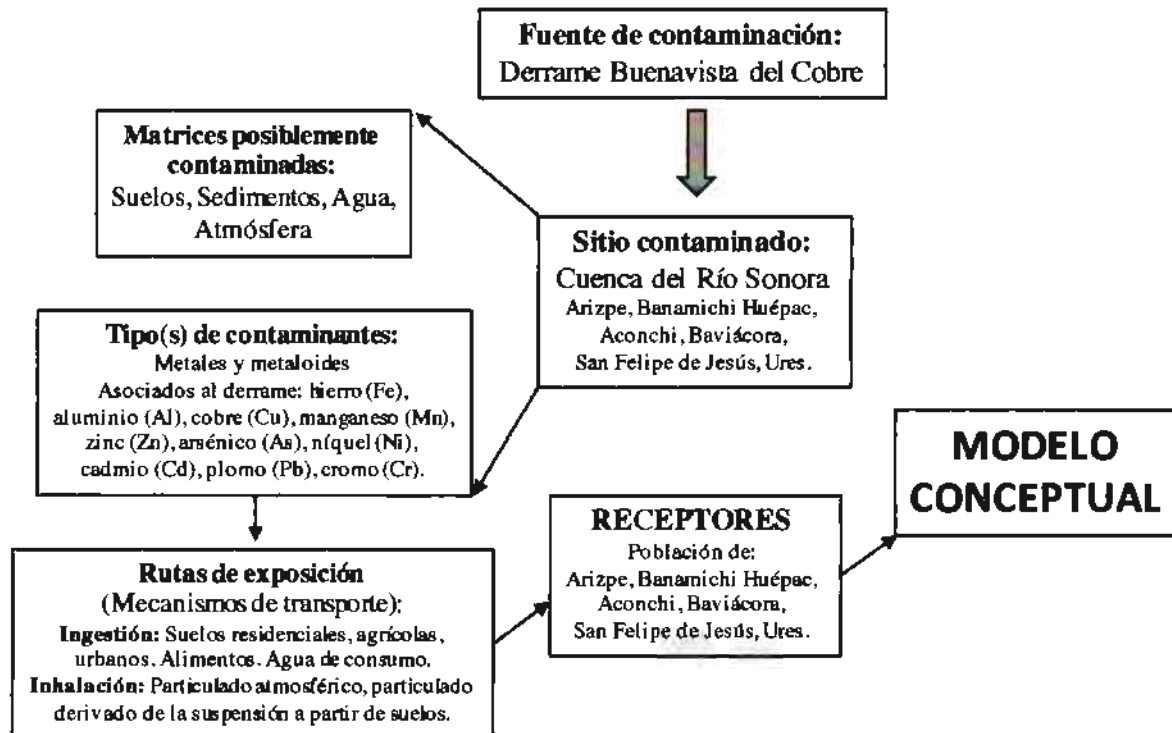


Figura 1. Elementos generales que integran la investigación.

2.1. Documentos principales utilizados

- Framework for metal risk assessment. United States Environmental Protection Agency EPA 120/R-07/001, March 2007. www.epa.gov/osa
- Guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados. SEMARNAT 2006, 407 páginas.
- Guidance Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children. Publication number 9285.7-15-1 EPA 540-R-93-081 PB93-963510, Febrero 1994. U.S. Environmental Protection Agency.
- EPA's Framework for Cumulative Risk Assessment (U.S. EPA, 2003).
- A Framework for Assessing Health Risks of Environmental Exposures to Children. EPA/600/R-05/093F, Septiembre 2006. National Center for Environmental Assessment.

- IRIS-Integrated Risk Information System. Identificación de más de 500 sustancias peligrosas y dosis-respuesta.
- ATSDR-Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

2.2. Modelo Conceptual.

Busca integrar una serie de hipótesis de trabajo orientadas a entender como los metales de interés se transportan o mueven en el medio ambiente para causar efectos adversos a la salud humana o a los ecosistemas. Las hipótesis son examinadas a través de análisis de los datos obtenidos, modelos o herramientas de predicción para determinar la probabilidad de la ocurrencia de daños a la salud. El modelo conceptual se elaboró en base a las recomendaciones establecidas en el documento EPA's Framework for Cumulative Risk Assessment (U.S. EPA, 2003) principalmente para aquellos contaminantes que no están contemplados en la normatividad mexicana.

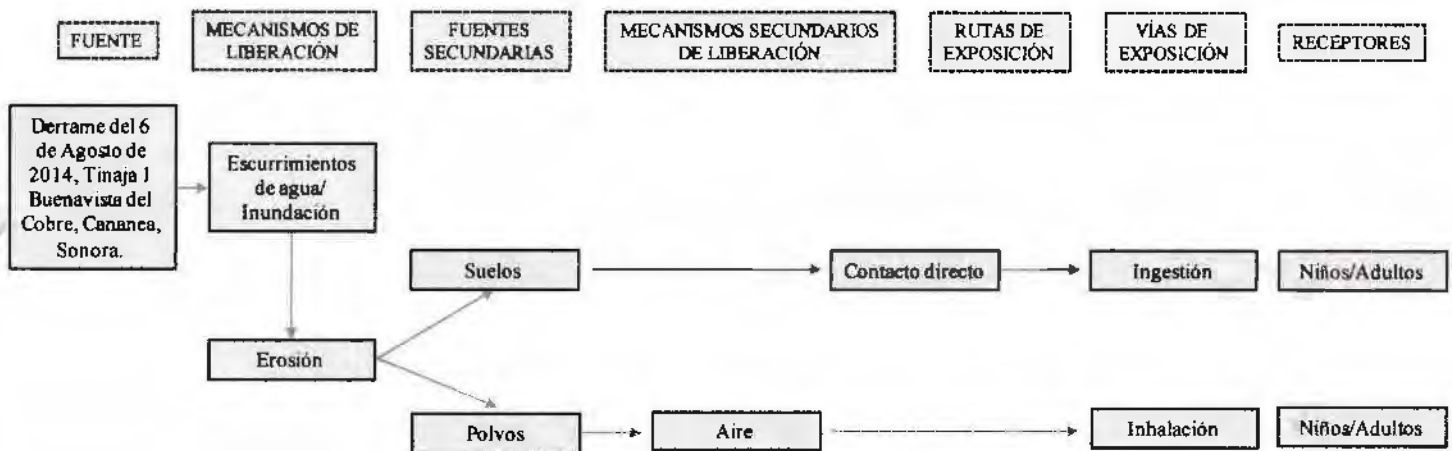


Figura 2. Modelo conceptual de este trabajo.

3. METODOLOGÍA

Para la evaluación del riesgo a la salud humana se tomaron como base los procedimientos establecidos en la "Guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados" (SEMARNAT, 2006). Esta guía proporciona directrices y elementos técnicos básicos para la evaluación del riesgo ambiental en sitios contaminados entendiéndose esta última como un proceso "caso por caso" que se fundamentará en base a las recomendaciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como metodologías de trabajo recomendadas por la Agencia de Protección Ambiental de

Estados Unidos (USEPA)¹ y aquellas publicadas recientemente en revistas científicas a nivel internacional, tanto por el grupo de trabajo a cargo de la elaboración de este documento como por otros autores.

- En el caso particular de este trabajo se hace referencia a la metodología establecida para el Nivel 0, Caso B, el cual considera que los receptores son los recursos naturales no biológicos (suelo y agua) así como los seres humanos. El tipo de área puede ser: urbana industrial y/o comercial, áreas no urbanas con actividad agropecuaria (agrícola, ganadera, piscícola, etc.) y área natural protegida (en cualquier modalidad). La determinación de la exposición puede llevarse a cabo por los métodos determinístico o probabilístico. En este trabajo se considera el método determinístico para las vías de exposición oral e inhalación. El método determinístico se basa en datos obtenidos del sitio a partir de mediciones en matrices ambientales.

3.1. Selección del sitio de referencia².

En este informe se considera un sitio de referencia (Bacoachi) y fondos geoquímicos naturales por cuenca en la que se ubica cada localidad estudiada. En la zona directamente afectada por el derrame se consideró como sitio de referencia a Bacoachi en base a los siguientes criterios:

- La flora, fauna, clima, matriz ambiental, geología y unidad geográfica son similares ya que Bacoachi pertenece al mismo distrito minero que Cananea y Bacanuchi, por lo tanto las rocas mineralizadas y no mineralizadas son similares en composición y edad.
- Bacoachi comparte las características culturales de las poblaciones del Río Sonora (nutrición, costumbres, etc.)
- Bacoachi es la población más cercana a la mina pero que se encuentra fuera de los límites espaciales del área de influencia del derrame del 2014.

3.2. Rutas de exposición.

Las rutas de exposición a considerar en este trabajo son:

- Suelo-Receptores (incluye suelos agrícolas, suelos residenciales)

¹ U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2006. A framework for assessing health risks of environmental exposures to children. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC. EPA/600/R-05/093F. <http://www.epa.gov/neca>

² Se entiende como Sitio de Referencia a:

Los criterios para evaluar la información respecto a las rutas de exposición son:

- Características de los metales y metaloides
- Características de las matrices: suelo, aire, agua
- Movilidad de metales y bioaccesibilidad

3.3. Selección de contaminantes críticos.

Las poblaciones localizadas a lo largo de la cuenca del Río Sonora tienen actividades variadas de tipo comercial, agrícola, minero, por lo que es posible que exista una variedad de fuentes para sustancias y compuestos potencialmente tóxicos. Resultaría imposible la caracterización de todos los compuestos vinculados a esta variedad de actividades por lo que se seleccionó un grupo de contaminantes críticos en base a los siguientes criterios:

- Metales y metaloides asociados a la solución derramada. Esto en base a una caracterización realizada por los investigadores que forman parte de este proyecto general. Los metales identificados en orden de abundancia en la solución derramada son: Fe>Al>Cu>Mn>Zn>As>Ni>Cd>Pb>Cr.
- Elementos químicos que no estaban presentes en la solución derramada de Buenavista del Cobre pero que por ser de interés ambiental y/o relacionarse a actividades de la región y/o ser de ocurrencia natural se incluyen.

3.4. Generalidades sobre los metales analizados que están asociados a la solución derramada.

Cobre.

Es un metal que ocurre naturalmente en rocas, suelos, agua, sedimentos y en mucho menor concentración, en aire. La concentración promedio de cobre en la corteza terrestre es de 50 mg/kg. Los suelos pueden contener de 2 a 250 mg/kg de cobre y en suelos cercanos a zonas mineras la concentración se puede elevar hasta 17000 mg/kg. El cobre ocurre naturalmente en plantas y animales. Es un elemento esencial para los organismos vivos al ingerirse en bajas dosis. El cobre es un metal obtenido de la minería para ser utilizado en la manufactura de diversos productos. En la agricultura se utiliza como fungicida y en el tratamiento de madera y pieles. El cobre puede entrar al medio ambiente a través de desechos mineros, industriales, combustibles fósiles, fertilizantes de fosfatos y fuentes naturales. Cuando el cobre ingresa al suelo, puede fijarse a la materia orgánica y a fracciones como arcillas. Los seres vivos pueden ser expuestos al cobre por ingestión de agua o suelo, así como por inhalación de polvo que contiene cobre. En general, el cobre soluble, principalmente usado en la agricultura, es el tipo de cobre que representa un mayor riesgo a la salud humana. Sin embargo, es importante investigar la bioaccesibilidad del cobre en partículas que pueden ser ingeridas o respiradas, principalmente para entender las formas solubles de cobre en los suelos que pudieran no ser producto de la agricultura, como es el caso de

este estudio. El cobre puede formar complejos estables, pero es tóxico en primera instancia para las bacterias, plantas, peces y rumiantes.

Hierro

El hierro es el cuarto elementos más abundante de la corteza terrestre (5%). Los dos minerales de hierro que son más comunes en la naturaleza son la hematita (Fe_2O_3) y la limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). La pirita (FeS_2) y la cromita ($\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$) ocurren en yacimientos minerales. El hierro es un elemento esencial que puede se encontrado en los alimentos como carne, productos integrales, y vegetales. En exceso, el hierro se asocia a conjuntivitis, coriorrenitis y retinitis.

Manganeso

El manganeso es un elemento esencial para el funcionamiento de los seres vivos. Se han asociado enfermedades tanto a deficiencias como a exceso de ingesta de manganeso. La Food and Nutrition Board of the National Research Council (NRC, 1989) ha determinado una dosis segura y adecuada de ingesta diaria para el manganeso de 2 a 5 mg/día para adultos. Sin embargo, expertos en nutrición recomiendan una ingesta de 3.5 a 7 mg/día (Freeland-Graves et al (1987)). La Organización Mundial de la Salud recomienda un consumo diario de manganeso de 2 a 8.8 mg/día. Una fuente adicional de manganeso es la ingesta de cereales de grano entero, nueces, vegetales verdes y hojas de té. No se ha demostrado el potencial carcinogénico del manganeso.

Zinc

Su solubilidad aumenta cuando el valor de pH disminuye por debajo de 6. Debido a sus características anfóteras³, su solubilidad también aumenta a altos valores de pH. En suelos es relativamente móvil. A pesar de que el Zn es un elemento esencial, en cantidades elevadas puede ejercer una toxicidad baja para animales y humanos, mientras que para plantas se ha registrado como tóxico (fitotóxico).

Arsénico

El arsénico ha sido asociado a actividades mineras y agrícolas, en este último caso a plaguicidas organoarsenicales que actualmente no están en uso pero que pueden permanecer en suelos muchos años después de su aplicación ya que la especiación biótica y abiótica del ácido dimetil arsénico resulta en la formación de especies inorgánicas de arsénico (Quazi et al., 2011).

Plomo

³ En química, una sustancia anfótera es aquella que puede reaccionar ya sea como un ácido o como una base

La tabla 1 muestra la selección de contaminantes críticos (aquellos relacionados a la solución derramada y aquellos que por su toxicidad se incluyen como prioritarios). En el caso particular del hierro y el aluminio, aunque son elementos presentes en la solución derramada, no fue posible realizar la estimación de riesgo a la salud humana por no existir datos de dosis de referencia. En el caso particular del plomo, la tabla no incluye dosis de referencia ya que se utilizó el modelo biocinético IEUBK (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model) recomendado como herramienta en la estimación del riesgo a la salud de niños por exposición a plomo.

Tabla 1.

Selección⁴ de contaminantes críticos para la estimación de riesgo por exposición oral a suelos impactados. RfD es dosis de referencia en base a datos del Sistema Integral de Información de Riesgos⁵: Integrated Risk Information System (IRIS-USEPA: <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/atoz.cfm>). NR: RfD no reportado. ND: no disponible al momento en la base IRIS. *En el caso del plomo es recomendable seguir el modelo IEUBK de la USEPA, sin embargo, varios trabajos recientes utilizan RfD para el Pb. En este trabajo se estimó el riesgo en base a ambas metodologías.

Metal (oide) encontrados en la solución derramada en Agosto de 2014 (Instituto de Geología-UNAM)	RfD	Efecto crítico	CASRN
Hierro (Fe)	No existe información de RfD	Baja presión arterial, dolor de estómago, falla hepática.	
Aluminio (Al)	No existe información de RfD	El exceso de aluminio en el estómago puede reducir la absorción de fosfatos necesarios para la salud ósea.	7429-90-5
Cobre (Cu)	4×10^{-2} mg/kg-día	Enfermedad de Wilson, estrés oxidativo	7440-50-8
Manganeso (Mn)	1.4×10^{-1} mg/kg-día	Afectación al Sistema Nervioso Central	7439-96-5
Zinc (Zn)	3×10^{-1} mg/kg-día	Disminuye la actividad de la enzima superóxido dismutasa en eritrocitos de adultos sanos. La enzima es una importante defensa antioxidante en la mayoría de las células expuestas a oxígeno.	7440-66-6
Arsénico (As)	3×10^{-4} mg/kg-día	Hiperpigmentación, keratosis y complicaciones vasculares	7440-38-2
Plomo (Pb)*	Modelo IEUBK		

3.5. Modelo IEUBK

⁴ La selección de contaminantes críticos por matriz se realizará caso por caso, es decir por cada comunidad estudiada. Se incluyen de acuerdo a los siguientes criterios: elementos que estaban presentes en la solución derramada, elementos que por su toxicidad se incluyen como prioritarios.

⁵ El IRIS es una base de datos que contiene información actualizada respecto a la toxicidad de diversos compuestos. Está disponible en línea en la página de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

El modelo IEUBK (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model)⁶ es un modelo de simulación recomendado como herramienta en la estimación del riesgo a la salud de niños por exposición a plomo. El plomo es un elemento no esencial que ocurre naturalmente y por acción humana, siguiendo diferentes rutas de forma similar a metales como el calcio (nutriente). En el escenario humano, las rutas de exposición transfieren el plomo de fuentes como los alimentos, el agua de consumo, aire, suelo y polvo, al cuerpo humano por medio de la ingestión o inhalación. Para la implementación del modelo se utilizaron los datos de bioaccesibilidad gástrica para las muestras con los valores máximos de plomo, esto nos proporciona un escenario conservador para la evaluación del riesgo en niños por exposición a plomo.

El modelo calcula la probabilidad de que los niveles de plomo en sangre de niños expuestos excedan el valor de 10 ug/dL. Este valor se relaciona con efectos adversos a la salud de niños (U.S. Environmental Protection Agency, 1986, 1990). Los resultados en este trabajo se expresan en una curva de distribución para poblaciones de niños de 0 a 7 años de edad expuestos a valores máximos de Pb encontrados en matrices de suelo, siendo este escenario el más conservador, es decir el de riesgo máximo posible. Para estimar el riesgo por exposición a través de la ruta de ingestión, se consideraron los valores de bioaccesibilidad gástrica obtenidos por el método in vitro de Ruby et al (1992).

3.6. Valores de referencia

La tabla 2 indica las concentraciones de referencia por tipo de uso de suelo establecidas en la NOM-147-SEMARNAT_SSA1-2004. Los niveles indicados en la tabla son referentes a muestra total de suelo. En este estudio, se realizó la estimación de riesgo a la salud humana por exposición a metales en suelo en todas las muestras analizadas, indicando el número de muestras totales de suelo por localidad estudiada, que excedan los valores de referencia indicados en la tabla 2,

Tabla 2.

Concentraciones de referencia totales por tipo de uso de suelo establecidas en la NOM-147-SEMARNAT_SSA1-2004

Contaminante	Suelo de uso agrícola /residencial /comercial Concentraciones en mg/kg	Suelos de uso industrial Concentraciones en mg/kg
Arsénico (As)	22	260
Bario (Ba)	5400	67000
Berilio (Be)	150	1900

⁶ Guidance Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children, Publication 9285.7-15-1 EPA/540/R-93/081. 1994. United States Environmental Protection Agency.

Cadmio (Cd)	37	450
Cromo Hexavalente (CrIV)	280	510
Mercurio (Hg)	23	310
Níquel (Ni)	1600	20000
Plata (Ag)	390	5100
Plomo (Pb)	400	800
Selenio (Se)	390	5100
Talio (Tl)	5.2	67
Vanadio (V)	78	1000

3.7. Muestreo

El plan de muestreo de suelos superficiales⁷ se llevó a cabo de acuerdo a los procedimientos establecidos en la NMX-AA-132-SCFI-2006 Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. El número mínimo de puntos de muestreo se calculó a partir de la ecuación (1) del documento antes descrito, para extensiones mayores a 30 hectáreas y menores a 0.1 hectáreas.

$$Y = X^{0.3} \times 11.71 \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde:

Y= número mínimo de puntos de muestreo

X= superficie del suelo de la zona de estudio expresada en hectáreas

En el caso de muestreo a detalle en las áreas urbanas, se consideraron parques, jardines públicos, jardines particulares, jardineras, terrenos baldíos, banquetas no cubiertas por asfalto o concreto y calles no pavimentadas. Todas las muestras superficiales de suelos se tomaron en función de un esquema de distribución en tresbolillo de los incrementos a tomas para la formación de una muestra compuesta.

3.8. Preparación de muestras.

Las muestras fueron secadas en un horno VWR 1600 HAFO Series a menos de 40 centígrados durante 24 horas. El registro de peso de la muestras fue previo y posterior al secado en el horno. Posteriormente las muestras fueron cuarteadas y homogeneizadas para pasarlas por la columna de tamices indicada en la Tabla 3. Los tamices usados fueron de acero inoxidable con mallas de la No. 18 a la No.635 utilizando un RoTap Modelo RX-86. Posteriormente se pesó cada fracción obtenida por tamiz. Los tamices se limpiaron con agua destilada, aire comprimido y baño ultrasónico. El secado de los tamices fue con alcohol, agua bidestilada y aire comprimido.

⁷ Muestreo superficial de suelo se refiere a aquel entre los 0 cm y 5 cm.

Tabla 3

Mallas (tamices) utilizadas en la preparación de muestras. American Standard Test Sieve Series (ASTM E11:01, Estados Unidos).

Tamiz o malla	Diámetro aerodinámico equivalente en mm
#18	1
#35	0.50
#60	0.250
#120	0.125
#230	0.063
#325	0.045
#635	0.020
<#635	<0.020

3.9. Métodos analíticos

Las muestras de suelos fueron analizadas por la técnica Fluorescencia de rayos X con tubos miniaturizados, de acuerdo al método 6200 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos "Field portable X-ray fluorescence spectrometry for the determination of elemental concentrations in soil and sediment". Se utilizó un equipo marca ThermoScientific Modelo NITON XLt3 del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM). El método es aplicable para el análisis de suelos y sedimentos. Esta técnica es adecuada para el análisis de elementos con número atómico de 16 y superior. Los límites de detección (LD) del método se encuentran por encima del nivel de toxicidad regulado en Estados Unidos. El LD se obtiene a partir de una matriz de cuarzo limpia, libre de interferencias espectrales y utilizando tiempos de conteo de 100 a 600 segundos (Tabla 4). El efecto físico de la matriz resulta de variaciones en el carácter físico de la muestra. Estas variaciones incluyen: tamaño de partícula, homogeneidad, condiciones superficiales. Por ejemplo, si algún elemento químico se concentra preferencialmente en una partícula fina con respecto a una partícula gruesa, entonces la concentración medida por la técnica PXRF va a depender de la distribución de las partículas finas dentro de la matriz con las partículas gruesas. La mejor forma de reducir un error en la medición debido a diferencia en el tamaño de partícula es moler y tamizar las muestras, de tal forma que se maneje un tamaño uniforme de partícula. En este estudio se realizó un tamizaje de las muestras con la columna de mallas indicada en la Tabla 3. La muestra analizada es muestra total y malla 60, de acuerdo a lo indicado en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 para pruebas de bioaccesibilidad⁸ oral.

Tabla 4.

Límites de detección para el equipo ThermoScientific Niton XLt3. Las concentraciones se expresan en mg/kg.

Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K	S
20	7	30	5	2.5	3	2	1	2	12	14	20	15	60

⁸ Bioaccesibilidad: Fracción soluble de un elemento químico contenido en el suelo determinado a partir de un estudio in vitro.

3.10. Control de calidad y cadenas de custodia.

Las cadenas de custodia del muestreo, preparación de muestra y análisis se encuentran foliadas y engargoladas con adicionales lista de chequeo de las pruebas de extracción. En lo referente al análisis de metales en las muestras de suelos, y con el objetivo de evaluar el desempeño analítico del equipo de PXRF ThermoScientific Niton XLt3 se siguieron los procedimientos establecidos en el método 6200 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA⁹). Se utilizó un blanco de material de dióxido de silicio (cuarzo) el cual no contiene ninguno de los elementos de interés en este estudio. El material de cuarzo es certificado. Se llevó a cabo un chequeo de la calibración de la energía para evaluar si el instrumento presentaba alguna deriva en las líneas características de los rayos X. La precisión (%RSD) y la exactitud (%D) se evaluaron en base al análisis del material estándar de referencia NIST 2710a Montana 1 Soil. La precisión del equipo se expresa como %RSD y se evalúa analizando los estándares de referencia SRM-NIST 2710^a, SRM-NIST 2709a y SRM-NIST 2711 al menos una vez por día de análisis. El material debe analizarse en siete réplicas. En base a estas medidas se estima la desviación estándar relativa la cual no debe ser mayor a 20% para cada elemento analizado, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{RSD} = (\text{SD} / \text{Concentración promedio}) \times 100$$

RSD= Desviación estándar relativa a la precisión del instrumento para el elemento de interés

SD= Desviación estándar de la concentración del elemento de interés

Concentración promedio= promedio basado en las siete réplicas

⁹ <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/6200.pdf>

4. RESULTADOS

4.1. Bacoachi (Zona Control o Sitio de Referencia)

4.1.1. Investigación histórica y descripción del sitio.

La población de Bacoachi se encuentra ubicada entre los paralelos 30° 27' y 30° 54' de latitud norte y los meridianos 109° 44' y 110° 50' de longitud oeste, a una altitud entre 950 y 2400 m.s.n.m. Colinda hacia el norte con los municipios de Cananea y Fronteras; al este con Fronteras y Nacozari de García; al sur con Arizpe; y al oeste con Arizpe y Cananea. Cuenta con una población de 1456 habitantes al 2009 según información de prontuario en INEGI (<http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>). El clima es semiseco templado (90.59%), seco semicálido (8.17%), semiseco semicálido (1.24%) con un rango de temperatura de 12-20°C y de precipitación de 400-600 mm. La Geología se caracteriza por la presencia de rocas ígneas extrusivas (tobas ácidas, andesitas, riolitas y basaltos), sedimentarias (conglomerados y calizas), rocas ígneas intrusivas (granito y pórfido riolítico) y suelos en orden de abundancia: Regosol (36.40%), Phaeozem (23.75%), Leptosol (22.74%), Luvisol (11.11%), Fluvisol (3.94%) y Planosol (2.0%). Bacoachi se encuentra en la región hidrológica Sonora Sur, cuenca Río Sonora (94.72%) y Río Yaqui (5.28%). La corriente del Río Sonora en la zona es perenne con arroyos intermitentes: Agua Mala, Almagre, El Alazán, El Batamote, Los Fresnos-Las Hornillas, Palomas y Pichababi. El 1.48% del uso de suelo se orienta a la agricultura con un 0.05% en zona urbana, la zona tiene una actividad principal orientada al ganado caprino. La vegetación es principalmente pastizal, bosque y matorrales. La zona urbanizada se encuentra sobre suelo del Cuaternario y rocas sedimentarias y extrusivas del Terciario, en valle intermontano, sobre un área que originalmente tenía un suelo de tipo Fluvisol. La zona urbanizada se ha establecido sobre terrenos previamente ocupados por agricultura.

La Figura 2 muestra la localización de Bacoachi, indicando los tipos de suelo dominantes de la región en base a información de INEGI¹⁰.

¹⁰ Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 26011 (2009)

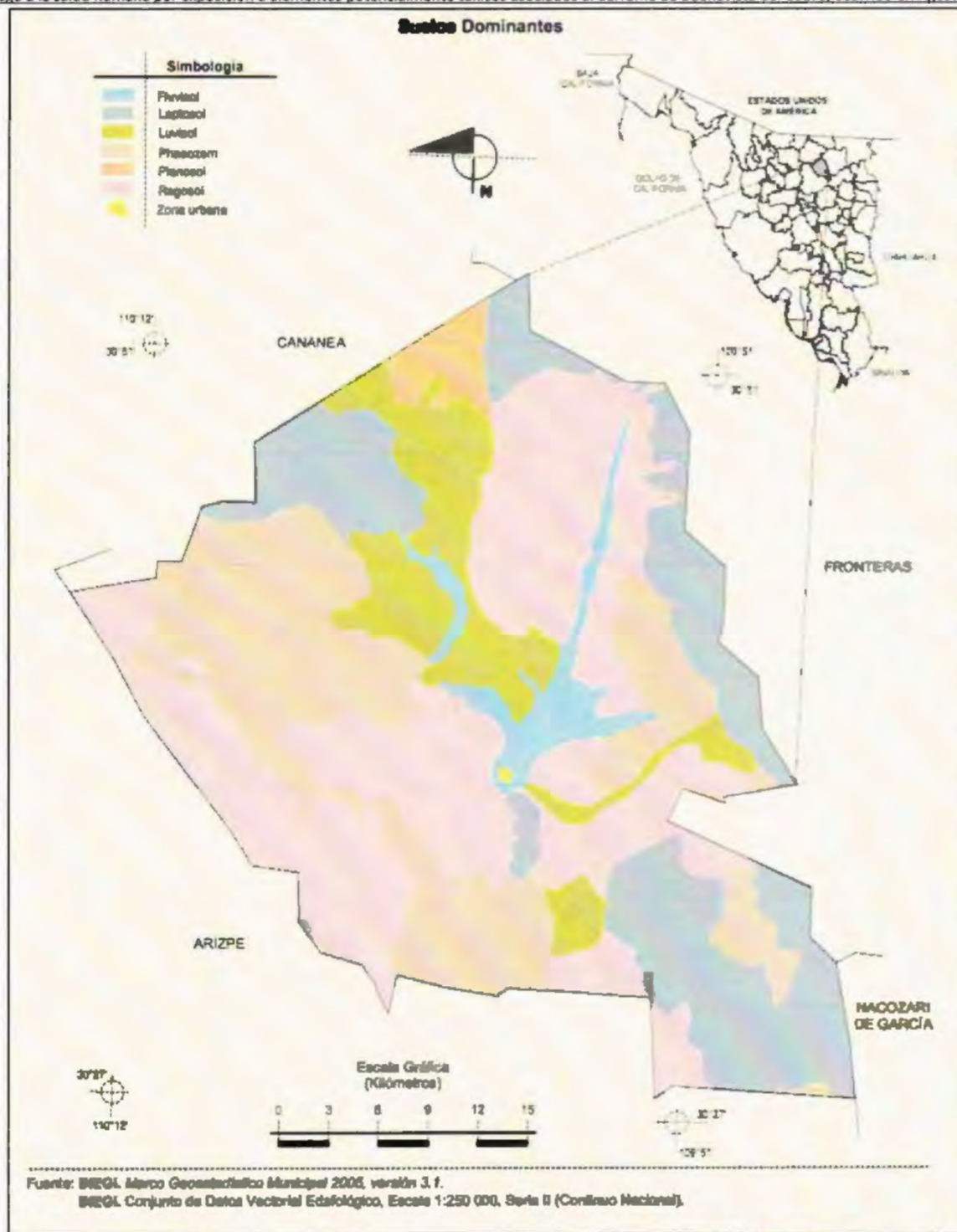


Figura 3. Localización de Bacoachi indicando los tipos de suelo dominantes. La zona urbanizada se indica en color amarillo con un suelo de tipo Fluvisol.

En Bacoachi se tomaron 46 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 6 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame. De las muestras analizadas, solo una tiene una concentración de 27 mg/kg excediendo el máximo permisible para arsénico establecido en 22 mg/kg, la muestra se localiza en la parte noroeste de la zona urbanizada, no conectada hidrográficamente al Río Sonora (ver Anexos).



Figura 4. Localización de muestras de suelos superficiales en el sitio de referencia Bacoachi, Sonora.

Tabla 6.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de Bacoachi, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	71500.72	355.55	993.63	439.97	27.06	157.28	925.91	555.68	185.72	44.24	8347.60	64412.09	24574.08
Mínimo	19175.10	28.97	322.63	42.11	3.84	14.38	146.88	117.83	56.95	17.85	3003.12	3332.89	11979.35
Promedio	38324.35	65.56	655.75	115.04	10.11	38.16	404.43	243.17	137.39	25.93	5089.10	18749.64	20501.98
SD	12732.32	55.06	149.79	75.07	3.92	25.44	163.37	94.84	21.37	6.14	1200.44	12851.82	2275.10

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se ha establecido que pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños. La Tabla 7 muestra los valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar para las muestras con granulometrías menores a 0.250 mm colectadas en el sitio de referencia.

Tabla 7.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de Bacoachi, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	91830.61	404.86	1254.85	524.24	30.28	218.73	1091.16	549.92	201.81	63.58	7344.12	55956.82	24188.36
Mínimo	18350.66	28.76	287.14	51.70	6.11	11.92	204.73	145.44	66.58	18.80	2519.26	3648.72	11194.26
Promedio	36332.27	63.85	606.91	123.82	10.96	43.65	469.92	272.29	140.84	32.98	4140.83	18164.23	20619.01
SD	13096.38	59.77	181.99	84.10	4.22	30.84	210.39	94.14	22.29	10.51	962.15	11695.49	2230.17

En el caso de las muestras de suelos superficiales en fracción adherible a manos se encontró que 2 muestras del total de 46 excedieron el máximo permisible establecido para arsénico. Una muestra con un valor de 22.69 mg/kg y otra de 30.28 mg/kg. La figura 5 muestra la distribución de metales en suelos residenciales, en la fracción adherible a manos (muestra de suelo que pasa la malla 60).

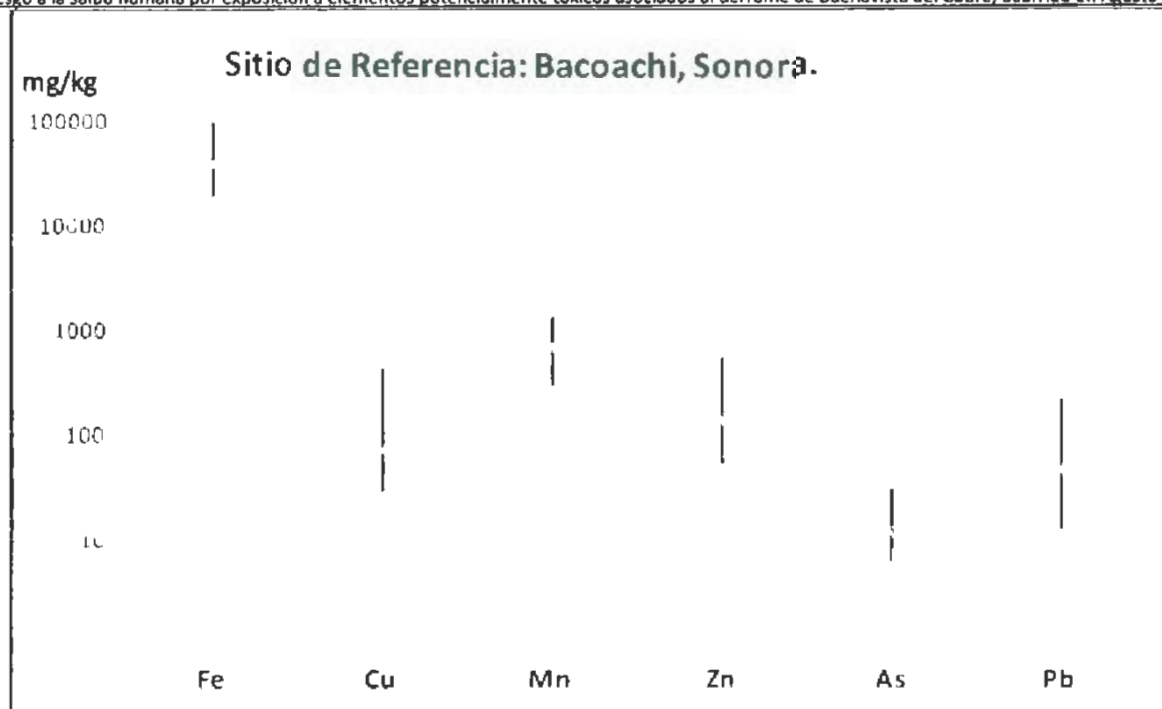


Figura 5. Concentración de metales asociados al derrame. Muestra de suelo que pasa la malla 60, granulometría menor a 0.250 mm

4.1.2. Estimación de riesgo

La figura 6 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)¹¹, no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)¹². Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo. Aunque dos muestras exceden los niveles máximos permisibles, el arsénico en las mismas no es bioaccesible por lo que no representa un riesgo a la salud en el sitio de referencia (Bacoachi, Sonora).

¹¹ Meléndez, JM., Cañez, GM., Frlas, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev.Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2):1131-1147.

¹² Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Alan, 3(56).

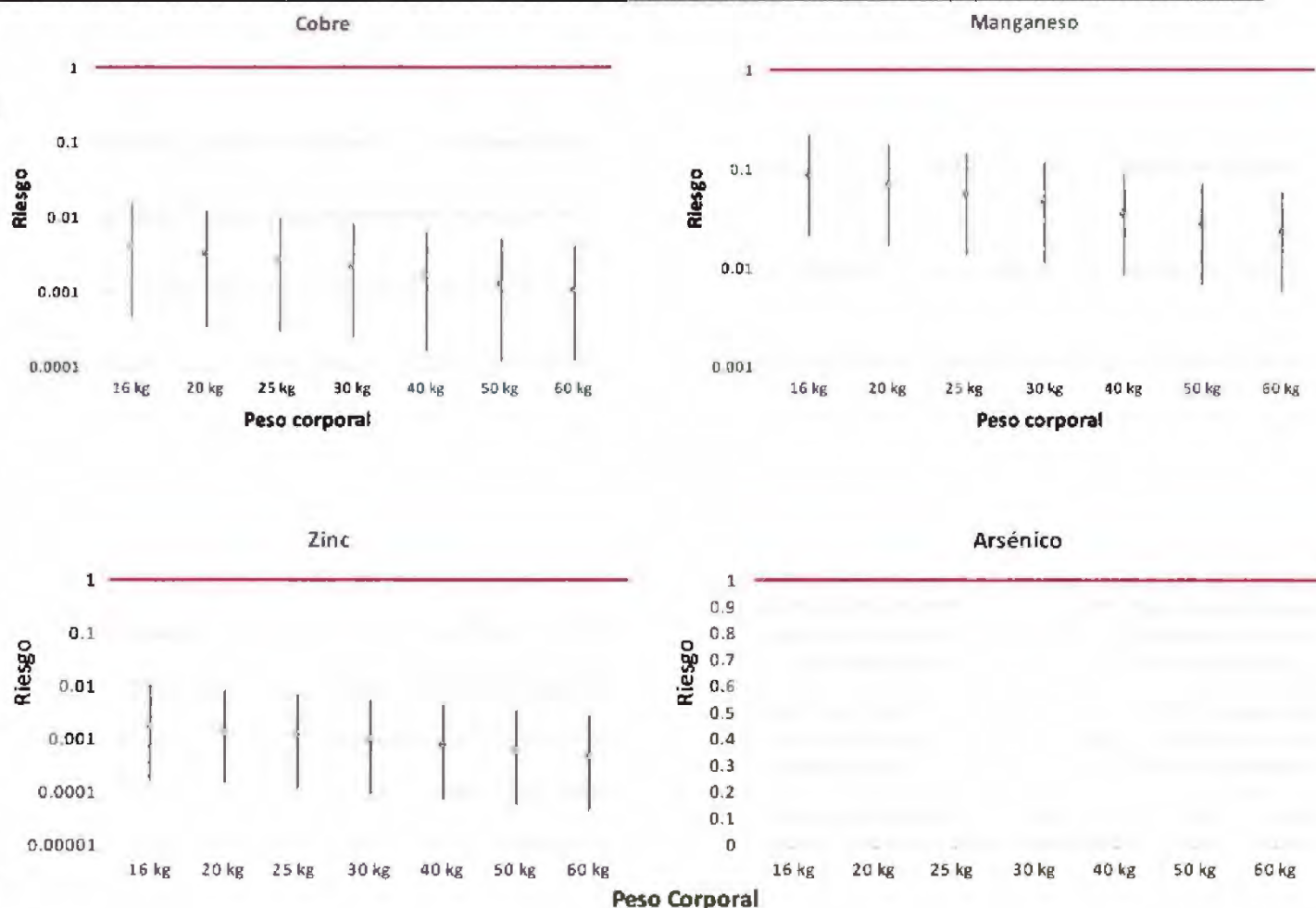


Figura 6. Estimación de riesgo a la salud de niños por exposición a metales y metaloides en suelos.

El modelo IEUBK (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model)¹³ es un modelo de simulación recomendado como herramienta en la estimación del riesgo a la salud de niños por exposición a plomo. El plomo es un elemento no esencial que ocurre naturalmente y por acción humana siguiendo diferentes rutas de forma similar a metales como el calcio (nutriente). En el escenario humano, las rutas de exposición transfieren el plomo de fuentes como los alimentos, el agua de consumo, aire, suelo y polvo, al cuerpo humano por medio de la ingestión o inhalación. Para la implementación del modelo se utilizaron los datos de bioaccesibilidad gástrica para las muestras con los valores máximos de plomo, esto nos proporciona un escenario conservador.

El modelo calcula la probabilidad de que los niveles de plomo en sangre de niños expuestos excedan el valor de 10 ug/dL. Este valor se relaciona con efectos adversos a la salud de niños (U.S. Environmental Protection Agency, 1986, 1990). Los resultados en este trabajo se expresan en una curva de distribución para poblaciones de niños de 0 a 7 años de edad expuestos a valores máximos de Pb encontrados en matrices de suelo, siendo este escenario el más conservador, es decir

¹³ Guidance Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children. Publication 9285.7-15-1 EPA/540/R-93/081. 1994. United States Environmental Protection Agency.

el de riesgo máximo posible. Para estimar el riesgo por exposición a través de la ruta de ingestión, se consideraron los valores de bioaccesibilidad gástrica obtenidos por el método in vitro indicado en la NOM-147-SEMARNAT_SSA1-2004.

- La figura 7 muestra la probabilidad que los niños del sitio de referencia excedan el valor de 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre. En este caso, la curva de distribución probabilística indica un valor de 0.382%.

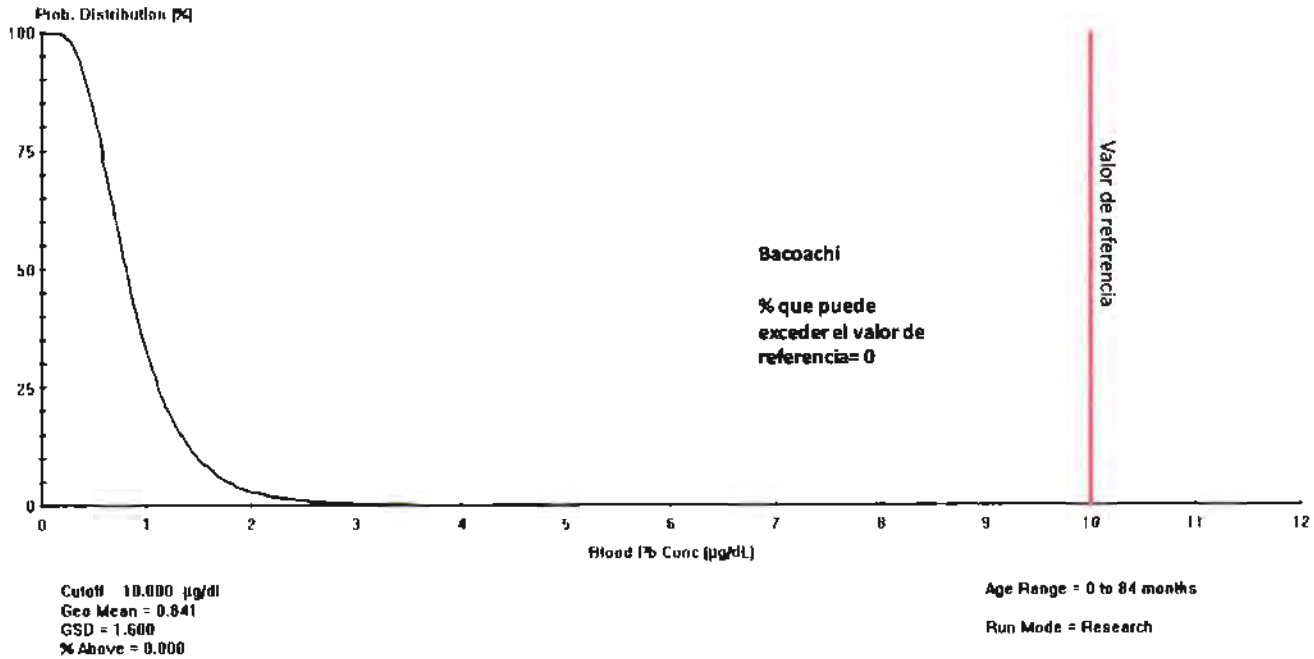


Figura 7. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos y alimentos. La curva indica la probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre (valor de referencia).

Adicionalmente se consideraron los valores máximos de Pb encontrados en vegetales de la región obtenidos por el grupo de investigación en Inocuidad del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estos valores se integraron al modelo IEUBK en conjunto con los valores de suelos y se presentan en la Figura 7.

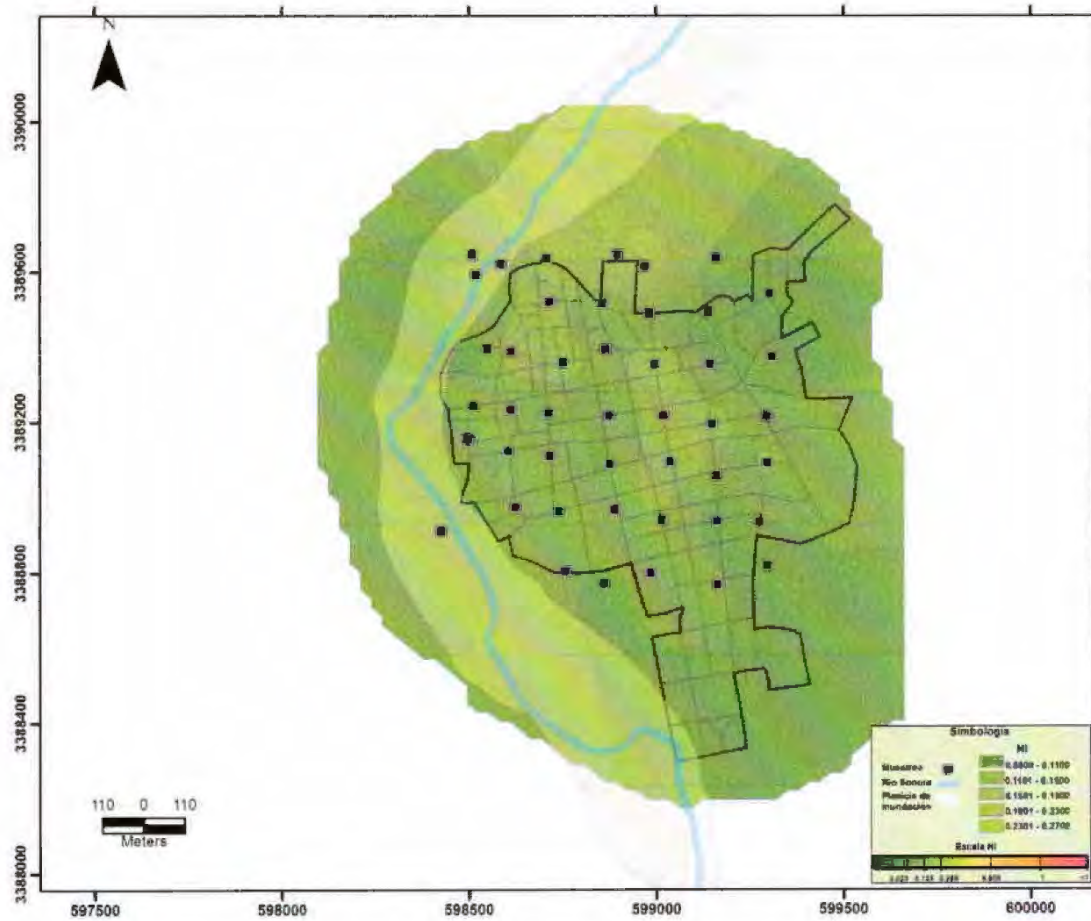


Figura 8. Mapa de riesgo integrado en niños para exposición a Cu, Mn, Zn y As en suelos del sitio de referencia Bacoachi, Sonora. El riesgo integrado con valor superior a 1 se señala con color rojo en los casos que esto ocurra.

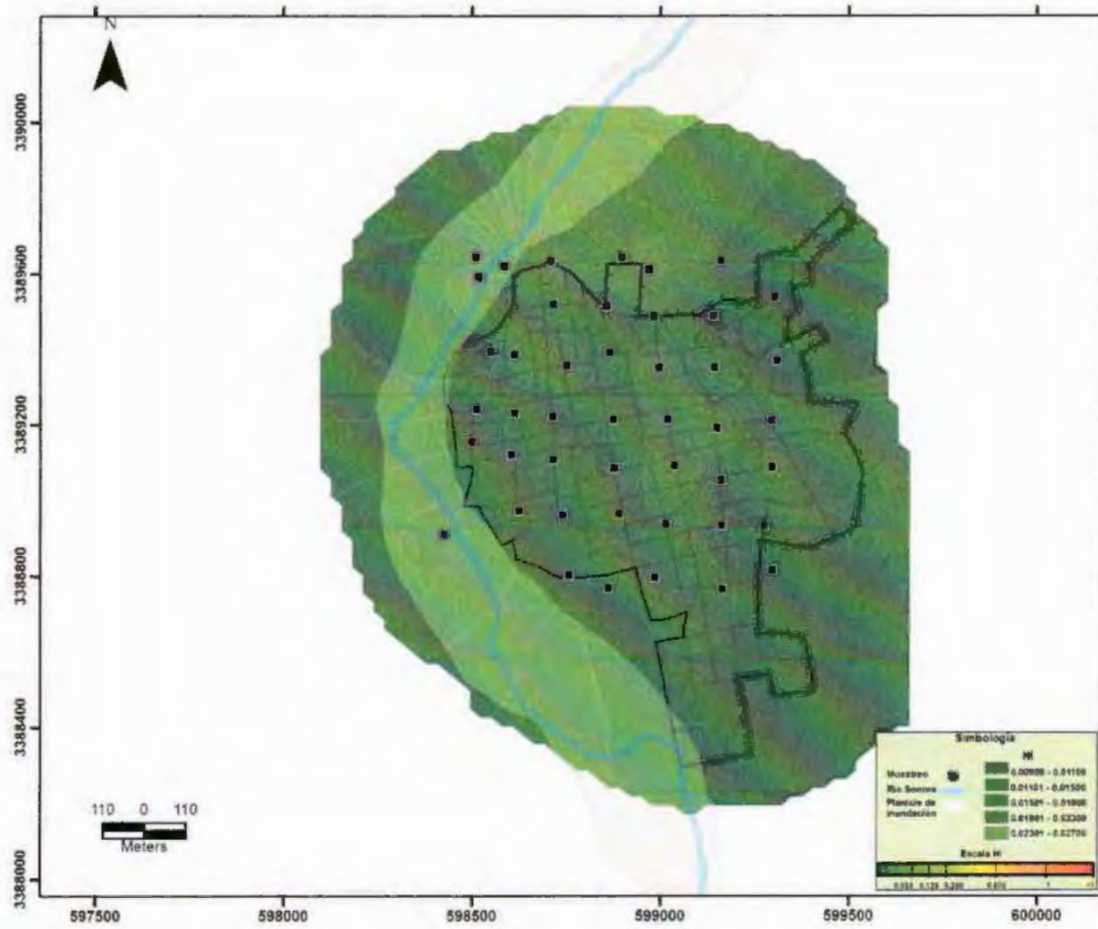


Figura 9. Mapa de riesgo integrado en adultos para exposición a Cu, Mn, Zn y As en suelos del sitio de referencia Bacoachi, Sonora. El riesgo integrado con valor superior a 1 se señala con color rojo en los casos que esto ocurra.

4.2. Arizpe

4.2.1. Investigación histórica y descripción del sitio.

La población de Arizpe se encuentra ubicada entre los paralelos 30° 06' y 30° 47' de latitud norte; los meridianos 109° 44' y 110° 30' de longitud oeste; altitud entre 700 y 2300 msn. Colinda al norte con los municipios de Ímuris, Cananea y Bacoachi; al este con los municipios de Bacoachi, Nacoziari de García y Cumpas; al sur con los municipios de Cumpas y Banámichi; al oeste con los municipios Banámichi, Opodepe, Cucurpe e Ímuris. Cuenta con una población de 2959 habitantes al 2009 según información de prontuario en INEGI (<http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>). El clima Semiseco templado (60.65%), seco semicálido (22.78%) y semiseco semicálido (16.58%) con un rango de temperatura de 14-22°C y de precipitación de 400-600 mm. La Geología se caracteriza por la presencia de rocas ígnea extrusiva: toba ácida (27.41%), riolita-toba ácida (11.51%), basalto (9.89%), andesita (4.85%), arenisca-toba ácida (3.16%) Sedimentaria: conglomerado (25.44%), limolita-arenisca (7.82%), areniscaconglomerado (3.69%), caliza-limolita (1.56%) Suelo: aluvial (3.15%) Ígnea intrusiva: granito (0.55%) y suelos en orden de abundancia: Leptosol (37.36%), Regosol (30.86%), Phaeozem (16.0%), Cambisol (11.77%), Fluvisol (2.06%), Luvisol (1.87%). En lo que respecta al uso del suelo, el 1.7% se destina a la agricultura, mientras que el 0.06% a la zona urbana. La edafología de la zona es aprovechada para el aprovechamiento de la vegetación natural por el ganado caprino. La zona urbana ha crecido sobre rocas sedimentarias del Terciario y suelo del Cuaternario, en lomerío típico y sierra alta, sobre áreas donde originalmente había suelos de tipo Calcisol, Regosol, y Fluvisol.

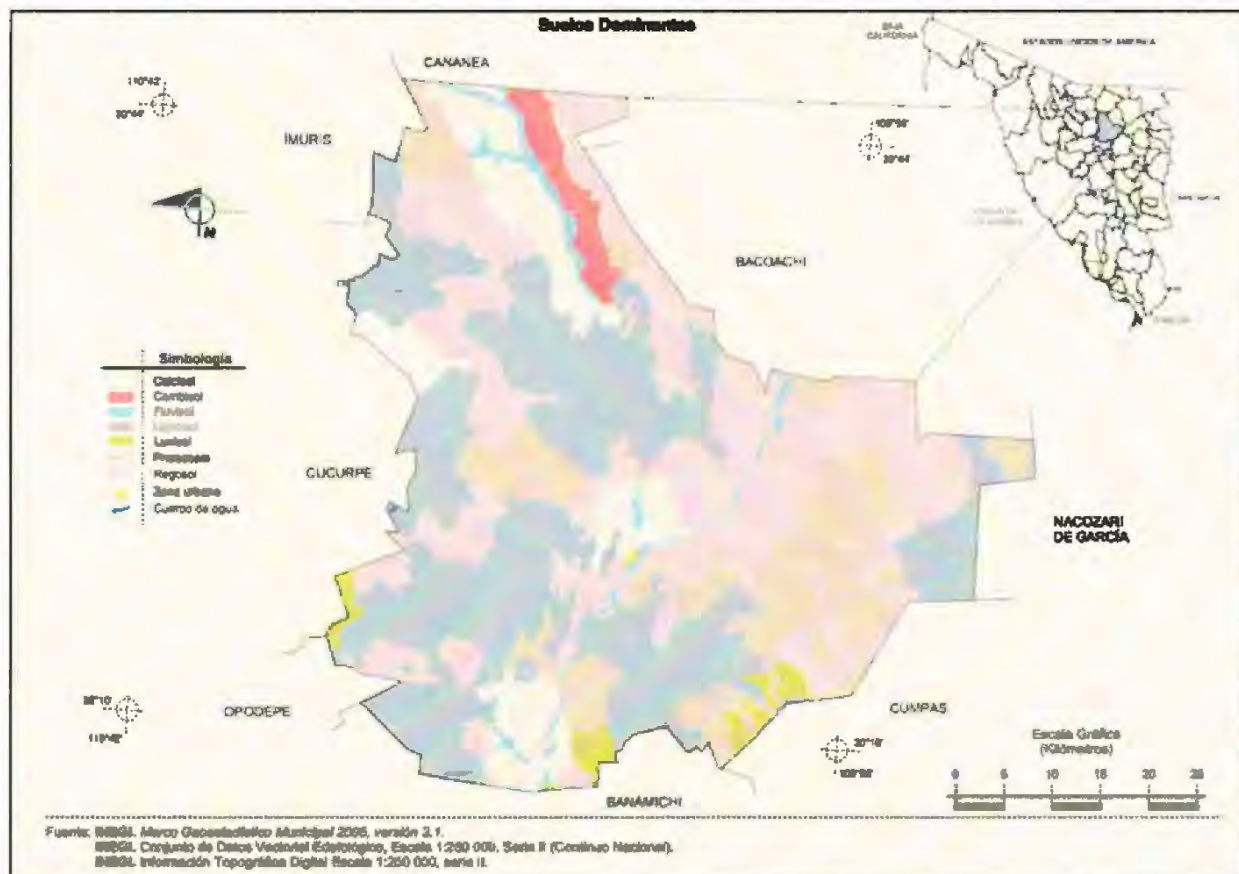


Figura 10. Mapa de localización de Arizpe, indicado en color amarillo. Información tomada del Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Clave geoestadística 26006.

En Arizpe se tomaron 48 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 8 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame.

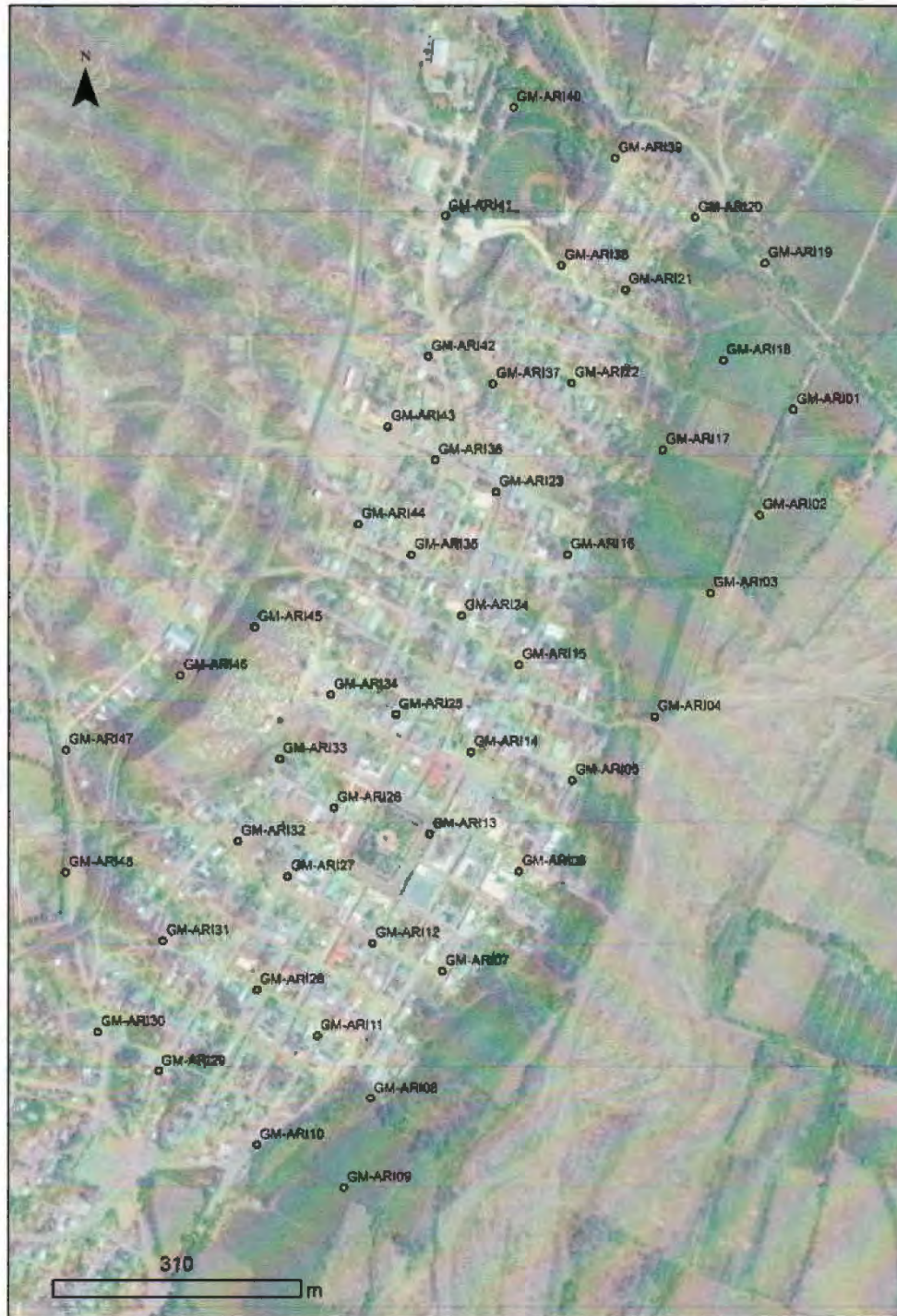


Figura 11. Localización de muestras de suelos superficiales en Arizpe, Sonora.

Tabla 8.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de Arizpe, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	34516.06	96.64	834.00	444.88	43.81	120.11	310.04	1520.06	138.19	39.81	4384.66	57564.40	21198.32
Mínimo	17648.26	27.47	285.44	43.20	11.01	13.62	154.94	347.22	40.54	15.27	1981.62	16550.64	13774.20
Promedio	26064.75	42.44	494.39	120.47	21.06	34.18	213.34	562.40	95.94	22.37	3066.96	33695.27	17678.07
SD	3694.97	12.58	115.36	75.52	6.14	18.34	25.91	223.11	14.59	4.89	462.26	10287.24	1715.97

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó adicionalmente, la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se han establecido pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños. La Tabla 9 muestra los valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar para las muestras del sitio de referencia.

Tabla 9.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de Arizpe, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	48210.49	66.65	858.34	653.68	40.88	118.86	341.16	1921.11	107.78	59.18	4426.87	75136.53	20888.76
Mínimo	19810.98	24.11	321.36	52.99	11.81	13.51	182.12	414.40	52.46	17.01	2413.43	23784.59	13539.99
Promedio	30954.28	41.30	499.56	142.67	22.18	41.40	250.05	675.22	88.84	30.36	3454.92	37869.97	17462.59
SD	5383.93	10.04	115.85	104.23	5.28	21.42	38.81	302.79	10.51	10.07	467.82	11985.06	1375.29

En el caso de las muestras de suelos superficiales en fracción adherible a manos se encontró que 22 muestras del total de 48 excedieron el máximo permisible establecido para arsénico, incluso al doble. La figura 8 muestra la distribución de metales en suelos residenciales, en la fracción adherible a manos (muestra de suelo que pasa la malla 60).

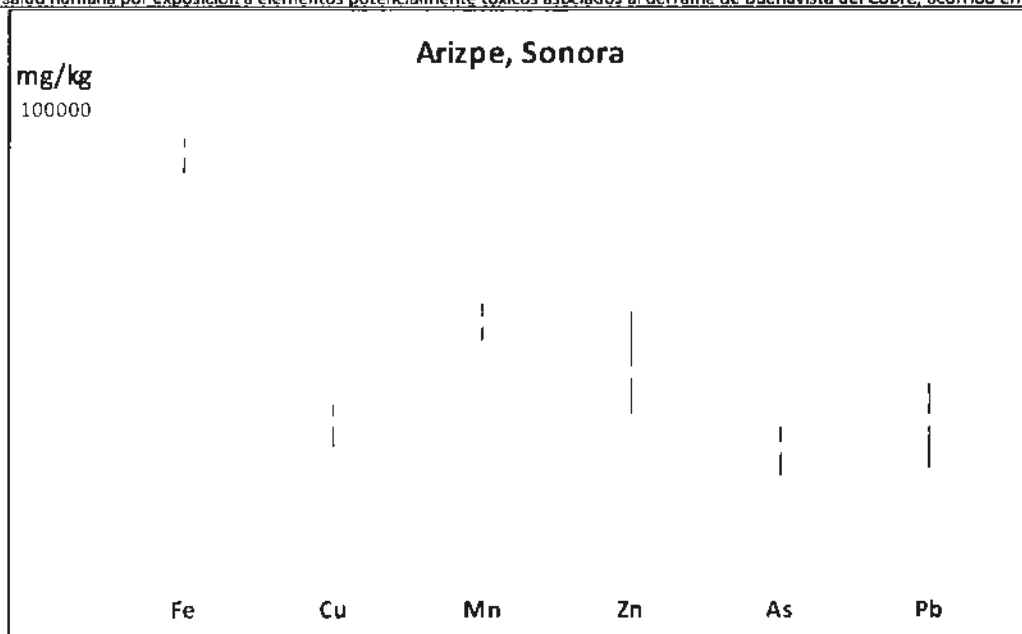


Figura 12. Distribución de metales en suelos superficiales que pasan la malla 60. Fracción adherible a manos.

4.2.2. Estimación de riesgo

La figura 9 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)¹⁴, no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)¹⁵. Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo. 22 muestras exceden las concentraciones de referencia en arsénico, sin embargo, los estudios de bioaccesibilidad muestran que este no es soluble por lo que no representa un riesgo a la salud en Arizpe.

¹⁴ Meléndez, JM., Cañez, GM., Frias, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev. Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2): 1131-1147.

¹⁵ Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Alan, 3(56).

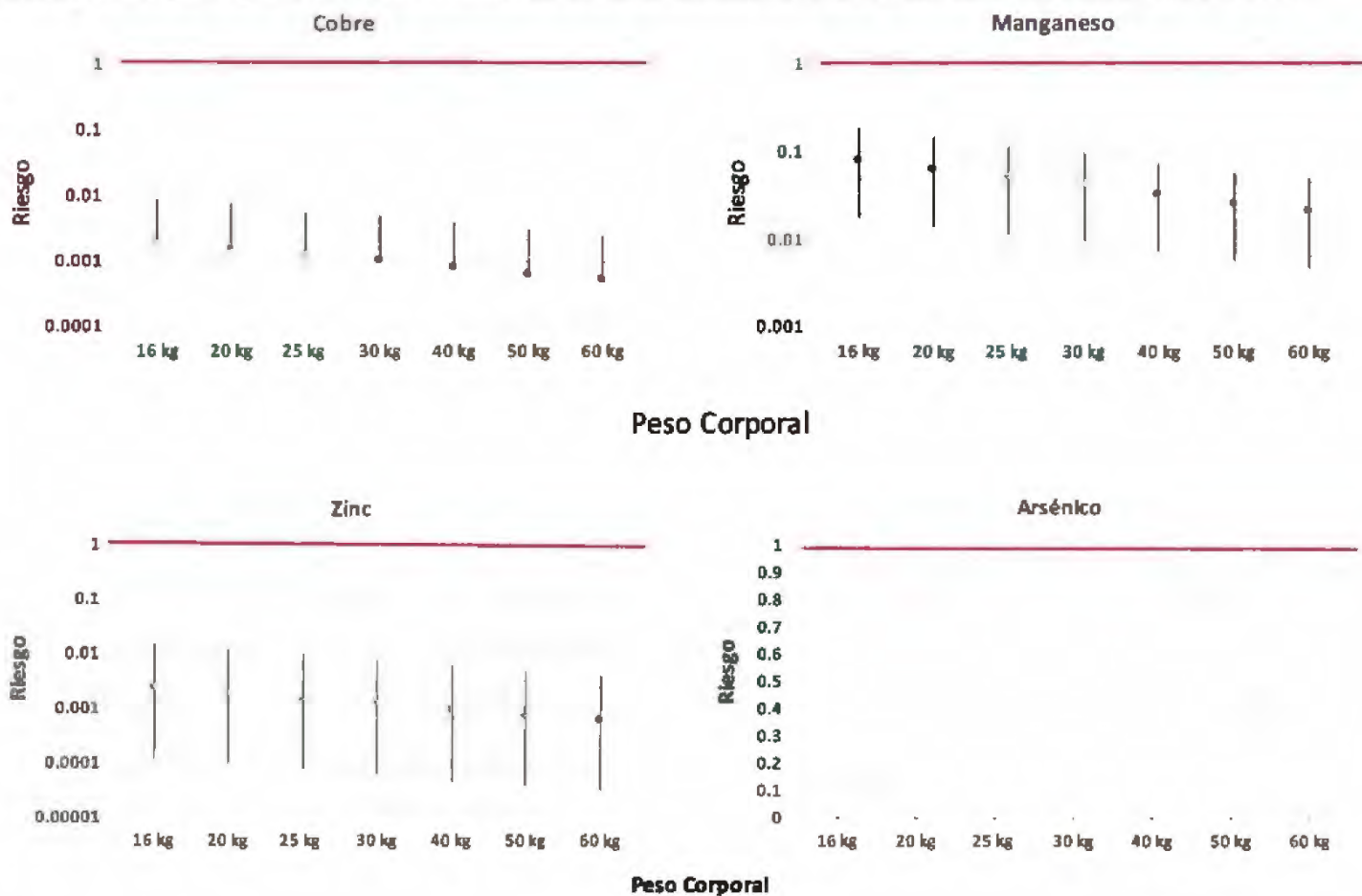


Figura 13. Gráficas de riesgo por exposición a cobre, manganeso, zinc y arsénico en suelos para niños de Arizpe, Sonora.

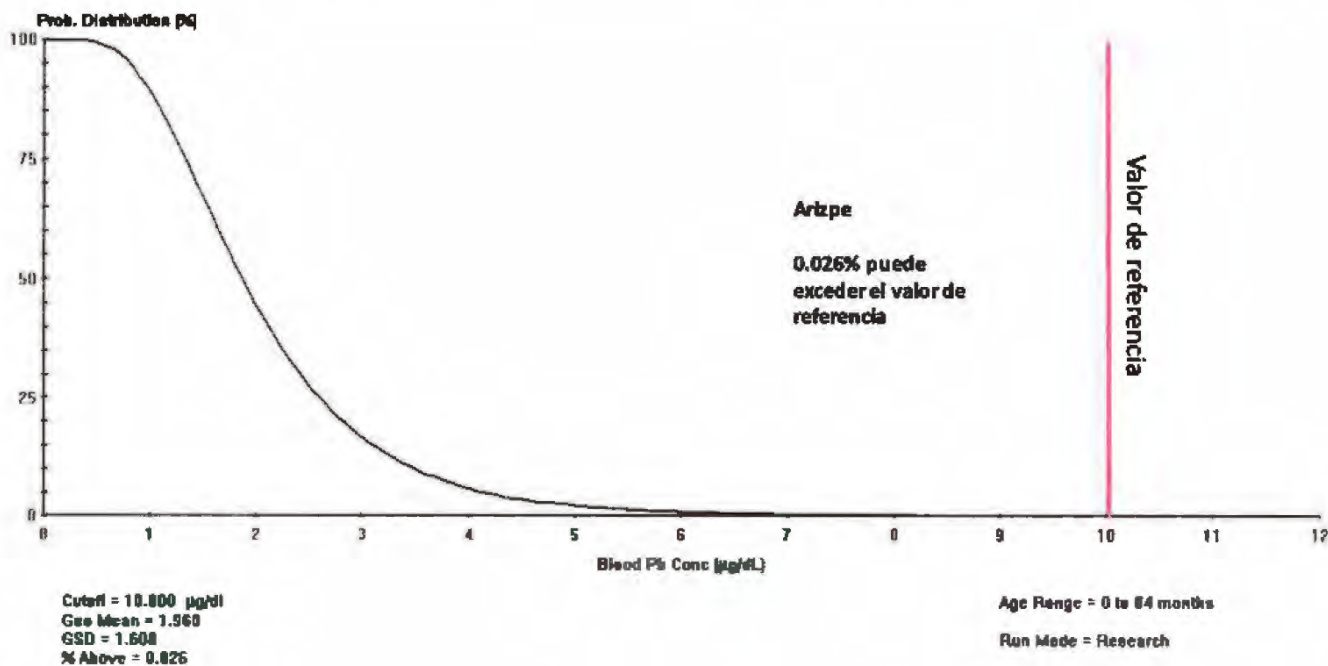


Figura 14. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos y alimentos. Probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre.



Figura 15. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a Mn, Zn, Cu y As en Arizpe, Sonora.

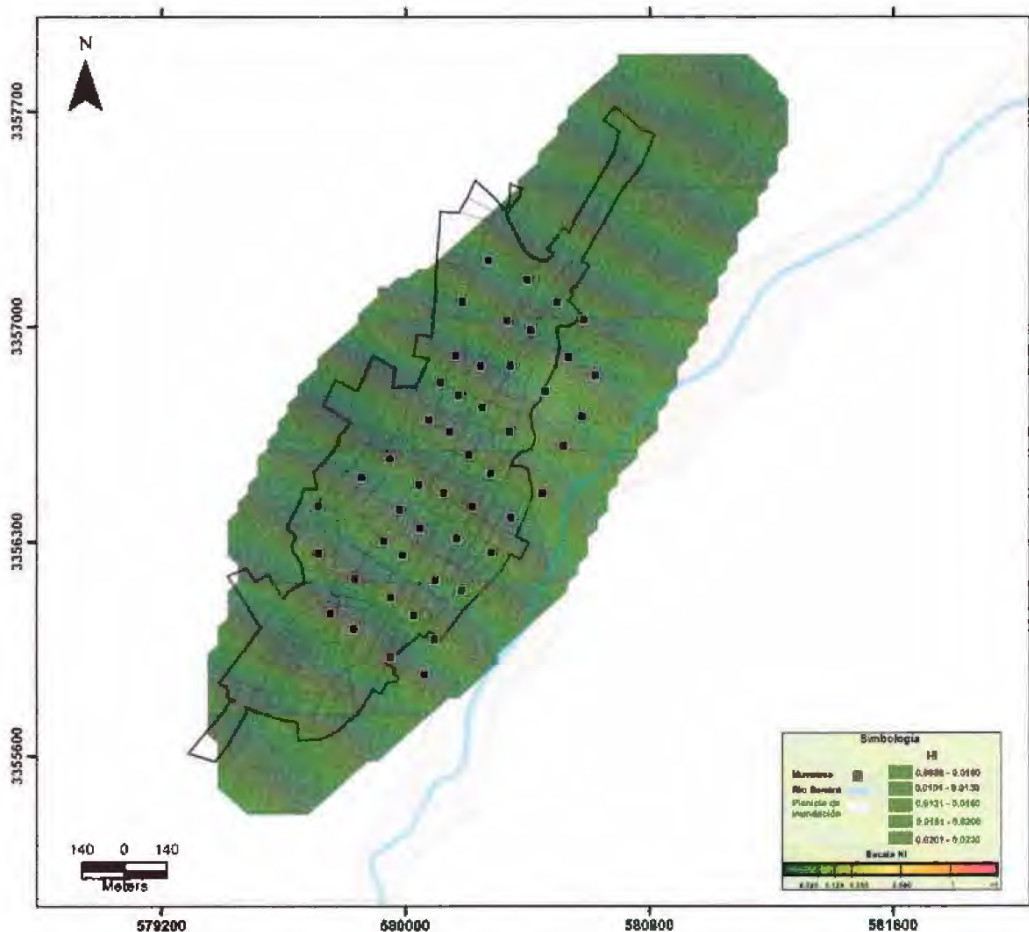


Figura 16. Mapa de riesgo integrado para adultos expuestos a Mn, Zn, Cu y As en Arizpe, Sonora.

4.3. Aconchi

4.3.1. Investigación histórica y descripción del sitio.

La población de Aconchi se encuentra ubicada entre los paralelos 29° 41' y 29° 53' de latitud norte y los meridianos 110° 26' y 110° 00' de longitud oeste, a una altitud entre 500 y 2200 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de San Felipe de Jesús y Huépac; al este con los municipios de Huépac, Moctezuma y Baviácora; al sur con los municipios de Baviácora, Ures y Rayón; al oeste con los municipios de Rayón y San Felipe de Jesús. Cuenta con una población de 2452 habitantes al 2009 según información de prontuario en INEGI (<http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>). El clima es Seco semicálido (43.48%), semiseco semicálido (30.70%), semiseco templado (24.55%), muy seco muy cálido y cálido (1.27), con un rango de temperatura de 16 - 24°C y de precipitación de 300 - 600 mm. La Geología se caracteriza por la presencia de rocas Ígnea intrusiva: granito (46.72%) Sedimentaria: conglomerado (34.64%), caliza (0.06%) y suelos en orden de abundancia: Ígnea intrusiva: granito (46.72%) Sedimentaria: conglomerado (34.64%), caliza (0.06%) Ígnea extrusiva: basalto (9.48%), riolita-toba ácida (1.40%) Suelo: aluvial (7.56%) y No aplicable (0.14%). El 4.27% del

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014. El suelo es usado para agricultura con un 0.32% en la zona urbana. El 4.17% se usa para la agricultura mecanizada. La zona urbana ha crecido sobre suelos del Cuaternario y rocas sedimentarias del Terciario, en valle intermontano, sobre áreas donde originalmente había suelos de tipo Fluvisol y Regosol.

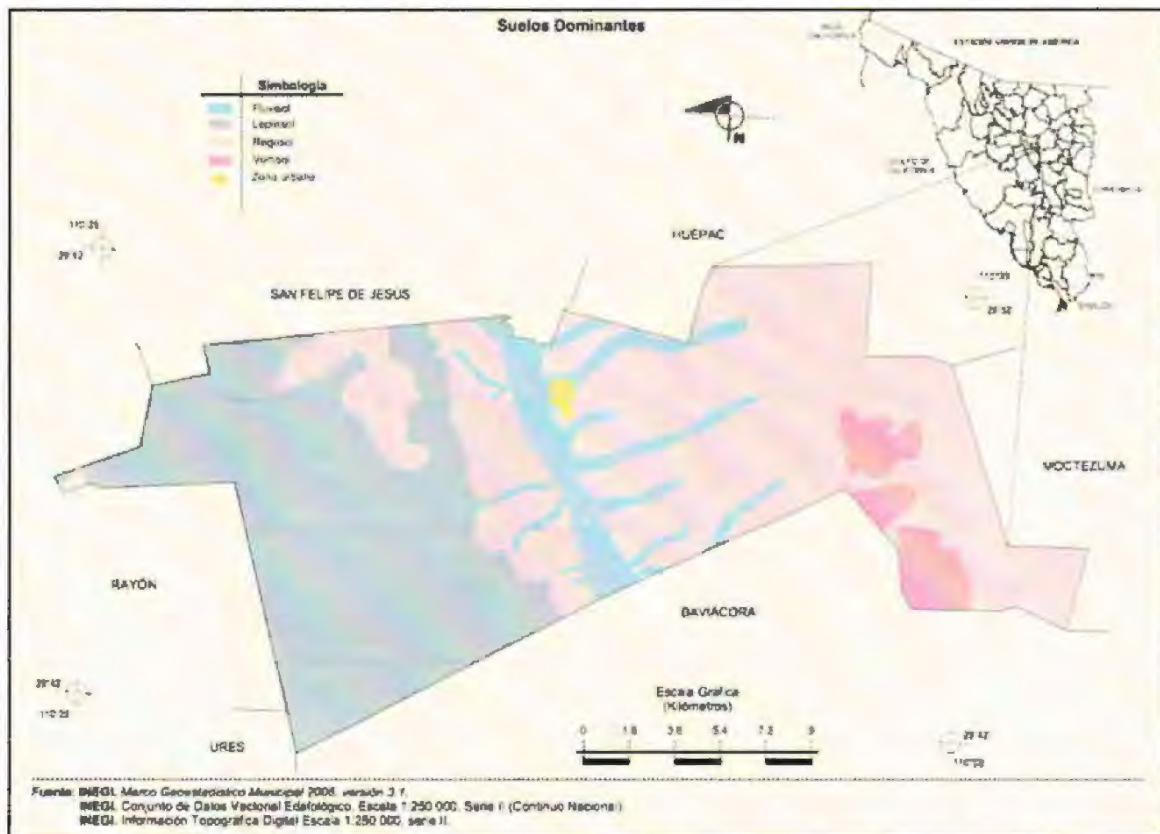


Figura 17. Localización de Aconchi, la zona urbana se representa con color amarillo.

En Aconchi se tomaron 52 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 10 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame. De las 52 muestras analizadas, 10 exceden los valores de referencia para arsénico.

Figura 18. Mapa de localización de muestras de suelos superficiales en Aconchi, Sonora.

Tabla 10.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de Aconchi, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame	Elementos no asociados al derrame
--	--------------------------------	-----------------------------------

	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	43770,84	54,07	781,05	496,96	39,82	258,79	560,69	435,90	153,04	63,05	5756,56	49904,13	21116,31
Mínimo	19242,67	16,86	341,43	28,92	3,73	11,97	142,19	171,45	88,81	14,43	2494,07	6444,09	10687,52
Promedio	29973,94	31,69	540,10	104,20	16,40	42,08	271,39	268,26	121,10	30,99	4069,52	22578,75	18248,19
SD	6600,20	7,69	103,73	73,48	6,93	48,78	83,98	56,72	11,96	12,04	686,51	10711,36	1858,00

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó adicionalmente, la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se han establecido pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños. La Tabla 11 muestra los valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar para las muestras del sitio de referencia.

Tabla 9.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de Aconchi, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	87842,87	106,32	986,36	694,90	50,25	233,15	857,03	455,19	163,94	97,24	6089,22	50144,88	21463,33
Mínimo	18956,01	19,68	273,53	40,50	4,54	12,32	158,68	209,76	89,94	22,37	2001,42	6317,07	10464,56
Promedio	35054,26	35,32	568,28	127,11	19,27	43,68	380,14	315,59	129,05	51,20	3870,52	22534,24	18269,03
SD	11663,71	13,42	126,30	97,32	8,13	35,10	147,28	54,26	13,58	21,50	778,47	10687,04	1962,36

En el caso de las muestras de suelos superficiales en fracción adherible a manos se encontró que 20 muestras del total de 52 excedieron el máximo permisible establecido para arsénico, alcanzando un máximo de 50 mg/kg. La figura 12 muestra la distribución de metales en suelos residenciales, en la fracción adherible a manos (muestra de suelo que pasa la malla 60).

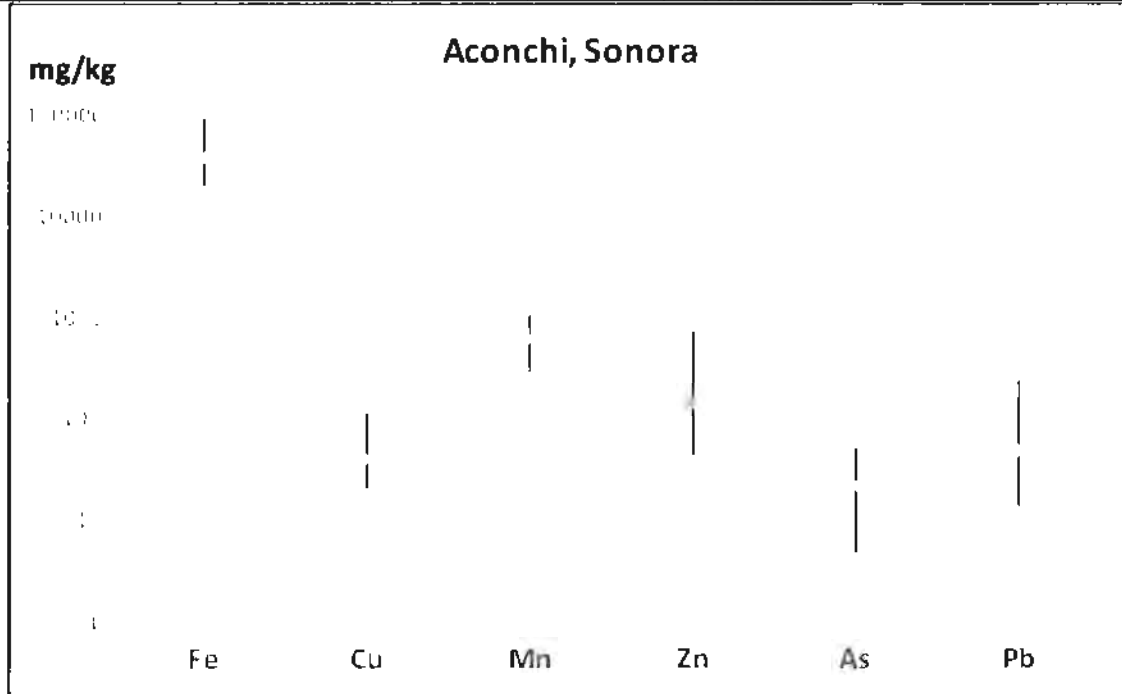


Figura 19. Distribución de metales en muestras de suelo que pasan la malla 60 (fracción adherible a manos).

4.3.2. Estimación de riesgo.

La figura 13 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)¹⁶, no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)¹⁷. Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo. 20 muestras exceden las concentraciones de referencia en arsénico, sin embargo, los estudios de bioaccesibilidad muestran que este no es soluble por lo que no representa un riesgo a la salud en Aconchi.

¹⁶ Meléndez, JM., Cañez, GM., Frías, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev.Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2):1131-1147.

¹⁷ Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Alan, 3(56).

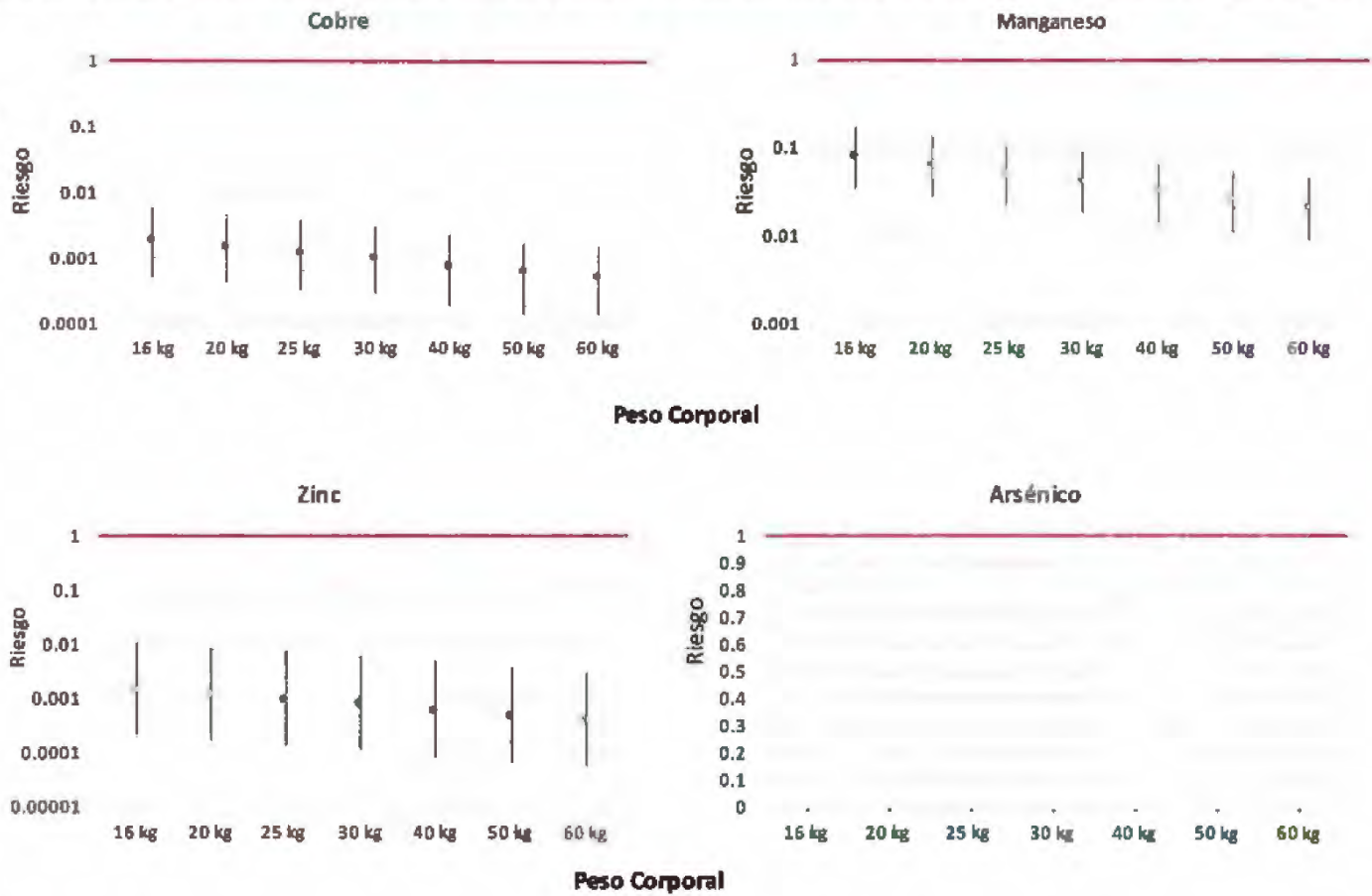


Figura 20. Gráficas de riesgo por exposición a cobre, manganeso, zinc y arsénico en suelos para niños de Aconchi, Sonora.

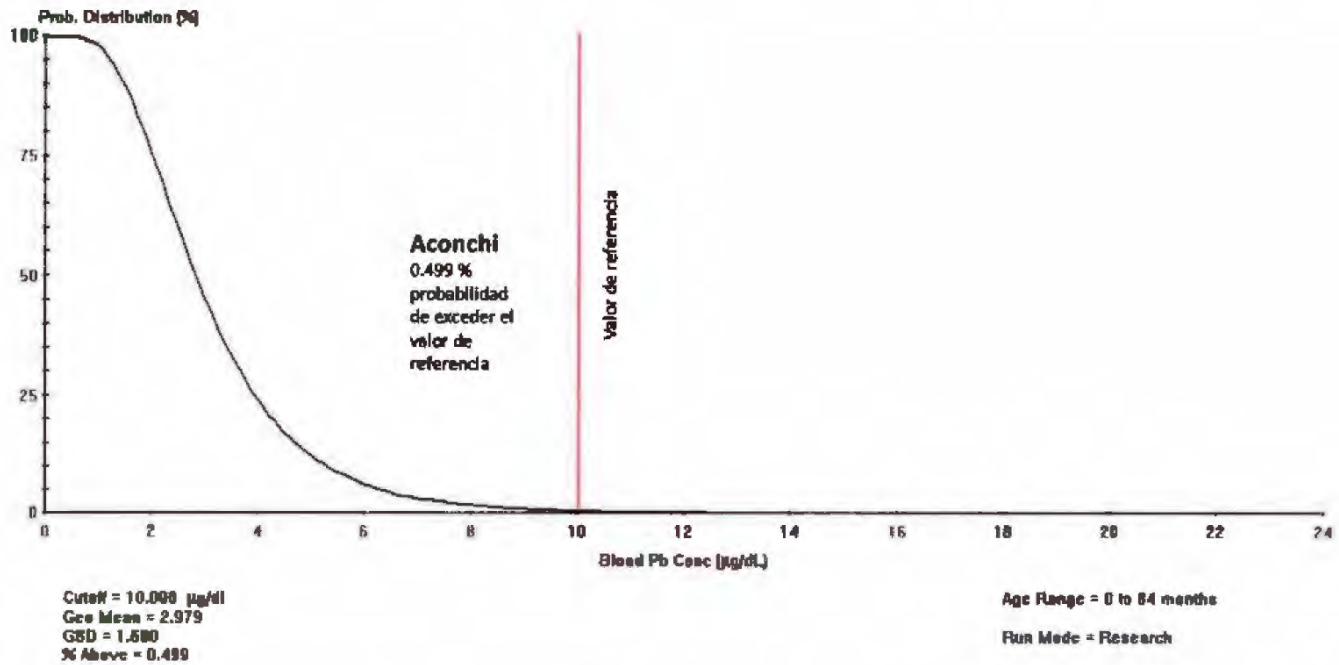


Figura 21. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos de Aconchi, Sonora. Probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre.

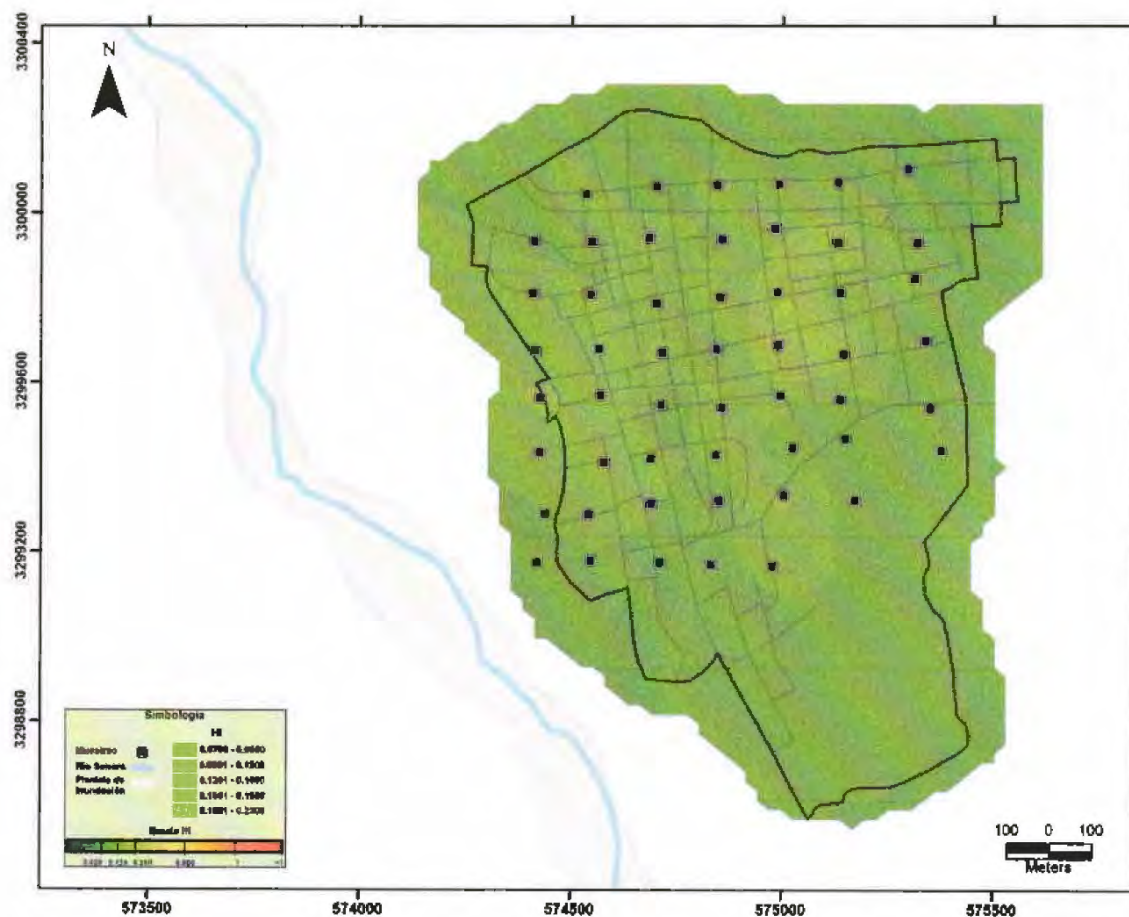


Figura 22. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a As, Cu, Zn y Mn en suelos de Aconchi, Sonora.

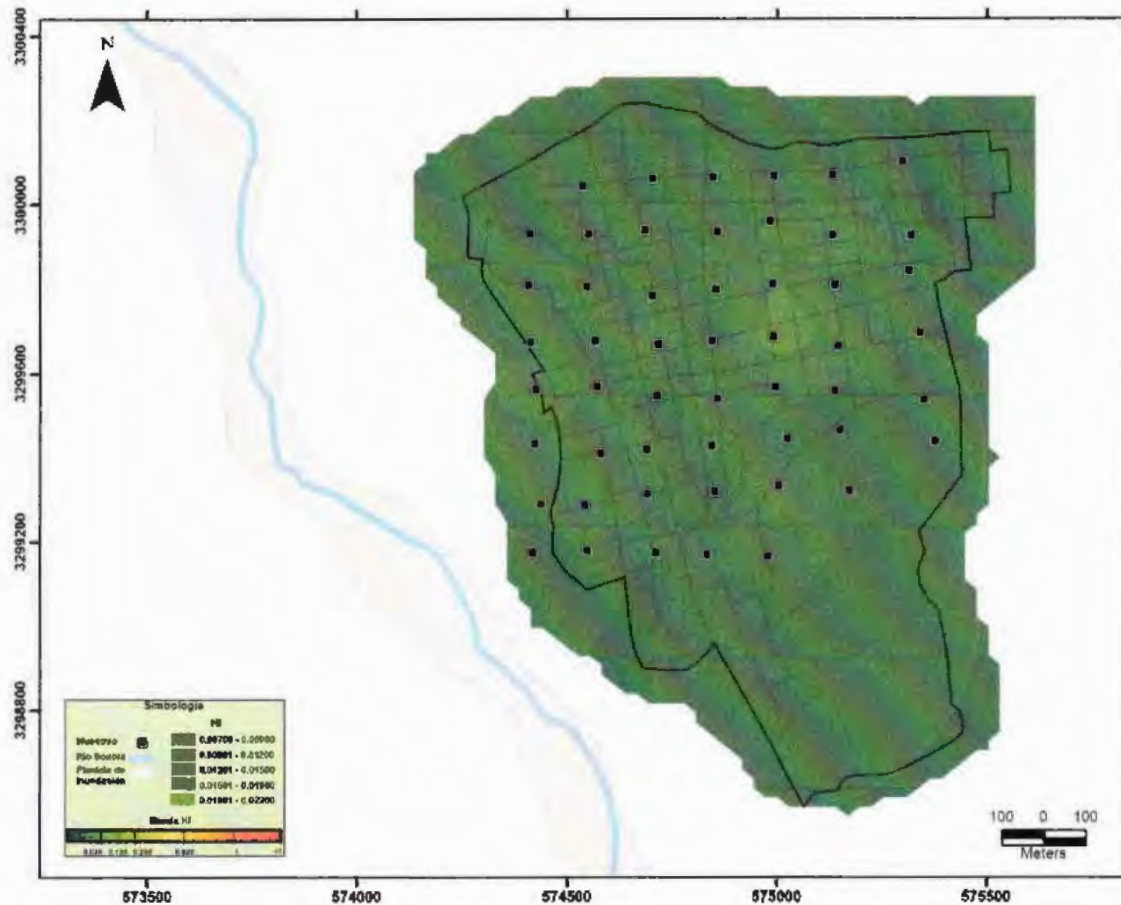


Figura 23. Mapa de riesgo integrado para adultos expuestos a As, Cu, Zn y Mn en suelos de Aconchi, Sonora.

4.4. Banámichi

4.4.1. Investigación histórica y descripción del sitio.

Esta población se ubica entre los paralelos 29° 56' y 30° 12' de latitud norte; y los meridianos 110° 00' y 110° 33' de longitud oeste, con una altitud entre 600 y 2000 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de Opodepe y Arizpe; al este con el municipio de Cumpas; al sur con los municipios de Cumpas y Huépac; al oeste con los municipios de Huépac y Opodepe ocupando un 0.45% de la superficie del estado de Sonora. La población total del municipio es de 1464 habitantes al 2009 según información de prontuario en INEGI (<http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>). El clima es seco semicálido (34.03%), semiseco semicálido (35.59%) y semiseco templado (30.38%) con un rango de temperatura de 14 a 22 °C y de precipitación de 400-600 mm. La geología se caracteriza por la presencia de rocas ígneas extrusivas de tipo riolita-toba ácida (23.10%), toba ácida (18.90%), andesita (2.89%), basalto (1.71%) y andesita-toba intermedia (0.58%). Rocas sedimentarias de tipo conglomerado (33.63%) y limolita-arenisca (8.36%). Suelos en orden de abundancia

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014. son: Leptosol (55.47%), Regosol (17.66%), Calcisol (9.92%), Luvisol (9.68%), Fluvisol (1.43%) y Phaeozem (1.20%). La localidad de Banamichi cuenta con una población de 1238 habitantes.

Banamichi se encuentra asentada al margen derecho del cauce del río Sonora. Las actividades económicas principales son la agricultura de temporal y de riego, sobre los márgenes del río Sonora, también actividades ganaderas, mineras y de prestación de servicios relacionados a la minería. El río cuenta con un escurrimiento perenne mínimo gran parte del año, aumentando durante las lluvias del verano y con crecidas cuando se presentan lluvias extraordinarias. Banamichi cuenta con escuelas desde nivel preescolar hasta medio superior, se tienen áreas verdes y recreacionales, una planta de tratamiento de aguas residuales, una gasolinera y hay ausencia de actividades de tipo industrial en el casco urbano.

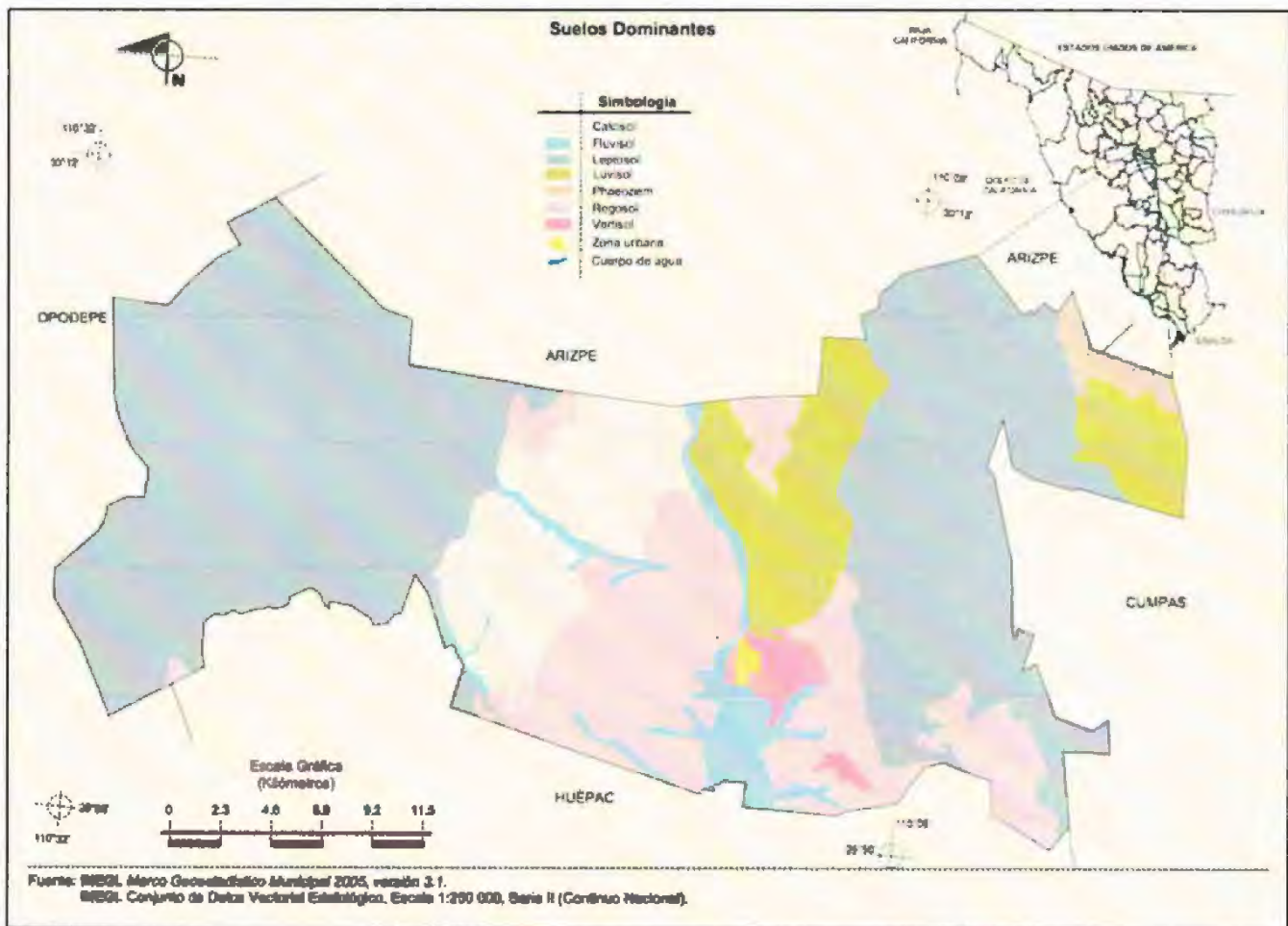


Figura 24. Localización del área de Banamichi, Sonora (indicada en amarillo). Tomado del Pronuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

En Banamichi se tomaron 47 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 12 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame. De las 47 muestras analizadas, solo una muestra excede los valores de referencia para arsénico.



Figura 25. Localización de muestras de suelos superficiales en Banamichi, Sonora.

Tabla 12.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de Banamichi, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	44642,24	60,84	753,84	331,82	24,21	141,78	388,87	572,54	153,12	84,61	6990,16	50498,20	21351,19
Mínimo	16266,60	26,36	314,18	34,56	8,33	16,19	174,47	188,68	85,38	18,80	2500,77	9272,32	13023,21
Promedio	29432,33	38,30	538,40	92,86	14,39	32,35	250,28	345,22	106,22	28,08	4253,13	20531,92	17093,20
SD	6763,43	7,38	122,12	49,30	3,42	23,83	46,07	97,53	12,19	11,04	1065,62	8612,58	2288,50

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó adicionalmente, la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se han establecido pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños. La Tabla 13 muestra los valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar para las muestras de la localidad de Banamichi, Sonora.

Tabla 13.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de Banamichi, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	46398,32	94,07	853,73	383,15	23,34	159,01	415,94	579,23	154,73	44,38	6484,90	54436,34	22115,58
Mínimo	17816,94	22,35	319,11	41,86	9,12	15,53	190,03	202,15	82,40	16,68	2315,24	9148,23	12639,84
Promedio	29589,01	39,31	542,72	99,08	14,77	34,65	262,32	363,12	105,67	26,89	4027,25	20773,02	17802,80
SD	6771,46	12,95	124,09	64,43	3,34	26,02	51,88	83,72	11,69	7,34	1023,69	9315,08	2418,42

En el caso de las muestras de suelos superficiales en fracción adherible a manos se encontró que 2 muestras del total de 47 excedieron el máximo permisible establecido para arsénico. La figura 16 muestra la distribución de metales en suelos residenciales, en la fracción adherible a manos (muestra de suelo que pasa la malla 60).

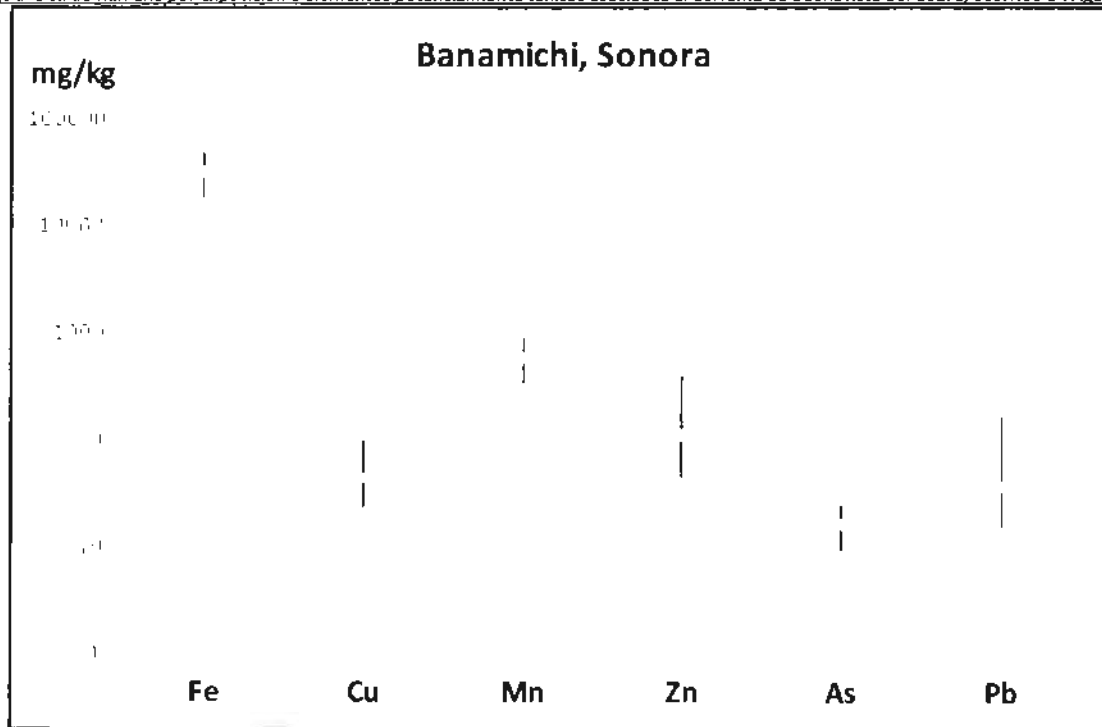


Figura 26. Distribución de metales en muestras de suelo que pasan la malla 60 (fracción adherible a manos).

4.4.2. Estimación de riesgo

La figura 17 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)¹⁸, no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)¹⁹. Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo.

¹⁸ Meléndez, JM., Cañez, GM., Frias, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev.Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2):1131-1147.

¹⁹ Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Atan, 3(56).

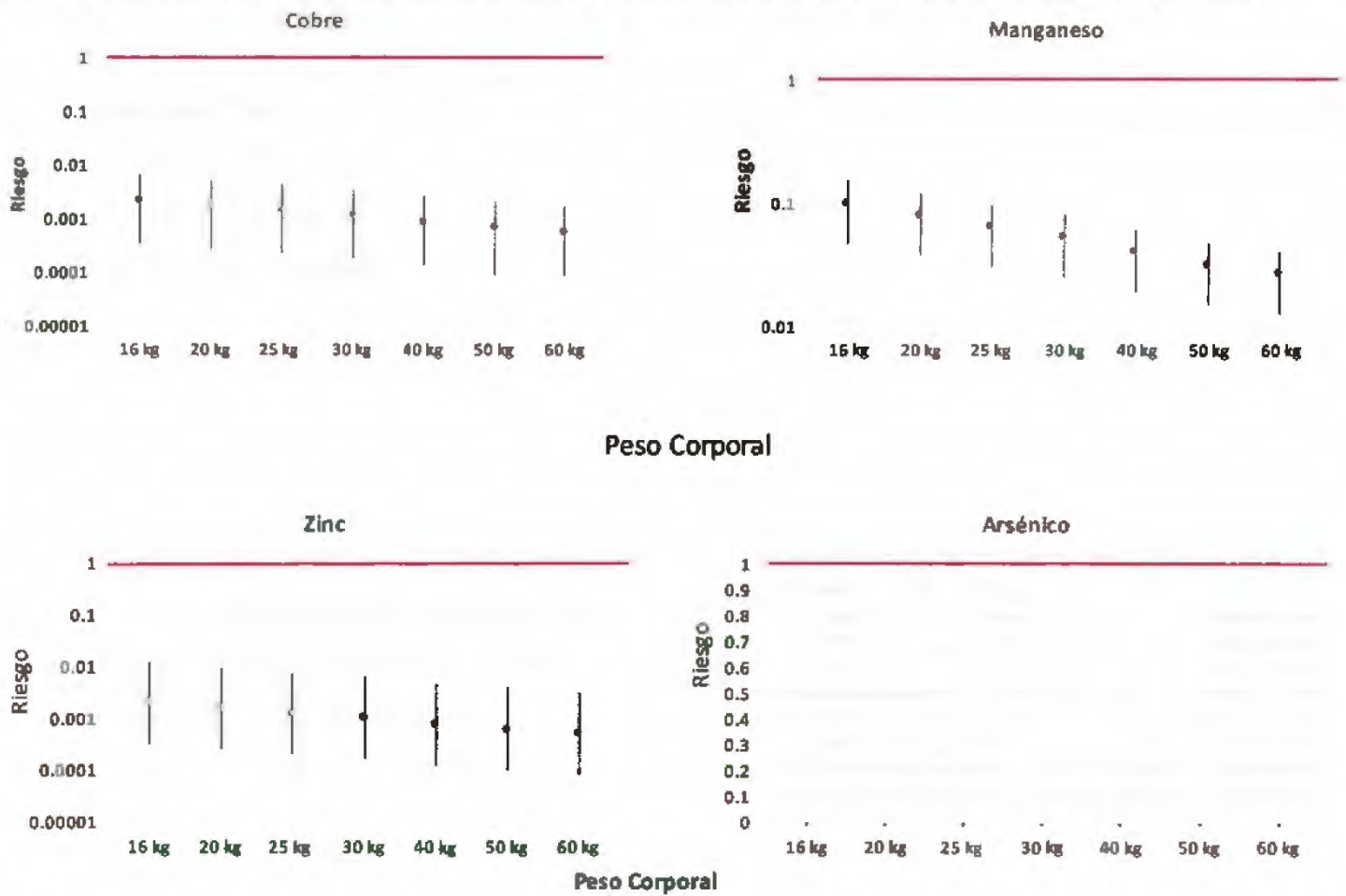


Figura 27. Gráficas de riesgo por exposición a cobre, manganeso, zinc y arsénico en suelos para niños de Banamichi, Sonora.

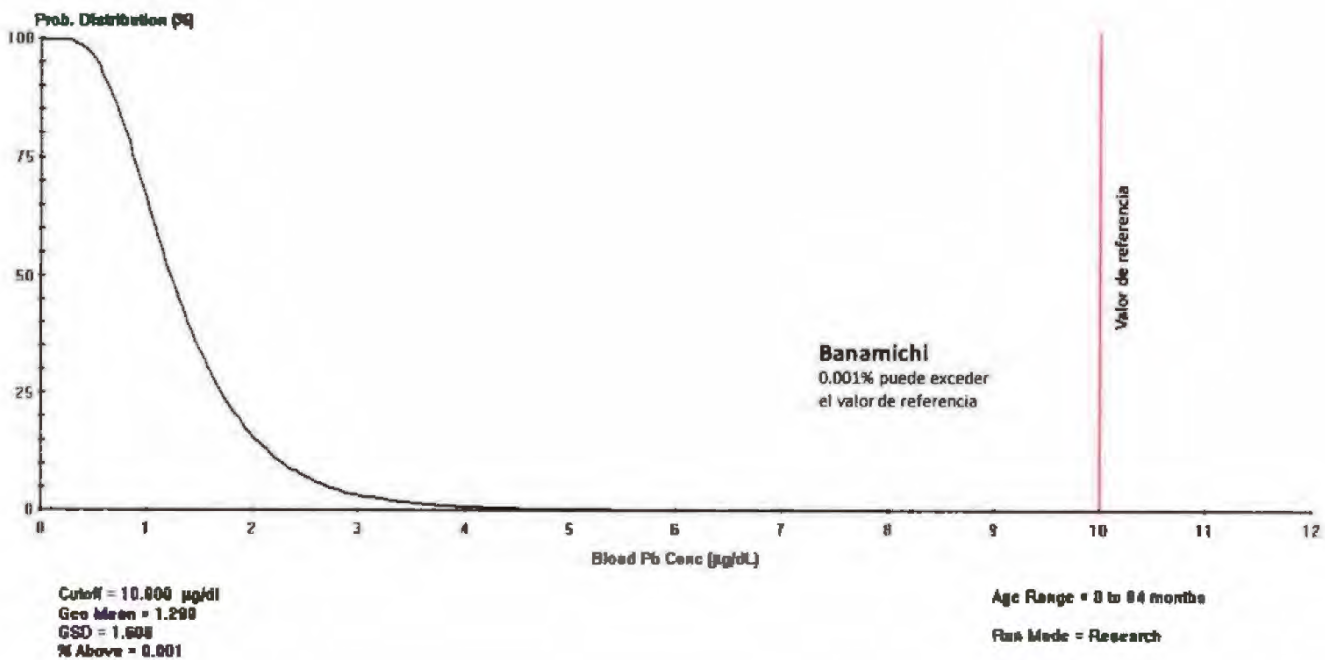


Figura 28. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos de Banamichi, Sonora. Probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre.

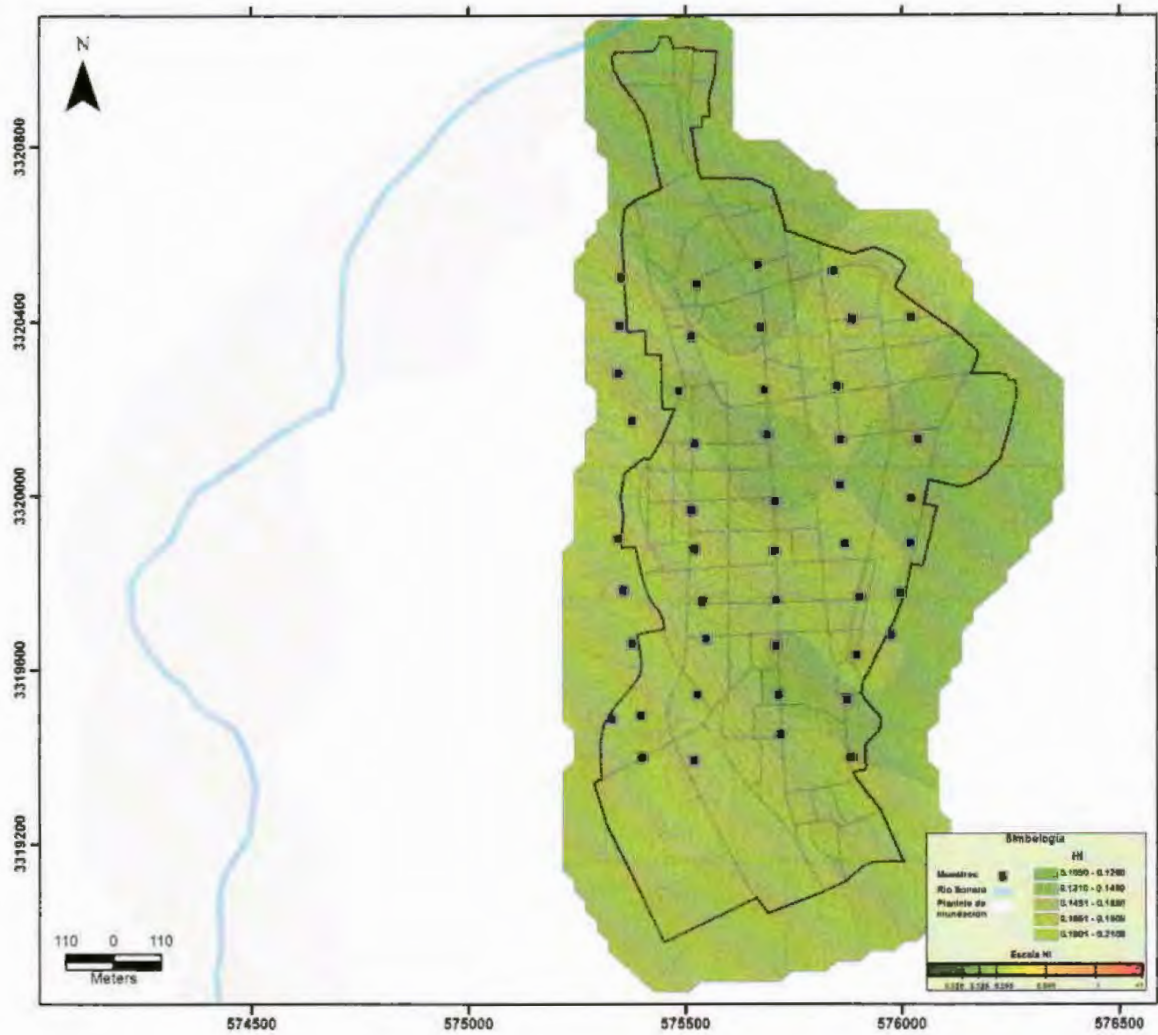
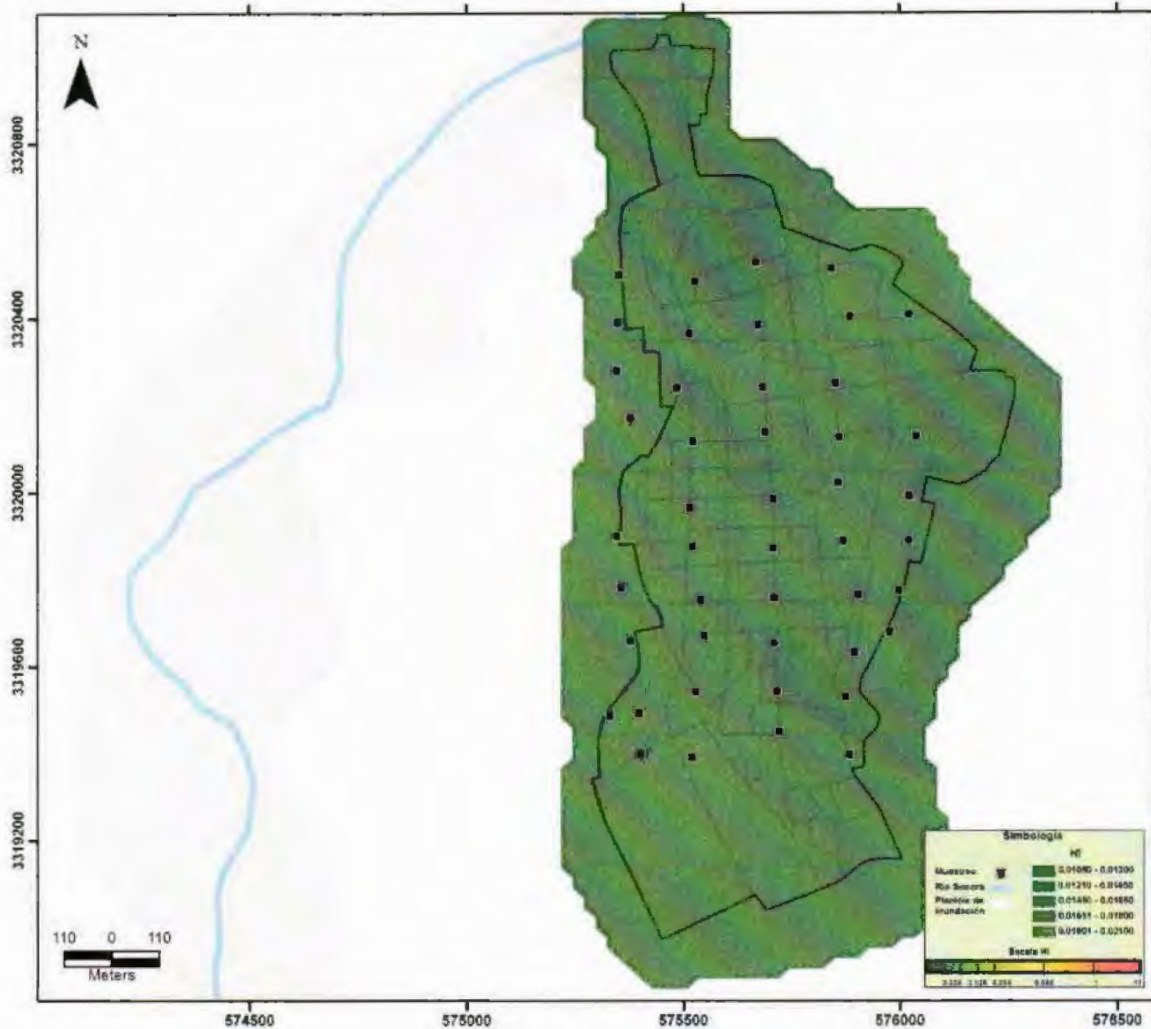


Figura 29. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a Mn, Cu, As y Zn en suelos de Banamichi, Sonora.



Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Geología se caracteriza por la presencia de rocas ígneas sedimentaria: conglomerado (36.83%) ígnea extrusiva: riolita-toba ácida (32.05%), andesita-toba intermedia (1.63%), basalto (1.44%), riolita (0.97%), toba ácida (0.29%) ígnea intrusiva: granito (15%) Suelo: aluvial (11.50%) metamórfica: gneis (0.21%) y suelos en orden de abundancia: Regosol (63.04%), Leptosol (24.03%), Fluvisol (11.31%), Phaeozem (0.68%).

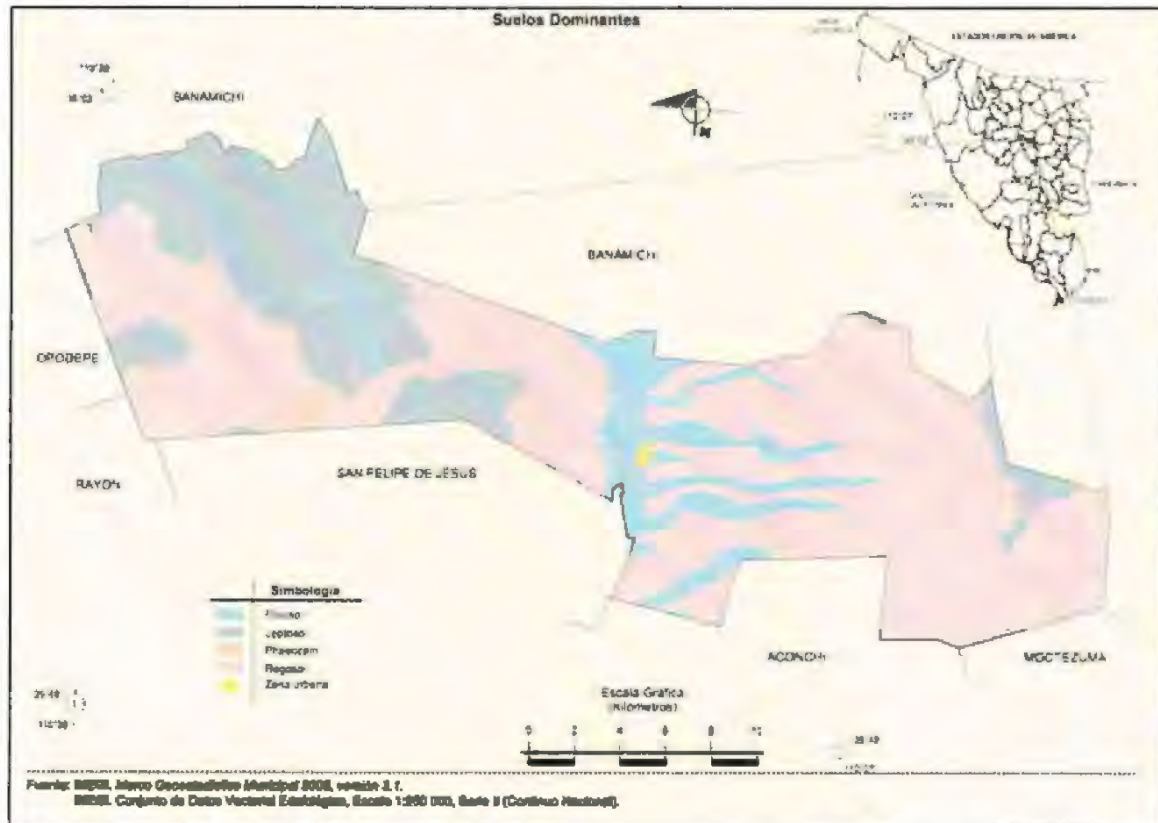


Figura 31. Localización del área de Huépac, Sonora (indicada en amarillo). Tomado del Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

En Huépac se tomaron 51 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 14 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame. De las 51 muestras analizadas, seis muestras exceden los valores de referencia para arsénico.

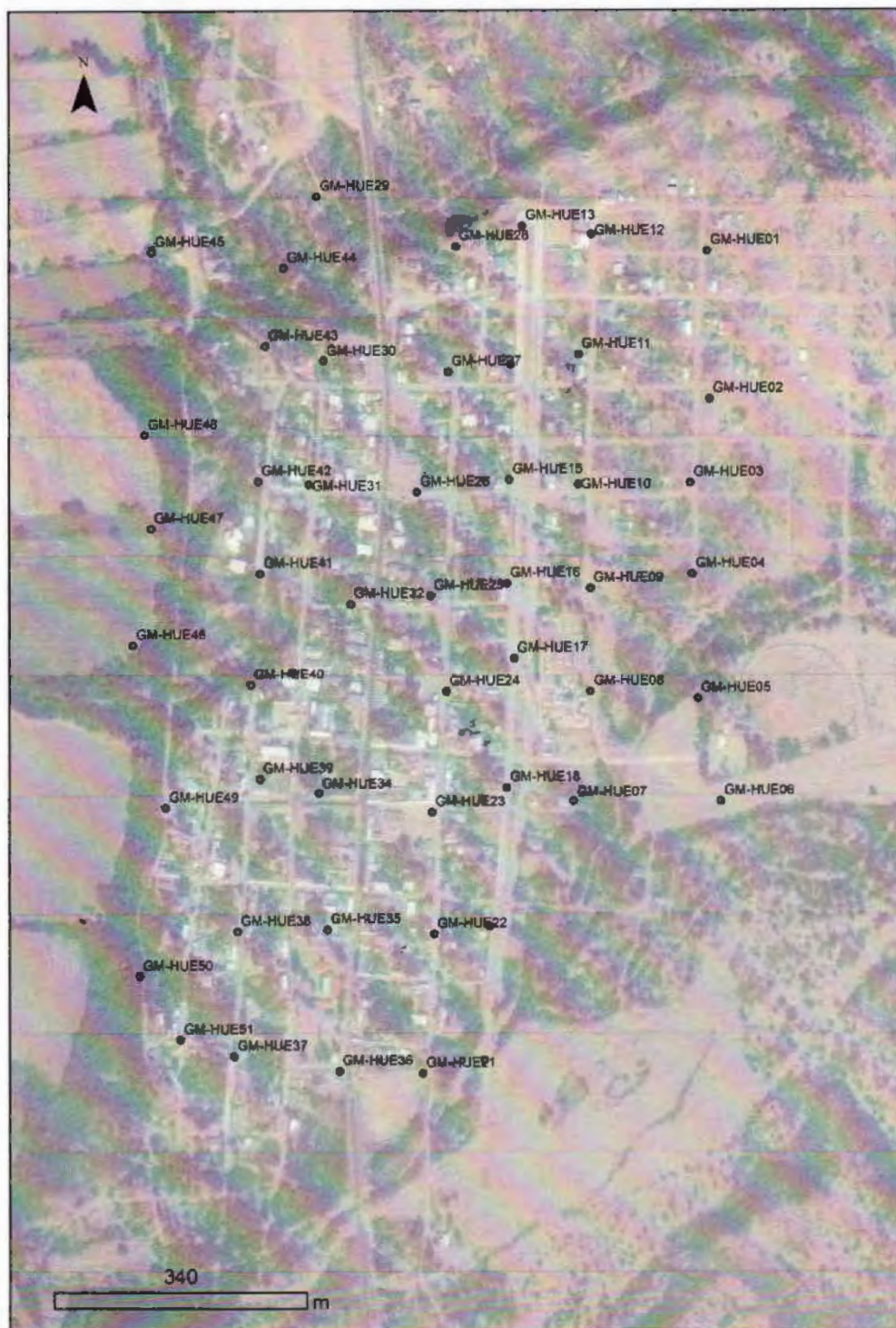


Figura 32. Localización de muestras de suelos superficiales de Huápac, Sonora.

Tabla 14.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de Huápac, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame	Elementos no asociados al derrame
--	--------------------------------	-----------------------------------

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	34800,14	54,83	1188,28	235,98	28,93	373,11	273,30	453,43	185,13	46,17	4461,30	50957,11	22504,09
Mínimo	10611,70	18,25	307,10	36,31	4,42	19,05	89,34	139,40	104,12	15,09	1631,48	6499,99	14434,18
Promedio	23051,13	35,58	592,75	95,46	16,83	55,21	205,20	296,08	130,10	24,25	2997,82	19421,42	18520,30
SD	4925,59	8,46	184,63	42,42	5,04	67,22	35,65	65,88	14,77	7,30	615,77	8712,75	1485,91

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó adicionalmente, la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se han establecido pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños. La Tabla 15 muestra los valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar para las muestras de la localidad de Huépac, Sonora.

Tabla 15.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de Huépac, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	45685,89	73,14	1072,89	282,29	40,99	500,65	433,47	572,40	147,95	113,50	5128,97	60465,32	21897,62
Mínimo	20912,28	32,04	480,75	71,48	9,66	27,90	199,06	234,50	100,10	19,93	2427,43	8881,91	17015,83
Promedio	30877,01	44,59	694,94	128,46	21,74	62,68	285,65	342,17	120,55	30,66	3761,13	22803,87	19082,59
SD	5086,37	8,51	112,25	47,76	5,10	70,33	53,52	63,97	9,60	13,39	612,98	9674,42	1100,10

En el caso de las muestras de suelos superficiales en fracción adherible a manos se encontró que 28 muestras del total de 51 excedieron el máximo permisible establecido para arsénico, siendo esta localidad la que tiene el mayor número de muestras que exceden las concentraciones de referencia para el arsénico. La figura 20 muestra la distribución de metales en suelos residenciales, en la fracción adherible a manos (muestra de suelo que pasa la malla 60).

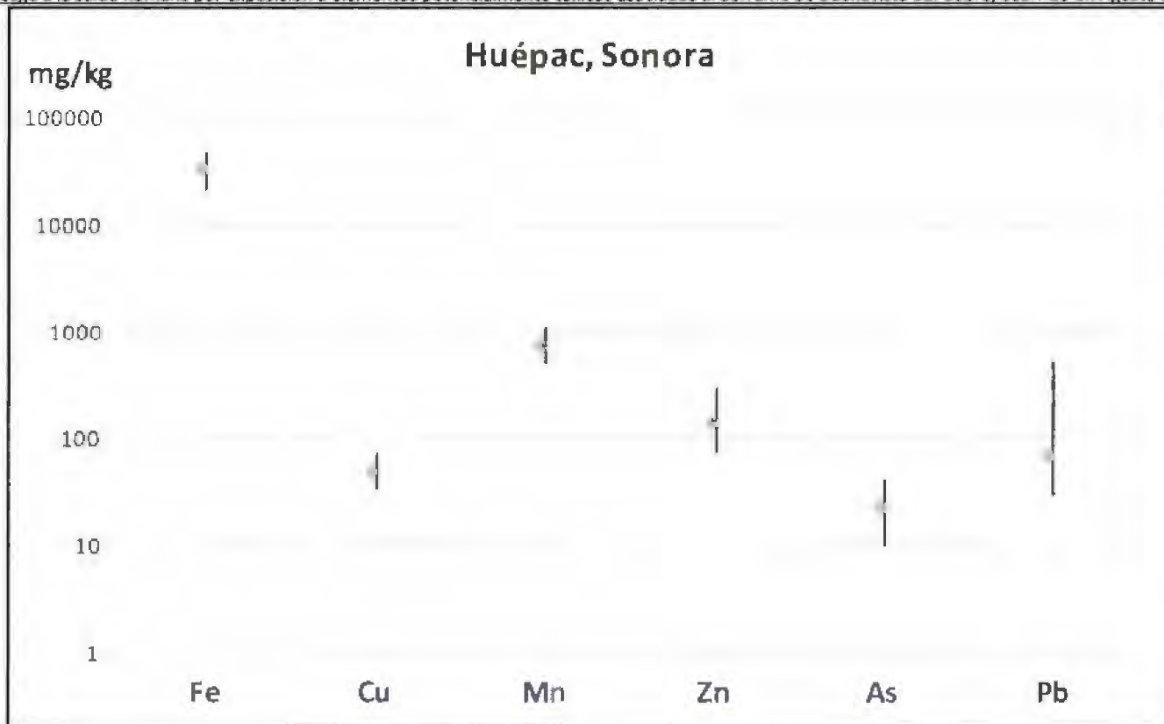


Figura 33. Distribución de metales en muestras de suelo que pasan la malla 60 (fracción adherible a manos).

4.5.2. Estimación de riesgo

La figura 21 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)²⁰, no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)²¹. Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo.

²⁰ Meléndez, JM., Cañez, GM., Frías, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev.Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2):1131-1147.

²¹ Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Alan, 3(56).

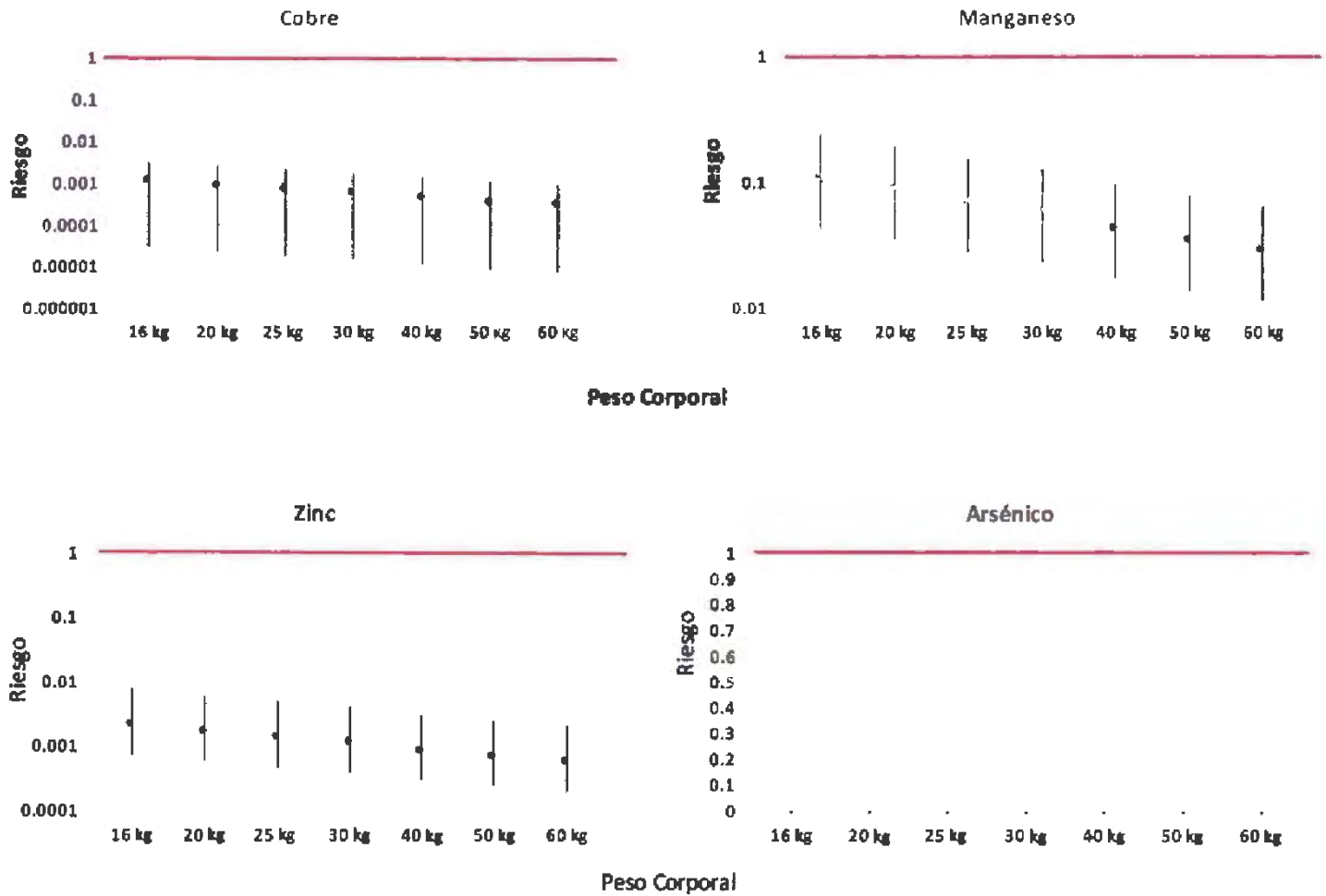


Figura 34. Gráficas de riesgo por exposición a cobre, manganeso, zinc y arsénico en suelos para niños de Huépac, Sonora.

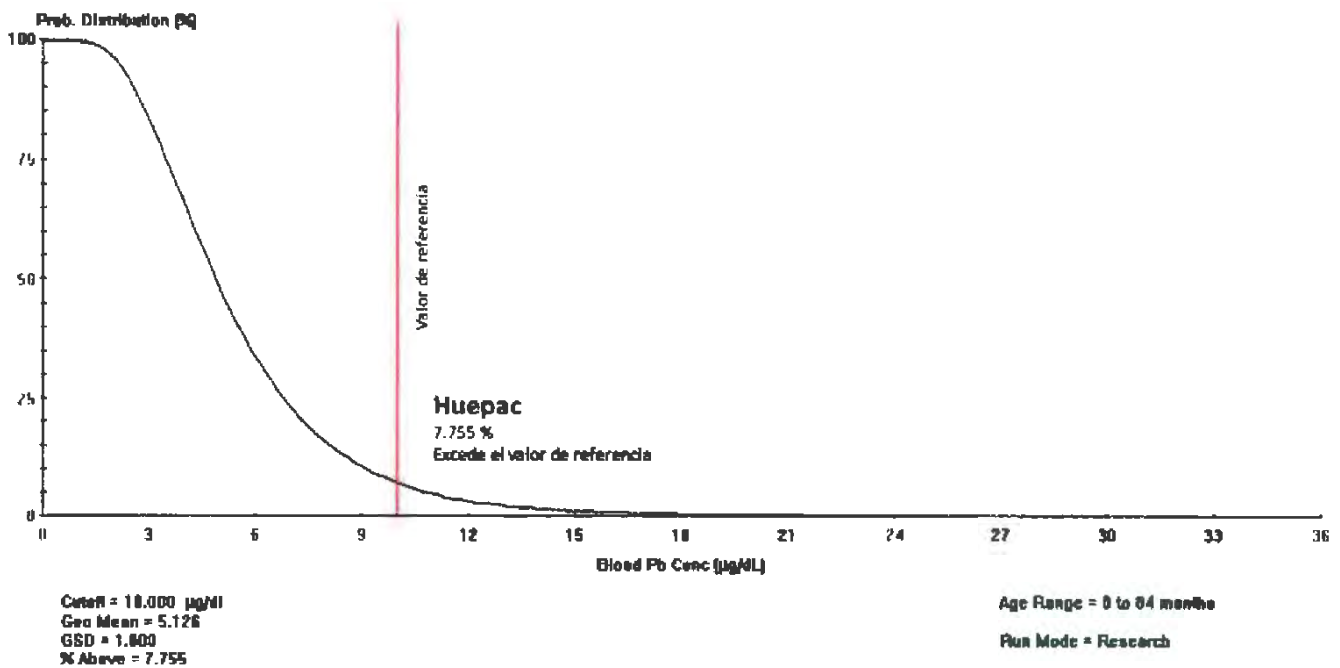


Figura 35. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos y alimentos de Huépac, Sonora. Probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre.

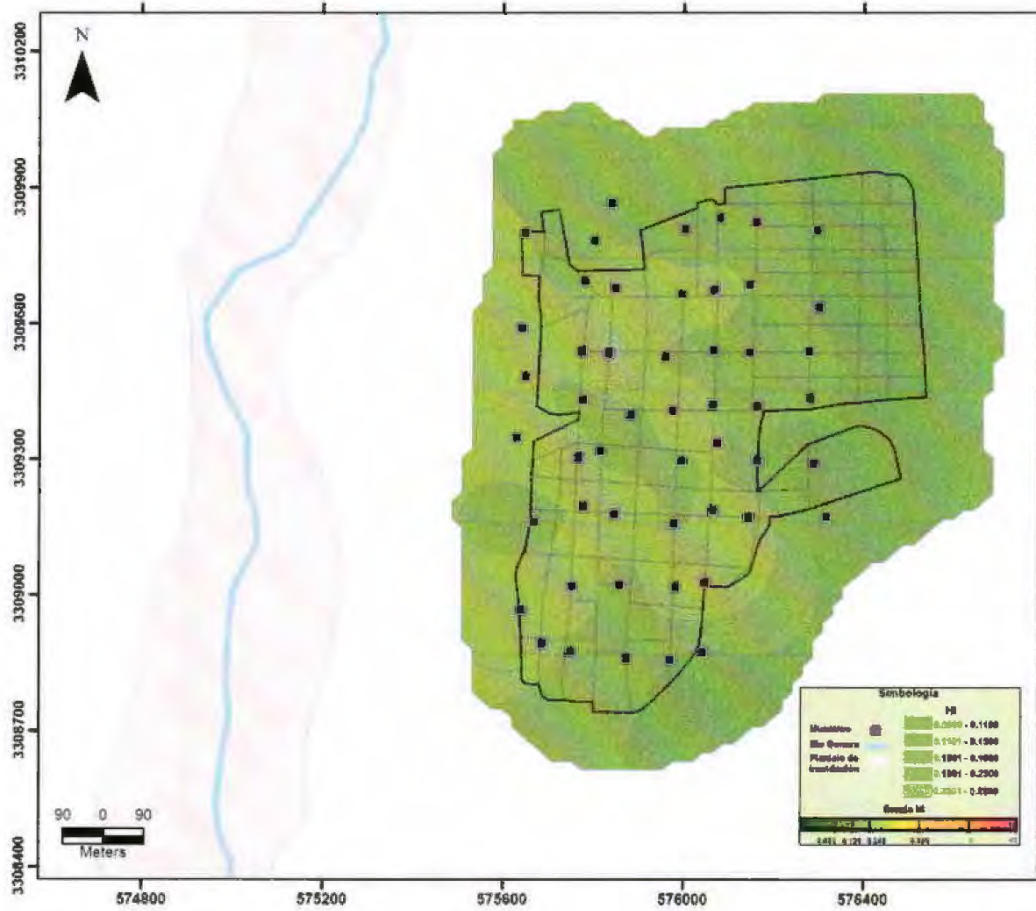


Figura 36. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a Cu, Mn, As, y Zn en suelos de Huépac, Sonora

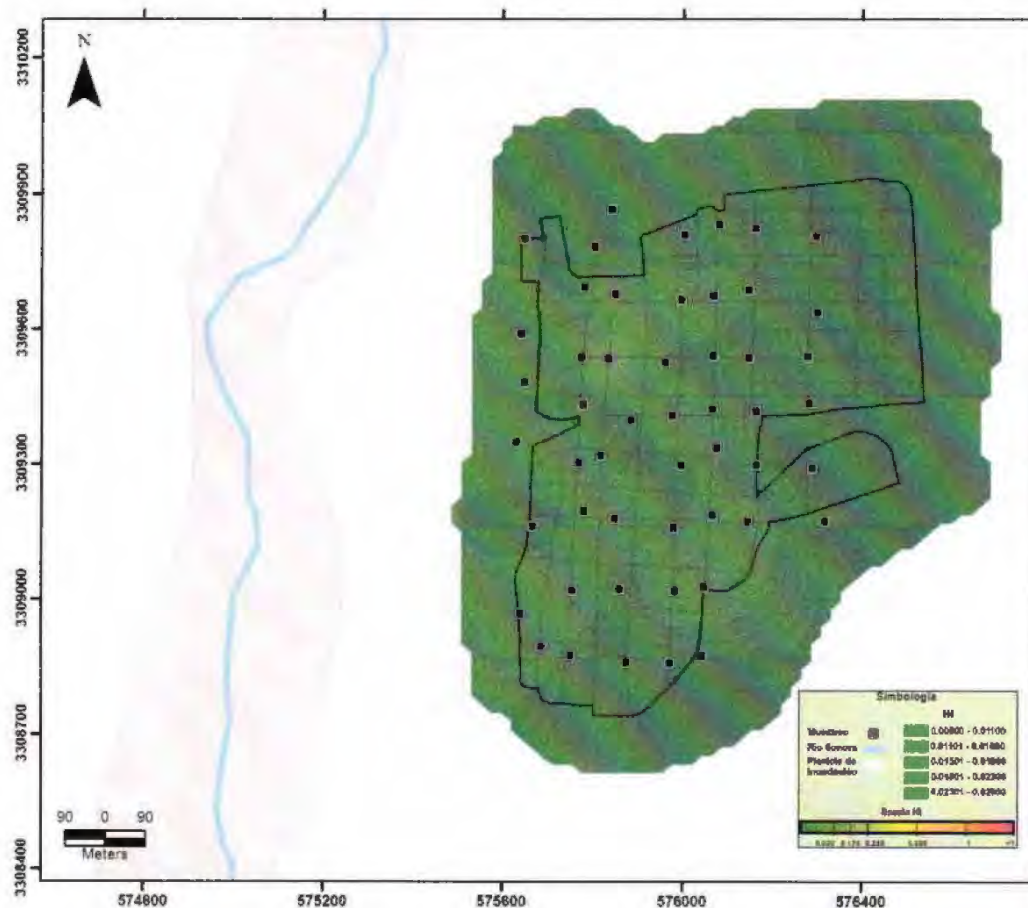


Figura 37. Mapa de riesgo integrado para adultos expuestos a Cu, Mn, As, y Zn en suelos de Huépac, Sonora

4.6. San Felipe de Jesús.

4.6.1. Investigación histórica y descripción del sitio.

La población de San Felipe de Jesús se encuentra ubicada entre los paralelos 29° 49' y 29° 56' de latitud norte y los meridianos 110° 12' y 110° 26' de longitud oeste, a una altitud entre 500 y 1900 m.s.n.m. Colinda al norte con el municipio de Huépac; al este con los municipios de Huépac y Aconchi; al sur con los municipios de Aconchi y Rayón; al oeste con los municipios de Rayón y Huépac. Cuenta con una población de 312 habitantes al 2009 según información de prontuario en INEGI (<http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>). El clima es Semiseco templado (40.33%), seco semicálido (30.27%) y semiseco semicálido (29.41%), con un rango de temperatura de 16 - 22°C y de precipitación de 300 - 600 mm. La Geología se caracteriza por la presencia de rocas ígnea intrusiva: granito (49.13%) Ígnea extrusiva: riolita-toba ácida (22.27%) Sedimentaria:

conglomerado (19.55%), caliza (1.84%) Suelo: aluvial (7.21) y suelos en orden de abundancia: Leptosol (49.70%), Regosol (43.44%), Fluvisol (6.49%) y Phaeozem (0.04%).

En esta zona se localiza la zona mineralizada de San Felipe, descrita originalmente por Roldán-Quintana (1979) con ocurrencia de depósitos mesotermales con una variada mineralización de plomo. Se describe la operación de una planta de flotación selectiva que produce dos tipos de concentrado: de zinc y otro de cobre-plomo-plata. La mina se localiza a menos de 4 kilómetros del poblado de San Felipe de Jesús, hacia el oeste del mismo, con una orientación del drenaje hacia el poblado y al Río Sonora.

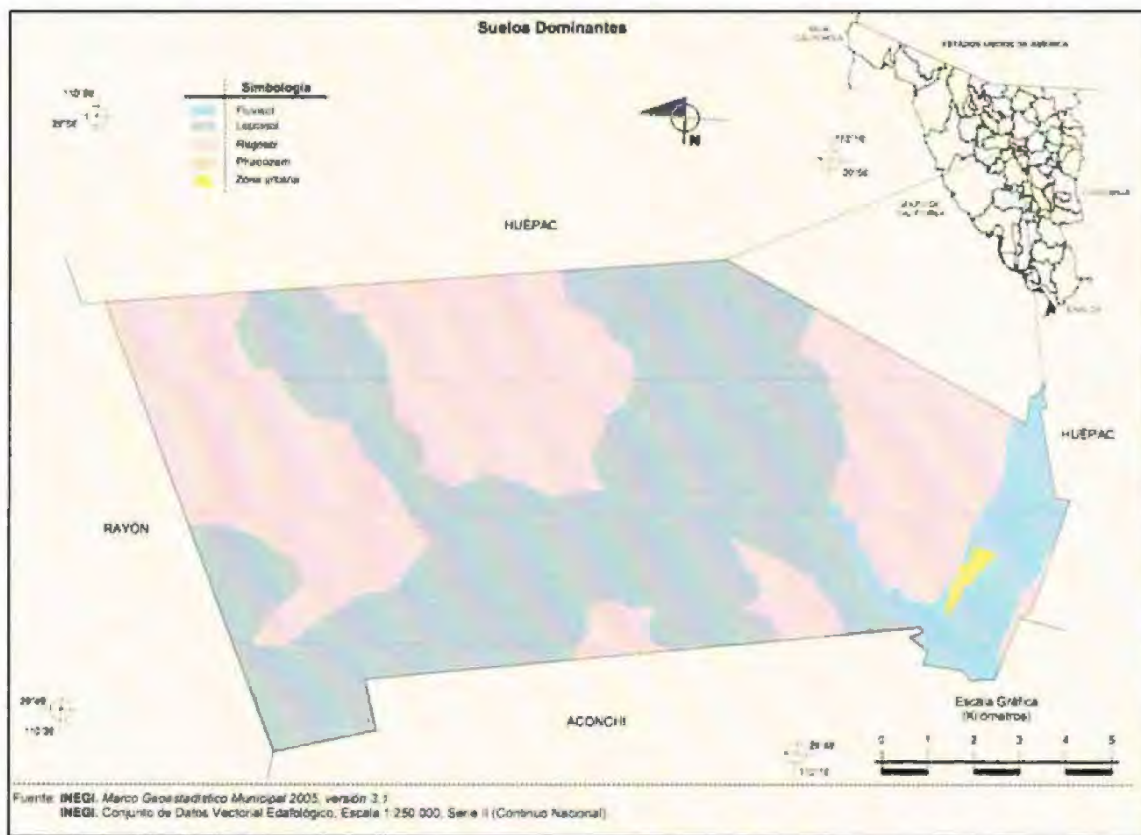


Figura 38. Localización del área de San Felipe de Jesús, Sonora (indicada en amarillo). Tomado del Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.



Figura 39. Localización de la zona de jales con residuos de plomo en San Felipe de Jesús.

En San Felipe de Jesús se tomaron 46 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 16 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame. En el caso de San Felipe de Jesús, los valores de plomo son preocupantes, alcanzando hasta un máximo de 2052 mg/kg en zona residencial, excediendo la concentración de referencia.



Figura 40. Localización de muestras de suelos superficiales en área urbanizada de San Felipe de Jesús, Sonora. En puntos rojos se muestra la zona de jales con plomo y zinc.

Tabla 16.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de San Felipe de Jesús, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	32116,2	124,0	2289,1	4019,9	27,9	2051,8	283,50	411,04	192,89	89,38	4012,25	56664,12	23316,20
Mínimo	14940,8	26,96	491,16	72,71	6,93	36,98	135,32	143,90	109,78	16,85	1760,15	7618,39	16664,24
Promedio	21592,8	40,12	823,25	270,42	13,51	134,71	189,73	243,76	137,02	27,52	2709,52	18867,63	19466,41
SD	4290,18	15,36	291,12	598,95	4,61	309,70	31,77	71,96	18,827	13,579	500,372	8463,998	1779,14

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó adicionalmente, la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se han establecido pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños.

Tabla 17.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de San Felipe de Jesús, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	37430,81	124,13	2313,70	3998,36	32,28	1946,88	337,06	417,50	191,31	67,20	99,86	102,13	60592,37
Mínimo	16637,79	21,30	535,58	88,84	6,38	39,03	139,08	178,22	107,01	17,80	54,85	24,43	7147,86
Promedio	23565,83	39,89	846,81	354,95	14,19	180,99	222,53	274,15	142,09	32,91	72,63	54,75	19880,61
SD	4932,12	15,67	279,41	587,61	5,32	292,93	42,56	66,40	20,62	11,80	500,88	9215,06	1971,48

En el caso de las muestras de suelos superficiales en fracción adherible a manos se encontraron niveles preocupantes de plomo, alcanzando máximos de 1946 mg/kg en fracción adherible a manos como lo muestra la figura 24.

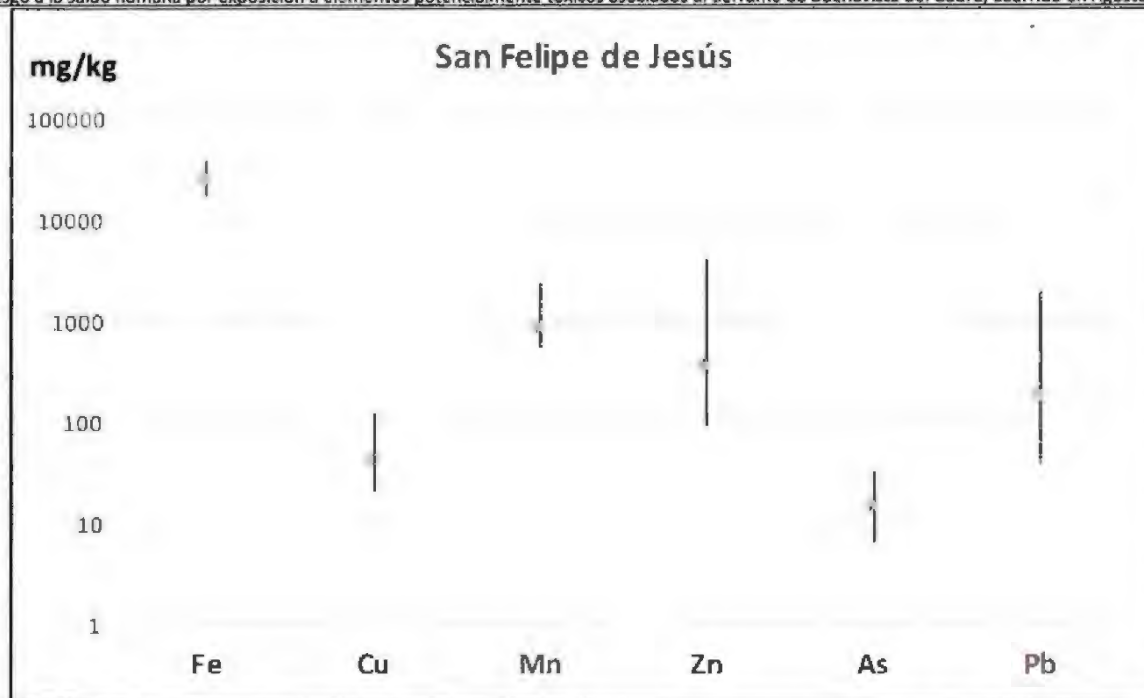


Figura 41. Distribución de metales en muestras de suelo que pasan la malla 60 (fracción adherible a manos).

4.6.2. Estimación de riesgo

La figura 25 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)²², no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)²³. Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo.

²² Meléndez, JM., Cañez, GM., Frías, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev.Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2):1131-1147.

²³ Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Alan, 3(56).

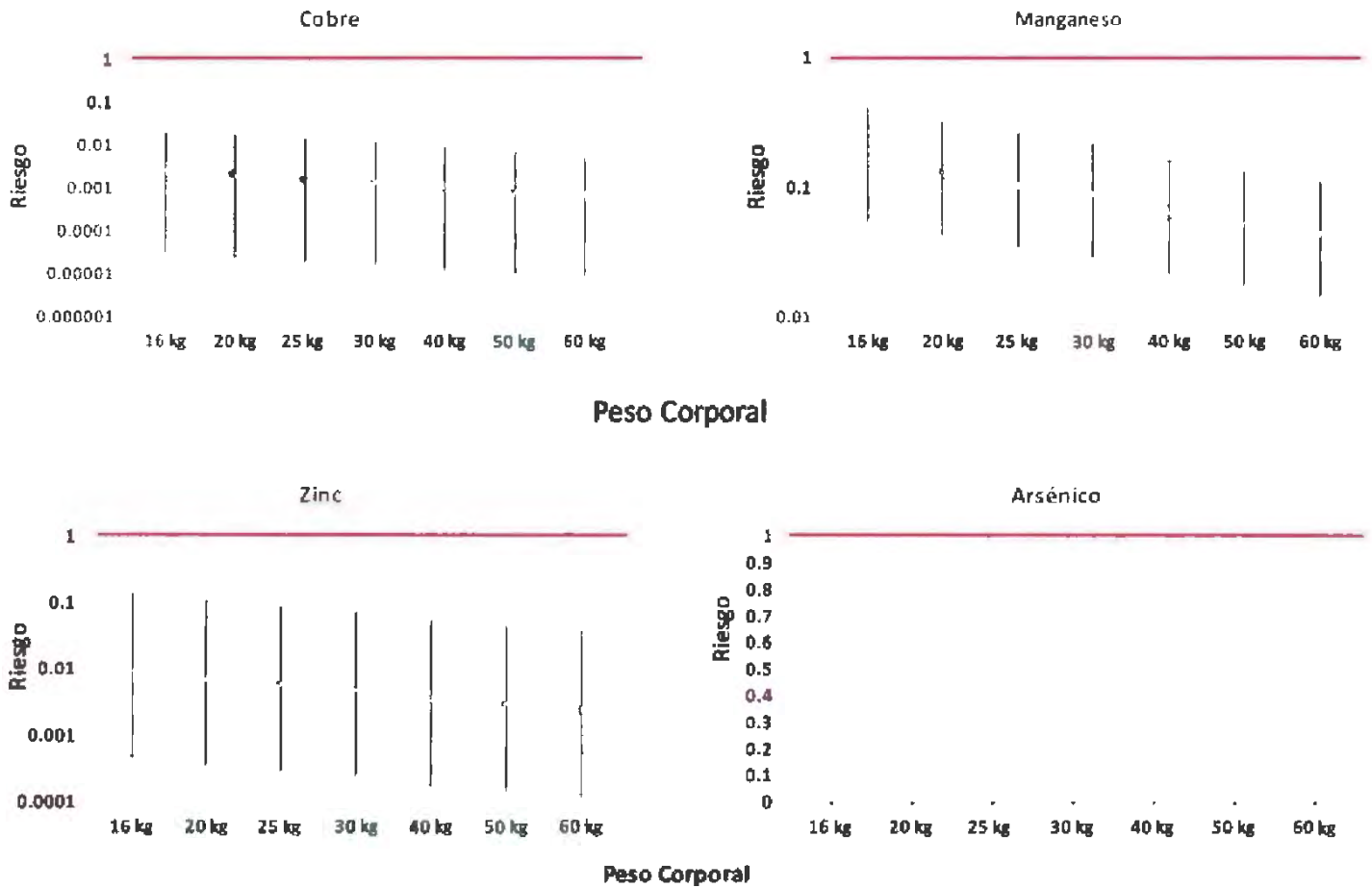


Figura 42. Gráficas de riesgo por exposición a cobalt, manganeso, zinc y arsénico en suelos para niños de San Felipe de Jesús, Sonora.

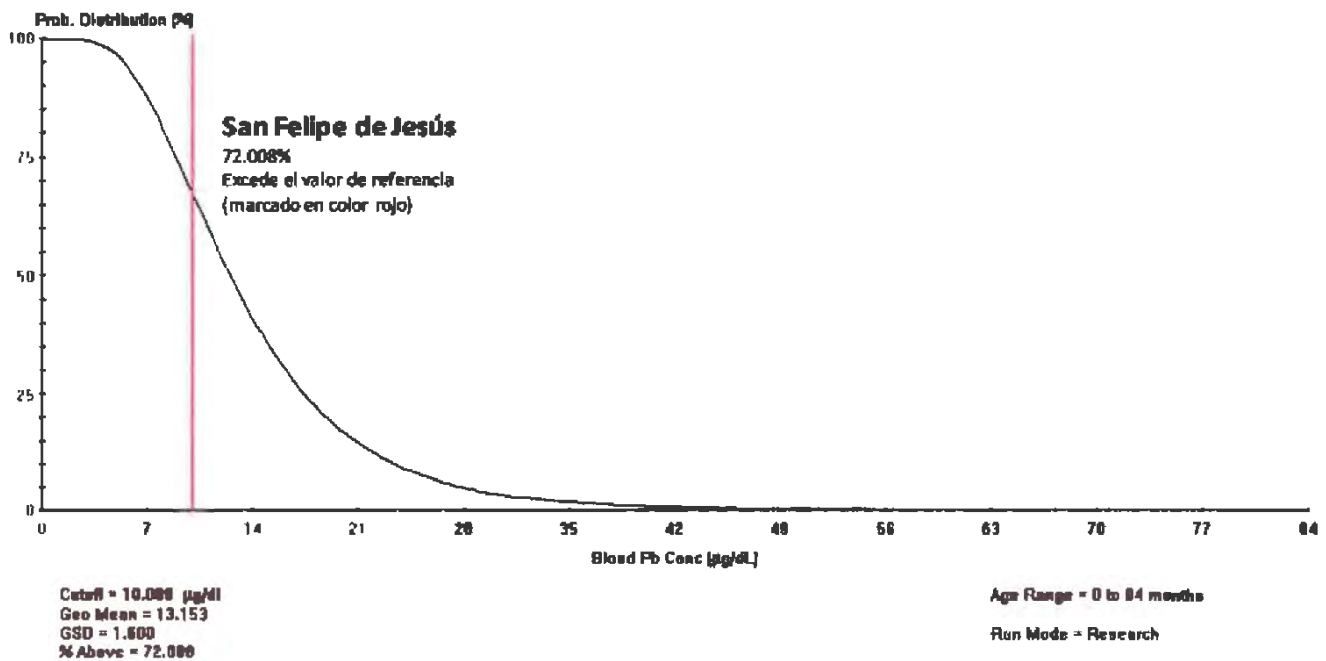


Figura 43. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos de San Felipe de Jesús, Sonora. Probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre.

El modelo IEUBK arroja el máximo riesgo para la población de San Felipe de Jesús por exposición a plomo con un 71.75 % de afectación probable. Es importante señalar que en el modelo IEUBK se incorporaron los datos de bioaccesibilidad oral, es decir, parte del contenido de plomo en San Felipe de Jesús es bioaccesible. Para mayor detalle referirse a sección de Anexos.

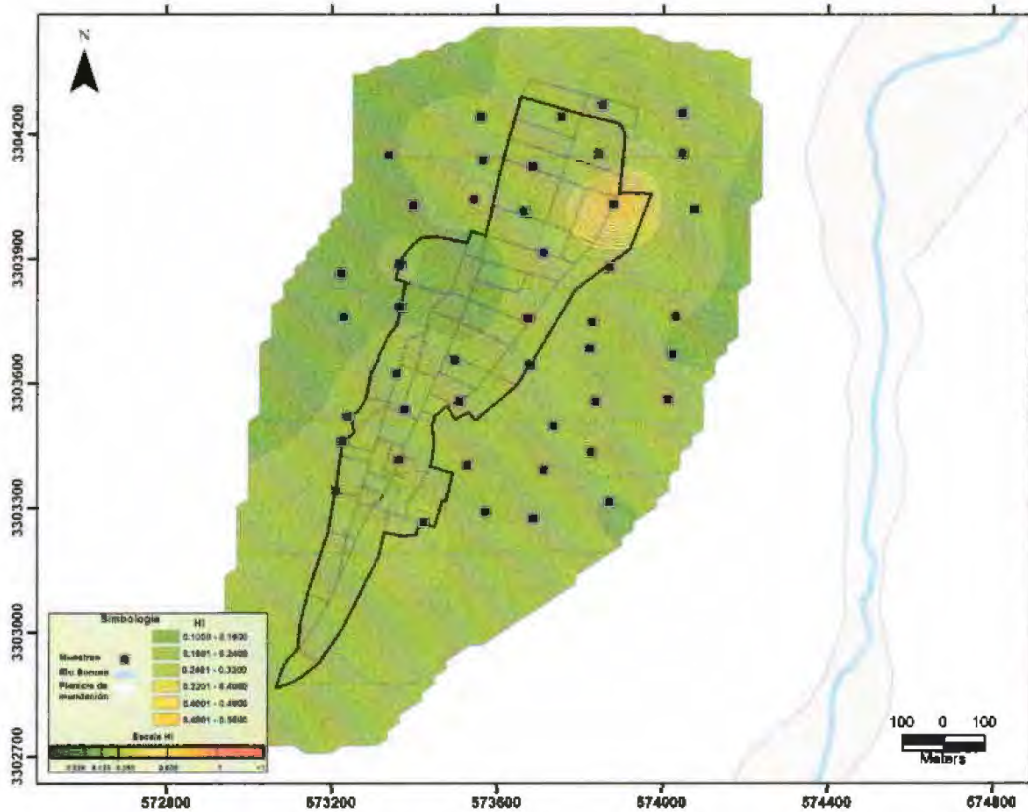


Figura 44. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a Mn, Zn, As, y Cu en suelos de San Felipe de Jesús.

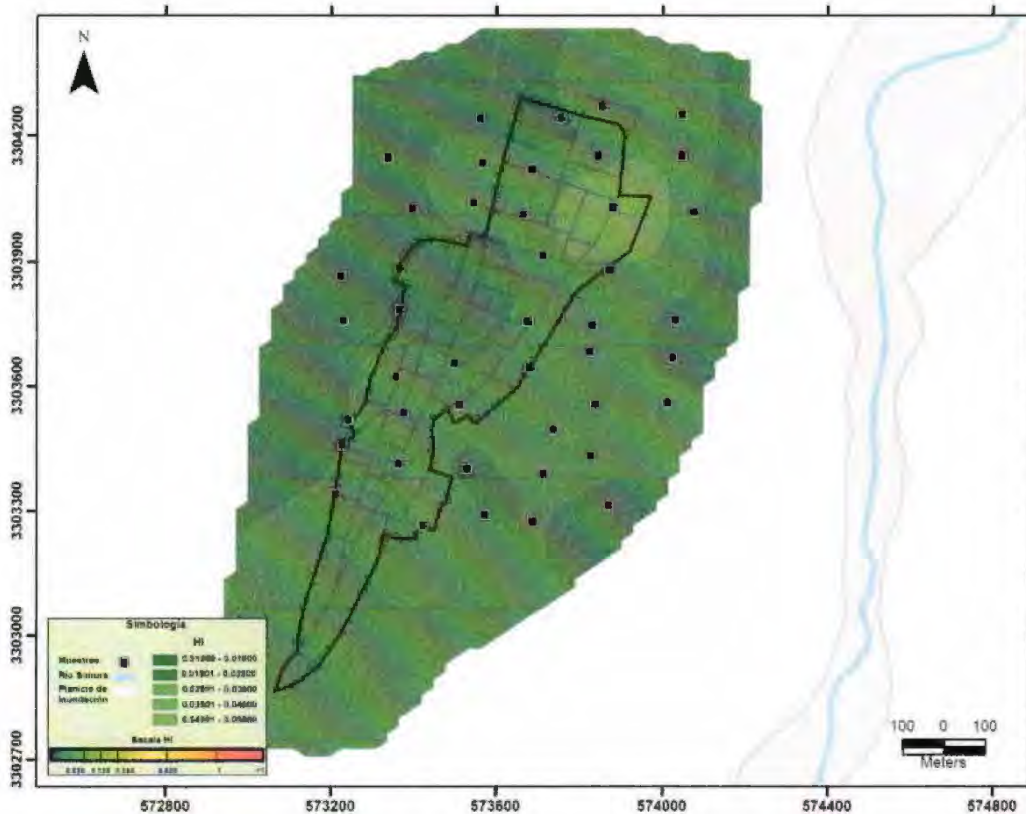


Figura 45. Mapa de riesgo integrado para adultos expuestos a Mn, Zn, As, y Cu en suelos de San Felipe de Jesús.

4.7. Baviácora.

4.7.1. Investigación histórica y descripción del sitio.

La población de Baviácora se encuentra ubicada entre los paralelos 29° 25' y 29° 48' de latitud norte y los meridianos 109° 57' y 110° 20' de longitud oeste, a una altitud entre 500 y 1800 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de Aconchi y Moctezuma; al este con los municipios de Moctezuma y San Pedro de la Cueva; al sur con los municipios de San Pedro de la Cueva, Villa Pesqueira y Ures; al oeste con los municipios de Ures y Aconchi. Cuenta con una población de 3404 habitantes al 2009 según información de prontuario en INEGI (<http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>). El clima es seco semicálido (43.60%), semiseco semicálido (32.77%), semiseco templado (11.22%), seco muy cálido y cálido (6.78%), muy seco muy cálido y cálido (5.62%) con un rango de temperatura de 16-24°C y de precipitación de 300-600 mm. La Geología se caracteriza

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014, por la presencia de rocas ígnea intrusiva: granito (46.22%) ígnea extrusiva: riolita-toba ácida (25.79%), basalto (4.02%) y andesita (1.29%) Sedimentaria: conglomerado (16.99%) y caliza (1.47%) Suelo: aluvial (4.22%) y suelos en orden de abundancia: dominante Regosol (46.06%), Planosol (44.44%), Fluvisol (6.29%), Vertisol (2.89%).

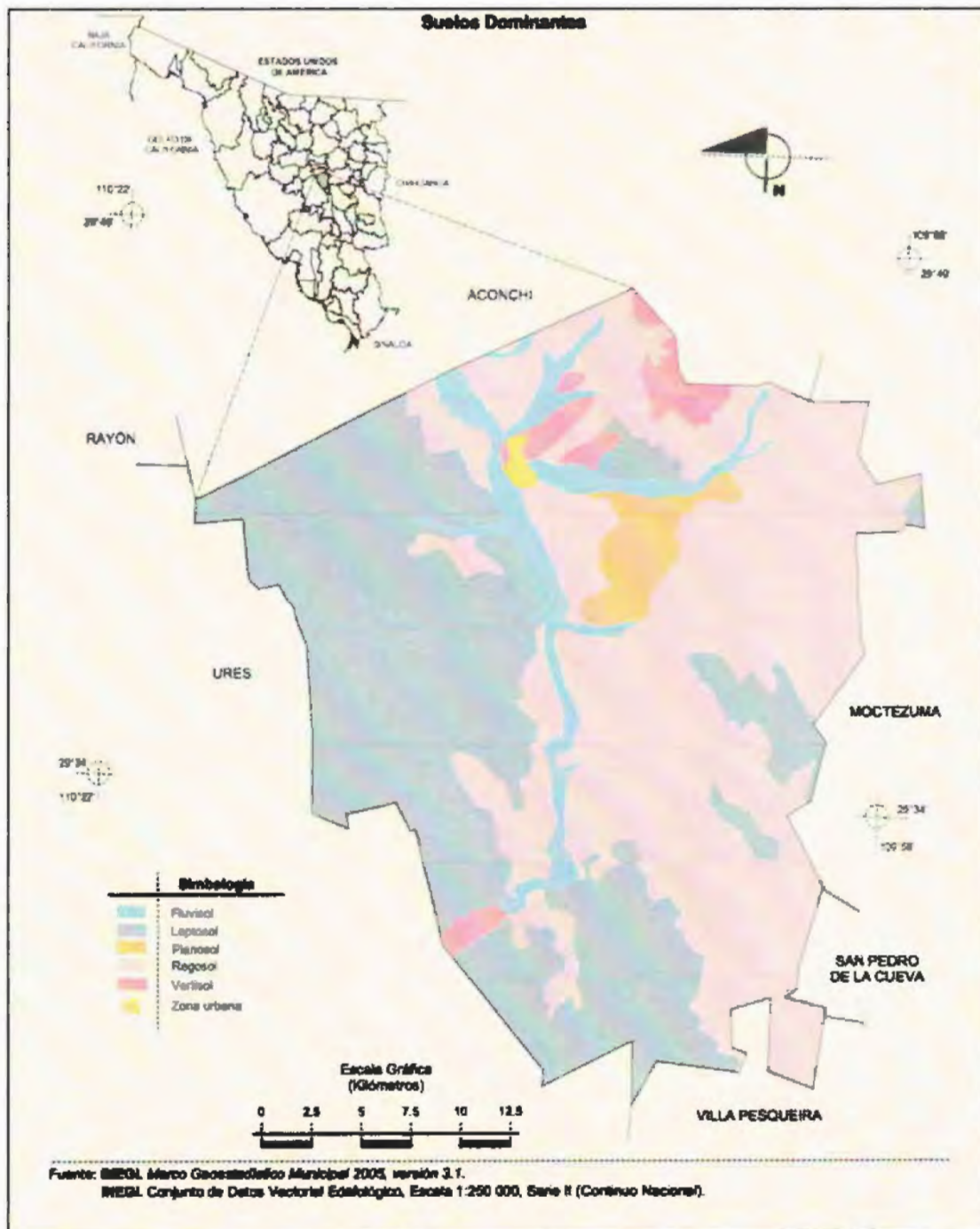


Figura 46. Localización del área urbanizada de Baviácora (indicada en amarillo). Tomado del Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

En Baviácora se tomaron 53 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 18 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame.



Figura 47. Localización de muestras de suelos superficiales de Baviácora, Sonora.

Tabla 18.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de Baviácora, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	96554.13	134.40	830.37	277.02	39.27	78.05	537.14	416.46	175.92	76.72	5819.41	89816.38	23309.95
Mínimo	14712.65	25.79	290.30	29.82	8.59	12.70	155.95	190.10	100.99	15.20	2128.03	9004.53	10940.62
Promedio	33311.90	51.36	554.21	110.83	18.37	34.33	279.93	304.66	132.42	28.28	3743.65	26291.74	18314.85
SD	14778.07	20.78	135.08	46.51	5.74	11.60	90.06	57.66	14.04	10.29	939.92	14425.39	2427.42

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó adicionalmente, la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se han establecido pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños.

Tabla 19.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de Baviácora, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	140060.18	166.80	1222.74	331.57	40.46	106.54	781.38	493.42	167.13	94.67	5642.64	106756.67	23197.25
Mínimo	18654.21	26.45	308.09	46.94	10.71	21.15	180.96	209.07	103.08	19.36	2035.10	9009.36	14658.29
Promedio	33797.15	57.52	571.53	129.05	20.25	39.67	309.72	345.13	130.37	34.42	3586.57	27577.22	18500.76
SD	19708.92	26.06	160.34	63.29	6.02	16.82	109.87	62.60	12.54	14.64	774.13	15838.72	1874.95

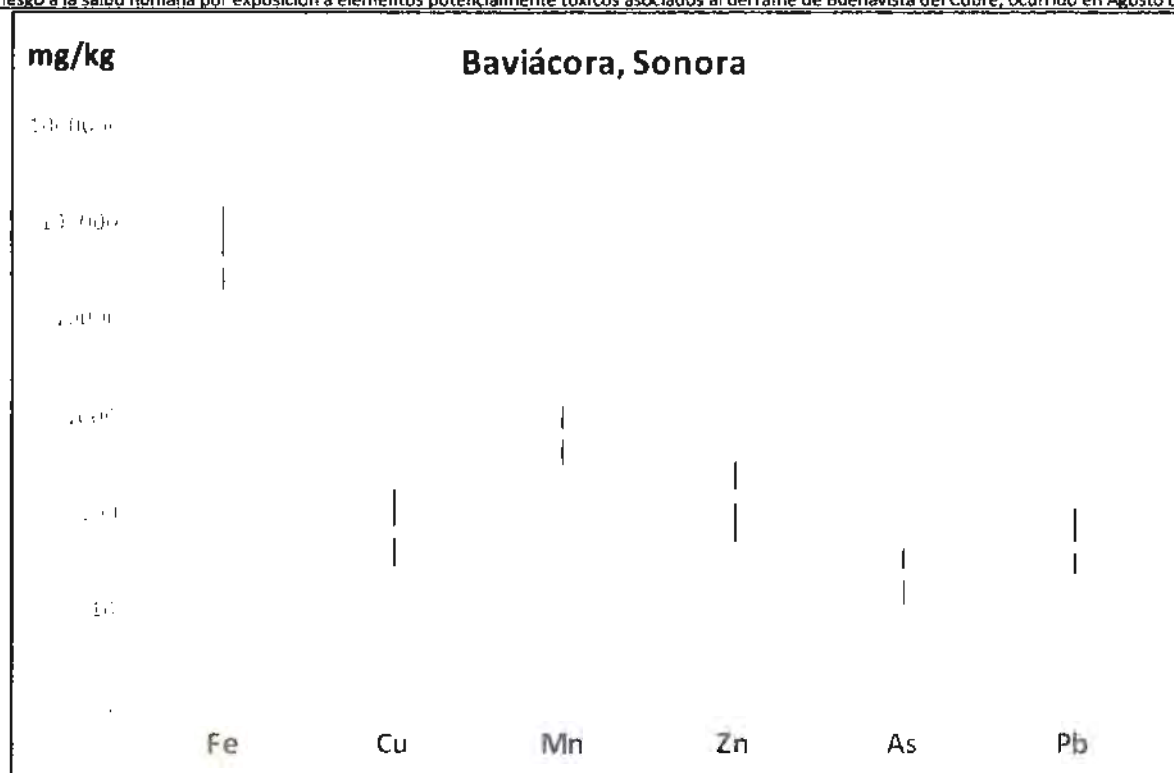


Figura 48. Distribución de metales en muestras de suelo que pasan la malla 60 (fracción adherible a manos).

4.7.2. Estimación de riesgo.

La figura 29 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)²⁴, no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)²⁵. Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo.

²⁴ Meléndez, JM., Cañez, GM., Frías, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev.Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2):1131-1147.

²⁵ Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Alan, 3(56).

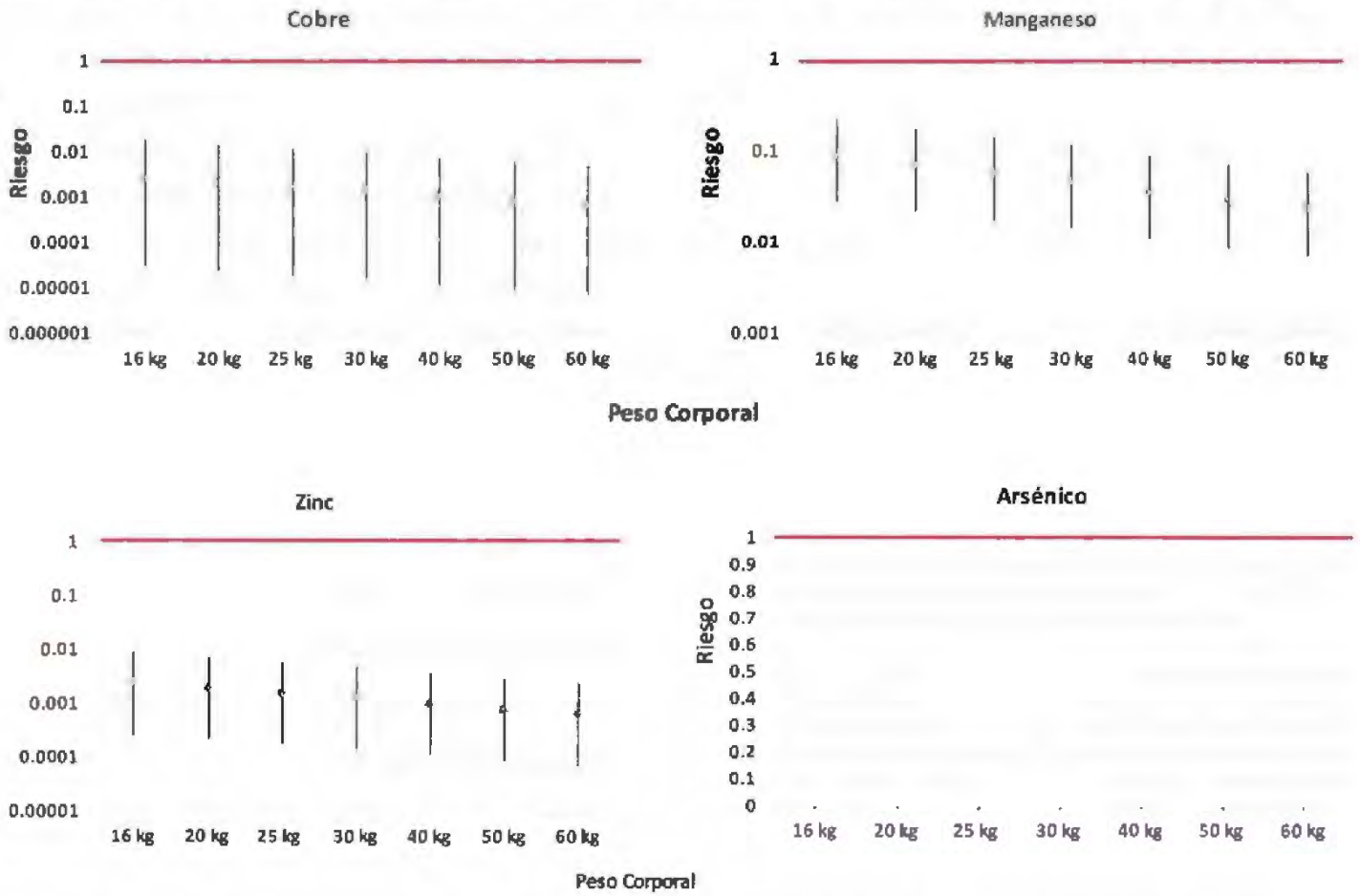


Figura 49. Gráficas de riesgo por exposición a cobre, manganeso, zinc y arsénico en suelos para niños de Baviácora, Sonora.

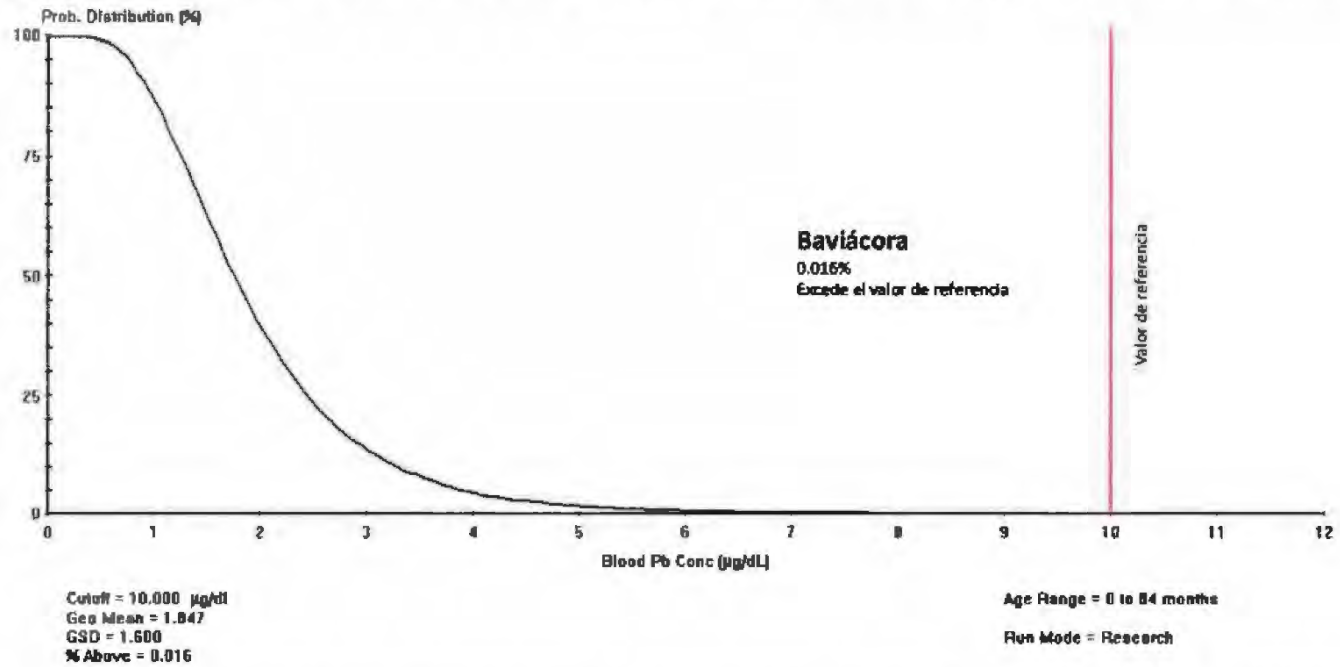


Figura 50. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos y alimentos de Baviácora, Sonora. Probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre.

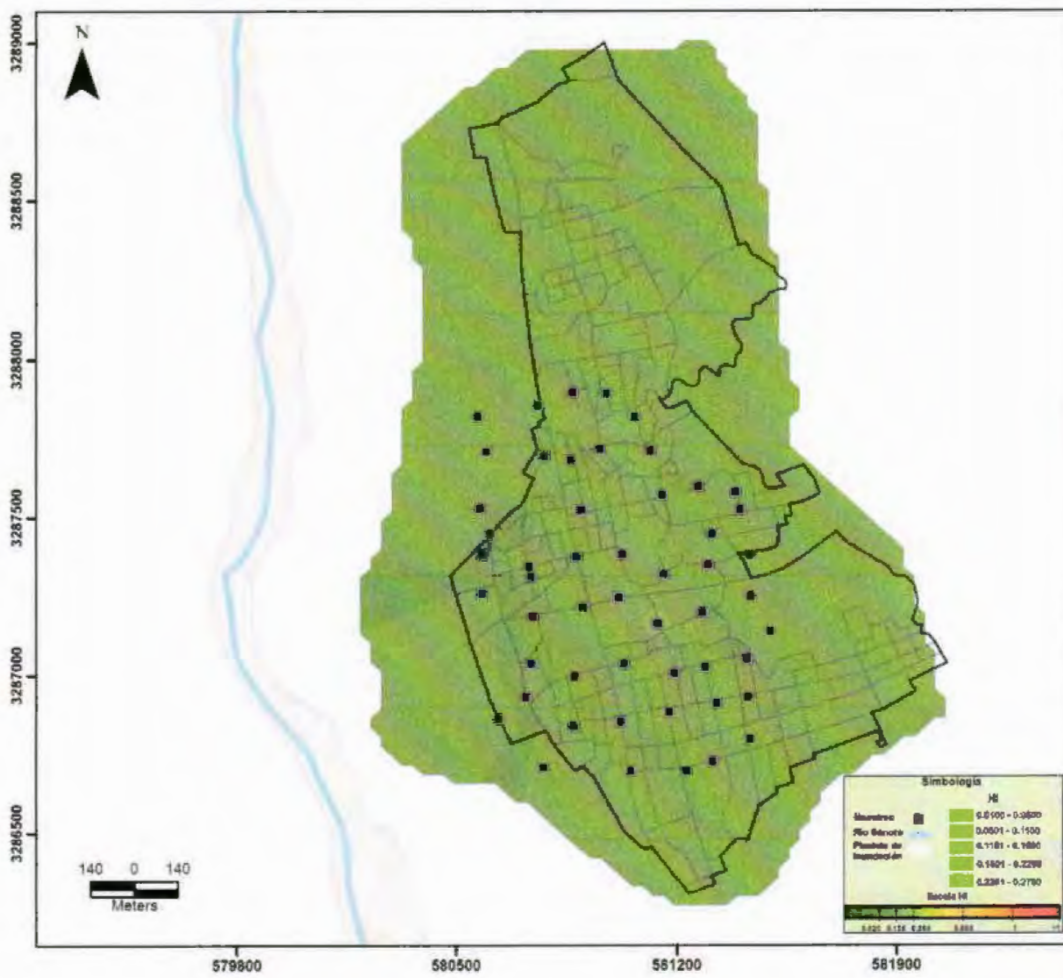


Figura 51. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a Cu, Mn, Zn y As en suelos de Baviácora, Sonora.

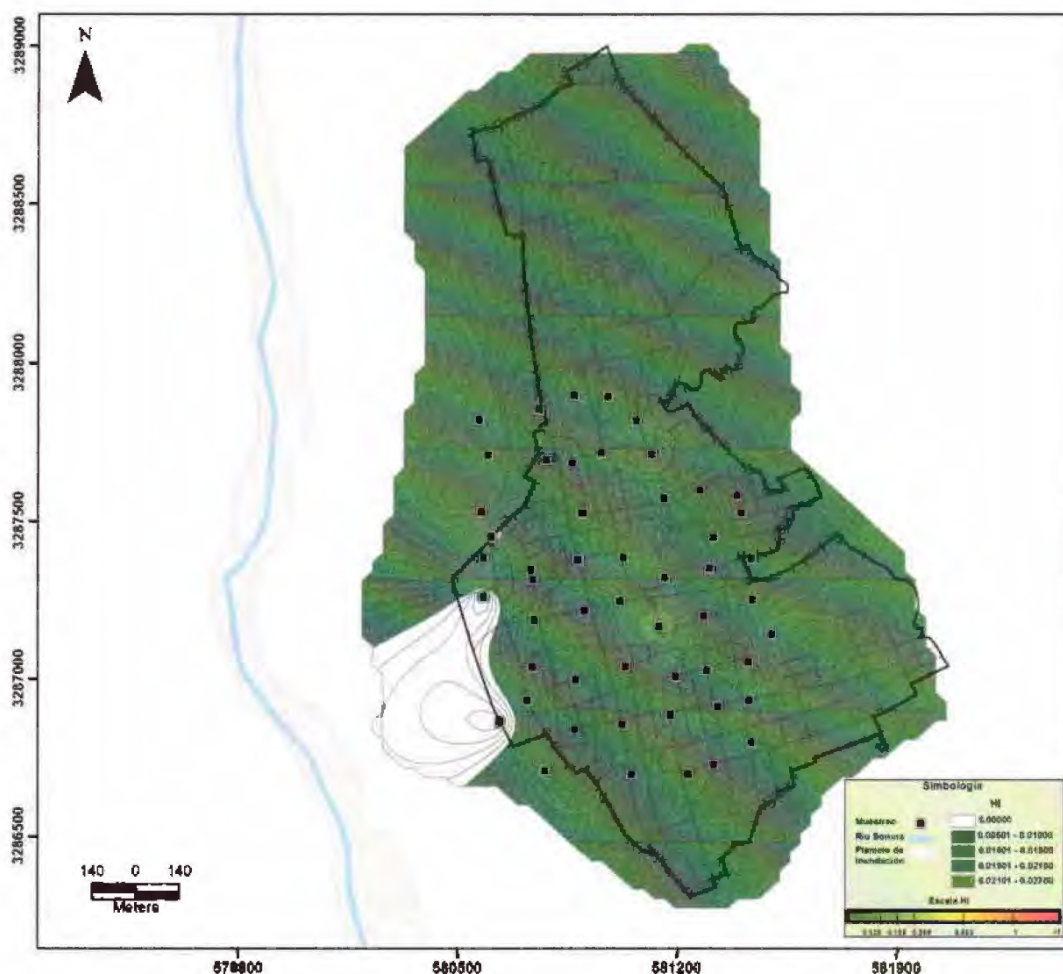


Figura 52. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a Cu, Mn, Zn y As en suelos de Baviácora, Sonora.

4.8. Ures

4.8.1. Investigación histórica y descripción del sitio.

La población de Ures, Sonora se localiza entre los paralelos 29° 00' y 29° 43' de latitud norte; los meridianos 109° 57' y 110° 37' de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Rayón, Aconchi y Baviácora; al este con los municipios de Baviácora y Villa Pesqueira; al sur con los municipios de Villa Pesqueira, Mazatán y Hermosillo; al oeste con los municipios de Hermosillo, San Miguel de Horcasita y Rayón. Cuenta con una población de 8420 habitantes. El rango de temperatura 16-24°C con un rango de precipitación de 300-600 mm, con un principalmente clima seco semicálido. La Geología consta de rocas sedimentarias, ígneas intrusivas (granito-granodiorita), ígneas extrusivas (riolitas, tobas ácidas, basaltos y andesitas) y suelo aluvial. Los suelos dominantes son Leptosol (38.07%), Regosol (30.69%), Calcisol (17.68%), Phaeozem (10.76%), Fluvisol

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014. (1.90%), Vertisol (0.75%) y Cambisol (0.08%). El uso de suelo se orienta principalmente a la agricultura mecanizada y ganadería, y en menor medida a la agricultura con tracción animal continua. La zona urbana está creciendo sobre suelos del Cuaternario, en llanura aluvial, sobre áreas donde había suelos tipo Phaeozem.

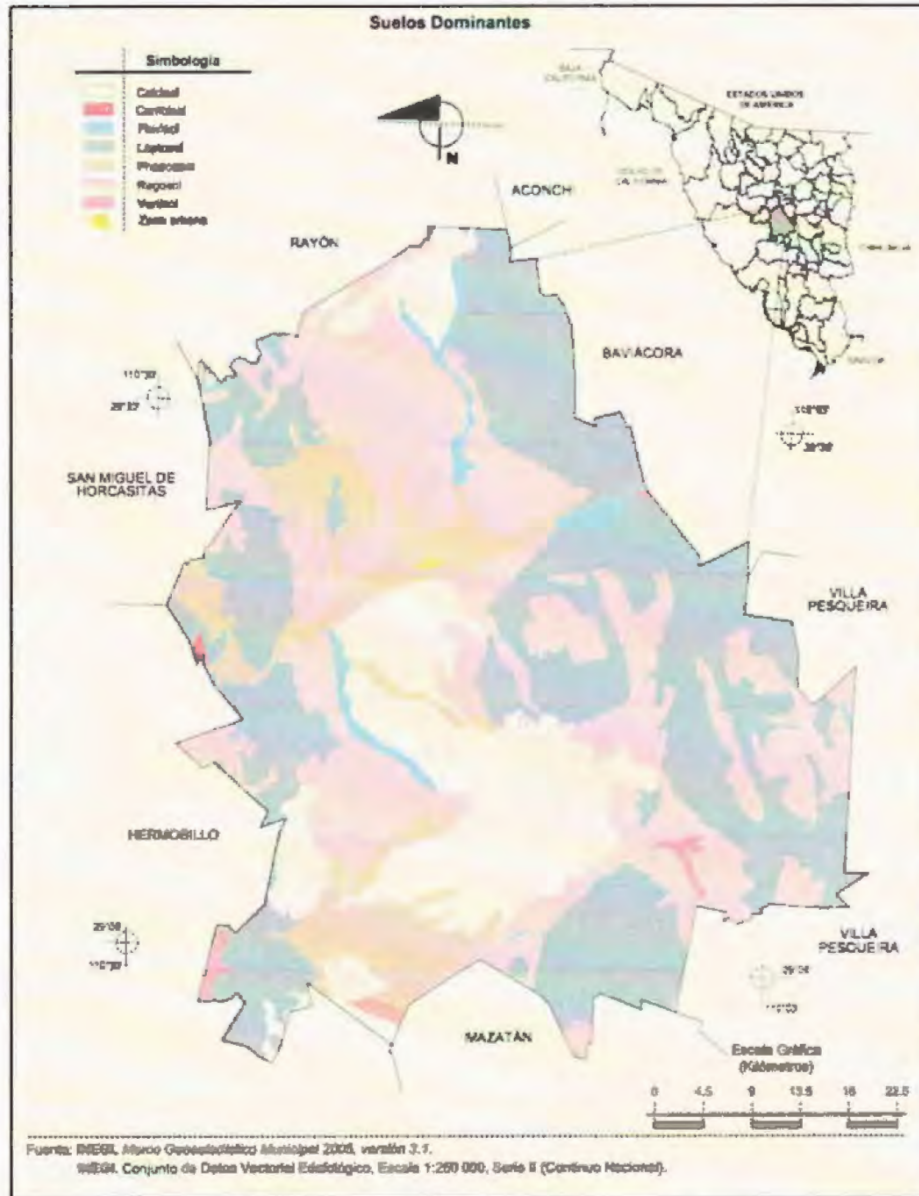


Figura 53. Localización del área urbanizada de Ures (indicada en amarillo). Tomado del Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

En Ures se tomaron 66 muestras de suelos superficiales en la zona urbanizada. La Tabla 20 muestra las concentraciones máximas, mínimas, promedio y la desviación estándar para elementos asociados y no asociados al derrame.



Figura 54. Localización de muestras de suelos superficiales en Ures, Sonora.

Tabla 20.

Concentración en muestra total de suelos superficiales de Ures, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame	Elementos no asociados al derrame
--	--------------------------------	-----------------------------------

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	27805.53	48.17	655.58	166.17	18.71	113.78	348.78	527.75	125.03	42.03	3699.27	70452.18	22224.79
Mínimo	6720.98	14.11	121.94	14.30	2.80	11.06	101.89	182.21	82.00	13.56	961.69	8219.99	15749.55
Promedio	15252.46	23.98	332.45	50.83	5.86	22.32	197.73	302.76	102.43	20.62	2281.81	17657.18	19203.77
SD	5532.52	6.38	125.61	28.28	3.21	14.41	47.25	52.75	10.95	5.76	616.18	8502.82	1339.24

La muestra total incluye granulometrías gruesas que no pueden ser ingeridas o inhaladas, y en caso de ser ingeridas, debido a su diámetro no podrán solubilizarse en condiciones del tracto gastrointestinal. Por esta razón, se analizó adicionalmente, la fracción de muestra que pasaba la malla 60, es decir, granulometrías menores a 0.250 mm de diámetro que se han establecido pueden adherirse a manos y representan la ruta de exposición por ingestión en humanos, principalmente niños.

Tabla 21.

Concentración en muestra que pasa la malla 60 de suelos superficiales de Baviácora, Sonora. SD: Desviación estándar. Todas las concentraciones se expresan en mg/kg.

	Elementos asociados al derrame						Elementos no asociados al derrame						
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
Máximo	29665.27	40.02	699.37	150.48	17.86	52.52	546.27	689.58	122.12	56.53	3682.75	71711.81	22547.75
Mínimo	11217.54	13.14	129.40	17.47	2.84	13.72	190.48	257.86	89.77	15.40	1760.42	9452.36	18066.70
Promedio	19709.25	23.28	352.19	62.90	6.50	25.66	313.96	370.91	106.93	27.96	2666.03	20087.73	20100.60
SD	5015.85	6.09	133.51	26.63	2.99	8.41	70.20	56.94	6.56	9.45	520.29	8634.11	1113.29

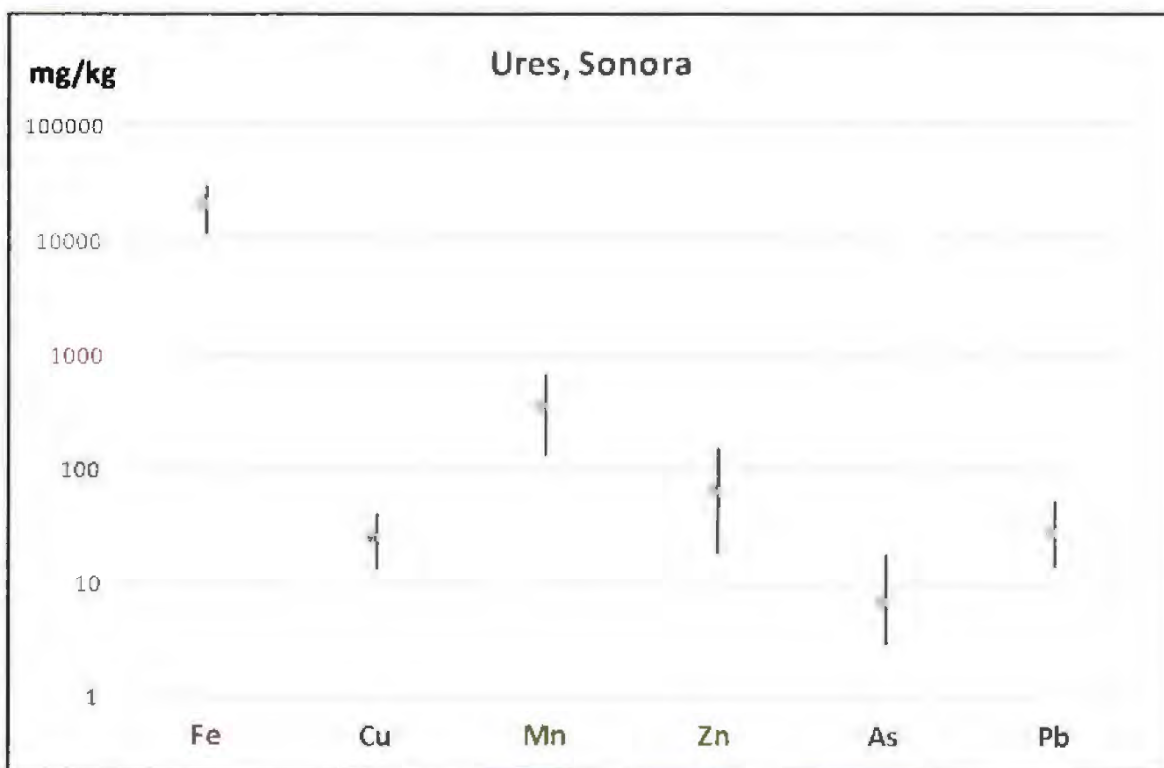
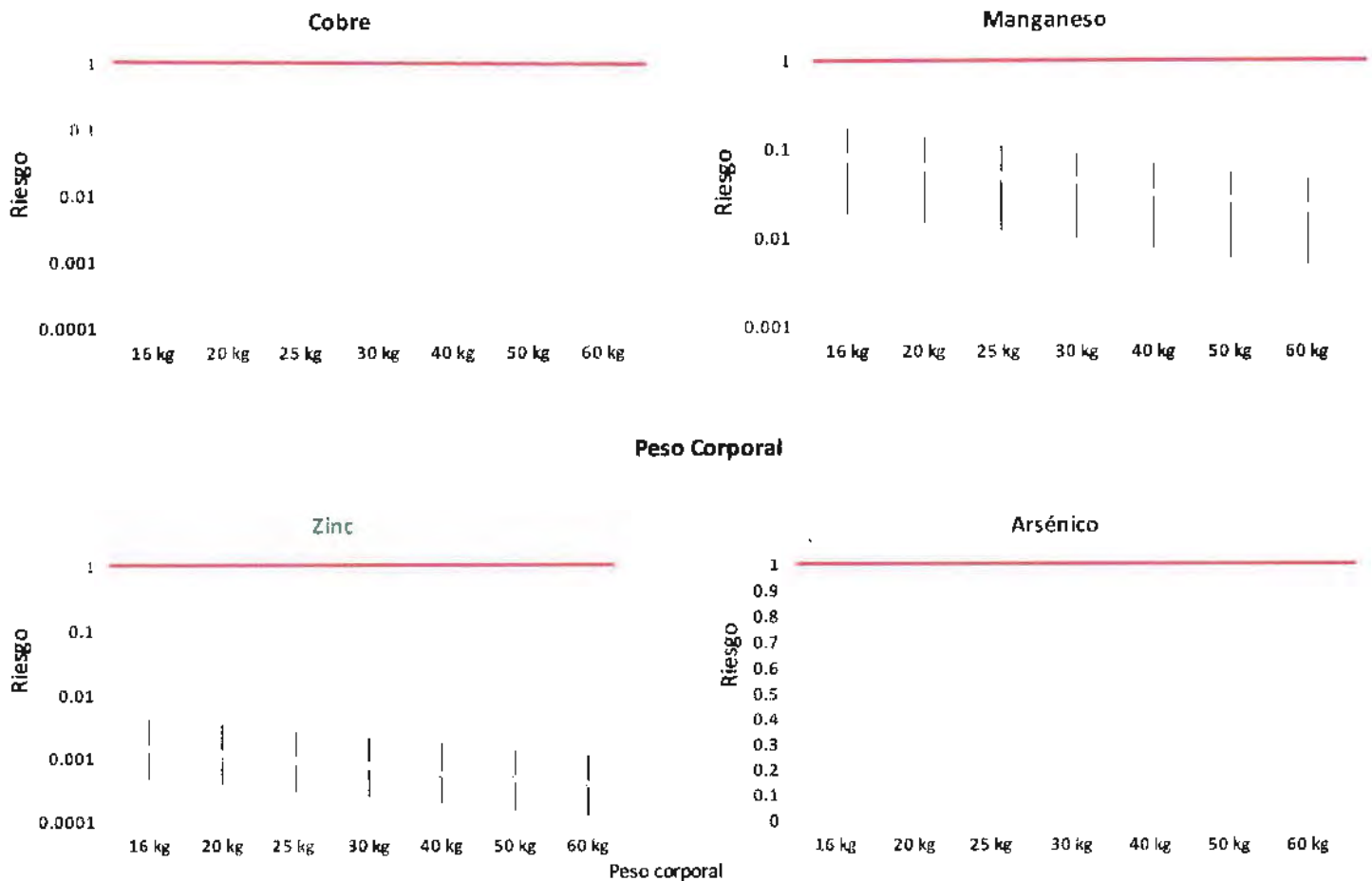


Figura 55. Distribución de metales en muestras de suelo que pasan la malla 60 (fracción adherible a manos).

4.8.2. Estimación de riesgo

La figura 25 muestra la estimación de riesgo por metal en fracción adherible a manos. El estudio incorpora la bioaccesibilidad por muestra. Las barras indican valores máximos, mínimos y promedio. El coeficiente del riesgo con valor superior a 1 indica un efecto adverso a la salud para un tiempo de exposición de 10 años en niños. La tasa de ingestión de suelo para niños que se consideró en este trabajo es de 200 mg por día para la estimación de la dosis diaria promedio. Ninguno de los metales estudiados excede el valor de 1 (marcado en rojo en las figuras). La estimación de riesgo en niños es siempre superior a la de adultos, por esta razón se exponen las gráficas para niños. Se consideró una variación en peso corporal de 16 kg a 60 kg ya que en un estudio realizado en Sonora en población infantil entre 6 y 12 años de edad se encontraron rangos de sobrepeso del 11 al 23% en comparación con obesidad en un rango del 6 al 16% (Meléndez et al., 2010)²⁶, no encontrando diferencias significativas con el sexo (Ramírez et al., 2006)²⁷. Un estudio publicado por Meléndez et al (2010) muestra que un 51.3% de los niños entrevistados en el trabajo tienen un peso normal. En el caso del arsénico, las pruebas de bioaccesibilidad indican que no se encuentra en forma soluble en el tracto digestivo.



²⁶ Meléndez, JM., Cañez, GM., Frías, H. 2010. Comportamiento alimentario y obesidad infantil en Sonora, México. Rev.Latinoam. Cien. Soc. Niñez Juv 8(2):1131-1147.

²⁷ Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. Alan, 3(56).

Figura 56. Gráficas de riesgo por exposición a cobre, manganeso, zinc y arsénico en suelos para niños de Ures, Sonora.

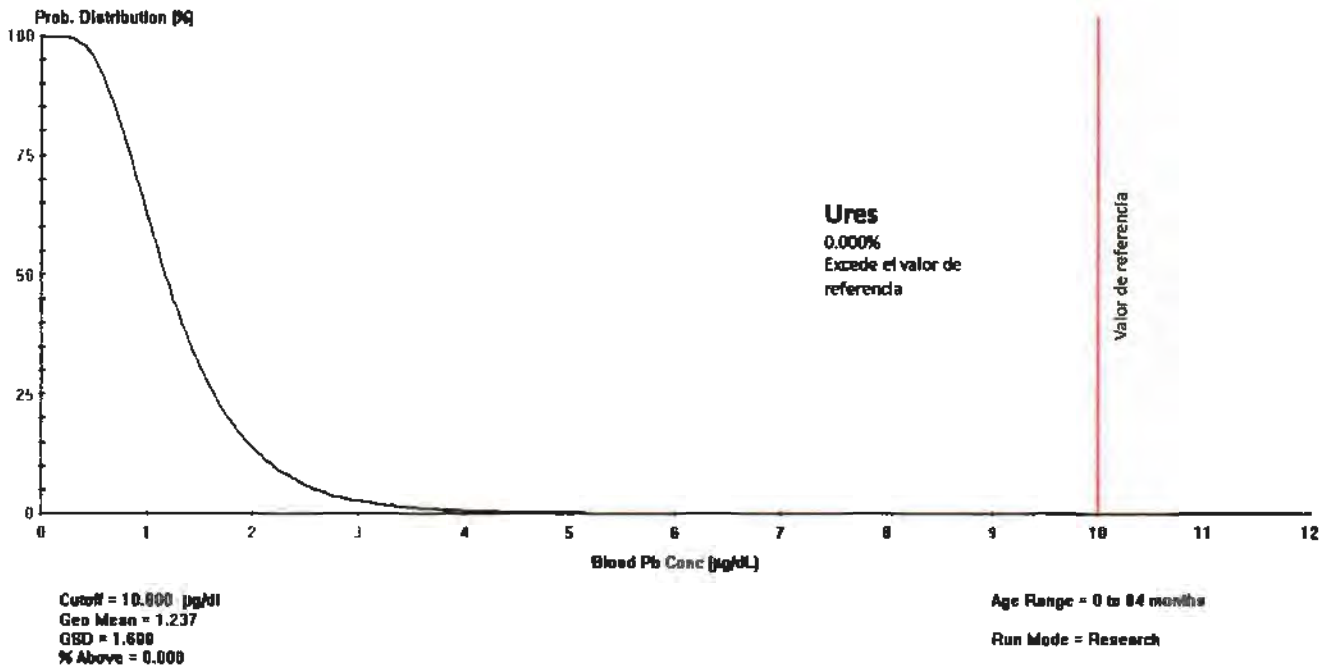


Figura 57. Riesgo estimado para niños por ingestión de plomo en suelos y alimentos de Ures, Sonora. Probabilidad de tener niveles superiores a 10 microgramos por decilitro de plomo en sangre.

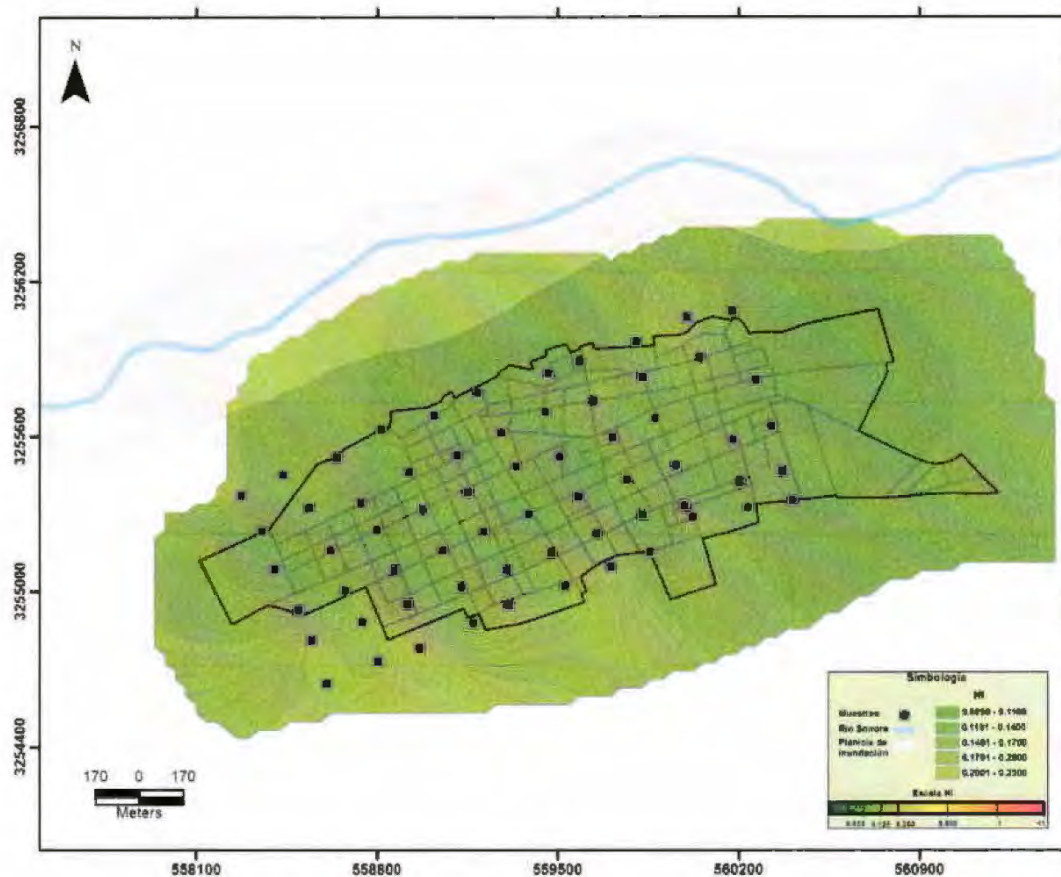


Figura 58. Mapa de riesgo integrado para niños expuestos a Cu, Mn, As y Zn en suelos de Ures, Sonora.

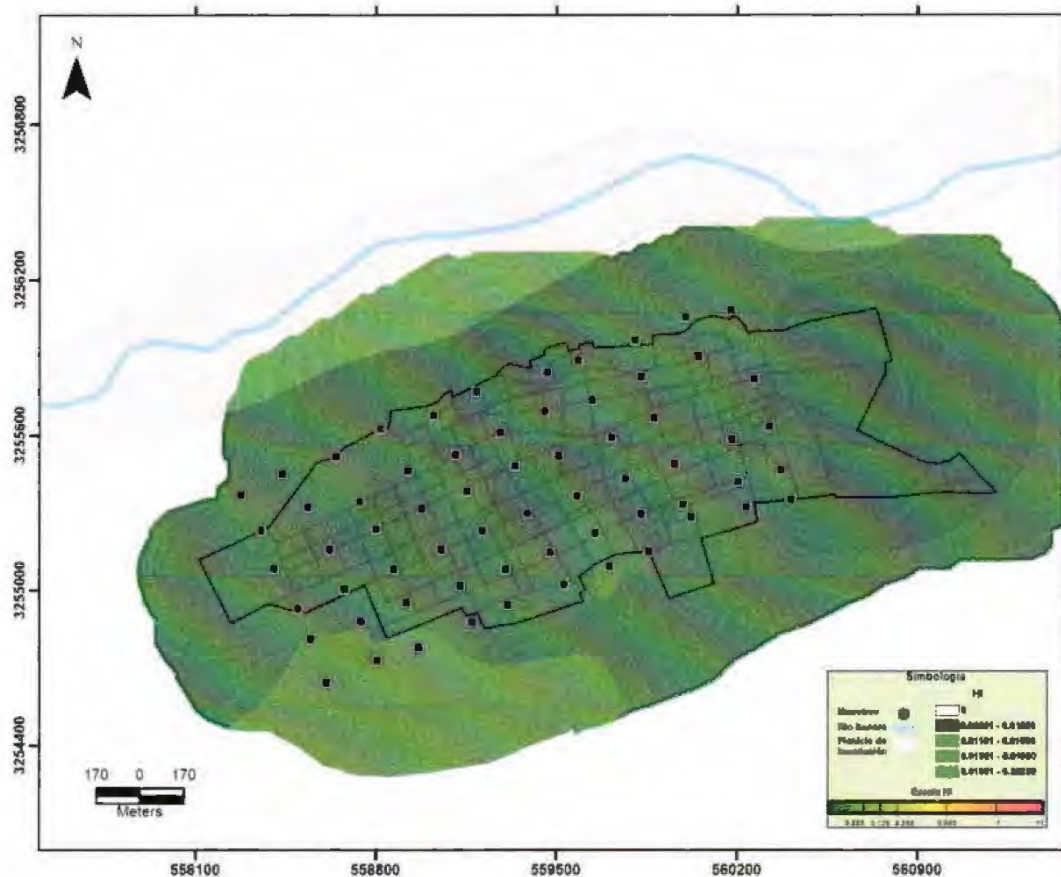


Figura 59. Mapa de riesgo integrado para adultos expuestos a Cu, Mn, As y Zn en suelos de Ures, Sonora.

CONCLUSIONES.

Se presenta evidencia de riesgo elevado por exposición a plomo en la zona de San Felipe de Jesús. Las concentraciones exceden los valores de referencia de 400 mg/kg, con un máximo de 1945 mg/kg de plomo en fracción de suelo adherible a manos. Los datos de bioaccesibilidad ingresados al modelo IEUBK 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. Este valor representa un efecto adverso a la salud. Se requiere investigar en la zona de San Felipe de Jesús si el plomo que aparece como un factor de alto riesgo es debido al derrame de Buena Vista del Cobre, Cananea o si es debido a los jales locales de Pb y Zn. En esta etapa del trabajo no es posible diagnosticar el origen del plomo en esta población. Se sugiere realizar estudios de isótopos de plomo no solo en los materiales geológicos (identificación de la fuente) sino también obtener isótopos de plomo en sangre de habitantes de San Felipe de Jesús y comunidades localizadas hacia el sur.

REFERENCIAS

Quazi, S., Sarkar, D., Datta, R. 2011. Changes in arsenic fractionation, bioaccessibility and speciation in organo-arsenical pesticide amended soils as function of soil aging. *Chemosphere* 84: 1563-1571.

Guney M., Zagury GJ., Dogan N., Onay TT. 2010. Exposure assessment and risk characterization from trace elements following soil ingestion by children exposed to playgrounds, parks and picnic areas. *Journal of Hazardous Materials* 182: 656-664.

Izquierdo, M., De Miguel, E., Ortega MF., Mingot, J. 2015. Bioaccessibility of metals and human health risk assessment in community urban gardens. *Chemosphere* 135: 312-318.

Ljung K., Oomen A., Duits M., Selinus O., Berglund M. 2007. Bioaccessibility of metals in urban playground soils. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 42:1241-1250.

Luo, XS., Ding, J., Xu, B., Wang, YJ., Li, HB., Yu, S. 2012. Incorporating bioaccessibility into human health risk assessments of heavy metals in urban park soils. *Science of the Total Environment* 424: 88-96

Luo CL., Liu CP., Wang Y., Liu XA., Li FB., Zhang G., et al. 2011. Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, south China. *Journal of Hazardous Materials*. 186: 481-490.

Mingot, J., De Miguel E., Chacón E. 2011. Assessment of oral bioaccessibility of arsenic in playground soil in Madrid (Spain): A three-method comparison and implications for risk assessment. *Chemosphere* 84:1386-1391.

Ramírez, E., Grijalva, MI., Ponce, J.A., Valencia, M.E. 2006. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. *Alan*, 3(56).

Reis, AP., Patinha C., Wragg J., Dias AC., Cave M., Sousa AJ., Costa C., Cachada A., Ferreira da Silva E., Rocha, F. Duarte A. 2014. Geochemistry, mineralogy, solid-phase fractionation and oral bioaccessibility of lead in urban soils of Lisbon. *Environmental Geochemistry and Health* 36: 867-881.

Roldán-Quintana, J. 1979. Geología y Yacimientos Minerales del Distrito de San Felipe, Sonora. Univ.Nal. Autón. México. Inst. Geología Revista Vol. 3 núm. 2: 97-115.

Walraven N., Bakker M., van Os BJH., Klaver GTh., Middelburg JJ., Davies GR. 2015. Factors controlling the oral bioaccessibility of anthropogenic Pb in polluted soils. *Science of the Total Environment* 506-507: 149-163.

ANEXOS**CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DEL SITIO DE REFERENCIA: BACOACHI, SONORA.****Tabla 1.**

Elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Bacoachi, Sonora. Las concentraciones se expresan en mg/kg.

Clave	N	E	pH	C.E. (μ S)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-BAC01	3389540	599304	8.46	107.30	29833.78	39.67	921.89	61.64	6.26	22.34
GM-BAC02	3389373	599310	8.86	92.20	25665.06	31.06	544.17	61.40	6.45	21.68
GM-BAC03	3389214	599296	8.93	98.90	22397.57	355.55	322.63	86.34	9.73	123.27
GM-BAC04	3389091	599297	8.23	174.60	30376.59	48.00	993.63	108.14	6.71	36.99
GM-BAC05	3388934	599276	8.54	91.70	28637.74	35.96	782.92	48.57	5.57	29.13
GM-BAC06	3388819	599298	5.93	41.60	33468.77	50.56	607.22	57.53	14.39	26.91
GM-BAC07	3388767	599165	6.96	159.70	35193.00	44.17	676.47	77.87	<LD	157.28
GM-BAC08	3388935	599163	8.4	101.10	37955.48	54.22	555.46	65.77	7.05	27.43
GM-BAC09	3389057	599161	8.36	191.70	26662.27	39.92	541.80	91.79	8.68	29.36
GM-BAC10	3389194	599150	8.25	218.00	40314.21	127.29	652.61	105.76	19.54	25.37
GM-BAC11	3389355	599144	7.78	1548.00	44817.85	89.23	531.55	79.70	9.84	29.95
GM-BAC12	3389491	599141	9.06	78.00	36704.68	43.60	652.06	65.60	10.82	14.38
GM-BAC13	3389636	599160	8.56	86.90	40842.50	48.42	779.08	76.77	11.21	20.56
GM-BAC14	3389614	598971	8.2	167.00	28574.88	62.43	860.56	127.31	9.70	41.87
GM-BAC15	3389489	598983	8.08	133.60	41140.55	233.23	689.05	189.64	14.99	42.31
GM-BAC16	3389354	598997	8.5	195.10	29396.23	45.05	549.41	128.43	7.38	34.22
GM-BAC17	3389216	599020	8.56	117.00	42042.77	70.66	745.51	165.45	9.83	48.37
GM-BAC18	3389094	599038	8.44	187.00	37584.87	70.06	716.86	206.74	8.18	56.19
GM-BAC19	3388940	599015	7.86	106.70	39541.23	35.39	600.68	91.25	8.38	31.21
GM-BAC20	3388798	598986	6.86	72.35	44482.45	46.85	798.42	74.17	15.49	79.55
GM-BAC21	3388771	598863	6.76	52.90	64184.04	56.70	821.84	82.42	8.49	34.97
GM-BAC22	3388967	598891	8.5	79.60	30826.77	40.70	554.14	76.41	7.66	27.60
GM-BAC23	3389087	598878	8.98	107.90	28848.40	44.68	395.64	140.29	7.39	22.60
GM-BAC24	3389216	598875	8.65	251.00	64437.86	55.06	689.15	222.10	7.40	27.57
GM-BAC25	3389394	598866	8.98	112.10	64037.45	62.62	790.76	316.91	9.53	41.86
GM-BAC26	3389516	598858	8.71	46.00	25229.57	111.45	397.41	101.99	10.00	27.28
GM-BAC27	3389646	598898	8.19	232.00	27739.89	82.18	722.89	100.84	12.04	33.06
GM-BAC28	3389635	598710	8.16	230.00	31548.38	94.51	678.35	112.39	10.94	39.93
GM-BAC29	3389520	598716	8.8	108.30	64756.04	64.02	732.47	254.73	13.31	42.69
GM-BAC30	3389359	598751	8.97	117.60	19175.10	34.50	399.49	111.65	27.06	31.98
GM-BAC31	3389224	598714	9.02	123.20	29456.79	35.85	475.79	178.96	5.65	20.53
GM-BAC32	3389109	598717	9.03	162.20	27512.57	39.90	502.58	78.48	7.41	26.41
GM-BAC33	3388963	598741	9.1	78.00	21047.27	28.97	421.57	42.11	3.84	22.41
GM-BAC34	3388803	598758	8.42	38.70	42980.76	45.46	662.52	64.98	10.89	48.88
GM-BAC35	3388974	598625	9.63	76.00	45861.59	69.83	623.15	74.54	10.23	28.92
GM-BAC36	3389122	598606	8.92	144.90	35963.80	48.98	604.84	72.50	9.41	28.31
GM-BAC37	3389232	598614	8.93	64.10	71500.72	48.51	820.81	120.09	9.55	31.54

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAC38	3389389	598614	8.8	94.50	44566.16	61.18	752.35	174.44	13.74	66.16
GM-BAC39	3389509	588604	8.48	116.20	43459.26	61.37	850.89	439.97	11.60	53.35
GM-BAC40	3389621	598587	9.15	81.50	32747.00	53.79	541.56	64.44	8.23	23.50
GM-BAC41	3389646	598511	8.85	40.70	60736.29	53.07	812.83	75.07	10.79	28.47
GM-BAC42	3389592	598519	8.9	69.30	46860.29	89.40	604.28	92.39	10.56	31.32
GM-BAC43	3389396	598551	8.96	77.20	28588.41	36.16	771.69	85.13	6.85	28.74
GM-BAC44	3389243	598513	8.23	90.80	37533.31	36.53	639.28	89.30	11.35	30.69
GM-BAC45	3389156	598501	7.61	488.00	48645.08	44.33	801.18	75.95	9.63	30.88
GM-BAC46	3388912	598427	9.06	58.60	29044.84	44.55	575.14	73.85	11.16	27.35
Máximo					71500.72	355.55	993.63	439.97	27.06	157.28
Mínimo					19175.10	28.97	322.63	42.11	3.84	14.38
Promedio					38324.35	65.56	655.75	115.04	10.11	38.16
STD					12732.32	55.06	149.79	75.07	3.92	25.44

Nota: Solamente una muestra excede las concentraciones de referencia totales para arsénico (As) que señala la NOM-147-SEMARNAT.

Tabla 2.

Elementos que no están asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Bacoachi, Sonora.

Elementos no asociados al derrame

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-BAC01	3389540	599304	8.46	107.30	386.44	323.33	136.80	18.37	4657.78	15041.35	19285.40
GM-BAC02	3389373	599310	8.86	92.20	504.84	137.11	185.72	24.80	5330.38	11471.87	22627.42
GM-BAC03	3389214	599296	8.93	98.90	223.29	167.53	143.91	44.24	3901.64	20093.49	21022.35
GM-BAC04	3389091	599297	8.23	174.60	230.63	278.10	135.95	21.14	4043.81	11025.24	20396.98
GM-BAC05	3388934	599276	8.54	91.70	442.78	119.69	178.02	18.38	4250.78	6130.42	23693.69
GM-BAC06	3388819	599298	5.93	41.60	925.91	117.83	161.20	26.04	5655.84	3332.89	21318.14
GM-BAC07	3388767	599165	6.96	159.70	302.66	194.32	123.57	21.40	4220.63	4350.39	20966.29
GM-BAC08	3388935	599163	8.4	101.10	510.21	186.81	136.39	34.22	6286.49	16336.08	19317.00
GM-BAC09	3389057	599161	8.36	191.70	320.33	219.70	145.14	20.69	4943.79	27040.83	21488.04
GM-BAC10	3389194	599150	8.25	218.00	271.83	330.27	123.11	23.20	4927.98	21408.79	21515.36
GM-BAC11	3389355	599144	7.78	1548.00	465.68	168.29	142.63	29.80	5627.85	12092.56	24574.08
GM-BAC12	3389491	599141	9.06	78.00	208.74	555.68	56.95	34.47	3771.41	64412.09	11979.35
GM-BAC13	3389636	599160	8.56	86.90	311.82	502.74	85.46	22.23	4694.18	35983.84	17363.35
GM-BAC14	3389614	598971	8.2	167.00	223.17	324.19	138.16	20.42	3640.52	22458.16	20962.14
GM-BAC15	3389489	598983	8.08	133.60	308.33	377.56	109.06	25.99	5032.17	25251.80	18069.08
GM-BAC16	3389354	598997	8.5	195.10	336.78	213.93	152.78	20.74	4431.33	26187.27	22083.70
GM-BAC17	3389216	599020	8.56	117.00	448.52	278.47	137.88	31.83	4317.53	27135.12	21409.81
GM-BAC18	3389094	599038	8.44	187.00	563.37	367.53	126.15	26.03	5262.48	49133.77	20361.65
GM-BAC19	3388940	599015	7.86	106.70	613.87	147.47	145.65	23.39	5642.66	4790.13	21767.13
GM-BAC20	3388798	598986	6.86	72.35	426.74	147.66	159.38	30.50	5494.96	4253.13	23021.40
GM-BAC21	3388771	598863	6.76	52.90	882.75	187.92	132.12	32.62	8237.50	4640.21	20344.20
GM-BAC22	3388967	598891	8.5	79.60	354.66	163.29	129.99	19.93	4935.93	8522.70	22963.22
GM-BAC23	3389087	598878	8.98	107.90	383.04	183.95	145.67	24.31	4107.90	16255.84	21899.02
GM-BAC24	3389216	598875	8.65	251.00	625.76	186.95	148.43	38.98	7319.93	17902.23	18488.65
GM-BAC25	3389394	598866	8.98	112.10	541.58	226.36	133.79	26.55	6447.41	32519.30	19210.32
GM-BAC26	3389516	598858	8.71	46.00	203.73	283.58	130.88	25.64	3880.41	16891.47	20355.65

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAC27	3389646	598898	8.19	232.00	249.46	309.55	138.84	22.19	3880.10	21471.44	20364.54
GM-BAC28	3389635	598710	8.16	230.00	308.68	340.77	130.15	36.16	3742.49	19140.52	18623.09
GM-BAC29	3389520	598716	8.8	108.30	434.33	258.50	132.55	20.87	6154.16	36600.06	20639.09
GM-BAC30	3389359	598751	8.97	117.60	146.88	327.94	123.75	20.25	3292.75	43473.79	19597.87
GM-BAC31	3389224	598714	9.02	123.20	318.17	175.75	143.85	18.59	5351.71	14468.90	23103.04
GM-BAC32	3389109	598717	9.03	162.20	312.60	191.35	139.91	27.01	4264.18	23652.40	20605.04
GM-BAC33	3388963	598741	9.1	78.00	263.57	127.08	165.02	21.20	3003.12	7391.03	24022.61
GM-BAC34	3388803	598758	8.42	38.70	569.23	162.03	135.99	23.51	6089.54	5406.36	20633.24
GM-BAC35	3388974	598625	9.63	76.00	585.57	182.25	132.48	26.86	6152.06	6871.48	20663.68
GM-BAC36	3389122	598606	8.92	144.90	572.02	203.07	166.24	25.26	4912.16	10621.61	23102.25
GM-BAC37	3389232	598614	8.93	64.10	498.75	224.61	131.37	24.92	7228.21	16091.65	17794.03
GM-BAC38	3389389	598614	8.8	94.50	474.56	310.79	129.40	36.50	5093.18	31199.02	20653.36
GM-BAC39	3389509	588604	8.48	116.20	436.67	228.75	144.22	31.92	5965.09	14800.95	21792.20
GM-BAC40	3389621	598587	9.15	81.50	332.77	255.96	141.30	22.08	4586.22	18701.98	18861.74
GM-BAC41	3389646	598511	8.85	40.70	381.17	272.28	129.19	18.18	8347.60	20235.17	16542.54
GM-BAC42	3389592	598519	8.9	69.30	375.56	321.14	115.49	32.14	5809.22	19214.92	17024.60
GM-BAC43	3389396	598551	8.96	77.20	245.76	192.80	175.70	17.85	4466.14	8643.47	20368.80
GM-BAC44	3389243	598513	8.23	90.80	296.07	201.57	139.87	31.59	4948.74	6704.68	23547.37
GM-BAC45	3389156	598501	7.61	488.00	483.33	166.30	126.56	24.39	5800.34	5437.16	19477.45
GM-BAC46	3388912	598427	9.06	58.60	301.17	343.10	133.29	25.60	3948.23	27695.76	19191.01
Máximo					925.91	555.68	185.72	44.24	8347.60	64412.09	24574.08
Mínimo					146.88	117.83	56.95	17.85	3003.12	3332.89	11979.35
Promedio					404.43	243.17	137.39	25.93	5089.10	18749.64	20501.98
STD					163.37	94.84	21.37	6.14	1200.44	12851.82	2275.10

Tabla 3.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Bacoachi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-BAC01	3389540	599304	8.46	107.30	26778.40	28.76	938.20	68.21	7.31	21.89
GM-BAC02	3389373	599310	8.86	92.20	26448.41	35.14	595.54	77.57	6.11	30.70
GM-BAC03	3389214	599296	8.93	98.90	24413.50	404.86	327.97	104.02	14.74	218.73
GM-BAC04	3389091	599297	8.23	174.60	31828.30	69.34	1254.85	129.48	9.50	41.77
GM-BAC05	3388934	599276	8.54	91.70	29349.04	29.78	847.49	51.70	7.39	26.34
GM-BAC06	3388819	599298	5.93	41.60	44189.48	37.67	671.59	69.91	8.78	30.07
GM-BAC07	3388767	599165	6.96	159.70	38210.50	39.56	703.87	86.42	10.90	36.56
GM-BAC08	3388935	599163	8.4	101.10	33058.24	39.22	408.51	74.14	9.44	25.36
GM-BAC09	3389057	599161	8.36	191.70	23744.31	40.98	391.47	82.49	9.36	29.92
GM-BAC10	3389194	599150	8.25	218.00	34721.90	128.70	603.10	106.10	22.69	36.23
GM-BAC11	3389355	599144	7.78	1548.00	40958.27	45.88	452.14	92.06	10.70	37.73
GM-BAC12	3389491	599141	9.06	78.00	31361.22	33.71	491.13	57.80	11.77	11.92
GM-BAC13	3389636	599160	8.56	86.90	32541.67	38.69	622.88	69.54	11.13	18.90
GM-BAC14	3389614	598971	8.2	167.00	28745.11	62.12	827.58	126.81	10.81	39.89
GM-BAC15	3389489	598983	8.08	133.60	28690.54	160.73	598.16	123.31	10.25	57.67
GM-BAC16	3389354	598997	8.5	195.10	29412.44	46.66	581.87	132.15	9.71	63.24
GM-BAC17	3389216	599020	8.56	117.00	33095.06	57.92	567.53	158.10	8.58	43.91

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAC18	3389094	599038	8.44	187.00	34693.36	65.04	535.95	220.60	10.67	62.17
GM-BAC19	3388940	599015	7.86	106.70	25637.60	36.78	532.95	86.49	8.09	34.29
GM-BAC20	3388798	598986	6.86	72.35	45969.42	50.49	792.76	94.48	17.05	91.83
GM-BAC21	3388771	598863	6.76	52.90	64730.29	54.11	732.01	89.82	10.84	41.55
GM-BAC22	3388967	598891	8.5	79.60	29442.85	38.60	491.01	88.11	8.63	31.06
GM-BAC23	3389087	598878	8.98	107.90	19569.16	34.13	287.14	154.08	6.95	29.41
GM-BAC24	3389216	598875	8.65	251.00	91830.61	88.83	843.86	236.07	15.59	43.28
GM-BAC25	3389394	598866	8.98	112.10	51457.47	55.46	668.48	281.14	10.50	47.80
GM-BAC26	3389516	598858	8.71	46.00	26649.50	165.08	364.43	76.47	12.49	39.90
GM-BAC27	3389646	598898	8.19	232.00	27514.51	78.13	757.46	105.26	10.86	38.99
GM-BAC28	3389635	598710	8.16	230.00	28071.23	98.93	763.57	115.14	11.93	39.67
GM-BAC29	3389520	598716	8.8	108.30	53656.17	56.63	578.62	320.79	10.30	47.04
GM-BAC30	3389359	598751	8.97	117.60	18350.66	33.39	291.11	168.74	30.28	42.56
GM-BAC31	3389224	598714	9.02	123.20	26746.74	35.51	337.89	223.39	8.72	29.11
GM-BAC32	3389109	598717	9.03	162.20	31208.21	37.57	443.13	95.17	9.56	28.85
GM-BAC33	3388963	598741	9.1	78.00	23468.70	30.86	416.85	55.30	6.17	27.08
GM-BAC34	3388803	598758	8.42	38.70	33889.60	42.22	560.83	72.21	7.70	82.75
GM-BAC35	3388974	598625	9.63	76.00	41671.57	49.26	565.07	75.72	9.66	37.41
GM-BAC36	3389122	598606	8.92	144.90	34587.37	40.51	579.27	82.19	9.95	31.52
GM-BAC37	3389232	598614	8.93	64.10	45916.24	39.30	665.05	132.94	8.53	33.93
GM-BAC38	3389389	598614	8.8	94.50	48271.94	58.93	733.78	164.14	16.76	68.57
GM-BAC39	3389509	588604	8.48	116.20	43905.82	61.05	717.31	524.24	10.46	74.42
GM-BAC40	3389621	598587	9.15	81.50	54605.64	71.89	701.11	85.11	10.86	32.08
GM-BAC41	3389646	598511	8.85	40.70	47432.04	64.48	629.77	86.17	9.99	29.64
GM-BAC42	3389592	598519	8.9	69.30	44557.66	86.99	574.87	100.95	11.68	33.36
GM-BAC43	3389396	598551	8.96	77.20	30487.77	40.99	698.92	92.92	8.16	39.46
GM-BAC44	3389243	598513	8.23	90.80	35799.68	42.58	612.09	89.97	9.20	34.46
GM-BAC45	3389156	598501	7.61	488.00	45662.58	41.32	612.08	98.01	14.66	37.64
GM-BAC46	3388912	598427	9.06	58.60	27953.46	38.45	546.70	70.15	8.90	27.24
Máximo					91830.61	404.86	1254.85	524.24	30.28	218.73
Mínimo					18350.66	28.76	287.14	51.70	6.11	11.92
Promedio					36332.27	63.85	606.91	123.82	10.96	43.65
STD					13096.38	59.77	181.99	84.10	4.22	30.84

Tabla 4.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Bacoachi, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Elementos no asociados al derrame

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-BAC01	3389540	599304	8.46	107.30	306.87	361.92	141.44	27.91	3478.45	15574.21	20120.19
GM-BAC02	3389373	599310	8.86	92.20	875.83	149.83	166.94	27.47	4505.50	11143.95	23338.63
GM-BAC03	3389214	599296	8.93	98.90	270.88	231.96	153.84	56.51	3219.52	23196.88	22479.96
GM-BAC04	3389091	599297	8.23	174.60	355.46	317.14	137.55	25.80	3748.25	11620.67	20939.90
GM-BAC05	3388934	599276	8.54	91.70	609.44	145.44	201.81	23.01	3647.75	5658.43	24051.65
GM-BAC06	3388819	599298	5.93	41.60	1091.16	154.42	180.20	35.26	5862.02	3648.72	22512.42
GM-BAC07	3388767	599165	6.96	159.70	481.16	262.78	148.44	53.34	3870.77	4440.20	21876.38

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAC08	3388935	599163	8.4	101.10	573.24	215.73	153.13	37.35	4298.78	20752.37	22128.16
GM-BAC09	3389057	599161	8.36	191.70	351.77	274.21	149.10	30.79	3507.68	28155.58	21496.32
GM-BAC10	3389194	599150	8.25	218.00	361.23	430.85	131.85	43.42	3622.77	22093.92	19255.83
GM-BAC11	3389355	599144	7.78	1548.00	513.20	195.11	148.90	26.09	4193.76	11833.08	22802.62
GM-BAC12	3389491	599141	9.06	78.00	206.69	549.92	66.58	20.19	2854.35	55956.82	11194.26
GM-BAC13	3389636	599160	8.56	86.90	219.63	534.53	83.45	34.59	3433.38	33634.90	16434.84
GM-BAC14	3389614	598971	8.2	167.00	217.15	336.81	142.55	21.17	3464.99	21233.51	19670.48
GM-BAC15	3389489	598983	8.08	133.60	224.93	401.00	112.11	24.96	2967.22	19874.90	16758.50
GM-BAC16	3389354	598997	8.5	195.10	340.31	250.60	133.25	41.20	3728.97	25343.84	22148.67
GM-BAC17	3389216	599020	8.56	117.00	434.15	293.48	135.63	29.20	3556.42	23703.16	20327.52
GM-BAC18	3389094	599038	8.44	187.00	487.96	414.73	126.44	28.70	4002.96	46945.62	20362.33
GM-BAC19	3388940	599015	7.86	106.70	472.28	158.15	143.41	24.26	4041.64	4682.82	22948.50
GM-BAC20	3388798	598986	6.86	72.35	571.33	177.64	147.72	28.67	5093.63	3997.55	21829.17
GM-BAC21	3388771	598863	6.76	52.90	885.80	192.92	135.75	42.09	6511.44	4273.92	20921.66
GM-BAC22	3388967	598891	8.5	79.60	549.18	198.80	141.37	40.24	4206.55	8968.90	21074.77
GM-BAC23	3389087	598878	8.98	107.90	315.29	207.91	153.23	30.58	2519.26	14767.55	22269.02
GM-BAC24	3389216	598875	8.65	251.00	1068.32	223.76	146.58	44.19	7344.12	18729.28	19760.48
GM-BAC25	3389394	598866	8.98	112.10	512.64	264.87	142.01	50.22	4452.44	32277.70	20864.75
GM-BAC26	3389516	598858	8.71	46.00	230.59	289.79	137.32	26.72	2901.51	16198.56	20923.70
GM-BAC27	3389646	598898	8.19	232.00	252.44	328.46	140.52	18.80	3595.26	20343.07	21153.34
GM-BAC28	3389635	598710	8.16	230.00	282.55	324.37	132.35	20.21	3529.65	19136.28	19838.45
GM-BAC29	3389520	598716	8.8	108.30	503.49	266.32	134.97	30.19	4750.97	31442.12	19073.38
GM-BAC30	3389359	598751	8.97	117.60	204.73	365.31	125.76	19.62	2764.48	39851.09	18330.05
GM-BAC31	3389224	598714	9.02	123.20	483.19	196.27	152.06	29.92	4005.79	14027.89	22102.38
GM-BAC32	3389109	598717	9.03	162.20	546.97	220.22	137.52	45.56	3997.30	22278.26	21344.86
GM-BAC33	3388963	598741	9.1	78.00	452.47	151.90	174.13	36.21	3193.76	7681.45	24188.36
GM-BAC34	3388803	598758	8.42	38.70	647.49	188.50	140.46	26.53	4159.43	4840.61	20936.92
GM-BAC35	3388974	598625	9.63	76.00	744.29	181.40	136.33	28.28	4732.02	6021.25	20250.18
GM-BAC36	3389122	598606	8.92	144.90	559.97	203.46	159.09	30.70	4255.95	9828.10	22446.54
GM-BAC37	3389232	598614	8.93	64.10	397.19	258.98	143.25	45.35	4885.37	18738.65	19125.07
GM-BAC38	3389389	598614	8.8	94.50	569.89	337.72	123.35	30.33	4744.69	27257.22	19460.67
GM-BAC39	3389509	588604	8.48	116.20	396.81	259.85	133.25	26.78	4518.39	15545.53	21653.02
GM-BAC40	3389621	598587	9.15	81.50	631.86	299.03	128.41	29.54	5749.42	27152.30	19731.06
GM-BAC41	3389646	598511	8.85	40.70	353.49	304.94	120.99	34.47	5215.12	16634.75	17827.73
GM-BAC42	3389592	598519	8.9	69.30	303.02	328.14	122.25	21.16	5201.78	18484.44	18686.48
GM-BAC43	3389396	598551	8.96	77.20	316.84	271.73	188.13	36.92	3817.30	8209.87	20218.55
GM-BAC44	3389243	598513	8.23	90.80	541.46	245.25	141.21	63.58	4140.02	6696.24	22670.35
GM-BAC45	3389156	598501	7.61	488.00	507.25	203.89	151.19	47.55	4445.62	5221.82	21371.90
GM-BAC46	3388912	598427	9.06	58.60	394.57	355.51	133.04	21.61	3741.51	27456.51	19574.56
Máximo					1091.16	549.92	201.81	63.58	7344.12	55956.82	24188.36
Mínimo					204.73	145.44	66.58	18.80	2519.26	3648.72	11194.26
Promedio					469.92	272.29	140.84	32.98	4140.83	18164.23	20619.01
STD					210.39	94.14	22.29	10.51	962.15	11695.49	2230.17

CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE ARIZPE, SONORA

Tabla 5.

Elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Arizpe, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (μ S)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-ARI01	3356839	580622	8.16	662.00	22636.98	33.43	458.85	67.02	28.61	18.97
GM-ARI02	3356707	580580	8.28	195.40	28282.00	58.99	834.00	77.66	28.08	43.11
GM-ARI03	3356610	580519	8.45	164.00	28932.43	63.11	537.89	93.83	19.26	29.58
GM-ARI04	3356456	580449	8.48	95.70	20355.15	34.24	355.60	49.34	11.01	15.85
GM-ARI05	3356377	580346	8.78	264.00	25193.52	48.38	407.34	127.19	43.81	34.43
GM-ARI06	3356263	580280	8.11	321.00	29071.45	42.92	450.32	134.44	18.11	30.62
GM-ARI07	3356139	580184	7.76	2.62mS	28933.13	75.76	484.53	90.02	20.78	66.69
GM-ARI08	3355980	580095	8.42	219.00	26049.70	38.46	422.86	133.94	15.60	38.33
GM-ARI09	3355867	580062	8.26	399.00	33032.88	48.77	600.46	86.29	19.31	27.07
GM-ARI10	3355921	579953	8.45	276.00	26952.40	34.74	382.88	104.29	11.73	38.58
GM-ARI11	3356059	580028	8.31	290.00	23397.45	47.91	438.33	249.94	21.04	32.56
GM-ARI12	3356174	580097	8.60	197.10	18228.19	31.81	380.83	114.08	25.18	28.23
GM-ARI13	3356310	580168	8.40	163.20	17648.26	31.88	285.44	94.92	11.63	50.74
GM-ARI14	3356412	580220	8.58	142.30	27368.77	42.31	461.23	122.46	18.36	32.98
GM-ARI15	3356521	580280	8.57	112.90	28075.57	40.46	480.73	134.36	20.94	120.11
GM-ARI16	3356658	580340	8.00	147.80	27518.72	47.79	831.13	97.76	25.87	33.08
GM-ARI17	3356789	580459	8.35	253.00	30036.99	67.12	671.48	108.54	21.88	52.84
GM-ARI18	3356900	580535	8.16	142.30	28541.70	36.96	571.93	99.37	36.71	78.33
GM-ARI19	3357021	580586	8.57	141.50	22040.26	36.44	376.79	72.68	20.46	18.98
GM-ARI20	3357078	580499	8.17	795	34516.06	45.72	509.43	123.90	19.90	44.24
GM-ARI21	3356988	580412	7.93	1,167.00	24531.23	35.06	385.70	74.01	17.36	25.13
GM-ARI22	3356872	580345	8.36	257.00	25003.28	37.09	428.25	95.49	19.46	24.58
GM-ARI23	3356736	580251	8.46	189.10	24347.07	41.75	420.30	99.39	21.29	44.52
GM-ARI24	3356582	580208	8.08	440.00	25579.49	38.11	492.33	335.74	28.37	31.05
GM-ARI25	3356459	580126	8.34	269.00	25573.28	42.59	475.16	190.20	17.83	37.00
GM-ARI26	3356343	580049	8.52	131.30	26601.73	40.67	479.22	213.76	17.54	34.13
GM-ARI27	3356257	579991	8.35	464.00	24265.02	96.64	483.22	263.33	18.77	28.10
GM-ARI28	3356116	579953	8.33	232.00	21598.77	33.74	411.01	444.88	18.29	29.63
GM-ARI29	3356015	579830	8.11	244.00	28576.27	45.83	611.23	148.10	19.36	41.41
GM-ARI30	3356064	579754	7.97	343.00	26854.34	34.99	547.78	73.24	26.06	24.52
GM-ARI31	3356177	579835	9.26	125.00	23853.17	35.34	436.79	64.01	14.06	18.66
GM-ARI32	3356301	579929	8.34	303.00	34189.24	58.02	590.12	168.21	19.48	49.80
GM-ARI33	3356404	579981	8.21	294.00	32724.75	40.58	540.65	133.56	15.23	28.91
GM-ARI34	3356484	580045	8.48	489.00	31985.37	39.03	805.79	72.94	22.41	24.06
GM-ARI35	3356658	580145	8.22	965.00	23328.66	34.92	376.90	69.60	27.20	19.32
GM-ARI36	3356776	580175	7.92	336.00	24185.31	40.07	519.73	186.91	25.49	48.29
GM-ARI37	3356871	580247	8.68	102.30	23776.01	37.03	483.65	68.32	21.02	20.86
GM-ARI38	3357018	580332	8.88	123.00	26852.29	35.60	513.77	74.70	19.68	22.46
GM-ARI39	3357152	580399	9.28	103.60	26383.30	39.15	573.12	88.88	21.63	23.44

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ARI40	3357215	580272	8.34	93.55	24168.93	27.47	464.38	62.84	19.72	18.73
GM-ARI41	3357080	580187	8.13	215.00	21626.38	36.63	426.90	84.08	17.90	18.97
GM-ARI42	3356905	580166	8.26	716.00	23038.99	33.31	492.69	75.62	27.78	19.42
GM-ARI43	3356818	580116	8.46	119.90	23688.75	37.80	461.90	105.76	17.89	38.21
GM-ARI44	3356696	580079	8.09	777.00	28036.85	38.09	581.99	99.75	23.71	25.95
GM-ARI45	3356568	579950	8.91	75.60	23023.94	30.17	325.03	43.20	11.14	13.62
GM-ARI46	3356508	579857	8.46	60.80	24065.69	43.58	449.66	86.69	21.13	40.54
GM-ARI47	3356415	579714	8.08	137.80	26280.15	30.06	484.75	65.83	20.18	22.55
GM-ARI48	3356262	579714	8.46	120.40	26730.51	37.66	491.16	57.90	29.99	16.37
Máximo					34516.06	96.64	834.00	444.88	43.81	120.11
Mínimo					17648.26	27.47	285.44	43.20	11.01	13.62
Promedio					26064.75	42.44	494.39	120.47	21.06	34.18
STD					3694.97	12.58	115.36	75.52	6.14	18.34

Tabla 6.

Elementos que no están asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Bacoachi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-ARI01	3356839	580622	8,16	662,00	200,83	407,63	83,08	20,02	2784,70	25605,21	16573,18
GM-ARI02	3356707	580580	8,28	195,40	227,78	471,82	95,79	19,99	3164,51	21466,23	15542,84
GM-ARI03	3356610	580519	8,45	164,00	202,30	539,91	96,27	17,16	3236,94	25637,53	15821,28
GM-ARI04	3356456	580449	8,48	95,70	154,94	420,54	138,19	18,98	2514,56	20617,71	20428,33
GM-ARI05	3356377	580346	8,78	264,00	176,97	568,69	100,32	21,59	3264,58	54582,68	17363,62
GM-ARI06	3356263	580280	8,11	321,00	211,82	462,12	100,84	21,16	3373,40	37772,13	17734,13
GM-ARI07	3356139	580184	7,76	2.62mS	233,83	566,56	94,60	19,78	3022,03	40032,48	17933,23
GM-ARI08	3355980	580095	8,42	219,00	229,75	484,73	105,07	19,34	2940,31	33269,58	16879,56
GM-ARI09	3355867	580062	8,26	399,00	212,91	664,50	83,65	34,14	3519,37	27856,63	14519,54
GM-ARI10	3355921	579953	8,45	276,00	210,70	584,86	109,75	21,25	3171,47	34113,73	18366,19
GM-ARI11	3356059	580028	8,31	290,00	224,36	531,17	97,77	27,67	3902,66	52537,36	16789,07
GM-ARI12	3356174	580097	8,60	197,10	186,76	449,85	104,01	17,86	1981,62	40125,82	17174,47
GM-ARI13	3356310	580168	8,40	163,20	164,91	347,22	107,33	19,44	2260,76	30817,24	17720,80
GM-ARI14	3356412	580220	8,58	142,30	191,32	425,45	94,82	20,69	3441,22	57564,40	15456,07
GM-ARI15	3356521	580280	8,57	112,90	215,41	487,16	93,32	23,15	3143,97	36463,32	17729,12
GM-ARI16	3356658	580340	8,00	147,80	205,93	394,49	106,34	21,78	2910,91	31725,77	18209,57
GM-ARI17	3356789	580459	8,35	253,00	199,82	545,40	89,02	16,61	2928,32	22740,61	14261,37
GM-ARI18	3356900	580535	8,16	142,30	226,49	513,45	92,02	18,96	3192,87	20706,72	15294,80
GM-ARI19	3357021	580586	8,57	141,50	196,22	477,02	90,47	20,97	2690,96	16550,64	18289,80
GM-ARI20	3357078	580499	8,17	795	310,04	397,65	93,80	22,68	4180,63	28700,96	17361,63
GM-ARI21	3356988	580412	7,93	1.167,00	237,17	539,69	90,26	24,52	2461,44	30275,75	16804,70
GM-ARI22	3356872	580345	8,36	257,00	195,47	689,32	92,37	39,81	3034,30	29487,13	17182,33
GM-ARI23	3356736	580251	8,46	189,10	219,80	469,65	97,41	25,23	2856,10	28585,69	18748,96
GM-ARI24	3356582	580208	8,08	440,00	209,10	504,67	101,22	31,56	3043,42	42717,52	17642,12
GM-ARI25	3356459	580126	8,34	269,00	242,72	457,12	93,39	17,93	2968,12	43502,33	19341,51
GM-ARI26	3356343	580049	8,52	131,30	197,18	504,26	106,68	26,43	2983,69	39870,77	20064,66
GM-ARI27	3356257	579991	8,35	464,00	191,60	577,61	100,68	25,60	2593,88	45917,85	19870,11

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ARI28	3356116	579953	8,33	232,00	188,66	522,68	96,16	23,22	2847,89	55023,45	20136,49
GM-ARI29	3356015	579830	8,11	244,00	231,29	569,09	109,39	27,10	3053,91	31810,29	20001,13
GM-ARI30	3356064	579754	7,97	343,00	237,48	1520,06	58,97	28,97	2999,34	29150,89	17254,03
GM-ARI31	3356177	579835	9,26	125,00	201,59	642,55	100,32	15,95	2376,81	20943,95	13774,20
GM-ARI32	3356301	579929	8,34	303,00	226,25	400,12	102,89	22,10	3499,05	32219,19	18951,89
GM-ARI33	3356404	579981	8,21	294,00	224,69	398,02	109,80	18,10	4384,66	22575,17	18865,40
GM-ARI34	3356484	580045	8,48	489,00	250,79	452,10	89,14	21,43	3374,97	32048,56	15233,06
GM-ARI35	3356658	580145	8,22	965,00	188,63	712,56	91,66	23,78	2609,30	39512,48	16499,00
GM-ARI36	3356776	580175	7,92	336,00	215,25	589,03	91,60	22,21	2432,80	43348,07	19533,86
GM-ARI37	3356871	580247	8,68	102,30	231,94	754,92	87,65	22,42	3032,32	48126,97	17993,00
GM-ARI38	3357018	580332	8,88	123,00	239,35	446,90	106,06	20,95	3053,38	33883,97	16847,36
GM-ARI39	3357152	580399	9,28	103,60	192,60	365,67	106,66	19,37	2859,12	19720,51	16568,95
GM-ARI40	3357215	580272	8,34	93,55	232,26	489,73	104,26	33,17	3192,34	26452,43	21198,32
GM-ARI41	3357080	580187	8,13	215,00	181,17	474,02	97,99	18,45	2817,03	37497,59	18657,78
GM-ARI42	3356905	580166	8,26	716,00	213,05	568,99	95,68	19,24	3038,14	36361,34	18276,01
GM-ARI43	3356818	580116	8,46	119,90	229,70	502,22	99,77	21,22	3288,36	33682,42	19229,19
GM-ARI44	3356696	580079	8,09	777,00	204,37	379,63	101,40	21,98	4071,93	49304,93	19780,70
GM-ARI45	3356568	579950	8,91	75,60	186,99	571,80	40,54	17,29	3024,66	20835,21	15254,03
GM-ARI46	3356508	579857	8,46	60,80	200,89	606,08	93,55	22,81	2893,62	26585,71	18985,10
GM-ARI47	3356415	579714	8,08	137,80	247,83	962,07	94,06	15,27	3403,58	22915,70	17702,40
GM-ARI48	3356262	579714	8,46	120,40	226,74	1429,83	56,14	22,14	3111,64	28040,22	17597,69
Máximo					310,04	1520,06	138,19	39,81	4384,66	57564,40	21198,32
Mínimo					154,94	347,22	40,54	15,27	1981,62	16550,64	13774,20
Promedio					213,34	562,40	95,94	22,37	3066,96	33695,27	17678,07
STD					25,91	223,11	14,59	4,89	462,26	10287,24	1715,97

Tabla 7.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla <60. Localidad de Arizpe, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-ARI01	3356839	580622	8,16	662,00	34370,87	39,43	537,46	83,40	18,37	28,55
GM-ARI02	3356707	580580	8,28	195,40	33840,58	66,65	608,17	89,80	19,72	32,76
GM-ARI03	3356610	580519	8,45	164,00	30707,60	63,19	562,94	89,40	19,84	30,50
GM-ARI04	3356456	580449	8,48	95,70	27738,70	47,77	456,64	72,64	17,82	21,91
GM-ARI05	3356377	580346	8,78	264,00	28344,08	53,53	408,72	146,34	40,88	48,40
GM-ARI06	3356263	580280	8,11	321,00	33082,98	47,86	504,38	185,44	25,83	33,71
GM-ARI07	3356139	580184	7,76	2,62mS	34404,32	46,02	748,11	97,17	21,58	68,56
GM-ARI08	3355980	580095	8,42	219,00	34463,74	40,46	472,15	162,89	24,12	68,22
GM-ARI09	3355867	580062	8,26	399,00	32463,42	41,90	521,39	75,58	17,98	23,73
GM-ARI10	3355921	579953	8,45	276,00	29079,01	36,61	510,72	120,95	18,05	50,86
GM-ARI11	3356059	580028	8,31	290,00	30361,23	46,46	537,36	265,37	19,56	38,13
GM-ARI12	3356174	580097	8,60	197,10	37056,07	46,82	559,02	230,32	18,06	66,43
GM-ARI13	3356310	580168	8,40	163,20	37885,72	36,93	367,46	148,34	14,25	78,82
GM-ARI14	3356412	580220	8,58	142,30	30693,23	41,71	433,49	162,35	17,18	45,28
GM-ARI15	3356521	580280	8,57	112,90	34617,74	43,61	522,72	165,14	26,89	118,86
GM-ARI16	3356658	580340	8,00	147,80	30182,76	61,77	503,89	131,61	23,83	38,82

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ARI17	3356789	580459	8,35	253,00	30334,83	54,88	706,08	101,74	22,55	50,94
GM-ARI18	3356900	580535	8,16	142,30	30081,07	37,22	486,38	101,18	27,00	97,08
GM-ARI19	3357021	580586	8,57	141,50	31467,40	30,67	481,03	79,37	26,07	24,88
GM-ARI20	3357078	580499	8,17	795	48210,49	46,94	547,10	125,37	24,06	66,62
GM-ARI21	3356988	580412	7,93	1.167,00	33437,34	40,71	485,95	95,11	27,56	53,93
GM-ARI22	3356872	580345	8,36	257,00	25803,78	35,56	362,18	95,37	17,48	27,95
GM-ARI23	3356736	580251	8,46	189,10	26468,99	41,29	477,01	116,47	20,50	33,83
GM-ARI24	3356582	580208	8,08	440,00	26598,69	52,25	376,45	377,18	29,66	33,40
GM-ARI25	3356459	580126	8,34	269,00	34365,31	55,29	519,37	263,79	18,89	66,71
GM-ARI26	3356343	580049	8,52	131,30	29409,21	39,55	434,07	333,51	20,92	46,74
GM-ARI27	3356257	579991	8,35	464,00	28495,26	35,47	522,56	216,54	20,07	30,84
GM-ARI28	3356116	579953	8,33	232,00	19810,98	35,28	324,90	653,68	18,84	36,50
GM-ARI29	3356015	579830	8,11	244,00	34444,35	45,51	555,92	172,34	20,76	46,93
GM-ARI30	3356064	579754	7,97	343,00	37120,79	32,57	485,97	78,55	33,17	21,19
GM-ARI31	3356177	579835	9,26	125,00	22531,97	24,11	321,36	52,99	15,59	13,51
GM-ARI32	3356301	579929	8,34	303,00	37165,18	62,67	621,24	194,25	21,98	43,71
GM-ARI33	3356404	579981	8,21	294,00	45192,85	50,19	577,61	191,85	18,27	49,57
GM-ARI34	3356484	580045	8,48	489,00	35004,77	38,94	858,34	76,20	21,69	23,32
GM-ARI35	3356658	580145	8,22	965,00	24019,41	32,36	337,52	64,45	22,45	26,79
GM-ARI36	3356776	580175	7,92	336,00	26171,77	32,73	479,96	184,96	23,99	60,61
GM-ARI37	3356871	580247	8,68	102,30	26074,14	31,87	487,81	68,78	22,48	22,91
GM-ARI38	3357018	580332	8,88	123,00	28842,55	34,96	616,08	79,95	19,14	29,29
GM-ARI39	3357152	580399	9,28	103,60	27385,78	32,80	484,15	74,98	21,81	26,22
GM-ARI40	3357215	580272	8,34	93,55	29464,75	30,04	438,76	65,02	16,61	23,42
GM-ARI41	3357080	580187	8,13	215,00	25628,65	32,52	362,36	75,24	18,95	23,70
GM-ARI42	3356905	580166	8,26	716,00	26934,78	27,59	506,13	92,26	23,95	20,36
GM-ARI43	3356818	580116	8,46	119,90	25941,68	30,39	432,32	125,90	21,04	40,77
GM-ARI44	3356696	580079	8,09	777,00	26775,32	41,13	411,66	107,36	19,67	26,30
GM-ARI45	3356568	579950	8,91	75,60	32102,79	37,18	338,57	61,65	11,81	18,59
GM-ARI46	3356508	579857	8,46	60,80	24119,29	31,85	384,25	83,28	28,09	47,34
GM-ARI47	3356415	579714	8,08	137,80	37565,41	34,83	528,07	80,50	32,26	24,96
GM-ARI48	3356262	579714	8,46	120,40	32960,50	30,58	810,90	72,27	29,62	21,84
Máximo					48210,49	66,65	858,34	653,68	40,88	118,86
Mínimo					19810,98	24,11	321,36	52,99	11,81	13,51
Promedio					30954,28	41,30	499,56	142,67	22,18	41,40
STD					5383,93	10,04	115,85	104,23	5,28	21,42

Tabla 8.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Arizpe, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Clave	N	E	pH	C.E.(μ S)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-ARI01	3356839	580622	8,16	662,00	231,58	537,99	86,20	27,15	4096,17	30941,73	17290,63
GM-ARI02	3356707	580580	8,28	195,40	233,95	520,12	91,11	23,43	3761,09	24654,81	15505,80
GM-ARI03	3356610	580519	8,45	164,00	202,24	567,22	89,08	37,73	3742,58	29570,46	17170,17
GM-ARI04	3356456	580449	8,48	95,70	201,84	599,46	93,63	19,91	3658,37	35932,40	17228,95
GM-ARI05	3356377	580346	8,78	264,00	237,61	663,82	90,99	29,13	2921,28	58936,04	17301,44
GM-ARI06	3356263	580280	8,11	321,00	265,83	573,94	88,59	25,46	3878,24	43118,65	17627,24

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ARI07	3356139	580184	7,76	2.62mS	283,36	560,99	91,12	27,31	3584,20	37914,23	18163,84
GM-ARI08	3355980	580095	8,42	219,00	267,95	631,61	92,11	29,92	3895,51	36322,99	16747,73
GM-ARI09	3355867	580062	8,26	399,00	221,94	679,54	80,52	20,66	3762,36	30629,54	15820,08
GM-ARI10	3355921	579953	8,45	276,00	284,49	715,09	97,18	56,28	3400,57	39205,25	19173,15
GM-ARI11	3356059	580028	8,31	290,00	216,78	669,69	88,92	25,96	3537,70	61708,41	16851,87
GM-ARI12	3356174	580097	8,60	197,10	262,35	695,22	88,71	28,01	3917,56	46889,00	19283,61
GM-ARI13	3356310	580168	8,40	163,20	316,61	504,03	107,78	44,31	4034,29	34809,91	17193,64
GM-ARI14	3356412	580220	8,58	142,30	220,20	549,04	84,51	24,78	3449,67	75136,53	15303,76
GM-ARI15	3356521	580280	8,57	112,90	315,46	589,41	92,01	32,32	3903,05	37333,15	18526,61
GM-ARI16	3356658	580340	8,00	147,80	208,64	471,39	91,83	53,29	3354,83	47654,98	18554,28
GM-ARI17	3356789	580459	8,35	253,00	202,34	570,74	89,85	35,57	3300,02	26824,02	16514,76
GM-ARI18	3356900	580535	8,16	142,30	221,70	578,94	87,63	30,07	3270,22	23784,59	15179,41
GM-ARI19	3357021	580586	8,57	141,50	245,97	521,14	92,37	19,88	3633,74	28755,19	20888,76
GM-ARI20	3357078	580499	8,17	795	305,82	476,05	92,66	29,41	4015,76	30212,31	16867,28
GM-ARI21	3356988	580412	7,93	1.167,00	270,22	518,85	90,58	46,88	3630,92	34985,36	18035,25
GM-ARI22	3356872	580345	8,36	257,00	262,25	742,80	87,58	22,72	3314,62	30791,20	17568,30
GM-ARI23	3356736	580251	8,46	189,10	254,65	527,05	94,35	20,69	2997,76	32679,17	18325,71
GM-ARI24	3356582	580208	8,08	440,00	248,87	556,03	90,44	38,34	2934,06	43257,06	17672,65
GM-ARI25	3356459	580126	8,34	269,00	341,16	650,57	84,98	24,27	3747,52	55023,98	17636,31
GM-ARI26	3356343	580049	8,52	131,30	282,20	682,72	90,95	44,42	3177,10	41225,69	17894,59
GM-ARI27	3356257	579991	8,35	464,00	214,15	810,04	93,94	26,12	3124,66	50572,41	18762,98
GM-ARI28	3356116	579953	8,33	232,00	182,12	751,24	91,78	23,28	2413,43	71056,52	16334,06
GM-ARI29	3356015	579830	8,11	244,00	302,48	720,01	93,70	19,84	3675,90	29790,78	19629,85
GM-ARI30	3356064	579754	7,97	343,00	279,43	1921,11	52,74	42,02	4204,72	33070,00	17765,53
GM-ARI31	3356177	579835	9,26	125,00	195,90	690,30	87,42	27,74	2692,10	27789,79	13539,99
GM-ARI32	3356301	579929	8,34	303,00	249,20	483,34	92,61	21,66	3933,46	30789,49	18204,20
GM-ARI33	3356404	579981	8,21	294,00	299,25	423,48	96,80	26,23	4426,87	24503,18	17425,76
GM-ARI34	3356484	580045	8,48	489,00	290,37	499,51	88,42	21,31	3741,90	32617,90	15959,48
GM-ARI35	3356658	580145	8,22	965,00	191,01	714,30	87,43	32,99	2528,55	47802,25	15389,03
GM-ARI36	3356776	580175	7,92	336,00	223,82	613,65	90,75	17,01	2893,34	34495,45	19873,72
GM-ARI37	3356871	580247	8,68	102,30	305,12	719,57	83,53	39,02	3186,32	49315,31	16932,81
GM-ARI38	3357018	580332	8,88	123,00	263,38	501,98	87,75	24,33	3237,77	34984,17	16339,67
GM-ARI39	3357152	580399	9,28	103,60	221,02	414,40	107,24	22,40	3060,90	23874,32	17988,04
GM-ARI40	3357215	580272	8,34	93,55	265,08	540,74	94,37	22,44	3766,31	29356,95	19250,42
GM-ARI41	3357080	580187	8,13	215,00	235,13	537,46	93,15	30,44	3075,19	38219,39	17516,00
GM-ARI42	3356905	580166	8,26	716,00	218,34	674,94	90,80	25,86	3028,16	34213,71	17351,85
GM-ARI43	3356818	580116	8,46	119,90	215,05	533,13	96,51	46,92	2958,66	32802,03	18811,52
GM-ARI44	3356696	580079	8,09	777,00	234,93	608,07	92,01	24,49	2966,80	54153,86	17970,12
GM-ARI45	3356568	579950	8,91	75,60	208,45	581,01	83,07	59,18	3843,52	27481,39	15394,19
GM-ARI46	3356508	579857	8,46	60,80	223,93	805,96	95,15	26,41	2891,74	27374,26	17819,99
GM-ARI47	3356415	579714	8,08	137,80	305,08	1576,19	52,46	28,74	4130,65	28308,04	18048,26
GM-ARI48	3356262	579714	8,46	120,40	254,65	1799,45	54,44	27,63	3777,47	29962,56	17398,92
Máximo					341,16	1921,11	107,78	59,18	4426,87	75136,53	20888,76
Mínimo					182,12	414,40	52,46	17,01	2413,43	23784,59	13539,99
Promedio					250,05	675,22	88,84	30,36	3454,92	37869,97	17462,59
STD					38,81	302,79	10,51	10,07	467,82	11985,06	1375,29

CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE BANAMICHI, SONORA**Tabla 9.**

Concentración elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Banámichi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-BAN01	3320408	576021	8,45	400,0	23905,05	31,83	396,38	62,91	12,64	18,31
GM-BAN02	3320261	570024	9,17	106,3	39509,18	36,67	740,37	78,16	13,25	17,49
GM-BAN03	3320129	576037	9,13	84,8	44642,24	31,65	711,78	71,45	11,21	16,19
GM-BAN04	3319991	576021	8,85	63,6	43728,53	36,28	708,72	74,17	11,99	16,93
GM-BAN05	3319890	576020	8,7	95,7	29116,87	29,15	597,00	61,26	11,37	21,98
GM-BAN06	3319775	575997	9,01	84,0	28946,41	30,03	708,13	72,39	16,84	20,59
GM-BAN07	3319679	575976	8,53	78,3	34730,61	41,13	570,43	88,80	12,89	30,10
GM-BAN08	3319396	575883	8,21	289,0	31181,76	36,92	593,66	65,89	19,40	17,70
GM-BAN09	3319530	575874	8,17	145,6	32545,96	36,70	567,04	86,66	17,43	28,84
GM-BAN10	3319632	575895	8,43	97,4	34647,80	38,79	559,58	76,55	13,24	22,68
GM-BAN11	3319765	575903	8,61	85,5	32071,54	32,86	676,14	63,27	8,50	17,31
GM-BAN12	3319888	575869	8,4	100,1	34023,83	28,84	567,86	150,49	11,65	23,28
GM-BAN13	3320022	575857	8,49	79,7	23393,44	26,36	524,59	70,21	20,90	20,32
GM-BAN14	3320127	575859	7,64	129,1	31642,91	44,04	604,58	77,37	13,75	23,22
GM-BAN15	3320250	575851	8,22	118,2	36453,98	33,70	617,62	65,87	12,80	19,59
GM-BAN16	3320404	575885	7,59	236,0	26131,44	33,49	501,79	84,46	10,35	19,26
GM-BAN17	3320514	575843	7,34	334,0	38774,25	46,66	652,18	86,16	13,65	18,88
GM-BAN18	3320528	575669	7,73	139,6	16266,60	27,22	314,18	34,56	8,33	17,74
GM-BAN19	3320385	575674	7,51	191,8	24195,96	35,51	387,83	81,44	12,86	47,31
GM-BAN20	3320241	575684	7,4	242	19172,99	46,37	389,32	106,04	18,94	141,78
GM-BAN21	3320138	575690	7,69	286,0	18689,07	30,95	331,63	74,27	11,13	27,38
GM-BAN22	3319985	575708	9,61	656,0	21266,97	35,26	355,16	63,72	12,32	26,74
GM-BAN23	3319872	575707	7,58	409,0	21364,76	36,95	421,70	97,79	16,28	125,09
GM-BAN24	3319758	575709	7,72	385,0	23650,84	42,67	429,85	92,18	10,33	32,20
GM-BAN25	3319653	575710	7,63	275,0	21752,30	37,89	402,99	63,45	<LD	64,75
GM-BAN26	3319543	575716	7,58	249,0	18452,08	28,49	321,97	98,81	11,30	44,30
GM-BAN27	3319450	575721	8,12	89,4	39847,05	41,80	529,75	119,65	15,67	41,90
GM-BAN28	3319390	575521	7,82	186,7	34215,37	42,19	556,75	100,48	18,39	27,76
GM-BAN29	3319542	575529	7,76	197,8	26549,43	35,34	753,84	98,78	24,21	24,27
GM-BAN30	3319670	575548	8,03	246,0	24697,03	47,81	404,03	267,93	16,11	35,11
GM-BAN31	3319753	575540	7,26	1055,0	25952,20	39,92	435,37	331,82	13,08	25,78
GM-BAN32	3319876	575522	8,13	126,3	29267,58	60,84	559,08	127,21	18,35	38,93
GM-BAN33	3319965	575516	9,43	484,0	28205,60	43,09	436,45	140,03	13,66	38,94
GM-BAN34	3320117	575523	8,78	634,0	22794,48	37,19	416,13	85,92	12,73	28,86
GM-BAN35	3320239	575486	8,24	87,8	22551,99	29,92	464,48	69,77	11,52	21,89
GM-BAN36	3320365	575515	7,71	393,0	22291,20	33,00	412,08	73,90	13,00	22,07
GM-BAN37	3320484	575528	8,07	207,0	28551,44	35,21	433,51	73,64	9,41	27,78
GM-BAN38	3320499	575353	7,95	243,0	35331,25	34,30	589,98	63,29	12,78	17,16
GM-BAN39	3320389	575350	7,73	177,0	33045,97	42,10	664,24	74,14	15,64	23,08
GM-BAN40	3320279	575347	8,01	164,1	32894,62	43,12	650,20	72,88	15,40	23,35
GM-BAN41	3320170	575379	7,71	345,0	34265,79	36,41	595,76	66,56	15,36	20,04
GM-BAN42	3319486	575331	7,86	304,0	37370,13	48,24	696,65	95,78	17,20	35,30
GM-BAN43	3319899	575347	7,63	205,0	29613,99	45,46	602,64	83,37	14,75	39,03
GM-BAN44	3319781	575357	7,75	290,0	30435,36	58,45	617,55	85,96	16,79	42,22
GM-BAN45	3319658	575379	7,69	182,1	33007,27	45,48	575,24	88,88	18,64	39,90
GM-BAN46	3319493	575398	8,04	141,2	31637,23	42,96	624,76	100,08	19,94	35,25
GM-BAN47	3319397	575402	8,28	113,7	30537,03	40,79	633,67	95,83	15,83	32,02
Máximo					44642,24	60,84	753,84	331,82	24,21	141,78
Mínimo					16266,60	26,36	314,18	34,56	8,33	16,19
Promedio					29432,33	38,30	538,40	92,86	14,39	32,35
STD					6763,43	7,38	122,12	49,30	3,42	23,83

Tabla 10.

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Elementos no asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Banámichi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-BAN01	3320408	576021	8,45	400,0	242,09	188,68	125,50	19,73	3543,00	17234,94	21351,19
GM-BAN02	3320261	570024	9,17	106,3	258,83	502,07	91,79	22,17	6261,89	18530,85	14389,02
GM-BAN03	3320129	576037	9,13	84,8	245,23	524,04	86,84	26,04	6990,16	20983,61	13092,25
GM-BAN04	3319991	576021	8,85	63,6	310,58	572,54	85,38	34,06	6615,00	21919,08	13383,92
GM-BAN05	3319890	576020	8,7	95,7	208,71	548,35	96,60	21,93	4974,64	26312,72	15486,62
GM-BAN06	3319775	575997	9,01	84,0	239,69	344,82	123,15	27,06	4124,51	13151,75	19082,82
GM-BAN07	3319679	575976	8,53	78,3	308,42	281,13	107,61	21,37	5006,70	15811,41	14564,15
GM-BAN08	3319396	575883	8,21	289,0	282,27	540,69	98,74	50,24	4854,86	24017,85	15144,90
GM-BAN09	3319530	575874	8,17	145,6	252,07	323,47	111,82	36,91	4074,42	14322,40	17902,33
GM-BAN10	3319632	575895	8,43	97,4	289,99	283,51	105,86	29,33	5056,76	13709,11	15935,34
GM-BAN11	3319765	575903	8,61	85,5	240,72	393,98	94,54	37,01	4995,77	14478,85	14035,28
GM-BAN12	3319888	575869	8,4	100,1	259,08	305,93	104,53	24,11	4857,60	16942,32	14392,57
GM-BAN13	3320022	575857	8,49	79,7	258,37	195,37	153,12	21,83	2973,51	12853,73	21265,96
GM-BAN14	3320127	575859	7,64	129,1	223,95	279,03	104,61	19,12	4722,07	18421,89	18181,03
GM-BAN15	3320250	575851	8,22	118,2	368,16	417,04	87,48	24,12	5807,89	20884,41	13278,27
GM-BAN16	3320404	575885	7,59	236,0	208,36	418,39	100,40	30,82	3637,45	26659,10	17065,71
GM-BAN17	3320514	575843	7,34	334,0	323,42	329,18	108,61	22,64	6056,69	9272,32	17179,75
GM-BAN18	3320528	575669	7,73	139,6	214,87	263,48	118,76	24,18	3161,69	10372,91	18192,65
GM-BAN19	3320385	575674	7,51	191,8	191,67	262,77	117,10	26,71	3345,22	17770,46	18902,21
GM-BAN20	3320241	575684	7,4	242	211,13	298,97	108,79	19,56	2888,40	20375,16	19262,48
GM-BAN21	3320138	575690	7,69	286,0	230,98	220,22	111,94	27,21	2777,78	16015,96	19377,27
GM-BAN22	3319985	575708	9,61	656,0	179,26	246,83	114,47	24,45	2500,77	25116,05	18800,87
GM-BAN23	3319872	575707	7,58	409,0	221,78	300,05	110,84	20,76	3373,05	19528,11	17826,34
GM-BAN24	3319758	575709	7,72	385,0	231,90	261,43	110,24	84,61	3579,14	20887,23	18362,53
GM-BAN25	3319653	575710	7,63	275,0	174,47	248,61	109,68	36,41	3516,78	19876,56	17221,32
GM-BAN26	3319543	575716	7,58	249,0	196,54	255,86	104,75	18,80	2829,65	18887,79	18141,48
GM-BAN27	3319450	575721	8,12	89,4	318,39	256,65	110,99	27,87	4763,07	12983,49	18761,81
GM-BAN28	3319390	575521	7,82	186,7	270,37	312,94	122,06	20,33	4384,55	12123,17	19619,71
GM-BAN29	3319542	575529	7,76	197,8	198,03	493,31	108,38	34,18	3115,52	21746,47	19712,90
GM-BAN30	3319670	575548	8,03	246,0	265,69	306,50	103,11	30,95	3046,78	50498,20	17027,76
GM-BAN31	3319753	575540	7,26	1055,0	269,75	305,33	104,65	39,93	3894,06	49218,27	17155,61
GM-BAN32	3319876	575522	8,13	126,3	220,94	393,19	96,13	18,97	3897,88	31704,13	16096,46
GM-BAN33	3319965	575516	9,43	484,0	303,15	295,67	106,29	25,36	3437,01	28955,42	17821,97
GM-BAN34	3320117	575523	8,78	634,0	267,17	304,21	103,89	21,68	3621,12	39212,86	18216,12
GM-BAN35	3320239	575486	8,24	87,8	187,71	282,12	115,78	23,61	3549,11	14687,03	18939,68
GM-BAN36	3320365	575515	7,71	393,0	222,86	316,47	105,87	37,73	3132,81	33955,80	18707,73
GM-BAN37	3320484	575528	8,07	207,0	231,68	243,83	121,12	27,01	3707,75	16179,64	19890,70
GM-BAN38	3320499	575353	7,95	243,0	303,08	451,41	92,47	20,76	5769,27	18346,01	14990,74
GM-BAN39	3320389	575350	7,73	177,0	243,01	445,39	91,30	32,30	4780,22	18592,84	14134,45
GM-BAN40	3320279	575347	8,01	164,1	242,51	443,74	92,16	24,60	4793,06	18640,30	14137,97
GM-BAN41	3320170	575379	7,71	345,0	244,72	446,12	95,16	44,70	4978,25	17969,06	14260,41
GM-BAN42	3319486	575331	7,86	304,0	258,09	441,91	97,65	24,69	4028,43	17642,14	13023,21
GM-BAN43	3319899	575347	7,63	205,0	208,05	345,72	97,78	19,01	4243,38	21576,26	15664,01
GM-BAN44	3319781	575357	7,75	290,0	219,39	365,34	97,97	22,33	5043,42	19924,03	15900,05
GM-BAN45	3319658	575379	7,69	182,1	388,87	329,39	108,72	25,44	4585,87	19511,26	18424,78
GM-BAN46	3319493	575398	8,04	141,2	261,31	309,44	117,49	22,70	4021,31	13537,37	19196,23
GM-BAN47	3319397	575402	8,28	113,7	265,91	330,38	110,34	24,51	4578,62	13660,09	19879,80
Máximo					388,87	572,54	153,12	84,61	6990,16	50498,20	21351,19
Mínimo					174,47	188,68	85,38	18,80	2500,77	9272,32	13023,21
Promedio					250,28	345,22	106,22	28,08	4253,13	20531,92	17093,20
STD					46,07	97,53	12,19	11,04	1065,62	8612,58	2288,50

Tabla 11.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla <60. Localidad de Banámichi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAN01	3320408	576021	8,45	400,0	26168,37	37,74	397,94	64,20	12,81	23,12
GM-BAN02	3320261	570024	9,17	106,3	32989,16	31,41	577,12	68,08	12,05	17,52
GM-BAN03	3320129	576037	9,13	84,8	46398,32	37,87	769,16	69,13	13,42	17,46
GM-BAN04	3319991	576021	8,85	63,6	38467,57	36,71	660,95	62,99	12,03	16,38
GM-BAN05	3319890	576020	8,7	95,7	31726,90	34,08	597,49	61,53	11,35	16,38
GM-BAN06	3319775	575997	9,01	84,0	29102,68	30,12	703,87	71,93	18,94	20,49
GM-BAN07	3319679	575976	8,53	78,3	33771,87	35,45	530,48	81,06	13,84	28,55
GM-BAN08	3319396	575883	8,21	289,0	35728,42	38,96	661,80	83,35	15,90	18,26
GM-BAN09	3319530	575874	8,17	145,6	32015,13	37,29	522,38	95,11	15,82	28,32
GM-BAN10	3319632	575895	8,43	97,4	33527,17	36,12	519,82	73,08	14,50	22,12
GM-BAN11	3319765	575903	8,61	85,5	35935,36	30,59	610,26	61,23	9,12	15,53
GM-BAN12	3319888	575869	8,4	100,1	33583,71	32,98	566,54	114,15	17,20	20,49
GM-BAN13	3320022	575857	8,49	79,7	22520,26	24,40	505,40	69,25	22,53	22,67
GM-BAN14	3320127	575859	7,64	129,1	41228,92	44,62	744,57	88,80	16,96	34,06
GM-BAN15	3320250	575851	8,22	118,2	35234,30	29,54	615,40	64,98	11,63	16,32
GM-BAN16	3320404	575885	7,59	236,0	26083,71	33,00	510,30	96,86	12,99	20,01
GM-BAN17	3320514	575843	7,34	334,0	39836,85	35,46	694,33	79,86	13,01	22,03
GM-BAN18	3320528	575669	7,73	139,6	20988,29	22,35	373,89	41,86	9,74	23,53
GM-BAN19	3320385	575674	7,51	191,8	26959,95	33,21	411,44	91,16	13,45	41,77
GM-BAN20	3320241	575684	7,4	242	19589,57	94,07	369,26	98,40	10,93	159,01
GM-BAN21	3320138	575690	7,69	286,0	17816,94	82,57	319,11	58,02	10,43	47,24
GM-BAN22	3319985	575708	9,61	656,0	20904,45	32,18	388,50	64,35	13,53	40,69
GM-BAN23	3319872	575707	7,58	409,0	20788,35	38,88	451,77	157,80	10,02	131,61
GM-BAN24	3319758	575709	7,72	385,0	20842,16	39,11	415,38	120,31	14,51	43,23
GM-BAN25	3319653	575710	7,63	275,0	21221,97	29,78	421,34	80,28	10,03	37,74
GM-BAN26	3319543	575716	7,58	249,0	21089,24	32,91	397,30	70,48	11,78	54,88
GM-BAN27	3319450	575721	8,12	89,4	43645,19	44,67	601,08	124,14	17,17	45,79
GM-BAN28	3319390	575521	7,82	186,7	34076,49	39,41	853,73	104,62	20,79	32,16
GM-BAN29	3319542	575529	7,76	197,8	27563,99	38,32	701,79	118,25	23,34	23,55
GM-BAN30	3319670	575548	8,03	246,0	24040,74	37,85	399,35	383,15	16,28	28,29
GM-BAN31	3319753	575540	7,26	1055,0	19237,61	27,55	376,75	378,19	13,97	28,54
GM-BAN32	3319876	575522	8,13	126,3	27427,89	61,93	525,28	109,02	19,57	44,33
GM-BAN33	3319965	575516	9,43	484,0	26645,21	49,36	461,87	150,00	14,82	49,95
GM-BAN34	3320117	575523	8,78	634,0	19757,71	36,76	376,15	112,62	11,90	32,70
GM-BAN35	3320239	575486	8,24	87,8	28416,56	24,64	453,64	89,58	13,85	26,67
GM-BAN36	3320365	575515	7,71	393,0	25003,43	32,48	449,34	83,75	14,36	26,74
GM-BAN37	3320484	575528	8,07	207,0	31643,77	36,63	483,37	86,88	11,64	24,86
GM-BAN38	3320499	575353	7,95	243,0	33638,35	32,32	605,62	60,18	14,72	16,19
GM-BAN39	3320389	575350	7,73	177,0	31900,97	35,98	618,10	66,93	16,63	22,10
GM-BAN40	3320279	575347	8,01	164,1	32114,11	38,89	541,94	60,22	14,78	21,57
GM-BAN41	3320170	575379	7,71	345,0	31694,41	45,82	583,45	79,97	16,54	29,85
GM-BAN42	3319486	575331	7,86	304,0	31680,86	42,09	619,63	92,55	16,25	40,71
GM-BAN43	3319899	575347	7,63	205,0	33934,79	45,73	642,89	102,17	19,95	47,34
GM-BAN44	3319781	575357	7,75	290,0	31947,99	58,37	694,09	88,84	16,96	44,56
GM-BAN45	3319658	575379	7,69	182,1	30593,59	44,65	546,07	91,37	16,18	38,59
GM-BAN46	3319493	575398	8,04	141,2	30132,24	41,31	621,02	91,92	18,31	34,88
GM-BAN47	3319397	575402	8,28	113,7	31067,96	41,58	616,84	93,97	17,76	29,61
Máximo					46398,32	94,07	853,73	383,15	23,34	159,01
Mínimo					17816,94	22,35	319,11	41,86	9,12	15,53
Promedio					29589,01	39,31	542,72	99,08	14,77	34,65
STD					6771,46	12,95	124,09	64,43	3,34	26,02

Tabla 12.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Banamichi, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-BAN01	3320408	576021	8,45	400,0	376,27	235,26	123,88	26,91	3539,69	17425,06	20897,82
GM-BAN02	3320261	570024	9,17	106,3	238,62	503,68	97,61	20,36	4961,29	17679,93	15003,99
GM-BAN03	3320129	576037	9,13	84,8	297,87	520,89	82,40	28,44	6484,90	19596,65	12639,84

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAN04	3319991	576021	8,85	63,6	308,90	493,34	87,90	27,99	5776,68	21095,51	13401,47
GM-BAN05	3319890	576020	8,7	95,7	241,26	579,23	92,37	18,70	5592,16	24787,62	15769,40
GM-BAN06	3319775	575997	9,01	84,0	241,96	342,98	124,40	41,08	3801,39	13636,37	18803,48
GM-BAN07	3319679	575976	8,53	78,3	254,88	300,29	102,59	25,19	4367,07	14989,61	14921,48
GM-BAN08	3319396	575883	8,21	289,0	277,78	541,14	94,97	22,86	5054,59	24632,75	16057,96
GM-BAN09	3319530	575874	8,17	145,6	263,50	382,14	106,01	44,09	3594,07	14916,11	18388,08
GM-BAN10	3319632	575895	8,43	97,4	285,52	290,44	103,36	22,91	4424,45	11912,09	17149,81
GM-BAN11	3319765	575903	8,61	85,5	295,03	368,72	88,69	27,70	5337,98	13314,98	13548,28
GM-BAN12	3319888	575869	8,4	100,1	236,85	318,14	104,26	37,25	4708,79	16387,50	15210,88
GM-BAN13	3320022	575857	8,49	79,7	238,97	202,15	154,73	22,92	2761,28	11305,75	22115,58
GM-BAN14	3320127	575859	7,64	129,1	389,34	337,76	104,00	23,29	5429,93	18410,52	18430,89
GM-BAN15	3320250	575851	8,22	118,2	268,75	404,96	88,63	33,25	5553,08	21262,60	13580,27
GM-BAN16	3320404	575885	7,59	236,0	230,57	415,53	107,50	19,26	3604,10	27043,58	18458,36
GM-BAN17	3320514	575843	7,34	334,0	326,40	338,02	102,20	23,96	6348,97	9148,23	17715,96
GM-BAN18	3320528	575669	7,73	139,6	305,08	285,16	117,51	23,20	3654,24	12114,47	19888,00
GM-BAN19	3320385	575674	7,51	191,8	265,65	296,13	113,35	28,03	3908,04	19460,11	20107,73
GM-BAN20	3320241	575684	7,4	242	199,13	298,71	109,45	18,09	3104,42	19780,51	19934,70
GM-BAN21	3320138	575690	7,69	286,0	190,68	259,42	114,52	33,69	2315,24	16395,10	19739,29
GM-BAN22	3319985	575708	9,61	656,0	211,33	295,87	111,30	19,28	2937,28	25934,97	20393,47
GM-BAN23	3319872	575707	7,58	409,0	232,63	318,58	111,11	36,54	2873,65	22539,24	19998,63
GM-BAN24	3319758	575709	7,72	385,0	232,29	329,76	108,00	23,76	2451,38	20326,66	18634,42
GM-BAN25	3319653	575710	7,63	275,0	258,31	306,96	108,93	25,01	2759,91	20896,35	19374,39
GM-BAN26	3319543	575716	7,58	249,0	216,06	325,33	107,87	38,07	3146,31	21213,52	19421,27
GM-BAN27	3319450	575721	8,12	89,4	415,94	272,59	108,62	34,44	4768,77	13022,63	19759,72
GM-BAN28	3319390	575521	7,82	186,7	383,52	336,36	119,09	34,18	4018,87	12291,64	21142,33
GM-BAN29	3319542	575529	7,76	197,8	202,99	546,00	111,24	44,38	3210,41	21553,98	22112,93
GM-BAN30	3319670	575548	8,03	246,0	236,54	332,68	101,47	29,30	3080,06	54436,34	17869,94
GM-BAN31	3319753	575540	7,26	1055,0	197,95	325,14	107,86	21,13	2728,87	50642,18	19214,64
GM-BAN32	3319876	575522	8,13	126,3	248,98	408,33	101,71	23,52	3429,10	30970,57	17026,00
GM-BAN33	3319965	575516	9,43	484,0	272,65	294,72	105,73	27,87	3171,43	32195,93	18165,44
GM-BAN34	3320117	575523	8,78	634,0	190,03	339,83	106,97	21,99	2625,00	41844,33	19414,26
GM-BAN35	3320239	575486	8,24	87,8	238,05	316,43	112,46	<LD	3422,40	14810,51	17912,21
GM-BAN36	3320365	575515	7,71	393,0	201,57	381,34	99,99	19,57	3707,30	34776,80	19185,82
GM-BAN37	3320484	575528	8,07	207,0	314,90	295,22	108,65	27,81	3859,52	16339,72	19836,84
GM-BAN38	3320499	575353	7,95	243,0	298,48	442,82	95,87	23,68	4852,79	18342,84	16468,71
GM-BAN39	3320389	575350	7,73	177,0	256,66	444,85	93,57	17,05	4059,97	16743,14	14539,37
GM-BAN40	3320279	575347	8,01	164,1	253,80	408,62	94,07	33,23	4514,55	16819,20	14797,68
GM-BAN41	3320170	575379	7,71	345,0	245,27	432,77	96,68	18,60	3959,02	19041,67	13843,84
GM-BAN42	3319486	575331	7,86	304,0	228,02	403,96	109,05	16,68	4120,96	18138,89	16858,29
GM-BAN43	3319899	575347	7,63	205,0	243,95	387,34	100,69	19,36	4429,82	24398,19	17892,21
GM-BAN44	3319781	575357	7,75	290,0	222,15	389,78	96,98	20,22	4458,76	18795,71	16285,13
GM-BAN45	3319658	575379	7,69	182,1	266,80	349,60	104,53	20,76	4049,59	18168,70	17676,63
GM-BAN46	3319493	575398	8,04	141,2	267,76	314,99	111,05	37,25	3751,21	12675,48	17070,00
GM-BAN47	3319397	575402	8,28	113,7	259,33	352,55	112,71	26,45	4571,51	14117,51	20074,10
Máximo					415,94	579,23	154,73	44,38	6484,90	54436,34	22115,58
Mínimo					190,03	202,15	82,40	16,68	2315,24	9148,23	12639,84
Promedio					262,32	363,12	105,67	26,89	4027,25	20773,02	17802,80
STD					51,88	83,72	11,69	7,34	1023,69	9315,08	2418,42

CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE HUÉPAC, SONORA

Tabla 13.

Elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Huépac, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(μS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-HUE01	3309807	576297	7,5	85	30122,44	33,45	916,08	78,52	22,56	31,97

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-HUE02	3309637	576301	7.05	60.8	27612,43	27,11	441,61	60,66	13,18	20,97
GM-HUE03	3309540	576279	7,97	107,3	19041,47	24,05	353,13	42,38	10,68	19,48
GM-HUE04	3309435	576282	7,86	128	25656,60	32,09	572,16	63,14	9,99	19,05
GM-HUE05	3309292	576289	7,51	44,6	25188,15	37,41	590,43	81,29	21,00	38,57
GM-HUE06	3309174	576317	7,84	65,1	34800,14	46,18	920,42	113,31	28,93	46,36
GM-HUE07	3309173	576145	7,78	317	19459,61	33,47	533,34	102,18	14,84	43,96
GM-HUE08	3309299	576164	7,97	113,5	22952,30	30,75	635,77	63,88	17,59	33,96
GM-HUE09	3309418	576163	8,31	137,3	14917,58	28,14	318,93	36,31	16,06	20,27
GM-HUE10	3309537	576148	8,44	180,5	14172,24	19,58	406,15	45,68	9,29	27,33
GM-HUE11	3309687	576148	8,48	139,8	27821,07	31,00	708,96	104,35	17,62	34,69
GM-HUE12	3309825	576162	8,46	149	23009,07	27,46	624,41	65,77	17,87	40,06
GM-HUE13	3309834	576081	8,24	93,4	29874,84	45,94	561,39	82,72	20,66	27,87
GM-HUE14	3309675	576069	8,25	204	26522,52	54,83	535,34	83,43	17,94	30,95
GM-HUE15	3309542	576068	8,51	118,7	26348,64	44,88	658,94	94,43	21,83	35,21
GM-HUE16	3309423	576066	8,57	109,4	23959,99	42,46	525,08	78,50	19,00	31,73
GM-HUE17	3309337	576075	8,34	121,5	22863,56	31,24	458,43	69,76	17,61	31,92
GM-HUE18	3309188	576067	8,08	135,3	20719,91	31,48	438,58	76,60	14,25	47,98
GM-HUE19	3309028	576048	8,32	144	27979,85	48,16	487,57	80,36	17,99	28,34
GM-HUE20	3308874	576043	8,54	74,6	16742,56	26,98	432,60	49,93	19,49	28,41
GM-HUE21	3308858	575971	8,51	109,7	28868,56	30,70	555,30	132,32	14,58	36,80
GM-HUE22	3309019	575983	8,44	245	25874,90	42,57	643,83	146,50	20,34	50,75
GM-HUE23	3309159	575980	7,74	1383	27320,13	37,48	692,22	110,70	18,88	37,48
GM-HUE24	3309298	575996	8,45	124,7	19562,13	32,69	436,02	140,32	18,48	83,27
GM-HUE25	3309408	575977	8,63	244	23395,26	34,38	685,17	166,27	18,54	71,88
GM-HUE26	3309527	575960	7,76	158,8	22986,23	31,69	658,44	77,85	16,30	39,50
GM-HUE27	3309666	575996	8,17	113,4	28353,49	46,46	747,97	118,00	25,18	45,40
GM-HUE28	3309810	576004	7,87	78,4	21091,51	20,17	436,42	60,33	11,47	25,06
GM-HUE29	3309867	575841	6,91	44,2	29561,94	32,08	950,20	80,13	19,57	30,55
GM-HUE30	3309678	575850	7,68	154,2	17587,52	27,77	422,18	95,76	11,66	36,79
GM-HUE31	3309535	575834	7,99	229	21477,69	33,38	1143,73	102,41	11,07	39,61
GM-HUE32	3309398	575884	8,08	310	10611,70	18,25	307,10	43,20	4,42	23,72
GM-HUE33	3309319	575817	8,39	262	12544,16	29,26	361,98	65,42	13,04	38,72
GM-HUE34	3309180	575848	8,12	294	17951,04	29,59	553,56	98,28	7,99	38,37
GM-HUE35	3309023	575859	8,58	130,8	16253,33	38,48	463,92	59,90	11,27	42,30
GM-HUE36	3308860	575874	7,9	1117	18189,76	32,76	447,78	110,30	10,07	68,03
GM-HUE37	3308876	575751	8,01	440,5	18890,54	37,17	492,43	76,45	12,45	31,26
GM-HUE38	3309020	575754	8,32	225	24862,45	49,37	605,64	235,08	19,96	373,11
GM-HUE39	3309196	575779	8,39	200,5	22711,80	40,66	617,20	235,98	17,12	348,92
GM-HUE40	3309304	575768	7,99	595	21984,01	36,46	574,45	94,90	14,39	41,86
GM-HUE41	3309432	575778	8,19	459	28515,23	50,20	718,86	183,95	21,98	39,87
GM-HUE42	3309538	575775	8,36	290	22936,54	41,84	753,77	90,80	9,91	122,82
GM-HUE43	3309694	575782	8,01	245	22693,90	35,39	578,57	73,66	17,19	34,61
GM-HUE44	3309784	575803	7,73	132,2	24567,94	31,63	580,92	58,73	19,46	26,79
GM-HUE45	3309801	575649	7,79	507	20439,77	29,25	579,72	77,05	17,69	34,64
GM-HUE46	3309349	575630	8,05	352	27940,06	54,16	1188,28	108,10	27,97	164,88
GM-HUE47	3309483	575650	7,98	1034	26381,94	44,52	713,94	111,70	22,53	51,64
GM-HUE48	3309591	575642	8,34	210	24841,83	33,42	605,48	80,69	20,92	34,36
GM-HUE49	3309162	575669	7,7	902	19808,89	41,86	425,96	106,44	19,34	75,48
GM-HUE50	3308968	575640	8,14	154,9	22174,48	39,40	534,20	151,09	14,14	45,56
GM-HUE51	3308895	575688	8,13	2.52 ms	25463,98	35,01	635,45	103,18	22,26	42,64
Máximo					34800,14	54,83	1188,28	235,98	28,93	373,11
Mínimo					10611,70	18,25	307,10	36,31	4,42	19,05
Promedio					23051,13	35,58	592,75	95,46	16,83	55,21
STD					4925,59	8,46	184,63	42,42	5,04	67,22

Tabla 14.

Elementos que no están asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Huépac, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

		μS									
GM-HUE01	3309807	576297	7,5	85	248,52	289,27	130,27	25,77	4461,30	12337,14	19044,07
GM-HUE02	3309637	576301	7,05	60,8	233,18	225,59	114,81	15,47	3408,74	7063,41	14434,18
GM-HUE03	3309540	576279	7,97	107,3	199,31	231,73	120,90	17,67	2688,00	9567,34	20026,63
GM-HUE04	3309435	576282	7,86	128	191,74	297,44	113,33	17,98	3209,62	10728,49	19184,28
GM-HUE05	3309292	576289	7,51	44,6	215,08	323,80	130,95	21,98	3575,01	13478,80	17899,00
GM-HUE06	3309174	576317	7,84	65,1	258,73	375,73	132,22	29,70	3859,69	15654,55	17874,22
GM-HUE07	3309173	576145	7,78	317	186,89	272,52	127,39	16,04	2645,14	25974,17	18936,41
GM-HUE08	3309299	576164	7,97	113,5	229,08	206,64	154,43	24,40	3526,37	6499,99	19708,81
GM-HUE09	3309418	576163	8,31	137,3	160,76	217,50	185,13	19,64	2090,91	11488,31	22504,09
GM-HUE10	3309537	576148	8,44	180,5	149,07	269,39	127,57	27,00	3148,33	17039,63	19524,55
GM-HUE11	3309687	576148	8,48	139,8	230,36	305,87	153,33	33,58	3601,87	22098,60	20310,54
GM-HUE12	3309825	576162	8,46	149	255,18	299,75	134,06	21,71	3782,48	12424,89	19282,95
GM-HUE13	3309834	576081	8,24	93,4	215,32	394,08	114,84	21,32	4216,84	20865,81	17561,97
GM-HUE14	3309675	576069	8,25	204	191,11	425,64	109,26	26,61	3231,66	22086,28	18148,59
GM-HUE15	3309542	576068	8,51	118,7	234,61	332,30	121,34	22,51	3268,01	16405,72	17408,40
GM-HUE16	3309423	576066	8,57	109,4	212,20	453,43	114,16	24,14	4001,18	20152,67	17567,62
GM-HUE17	3309337	576075	8,34	121,5	202,51	384,12	117,39	33,52	2840,16	19632,82	18714,35
GM-HUE18	3309188	576067	8,08	135,3	206,91	281,13	129,76	18,33	2587,87	17879,73	18263,80
GM-HUE19	3309028	576048	8,32	144	207,68	425,87	104,12	20,30	3368,54	21170,29	17418,04
GM-HUE20	3308874	576043	8,54	74,6	163,59	299,20	126,20	18,83	2151,36	13249,96	18794,45
GM-HUE21	3308858	575971	8,51	109,7	186,68	258,44	149,55	21,93	3157,34	16953,43	19246,94
GM-HUE22	3309019	575983	8,44	245	185,93	297,08	134,69	21,40	3105,11	23453,16	16334,69
GM-HUE23	3309159	575980	7,74	1383	254,25	306,47	141,81	19,85	2899,25	22592,55	17803,87
GM-HUE24	3309298	575996	8,45	124,7	189,39	302,98	118,92	35,59	2419,31	24506,98	17721,11
GM-HUE25	3309408	575977	8,63	244	233,66	265,52	132,05	20,79	3573,13	26498,77	17680,04
GM-HUE26	3309527	575960	7,76	158,8	223,73	257,78	137,38	25,16	3551,87	14073,49	20520,25
GM-HUE27	3309666	575996	8,17	113,4	213,01	316,35	122,62	15,09	3391,34	15098,19	15683,49
GM-HUE28	3309810	576004	7,87	78,4	207,57	220,83	131,30	21,03	2516,99	7775,34	18110,48
GM-HUE29	3309867	575841	6,91	44,2	273,30	304,43	136,69	27,04	4062,44	11652,40	20385,76
GM-HUE30	3309678	575850	7,68	154,2	202,18	261,59	149,31	17,79	2055,39	13295,76	19850,13
GM-HUE31	3309535	575834	7,99	229	156,04	218,78	140,27	34,96	2360,50	17220,33	20030,37
GM-HUE32	3309398	575884	8,08	310	89,34	139,40	136,67	<LD	1631,48	17113,88	20422,09
GM-HUE33	3309319	575817	8,39	262	137,06	203,38	117,39	16,80	2217,96	30460,90	17149,69
GM-HUE34	3309180	575848	8,12	294	186,89	207,22	142,66	<LD	2074,23	20947,04	17829,70
GM-HUE35	3309023	575859	8,58	130,8	130,33	191,42	117,96	18,34	2273,26	17570,20	17287,88
GM-HUE36	3308860	575874	7,9	1117	188,53	261,80	129,59	17,29	2376,90	9623,84	17630,41
GM-HUE37	3308876	575751	8,01	440,5	188,06	248,02	156,16	22,35	2719,09	27217,66	20075,92
GM-HUE38	3309020	575754	8,32	225	210,25	327,25	116,90	20,41	2632,26	40735,51	16598,32
GM-HUE39	3309196	575779	8,39	200,5	222,97	398,34	117,63	46,17	2698,71	50957,11	17675,62
GM-HUE40	3309304	575768	7,99	595	198,06	326,61	125,19	35,75	2772,11	19367,69	19129,55
GM-HUE41	3309432	575778	8,19	459	246,78	433,82	120,03	30,63	3117,15	42982,25	18856,73
GM-HUE42	3309538	575775	8,36	290	196,16	307,68	127,27	18,25	2559,31	21895,34	18386,23
GM-HUE43	3309694	575782	8,01	245	189,46	305,35	157,34	24,57	2821,15	14243,25	17280,42
GM-HUE44	3309784	575803	7,73	132,2	259,74	283,52	131,05	43,64	3060,79	11524,77	18923,46
GM-HUE45	3309801	575649	7,79	507	203,79	302,38	138,58	<LD	2856,80	17303,89	19289,60
GM-HUE46	3309349	575630	8,05	352	211,00	344,63	130,98	21,84	3534,59	24164,39	19849,25
GM-HUE47	3309483	575650	7,98	1034	218,22	305,79	109,71	18,64	3114,30	20721,69	16088,38
GM-HUE48	3309591	575642	8,34	210	243,60	307,01	123,81	39,60	3409,67	16924,78	17813,33
GM-HUE49	3309162	575669	7,7	902	182,35	288,78	129,91	22,32	2543,90	23555,21	21335,90
GM-HUE50	3308968	575640	8,14	154,9	198,93	278,34	124,60	25,23	2600,82	23994,80	17434,34
GM-HUE51	3308895	575688	8,13	2.52 mS	246,00	318,00	125,75	24,89	3118,81	30269,26	19504,54
Máximo					273,30	453,43	185,13	46,17	4461,30	50957,11	22504,09
Mínimo					89,34	139,40	104,12	15,09	1631,48	6499,99	14434,18
Promedio					205,20	296,08	130,10	24,25	2997,82	19421,42	18520,30
STD					35,65	65,88	14,77	7,30	615,77	8712,75	1485,91

Tabla 15.

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Huépac, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-HUE01	3309807	576297	7,5	85	36739,59	38,62	843,06	82,39	24,38	44,50
GM-HUE02	3309637	576301	7,05	60,8	33872,04	33,19	571,13	75,11	16,94	31,82
GM-HUE03	3309540	576279	7,97	107,3	42836,33	42,27	620,28	71,48	19,69	31,61
GM-HUE04	3309435	576282	7,86	128	34169,43	40,21	571,98	82,49	16,36	28,12
GM-HUE05	3309292	576289	7,51	44,6	26012,32	37,11	679,18	87,09	23,51	41,38
GM-HUE06	3309174	576317	7,84	65,1	32400,92	43,96	763,50	122,17	27,72	46,42
GM-HUE07	3309173	576145	7,78	317	28883,28	44,46	662,81	145,60	21,08	57,59
GM-HUE08	3309299	576164	7,97	113,5	31592,33	38,77	748,29	95,07	20,08	36,46
GM-HUE09	3309418	576163	8,31	137,3	31502,28	43,06	491,92	82,42	17,05	28,03
GM-HUE10	3309537	576148	8,44	180,5	27828,22	38,28	642,52	115,50	20,21	39,54
GM-HUE11	3309687	576148	8,48	139,8	38854,18	38,91	750,73	157,96	24,10	37,34
GM-HUE12	3309825	576162	8,46	149	31591,77	35,67	743,95	110,19	23,51	39,47
GM-HUE13	3309834	576081	8,24	93,4	31631,04	50,39	667,80	93,72	40,99	29,84
GM-HUE14	3309675	576069	8,25	204,0	31012,75	56,21	654,71	91,36	19,83	31,50
GM-HUE15	3309542	576068	8,51	118,7	32137,63	44,26	747,78	121,78	24,96	43,67
GM-HUE16	3309423	576066	8,57	109,4	29387,31	48,78	605,62	97,22	22,72	34,10
GM-HUE17	3309337	576075	8,34	121,5	28556,62	37,78	596,26	97,93	14,76	37,96
GM-HUE18	3309188	576067	8,08	135,3	23487,34	34,17	480,75	91,63	10,59	54,15
GM-HUE19	3309028	576048	8,32	144,0	30752,18	56,20	603,28	87,08	21,11	27,90
GM-HUE20	3308874	576043	8,54	74,6	25811,86	37,52	639,67	88,67	20,51	37,10
GM-HUE21	3308858	575971	8,51	109,7	45685,89	43,76	924,26	162,33	25,40	53,60
GM-HUE22	3309019	575983	8,44	245,0	29061,86	48,44	782,57	152,27	25,31	50,59
GM-HUE23	3309159	575980	7,74	1383,0	41241,45	50,12	745,77	128,13	23,00	51,49
GM-HUE24	3309298	575996	8,45	124,7	29643,78	45,08	596,75	212,49	21,84	70,05
GM-HUE25	3309408	575977	8,63	244,0	31258,48	45,32	732,90	253,49	27,71	88,80
GM-HUE26	3309527	575960	7,76	158,8	28561,30	37,78	721,50	115,73	20,10	44,69
GM-HUE27	3309666	575996	8,17	113,4	30955,18	49,42	762,66	140,18	27,17	43,68
GM-HUE28	3309810	576004	7,87	78,4	39228,64	39,55	809,42	103,16	25,36	42,90
GM-HUE29	3309867	575841	6,91	44,2	35938,25	34,79	855,10	87,07	25,15	38,09
GM-HUE30	3309678	575850	7,68	154,2	34953,43	43,20	1072,89	170,81	20,93	59,97
GM-HUE31	3309535	575834	7,99	229	24301,93	39,65	657,55	127,05	13,05	49,58
GM-HUE32	3309398	575884	8,08	310	23232,78	34,74	511,34	98,15	10,17	39,22
GM-HUE33	3309319	575817	8,39	262	21535,73	48,03	518,28	137,13	21,63	94,86
GM-HUE34	3309180	575848	8,12	294	20912,28	32,04	570,37	92,22	9,66	38,85
GM-HUE35	3309023	575859	8,58	130,8	28756,24	63,85	692,36	130,69	23,68	57,26
GM-HUE36	3308860	575874	7,9	1117	27496,26	44,71	711,64	153,66	20,07	71,56
GM-HUE37	3308876	575751	8,01	440,5	37833,92	50,40	871,19	160,26	20,93	96,42
GM-HUE38	3309020	575754	8,32	225	29026,64	73,14	631,02	282,29	28,27	500,65
GM-HUE39	3309196	575779	8,39	200,5	30702,43	58,76	742,07	276,74	20,13	118,60
GM-HUE40	3309304	575768	7,99	595	28130,62	59,29	676,89	136,98	20,17	50,19
GM-HUE41	3309432	575778	8,19	459	33641,41	55,88	687,53	156,03	23,79	47,28
GM-HUE42	3309538	575775	8,36	290	33624,31	46,54	760,58	131,58	23,88	56,74
GM-HUE43	3309694	575782	8,01	245	31598,97	44,61	806,24	133,51	23,76	48,55
GM-HUE44	3309784	575803	7,73	132,2	31609,51	33,13	716,40	86,93	23,77	34,57
GM-HUE45	3309801	575649	7,79	507	25525,03	34,18	650,16	104,71	21,90	40,09
GM-HUE46	3309349	575630	8,05	352	28159,23	54,85	659,58	114,91	22,48	233,53
GM-HUE47	3309483	575650	7,98	1034	27828,68	46,04	698,74	116,75	22,81	58,01
GM-HUE48	3309591	575642	8,34	210	28043,08	41,99	731,46	100,30	21,48	40,38
GM-HUE49	3309162	575669	7,7	902	29644,43	43,62	589,33	168,21	18,68	89,65
GM-HUE50	3308968	575640	8,14	154,9	26601,14	46,95	643,65	188,02	18,87	71,93
GM-HUE51	3308895	575688	8,13	2.52 ms	30935,28	44,60	826,47	132,80	27,36	56,33
Máximo					45685,89	73,14	1072,89	282,29	40,99	500,65
Mínimo					20912,28	32,04	480,75	71,48	9,66	27,90
Promedio					30877,01	44,59	694,94	128,46	21,74	62,68
STD					5086,37	8,51	112,25	47,76	5,10	70,33

Tabla 16.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Huépac, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-HUE01	3309807	576297	7,5	85	433,47	311,70	129,15	37,36	4708,33	13070,23	19499,83
GM-HUE02	3309637	576301	7,05	60,8	341,58	300,00	118,45	35,75	3989,25	8881,91	18048,57
GM-HUE03	3309540	576279	7,97	107,3	406,98	261,21	118,36	48,05	4955,06	11575,82	19471,25
GM-HUE04	3309435	576282	7,86	128	290,62	277,42	115,79	24,42	3990,99	11869,37	19142,61
GM-HUE05	3309292	576289	7,51	44,6	263,17	352,19	130,20	24,49	3638,06	14429,93	18489,35
GM-HUE06	3309174	576317	7,84	65,1	274,08	345,05	130,31	26,09	3770,75	15162,30	18446,57
GM-HUE07	3309173	576145	7,78	317	243,39	313,64	118,22	28,41	3434,24	23711,70	20174,17
GM-HUE08	3309299	576164	7,97	113,5	319,41	268,46	123,92	28,31	4820,97	9538,05	19698,22
GM-HUE09	3309418	576163	8,31	137,3	199,06	346,35	107,77	27,98	3863,84	23565,54	17900,17
GM-HUE10	3309537	576148	8,44	180,5	251,45	316,39	121,38	26,48	3639,07	24900,95	17501,78
GM-HUE11	3309687	576148	8,48	139,8	334,38	310,44	121,64	29,48	4169,58	24995,28	19442,49
GM-HUE12	3309825	576162	8,46	149	338,64	296,71	129,23	28,16	4327,84	16597,21	20297,72
GM-HUE13	3309834	576081	8,24	93,4	232,62	468,69	104,60	23,58	4119,75	22853,55	18449,58
GM-HUE14	3309675	576069	8,25	204,0	240,54	467,99	101,43	25,33	3964,80	25162,42	19278,43
GM-HUE15	3309542	576068	8,51	118,7	311,70	343,86	125,55	27,58	4367,12	18772,65	19171,46
GM-HUE16	3309423	576066	8,57	109,4	286,43	443,68	110,13	28,62	3822,63	22165,15	19290,93
GM-HUE17	3309337	576075	8,34	121,5	254,31	438,35	103,19	24,43	3595,13	22461,11	18647,88
GM-HUE18	3309188	576067	8,08	135,3	327,47	304,59	122,00	39,19	2838,80	16751,19	19240,70
GM-HUE19	3309028	576048	8,32	144,0	222,54	480,00	100,10	24,25	3784,11	24534,57	18653,66
GM-HUE20	3308874	576043	8,54	74,6	205,76	363,23	130,75	23,62	3079,96	17067,96	19122,88
GM-HUE21	3308858	575971	8,51	109,7	380,00	346,79	117,72	41,06	3869,28	28291,07	18012,23
GM-HUE22	3309019	575983	8,44	245,0	258,67	313,88	121,72	19,93	3528,08	23691,68	17015,83
GM-HUE23	3309159	575980	7,74	1383,0	335,03	339,01	120,13	38,19	4221,68	23340,98	18821,54
GM-HUE24	3309298	575996	8,45	124,7	251,82	327,97	117,50	32,06	3588,77	31342,15	18050,03
GM-HUE25	3309408	575977	8,63	244,0	262,05	318,14	118,15	29,55	3854,26	32331,21	19160,00
GM-HUE26	3309527	575960	7,76	158,8	319,84	309,16	127,73	24,17	4814,75	17403,60	21250,29
GM-HUE27	3309666	575996	8,17	113,4	249,03	323,45	123,59	27,21	3914,85	17581,42	18350,23
GM-HUE28	3309810	576004	7,87	78,4	301,68	317,76	130,44	26,98	4862,94	14159,47	19597,06
GM-HUE29	3309867	575841	6,91	44,2	349,44	322,39	124,27	30,85	5128,97	12049,95	20060,50
GM-HUE30	3309678	575850	7,68	154,2	298,10	321,78	114,49	44,21	4241,54	21499,39	17934,19
GM-HUE31	3309535	575834	7,99	229	199,84	240,07	141,53	21,56	2644,89	17715,42	20864,75
GM-HUE32	3309398	575884	8,08	310	276,44	291,90	142,29	26,25	2427,43	23817,72	21897,62
GM-HUE33	3309319	575817	8,39	262	224,43	296,22	121,89	22,42	2461,68	43255,49	20587,41
GM-HUE34	3309180	575848	8,12	294	285,25	234,50	147,95	22,30	2483,48	16528,72	20506,41
GM-HUE35	3309023	575859	8,58	130,8	288,85	300,76	127,16	39,87	3771,37	22515,31	19012,86
GM-HUE36	3308860	575874	7,9	1117	231,65	314,26	122,85	24,16	3518,67	15091,37	18491,48
GM-HUE37	3308876	575751	8,01	440,5	323,42	326,84	121,06	32,18	3618,73	31349,07	18872,70
GM-HUE38	3309020	575754	8,32	225	235,84	365,47	107,10	27,16	3507,57	42784,87	17654,88
GM-HUE39	3309196	575779	8,39	200,5	400,15	572,40	110,14	32,94	2963,95	60465,32	17419,45
GM-HUE40	3309304	575768	7,99	595	304,16	374,20	118,19	26,67	3362,17	22449,62	19059,57
GM-HUE41	3309432	575778	8,19	459	285,33	468,58	111,54	35,59	3370,08	44243,18	19136,77
GM-HUE42	3309538	575775	8,36	290	261,96	369,57	120,64	113,50	3781,55	23878,43	18386,39
GM-HUE43	3309694	575782	8,01	245	329,80	335,31	121,03	30,12	3641,18	18357,93	18571,22
GM-HUE44	3309784	575803	7,73	132,2	284,89	306,32	127,40	32,56	3791,37	12729,59	20507,08
GM-HUE45	3309801	575649	7,79	507	232,09	307,89	122,35	24,55	3363,91	21412,23	19406,39
GM-HUE46	3309349	575630	8,05	352	267,10	348,70	116,68	26,97	3543,31	22599,50	17206,54
GM-HUE47	3309483	575650	7,98	1034	212,75	348,16	115,54	20,02	3494,96	22402,73	17531,61
GM-HUE48	3309591	575642	8,34	210	306,28	330,22	123,45	22,99	4053,22	19130,77	19300,72
GM-HUE49	3309162	575669	7,7	902	270,63	367,17	116,26	35,03	3798,68	27899,60	20898,48
GM-HUE50	3308968	575640	8,14	154,9	240,17	342,03	114,54	21,34	3418,35	29613,93	18799,53
GM-HUE51	3308895	575688	8,13	2.52 mS	324,04	359,99	120,29	29,87	3895,54	34999,00	20880,10
Máximo					433,47	572,40	147,95	113,50	5128,97	60465,32	21897,62
Mínimo					199,06	234,50	100,10	19,93	2427,43	8881,91	17015,83
Promedio					285,65	342,17	120,55	30,66	3761,13	22803,87	19082,59

STD	53,52	63,97	9,60	13,39	612,98	9674,42	1100,10
-----	-------	-------	------	-------	--------	---------	---------

CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE SAN FELIPE DE JESÚS, SONORA

Tabla 17.

Elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad San Felipe de Jesús, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-SFJ01	3303866	573224	7.90	105,90	18909,87	29,53	822,64	91,43	11,62	38,23
GM-SFJ02	3303759	573230	6,91	63,30	18552,29	30,2	750,57	72,71	8,19	52,21
GM-SFJ03	3303520	573242	7,24	119,00	24290,63	31,41	1077,90	147,96	10,97	61,8
GM-SFJ04	3303459	573227	7,97	195,80	16506,14	33,03	858,67	246,35	10,14	59,51
GM-SFJ05	3303341	573211	7,38	1668,00	19126,35	42,42	900,19	196,76	14,95	83,50
GM-SFJ06	3303265	573424	6,70	374,00	16520,88	41,02	652,13	274,48	16,57	134,10
GM-SFJ07	3303415	573364	8,02	619,00	21360,92	42,74	717,71	228,90	16,46	59,51
GM-SFJ08	3303536	573377	7,63	615,00	14940,88	31,84	869,21	304,53	13,88	61,22
GM-SFJ09	3303623	573358	8,24	186,00	20376,46	51,357	980,64	344,66	17,64	149,66
GM-SFJ10	3303784	573367	8,00	146,60	18442,32	33,267	830,83	126,59	10,82	54,81
GM-SFJ11	3303886	573367	7,66	290,00	17678	29,493	808,60	124,7	11,35	51,76
GM-SFJ12	3304029	573397	5,24	70,20	23255,49	31,25	885,44	124,46	10,51	60,44
GM-SFJ13	3304149	573338	6,57	82,20	19314,91	26,96	692,99	106,69	8,95	56,33
GM-SFJ14	3304242	573562	7,21	138,20	17916,75	30,13	853,57	194,06	10,95	98,46
GM-SFJ15	3304138	573567	7,36	156,90	21127,39	55,28	1437,86	844,15	18,97	455,04
GM-SFJ16	3304043	573545	7,44	121,00	20032,32	69,53	1522,1	1229,71	<LD	706,13
GM-SFJ17	3303926	573527	7,91	105,00	18265,70	27,98	874,58	86,42	24,32	66,21
GM-SFJ18	3303802	573524	7,80	59,50	20343,92	34,40	927,79	130,87	7,75	52,81
GM-SFJ19	3303656	573499	7,20	464,50	21583,05	38,73	703,63	336,93	27,98	73,21
GM-SFJ20	3303555	573511	7,93	217,00	15736,03	30,85	621,76	177,71	6,93	56,50
GM-SFJ21	3303402	573530	7,91	267,00	21051,84	36,79	723,22	114,82	13,61	58,19
GM-SFJ22	3303291	573573	8,02	163,10	25314,05	47,40	596,06	114,27	17,35	136,71
GM-SFJ23	3303274	573689	8,01	221,00	27130,15	45,48	820,71	142,13	19,99	97,34
GM-SFJ24	3303390	573713	8,09	145,10	27273,61	46,01	714,61	100,11	18,96	60,72
GM-SFJ25	3303496	573736	8,02	277,00	22276,06	38,84	721,93	134,00	13,34	61,82
GM-SFJ26	3303644	573681	7,79	229,00	20190,82	35,06	702,20	138,03	10,46	65,63
GM-SFJ27	3303757	573675	8,35	133,30	19882,72	39,65	847,12	184,49	8,49	80,29
GM-SFJ28	3303915	573711	8,21	157,00	17749,5	30,97	708,39	169,73	8,50	73,39
GM-SFJ29	3304014	573665	8,07	87,20	21934,18	37,52	681,06	107,24	14,97	57,77
GM-SFJ30	3304123	573685	8,57	180,10	19252,37	30,95	729,61	138,1	7,23	64,00
GM-SFJ31	3304243	573754	7,97	86,40	18270,76	33,84	929,21	120,34	9,86	57,67
GM-SFJ32	3304270	573854	8,07	299,00	22675,88	32,12	874,26	117,49	9,58	48,64
GM-SFJ33	3304154	573844	7,89	96,40	15356,33	29,64	834,54	158,34	11,96	108,80
GM-SFJ34	3304031	573880	7,80	94,20	24228,22	124,08	2289,16	4019,97	<LD	2051,87
GM-SFJ35	3303881	573872	8,05	204,00	21005,44	57,27	756,02	129,35	13,92	116,43
GM-SFJ36	3303747	573830	8,16	149,10	20489,74	37,41	728,50	135,33	9,98	59,17
GM-SFJ37	3303684	573825	8,14	146,10	19529,42	33,12	646,62	95,89	10,85	52,14
GM-SFJ38	3303555	573838	8,02	226,00	27492,16	45,79	757,39	131,43	17,67	67,80
GM-SFJ39	3303434	573826	7,89	328,00	28515,41	41,12	644,50	115,20	14,82	53,03
GM-SFJ40	3303313	573871	8,11	84,95	27055,11	39,16	491,16	85,89	15,20	36,98
GM-SFJ41	3303561	574011	7,90	217,00	32031,86	44,07	712,76	113,16	16,51	48,74
GM-SFJ42	3303669	574024	8,27	98,20	31761,44	34,06	537,10	97,73	16,96	53,95
GM-SFJ43	3303760	574032	8,26	127,50	32116,20	45,55	580,16	103,75	19,51	52,85
GM-SFJ44	3304019	574078	8,01	75,40	21154,27	30,11	719,68	93,95	9,03	59,34
GM-SFJ45	3304155	574046	7,79	251,00	22843,99	46,16	716,28	94,45	15,56	89,07
GM-SFJ46	3304251	574047	7,87	214,00	22410,61	41,88	618,65	93,88	11,32	53,02
Máximo					32116,20	124,08	2289,16	4019,97	27,98	2051,87
Mínimo					14940,88	26,96	491,16	72,71	6,93	36,98
Promedio					21592,88	40,12	823,25	270,42	13,51	134,71
STD					4290,18	15,36	291,12	598,95	4,61	309,70

Tabla 18.

Elementos que no están asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad San Felipe de Jesús, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(μ S)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-SFJ01	3303866	573224	7,90	105,90	216,30	194,02	142,34	<LD	2650,23	12959,80	21002,56
GM-SFJ02	3303759	573230	6,91	63,30	230,11	143,90	147,39	21,49	3334,24	8115,32	20623,90
GM-SFJ03	3303520	573242	7,24	119,00	174,14	158,21	142,26	21,51	2895,51	11107,51	18249,3
GM-SFJ04	3303459	573227	7,97	195,80	190,06	167,08	138,90	24,37	2129,06	26034,59	21273,45
GM-SFJ05	3303341	573211	7,38	1668,00	176,96	184,52	139,52	21,1	2318,47	18116,66	20848,48
GM-SFJ06	3303265	573424	6,70	374,00	135,32	244,79	125,09	20,1	2355,41	27948,03	19215,98
GM-SFJ07	3303415	573364	8,02	619,00	144,40	248,65	138,12	23,35	1760,15	56664,12	19196,24
GM-SFJ08	3303536	573377	7,63	615,00	172,27	167,06	136,83	21,93	2202,91	18343,69	19909,59
GM-SFJ09	3303623	573358	8,24	186,00	170,70	212,59	149,70	29,86	2371,36	25730,87	20455,14
GM-SFJ10	3303784	573367	8,00	146,60	139,75	181,00	153,34	25,33	2202,15	10611,3	18749,67
GM-SFJ11	3303886	573367	7,66	290,00	148,76	192,36	139,63	<LD	2233,19	12468,26	18275,46
GM-SFJ12	3304029	573397	5,24	70,20	190,92	154,6	139,61	<LD	2860,70	10077,54	18356,67
GM-SFJ13	3304149	573338	6,57	82,20	189,33	144,88	129,94	32,75	2368,55	7618,39	16664,24
GM-SFJ14	3304242	573562	7,21	138,20	140,41	187,73	162,77	22,49	2092,95	9282,71	21411,11
GM-SFJ15	3304138	573567	7,36	156,90	212,07	241,48	180,25	31,61	2281,50	10011,81	22315,32
GM-SFJ16	3304043	573545	7,44	121,00	187,94	236,40	182,41	89,38	2176,73	10395,12	22076,02
GM-SFJ17	3303926	573527	7,91	105,00	195,48	174,96	137,05	24,81	2113,92	11555,6	21923,25
GM-SFJ18	3303802	573524	7,80	59,50	264,24	197,42	147,3	29,09	2729,74	11590,74	19858,28
GM-SFJ19	3303656	573499	7,20	464,50	229,84	226,45	123,36	19,8	2823,88	27650,23	19313,49
GM-SFJ20	3303555	573511	7,93	217,00	151,68	228,18	120,66	<LD	1993,67	24097,71	18896,83
GM-SFJ21	3303402	573530	7,91	267,00	162,27	253,80	136,67	19,52	2771,22	21399,67	17952,09
GM-SFJ22	3303291	573573	8,02	163,10	180,14	355,11	114,45	22,85	3275,61	25627,28	17022,55
GM-SFJ23	3303274	573689	8,01	221,00	176,44	316,88	119,85	<LD	2964,17	18329,44	16792,45
GM-SFJ24	3303390	573713	8,09	145,10	186,3	361,06	110,16	17,79	3118,71	22141,63	17228,36
GM-SFJ25	3303496	573736	8,02	277,00	171,39	267,80	135,64	18,4	2619,61	21278,37	17618,01
GM-SFJ26	3303644	573681	7,79	229,00	167,95	251,95	133,03	22,73	3049,70	31454,93	18214,28
GM-SFJ27	3303757	573675	8,35	133,30	172,83	211,24	141,67	23,52	2749,69	23038,52	22024,85
GM-SFJ28	3303915	573711	8,21	157,00	202,07	178,15	118,84	<LD	2444,17	18155,94	20550,47
GM-SFJ29	3304014	573665	8,07	87,20	217,7	303,03	140,6	34,95	3140,84	16137,90	20768,08
GM-SFJ30	3304123	573685	8,57	180,10	202,99	195,88	142,53	27,44	2727,62	23078,52	21707,25
GM-SFJ31	3304243	573754	7,97	86,40	212,49	188,56	150,88	23,85	2714,43	12282,58	20648,37
GM-SFJ32	3304270	573854	8,07	299,00	221,02	210,06	136,93	19,88	3016,47	17096,63	21275,28
GM-SFJ33	3304154	573844	7,89	96,40	179,54	232,43	165,69	19,73	2024,72	8082,51	23316,20
GM-SFJ34	3304031	573880	7,80	94,20	199,21	230,87	192,89	70,59	2283,94	9710,93	22913,18
GM-SFJ35	3303881	573872	8,05	204,00	175,66	249,15	140,97	23,43	2700,19	21571,87	18647,93
GM-SFJ36	3303747	573830	8,16	149,10	165,06	223,12	141,16	16,85	2606,09	18302,64	18799,31
GM-SFJ37	3303684	573825	8,14	146,10	161,79	259,96	127,22	34,37	2638,51	21905,69	18151,15
GM-SFJ38	3303555	573838	8,02	226,00	174,58	318,35	120,68	33,94	3040,17	21209,09	17293,52
GM-SFJ39	3303434	573826	7,89	328,00	224,68	404,43	112,23	22,61	3404,20	24084,24	18715,15
GM-SFJ40	3303313	573871	8,11	84,95	221,01	411,04	111,30	19,04	3459,70	18645,84	18573,19
GM-SFJ41	3303561	574011	7,90	217,00	199,06	346,61	111,41	22,70	3679,96	21345,69	17200,07
GM-SFJ42	3303669	574024	8,27	98,20	235,03	378,2	109,78	31,02	3694,23	21532,60	17442,29
GM-SFJ43	3303760	574032	8,26	127,50	283,50	386,05	110,56	34,58	4012,25	22962,86	18265,02
GM-SFJ44	3304019	574078	8,01	75,40	221,04	213,15	141,78	20,05	2669,03	14342,22	19494,55
GM-SFJ45	3304155	574046	7,79	251,00	181,11	287,96	127,04	39,73	2995,08	21168,59	17977,67
GM-SFJ46	3304251	574047	7,87	214,00	171,93	291,8	132,68	22,17	2943,12	22644,96	18248,76
Máximo					283,50	411,04	192,89	89,38	4012,25	56664,12	23316,20

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Mínimo	135,32	143,90	109,78	16,85	1760,15	7618,39	16664,24
Promedio	189,73	243,76	137,02	27,52	2709,52	18867,63	19466,41
STD	31,773674	71,962274	18,823887	13,570189	500,37972	8463,9928	1779,1884

Tabla 19.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de San Felipe de Jesús, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-SFJ01	3303866	573224	7,90	105,90	17821,85	30,37	821,21	99,15	7,09	45,46
GM-SFJ02	3303759	573230	6,91	63,30	19242,91	32,31	588,95	92,98	11,70	60,08
GM-SFJ03	3303520	573242	7,24	119,00	24796,35	23,95	899,85	159,85	11,19	69,78
GM-SFJ04	3303459	573227	7,97	195,80	16637,79	29,74	732,72	188,72	6,38	87,92
GM-SFJ05	3303341	573211	7,38	1668,00	20204,52	39,14	916,44	205,07	10,31	88,65
GM-SFJ06	3303265	573424	6,70	374,00	20037,91	42,95	702,02	328,00	14,81	168,11
GM-SFJ07	3303415	573364	8,02	619,00	18852,14	52,97	734,68	357,21	12,85	133,57
GM-SFJ08	3303536	573377	7,63	615,00	16832,23	30,87	754,10	195,78	12,42	84,22
GM-SFJ09	3303623	573358	8,24	186,00	22175,07	47,75	931,35	369,37	16,35	180,38
GM-SFJ10	3303784	573367	8,00	146,60	19906,45	21,30	839,02	133,36	9,47	57,62
GM-SFJ11	3303886	573367	7,66	290,00	26126,27	23,71	937,42	189,60	15,63	81,94
GM-SFJ12	3304029	573397	5,24	70,20	28560,93	32,33	866,83	179,58	14,84	76,02
GM-SFJ13	3304149	573338	6,57	82,20	37430,81	36,10	1250,02	193,92	18,02	79,79
GM-SFJ14	3304242	573562	7,21	138,20	17997,74	27,73	797,65	202,21	8,36	119,12
GM-SFJ15	3304138	573567	7,36	156,90	17836,39	44,45	1141,55	726,64	<LD	458,64
GM-SFJ16	3304043	573545	7,44	121,00	19845,17	63,94	1383,19	1135,59	15,11	700,09
GM-SFJ17	3305426	573527	7,91	105,00	20590,80	28,64	986,43	104,75	9,91	99,56
GM-SFJ18	3305802	573524	7,80	59,50	20787,74	25,99	748,16	138,62	6,44	59,45
GM-SFJ19	3303656	573499	7,20	464,50	22258,23	34,94	710,79	340,11	21,31	77,29
GM-SFJ20	3303555	573511	7,93	217,00	17171,24	29,21	735,82	231,80	9,97	84,70
GM-SFJ21	3303402	573530	7,91	267,00	23348,87	30,37	695,40	131,13	14,77	67,37
GM-SFJ22	3303291	573573	8,02	163,10	27079,28	47,95	642,79	120,46	20,25	139,35
GM-SFJ23	3303274	573689	8,01	221,00	28449,35	41,07	725,40	148,15	21,31	99,98
GM-SFJ24	3303390	573713	8,09	145,10	27819,03	42,94	686,37	118,12	20,95	61,03
GM-SFJ25	3303496	573736	8,02	277,00	25263,09	40,60	764,61	142,00	15,56	66,83
GM-SFJ26	3303644	573681	7,79	229,00	22207,65	30,16	756,18	152,87	16,16	68,86
GM-SFJ27	3303757	573675	8,35	133,30	23995,56	38,71	935,92	224,68	9,19	102,45
GM-SFJ28	3303915	573711	8,21	157,00	21125,52	39,34	757,48	206,10	8,82	97,29
GM-SFJ29	3304014	573665	8,07	87,20	25243,83	43,67	829,52	127,68	11,69	70,70
GM-SFJ30	3304123	573685	8,57	180,10	20155,80	30,28	757,35	163,68	8,00	73,03
GM-SFJ31	3304243	573754	7,97	86,40	19722,86	29,81	785,19	131,11	8,45	63,88
GM-SFJ32	3304270	573854	8,07	299,00	23146,44	29,76	783,47	126,90	6,81	59,12
GM-SFJ33	3304154	573844	7,89	96,40	17042,54	31,86	959,26	189,04	12,02	135,70
GM-SFJ34	3304031	573880	7,80	94,20	25308,20	124,13	2313,70	3998,36	32,28	1946,88
GM-SFJ35	3303881	573872	8,05	204,00	22753,97	55,31	772,55	144,05	10,75	154,41
GM-SFJ36	3303747	573830	8,16	149,10	22832,01	29,78	768,94	164,98	11,14	77,46
GM-SFJ37	3303684	573825	8,14	146,10	20753,11	31,08	567,62	104,03	12,32	53,86
GM-SFJ38	3303555	573838	8,02	226,00	27073,25	43,03	683,18	130,38	19,10	66,63
GM-SFJ39	3303434	573826	7,89	328,00	28785,11	35,93	612,65	114,21	19,60	46,85
GM-SFJ40	3303313	573871	8,11	84,95	30365,48	32,10	535,58	88,84	17,60	39,03
GM-SFJ41	3303561	574011	7,90	217,00	34469,13	45,32	672,11	117,00	21,20	55,25
GM-SFJ42	3303669	574024	8,27	98,20	32791,75	40,01	662,85	113,31	17,18	67,46
GM-SFJ43	3303760	574032	8,26	127,50	32091,91	44,03	593,20	110,17	20,45	56,43
GM-SFJ44	3304019	574078	8,01	75,40	20230,79	28,58	746,40	98,43	9,10	59,86
GM-SFJ45	3304155	574046	7,79	251,00	25472,93	43,81	672,81	105,24	16,79	100,08
GM-SFJ46	3304251	574047	7,87	214,00	24451,26	41,37	638,78	107,13	14,70	59,47
Máximo					37430,81	124,13	2313,70	3998,36	32,28	1946,88
Mínimo					16637,79	21,30	535,58	88,84	6,38	39,03

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Promedio	23565,83	39,89	846,81	354,95	14,19	180,99
STD	4932,12	15,67	279,41	587,61	5,32	292,93

Tabla 20.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de San Felipe de Jesús, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-SFJ01	3303866	573224	7,90	105,90	224,25	202,29	141,77	25,15	2196,40	12270,26	18846,96
GM-SFJ02	3303759	573230	6,91	63,30	327,44	178,22	154,52	24,91	2878,13	7147,86	21303,32
GM-SFJ03	3303520	573242	7,24	119,00	203,62	186,87	142,95	33,33	2682,61	10513,17	19356,83
GM-SFJ04	3303459	573227	7,97	195,80	183,91	223,83	143,50	18,18	2073,39	27910,00	21964,63
GM-SFJ05	3303341	573211	7,38	1668,00	249,43	214,06	145,85	25,31	2157,63	17279,42	21953,31
GM-SFJ06	3303265	573424	6,70	374,00	139,08	273,37	120,88	19,49	2273,64	29702,93	18767,10
GM-SFJ07	3303415	573364	8,02	619,00	239,07	282,06	135,65	38,75	2193,77	60592,37	20181,02
GM-SFJ08	3303536	573377	7,63	615,00	174,45	223,95	147,21	20,94	2092,55	19603,43	22245,33
GM-SFJ09	3303623	573358	8,24	186,00	194,40	234,02	150,86	46,51	2513,10	26661,78	20750,79
GM-SFJ10	3303784	573367	8,00	146,60	181,30	203,61	144,68	51,09	2524,28	10087,40	19227,46
GM-SFJ11	3303886	573367	7,66	290,00	261,39	222,01	163,66	39,36	2590,62	13303,91	21294,10
GM-SFJ12	3304029	573397	5,24	70,20	316,64	200,52	168,81	45,40	3247,62	9735,92	19377,14
GM-SFJ13	3304149	573338	6,57	82,20	240,90	189,39	168,29	35,50	3048,89	7837,16	17733,57
GM-SFJ14	3304242	573562	7,21	138,20	192,66	227,56	158,02	17,80	2174,64	8713,09	21912,67
GM-SFJ15	3304138	573567	7,36	156,90	216,16	251,80	180,66	25,98	1858,50	9136,20	22296,87
GM-SFJ16	3304043	573545	7,44	121,00	179,99	250,49	182,74	27,53	2218,40	9441,16	21833,02
GM-SFJ17	3305426	573527	7,91	105,00	328,46	208,00	150,94	25,77	1729,77	10691,49	23919,56
GM-SFJ18	3305802	573524	7,80	59,50	223,70	225,04	158,91	25,69	2616,07	10983,62	20315,72
GM-SFJ19	3303656	573499	7,20	464,50	241,20	268,90	134,77	55,72	2891,47	25499,59	20224,20
GM-SFJ20	3303555	573511	7,93	217,00	182,81	293,70	137,76	39,29	2385,46	28981,63	21816,75
GM-SFJ21	3303402	573530	7,91	267,00	184,13	284,53	142,43	18,26	2654,48	21200,87	18132,58
GM-SFJ22	3303291	573573	8,02	163,10	201,03	391,63	114,67	67,20	3320,04	26867,19	17428,15
GM-SFJ23	3303274	573689	8,01	221,00	182,96	328,95	123,04	60,58	3073,45	18831,09	17912,21
GM-SFJ24	3303390	573713	8,09	145,10	207,45	371,85	114,29	19,60	3154,57	23220,31	19463,73
GM-SFJ25	3303496	573736	8,02	277,00	189,39	305,16	137,99	21,87	2890,57	22485,97	19542,47
GM-SFJ26	3303644	573681	7,79	229,00	193,91	278,51	140,54	24,04	2758,87	30826,41	19142,35
GM-SFJ27	3303757	573675	8,35	133,30	337,06	253,88	156,86	23,34	2652,19	22397,44	22110,97
GM-SFJ28	3303915	573711	8,21	157,00	243,78	242,04	142,15	26,27	2749,22	19797,05	20986,50
GM-SFJ29	3304014	573665	8,07	87,20	218,49	338,82	133,17	33,83	3115,61	17863,62	20301,86
GM-SFJ30	3304123	573685	8,57	180,10	231,28	226,19	146,34	24,87	2945,70	21966,35	23696,20
GM-SFJ31	3304243	573754	7,97	86,40	207,83	207,09	149,59	31,33	2594,78	11509,06	20374,33
GM-SFJ32	3304270	573854	8,07	299,00	227,68	220,32	142,36	41,05	2811,99	16454,87	22015,50
GM-SFJ33	3304154	573844	7,89	96,40	258,92	252,72	179,34	24,19	2487,07	8655,97	24581,92
GM-SFJ34	3304031	573880	7,80	94,20	198,00	226,95	191,31	51,82	2264,54	10513,42	25814,23
GM-SFJ35	3303881	573872	8,05	204,00	216,10	292,20	138,60	43,92	2802,66	22134,60	19752,16
GM-SFJ36	3303747	573830	8,16	149,10	178,34	263,46	142,89	37,56	2863,47	18688,93	19275,92
GM-SFJ37	3303684	573825	8,14	146,10	233,58	303,76	135,13	32,06	2722,33	22411,31	18033,91
GM-SFJ38	3303555	573838	8,02	226,00	194,69	335,66	124,53	36,05	3062,47	22387,65	18598,29
GM-SFJ39	3303434	573826	7,89	328,00	205,65	417,50	112,12	28,23	3462,32	26120,51	19234,37
GM-SFJ40	3303313	573871	8,11	84,95	233,33	398,50	107,01	31,64	3879,77	21834,00	19048,95
GM-SFJ41	3303561	574011	7,90	217,00	251,28	372,82	107,96	19,11	3597,20	23606,64	18205,47
GM-SFJ42	3303669	574024	8,27	98,20	247,55	409,89	109,48	41,14	3751,96	21420,36	18161,13
GM-SFJ43	3303760	574032	8,26	127,50	230,51	385,55	108,39	33,92	3842,58	22652,57	18325,55
GM-SFJ44	3304019	574078	8,01	75,40	251,91	232,91	142,71	32,36	2486,39	12959,74	20174,46
GM-SFJ45	3304155	574046	7,79	251,00	192,60	332,74	125,58	27,03	2957,96	20394,42	18125,65
GM-SFJ46	3304251	574047	7,87	214,00	186,79	330,19	121,11	21,81	2937,41	23236,48	17593,08
Máximo					337,06	417,50	191,31	67,20	99,86	102,13	60592,37
Mínimo					139,08	178,22	107,01	17,80	54,85	24,43	7147,86
Promedio					222,53	274,15	142,09	32,91	72,63	54,75	19880,61
STD					42,56	66,40	20,62	11,80	500,88	9215,06	1971,48

CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE ACONCHI, SONORA

Tabla 21.

Elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Aconchi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(μ S)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-ACO01	3300102	575298	8,85	68,90	48266,62	28,87	540,17	85,61	31,72	34,83
GM-ACO02	3299930	575319	9,08	177,40	44135,34	30,49	535,31	106,54	25,08	43,79
GM-ACO03	3299846	575314	8,43	409,00	44284,08	30,17	675,88	68,68	21,58	31,64
GM-ACO04	3299699	575340	8,17	81,90	37025,54	23,60	489,40	59,19	17,98	31,32
GM-ACO05	3299539	575351	8,78	106,30	43010,78	45,18	444,30	38,60	15,07	18,42
GM-ACO06	3299440	575377	6,94	243,00	23414,95	22,76	490,46	28,92	6,26	11,97
GM-ACO07	3299323	575172	7,14	17,53	24279,58	16,86	384,72	34,79	8,61	20,33
GM-ACO08	3299467	575150	7,16	31,50	27449,78	20,61	444,66	40,99	8,78	17,25
GM-ACO09	3299560	575137	7,04	88,80	29824,53	26,21	588,08	47,10	9,76	22,42
GM-ACO10	3299667	575145	9,39	61,00	30319,12	28,23	676,48	67,66	12,11	24,29
GM-ACO11	3299811	575137	9,29	75,80	26057,59	20,09	442,93	55,45	17,45	23,05
GM-ACO12	3299930	575131	8,97	103,50	25934,01	29,39	677,50	115,32	16,96	30,00
GM-ACO13	3300071	575132	9,00	171,50	26928,38	31,19	539,60	84,23	17,88	30,43
GM-ACO14	3300067	574992	7,67	128,90	28366,71	30,22	552,73	67,31	25,79	24,99
GM-ACO15	3299963	574983	8,76	516,00	36497,77	35,14	666,60	71,12	19,29	27,37
GM-ACO16	3299813	574989	8,75	201,00	25016,09	32,34	612,99	90,52	16,89	36,76
GM-ACO17	3299688	574991	9,04	73,50	24947,63	34,03	781,05	62,47	16,21	36,32
GM-ACO18	3299570	574995	9,10	82,10	43770,84	32,33	715,68	94,79	25,63	26,23
GM-ACO19	3299447	575024	7,28	19,30	29304,23	23,20	589,21	50,92	29,47	20,55
GM-ACO20	3299335	575004	6,87	13,80	28555,99	24,11	567,82	47,51	12,05	21,01
GM-ACO21	3299167	574978	7,92	163,70	31727,70	26,39	431,64	49,18	12,68	21,59
GM-ACO22	3299170	574832	7,43	28,20	25454,99	20,79	396,43	52,79	8,45	15,05
GM-ACO23	3299321	574850	9,43	212,00	29300,99	31,71	551,72	198,91	21,80	90,57
GM-ACO24	3299429	574843	7,38	45,10	31411,05	32,40	618,40	76,62	18,31	30,85
GM-ACO25	3299540	574857	8,87	90,60	27835,68	42,62	553,63	138,71	17,13	40,75
GM-ACO26	3299679	574844	9,21	177,00	19242,67	24,15	366,90	57,49	19,07	21,32
GM-ACO27	3299801	574853	9,02	418,00	32080,53	37,30	601,16	91,20	39,82	31,73
GM-ACO28	3299937	574857	9,18	100,10	37368,13	40,44	743,21	79,61	23,31	34,17
GM-ACO29	3300064	574845	9,18	306,00	25763,44	31,35	375,06	99,08	14,62	28,34
GM-ACO30	3300061	574703	9,33	101,30	27107,35	29,57	585,19	151,01	11,61	18,64
GM-ACO31	3299942	574684	8,84	113,10	27436,75	54,07	537,58	496,96	24,80	155,34
GM-ACO32	3299785	574702	8,47	9,22	31712,17	27,56	623,94	67,63	18,43	33,82
GM-ACO33	3299671	574716	8,55	1.381,00	24838,53	46,63	619,09	111,47	20,47	44,26
GM-ACO34	3299548	574713	8,70	184,70	23204,89	26,05	370,49	96,77	13,35	26,85
GM-ACO35	3299421	574689	8,90	128,00	32485,81	34,60	614,16	101,39	15,23	28,83
GM-ACO36	3299314	574690	9,30	121,10	38067,96	43,44	494,30	127,63	14,52	42,98
GM-ACO37	3299175	574710	8,96	235,00	20582,41	19,51	341,43	75,74	8,31	15,23
GM-ACO38	3299180	574547	8,33	71,00	34945,83	37,32	652,51	72,44	3,73	12,89
GM-ACO39	3299289	574541	8,07	336,00	33364,49	42,40	522,33	321,13	12,72	29,65
GM-ACO40	3299411	574579	8,95	172,15	32185,72	26,93	466,59	137,46	27,38	258,79
GM-ACO41	3299571	574570	8,83	187,90	34602,56	32,51	490,65	158,73	15,17	258,72
GM-ACO42	3299679	574566	9,40	96,90	31819,95	31,83	568,98	104,36	21,43	37,43
GM-ACO43	3299807	574546	8,75	182,10	22809,19	27,09	365,29	127,28	10,85	27,70
GM-ACO44	3299932	574549	8,52	117,80	41657,54	38,31	615,87	146,02	20,91	39,24
GM-ACO45	3300044	574535	9,16	143,30	34862,92	26,08	438,32	87,07	9,43	23,31
GM-ACO46	3299933	574412	9,11	141,90	35452,59	37,91	598,07	109,75	18,39	32,16
GM-ACO47	3299810	574410	8,82	150,70	33754,37	44,18	543,06	122,48	15,61	47,31
GM-ACO48	3299676	574415	8,72	1.576,00	31239,20	32,55	461,86	110,54	6,84	20,45
GM-ACO49	3299563	574426	8,46	333,00	23698,75	34,85	547,76	100,00	11,56	39,72

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ACO50	3299434	574425	8,48	192,10	39670,37	33,97	570,66	98,37	14,92	35,21
GM-ACO51	3299291	574439	8,96	154,90	29664,84	36,23	542,80	103,96	20,02	38,26
GM-ACO52	3299175	574420	8,80	69,40	32758,74	32,28	444,88	66,70	16,96	23,43
Máximo					43770,84	54,07	781,05	496,96	39,82	258,79
Mínimo					19242,67	16,86	341,43	28,92	3,73	11,97
Promedio					29973,94	31,69	540,10	104,20	16,40	42,08
STD					6600,20	7,69	103,73	73,48	6,93	48,78

Tabla 22.

Elementos que no están asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Aconchi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-ACO01	3300102	575298	8,85	68,90	312,24	332,60	122,56	20,65	4935,44	14826,35	15844,11
GM-ACO02	3299930	575319	9,08	177,40	337,30	308,15	120,17	27,04	4266,26	16917,88	16867,64
GM-ACO03	3299846	575314	8,43	409,00	415,98	242,24	130,25	25,64	5491,63	13869,51	19133,49
GM-ACO04	3299699	575340	8,17	81,90	375,52	236,17	131,30	24,99	4711,34	9515,75	20114,56
GM-ACO05	3299539	575351	8,78	106,30	269,05	221,71	122,12	36,62	5123,26	10992,16	16649,92
GM-ACO06	3299440	575377	6,94	243,00	324,70	184,09	126,83	39,26	4960,51	8336,41	18588,03
GM-ACO07	3299323	575172	7,14	17,53	363,85	205,77	125,40	32,17	4405,91	7621,20	19276,64
GM-ACO08	3299467	575150	7,16	31,50	320,94	171,45	131,12	21,47	4572,64	7001,60	19839,67
GM-ACO09	3299560	575137	7,04	88,80	325,89	224,18	131,06	36,33	4693,90	8615,86	19333,16
GM-ACO10	3299667	575145	9,39	61,00	420,15	255,18	128,03	24,81	4480,20	23485,78	19527,73
GM-ACO11	3299811	575137	9,29	75,80	292,91	208,58	133,56	27,23	3622,33	20127,52	20269,06
GM-ACO12	3299930	575131	8,97	103,50	230,36	273,30	140,52	50,26	3772,22	24097,14	18419,59
GM-ACO13	3300071	575132	9,00	171,50	217,42	270,41	126,69	62,68	3979,58	19757,23	19039,64
GM-ACO14	3300067	574992	7,67	128,90	374,92	242,46	130,81	30,74	4898,23	11609,13	20625,57
GM-ACO15	3299963	574983	8,76	516,00	357,95	283,18	132,56	27,06	4573,04	21159,72	19230,05
GM-ACO16	3299813	574989	8,75	201,00	202,31	262,26	121,28	21,38	4216,22	29028,31	18288,00
GM-ACO17	3299688	574991	9,04	73,50	292,95	207,03	134,45	51,48	3993,12	11014,28	20091,19
GM-ACO18	3299570	574995	9,10	82,10	210,29	213,80	114,73	19,06	3880,79	19998,08	17741,50
GM-ACO19	3299447	575024	7,28	19,30	560,69	175,53	129,58	22,13	5756,56	6929,03	20464,91
GM-ACO20	3299335	575004	6,87	13,80	288,45	183,89	122,39	63,05	4384,77	6444,09	19395,16
GM-ACO21	3299167	574978	7,92	163,70	330,97	185,76	118,85	49,74	5065,64	7238,62	19942,69
GM-ACO22	3299170	574832	7,43	28,20	259,20	243,08	112,45	22,47	4196,93	10622,02	16695,91
GM-ACO23	3299321	574850	9,43	212,00	228,02	303,93	132,96	20,17	4366,70	23596,03	16432,00
GM-ACO24	3299429	574843	7,38	45,10	334,20	283,77	132,61	24,59	4439,16	9677,60	19912,84
GM-ACO25	3299540	574857	8,87	90,60	229,34	300,98	125,18	28,13	4462,21	28633,80	17487,96
GM-ACO26	3299679	574844	9,21	177,00	170,71	243,44	115,57	20,14	2696,89	21691,06	19384,54
GM-ACO27	3299801	574853	9,02	418,00	340,42	270,14	153,04	25,30	3597,31	28832,93	18642,49
GM-ACO28	3299937	574857	9,18	100,10	392,22	277,22	133,90	28,19	4980,95	14112,70	19702,03
GM-ACO29	3300064	574845	9,18	306,00	212,70	313,59	103,78	22,07	2656,24	49904,13	16701,73
GM-ACO30	3300061	574703	9,33	101,30	225,64	231,61	125,29	26,58	3832,02	14829,62	17865,21
GM-ACO31	3299942	574684	8,84	113,10	291,18	299,80	126,67	24,39	3914,98	33018,60	16789,76
GM-ACO32	3299785	574702	8,47	9,22	299,99	230,94	132,20	21,68	4515,08	14955,74	20925,77
GM-ACO33	3299671	574716	8,55	1.381,00	237,09	369,75	124,18	29,75	3428,94	36981,74	19563,52
GM-ACO34	3299548	574713	8,70	184,70	142,86	258,97	112,29	23,42	2494,07	15877,70	18504,22
GM-ACO35	3299421	574689	8,90	128,00	252,31	290,29	121,77	47,26	4376,85	21125,68	17913,95
GM-ACO36	3299314	574690	9,30	121,10	370,58	268,76	112,49	53,35	3765,30	31602,71	18468,23
GM-ACO37	3299175	574710	8,96	235,00	143,17	201,20	110,75	14,71	3633,66	35373,25	16978,14
GM-ACO38	3299180	574547	8,33	71,00	167,57	336,35	89,25	24,63	3483,43	17328,72	10687,52

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ACO39	3299289	574541	8,07	336,00	237,37	275,22	116,25	21,56	4320,23	43107,09	16797,56
GM-ACO40	3299411	574579	8,95	172,15	231,58	237,98	126,55	44,91	4126,94	23854,30	18109,50
GM-ACO41	3299571	574570	8,83	187,90	148,22	275,11	105,48	23,62	3585,94	43609,68	15268,97
GM-ACO42	3299679	574566	9,40	96,90	252,24	366,45	119,76	42,54	4002,85	23383,35	18049,60
GM-ACO43	3299807	574546	8,75	182,10	207,24	268,36	109,10	35,28	3297,10	35106,66	18063,50
GM-ACO44	3299932	574549	8,52	117,80	396,37	296,20	127,69	28,19	4255,46	32135,34	19667,31
GM-ACO45	3300044	574535	9,16	143,30	213,98	242,16	105,87	14,43	3868,84	27535,36	17409,91
GM-ACO46	3299933	574412	9,11	141,90	306,11	351,82	114,35	20,93	4348,63	23303,58	17990,52
GM-ACO47	3299810	574410	8,82	150,70	268,33	329,31	114,33	41,40	4054,04	33790,91	18178,96
GM-ACO48	3299676	574415	8,72	1.576,00	211,32	270,88	88,81	18,36	3800,66	38351,68	21116,31
GM-ACO49	3299563	574426	8,46	333,00	142,19	273,74	126,81	<LD	2703,58	25134,16	14428,88
GM-ACO50	3299434	574425	8,48	192,10	259,77	328,12	107,09	35,27	4796,86	24086,77	16473,54
GM-ACO51	3299291	574439	8,96	154,90	214,31	435,90	108,08	17,76	3597,94	25828,54	15917,36
GM-ACO52	3299175	574420	8,80	69,40	254,58	386,50	109,36	45,45	4411,93	21345,68	17464,68
Máximo					560,69	435,90	153,04	63,05	5756,56	49904,13	21116,31
Mínimo					142,19	171,45	88,81	14,43	2494,07	6444,09	10687,52
Promedio					271,39	268,26	121,10	30,99	4069,52	22578,75	18248,19
STD					83,98	56,72	11,96	12,04	686,51	10711,36	1858,00

Tabla 23.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla <60. Localidad de Aconchi, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(μ S)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-ACO01	3300102	575298	8,85	68,90	50150,17	35,06	622,62	97,29	32,48	44,67
GM-ACO02	3299930	575319	9,08	177,40	53644,15	37,89	562,75	96,11	31,93	51,89
GM-ACO03	3299846	575314	8,43	409,00	56547,07	36,09	696,71	91,54	27,97	40,26
GM-ACO04	3299699	575340	8,17	81,90	46097,77	33,80	521,48	71,26	18,43	33,72
GM-ACO05	3299539	575351	8,78	106,30	53282,26	64,72	545,49	73,31	36,49	30,06
GM-ACO06	3299440	575377	6,94	243,00	27226,11	20,70	455,17	45,21	6,89	18,54
GM-ACO07	3299323	575172	7,14	17,53	27482,64	26,85	467,49	40,50	10,71	19,50
GM-ACO08	3299467	575150	7,16	31,50	29819,35	25,20	493,38	57,77	12,58	22,37
GM-ACO09	3299560	575137	7,04	88,80	37588,82	29,04	576,66	65,36	16,14	26,12
GM-ACO10	3299667	575145	9,39	61,00	33589,62	27,14	679,74	77,46	14,73	28,07
GM-ACO11	3299811	575137	9,29	75,80	38077,26	29,98	611,60	76,28	22,45	34,67
GM-ACO12	3299930	575131	8,97	103,50	36245,20	49,76	784,04	191,62	24,43	43,88
GM-ACO13	3300071	575132	9,00	171,50	32692,18	37,63	539,91	95,81	23,63	33,74
GM-ACO14	3300067	574992	7,67	128,90	38919,03	36,29	565,29	79,67	29,83	35,13
GM-ACO15	3299963	574983	8,76	516,00	38804,33	29,60	617,68	80,55	23,93	28,53
GM-ACO16	3299813	574989	8,75	201,00	25317,55	35,09	725,74	93,63	31,92	45,65
GM-ACO17	3299688	574991	9,04	73,50	31023,49	28,34	753,51	96,88	21,82	34,92
GM-ACO18	3299570	574995	9,10	82,10	87842,87	106,32	986,36	174,10	50,25	58,26
GM-ACO19	3299447	575024	7,28	19,30	42167,12	32,89	633,03	67,49	20,40	27,23
GM-ACO20	3299335	575004	6,87	13,80	33428,33	28,57	664,45	67,28	17,54	29,54
GM-ACO21	3299167	574978	7,92	163,70	35480,76	25,15	460,94	70,64	17,43	26,95
GM-ACO22	3299170	574832	7,43	28,20	26245,82	21,61	397,69	60,91	8,90	17,58
GM-ACO23	3299321	574850	9,43	212,00	27713,55	38,33	551,22	171,92	26,38	178,19
GM-ACO24	3299429	574843	7,38	45,10	32957,89	25,54	629,70	84,44	21,04	32,33
GM-ACO25	3299540	574857	8,87	90,60	32592,61	37,31	521,13	175,44	20,70	49,65
GM-ACO26	3299679	574844	9,21	177,00	24698,86	22,56	319,45	62,67	27,53	28,23
GM-ACO27	3299801	574853	9,02	418,00	33135,23	35,95	563,21	112,44	19,39	47,74
GM-ACO28	3299937	574857	9,18	100,10	42433,29	34,78	703,55	90,24	26,08	39,97
GM-ACO29	3300064	574845	9,18	306,00	26882,30	31,93	447,82	120,02	17,57	35,09
GM-ACO30	3300061	574703	9,33	101,30	21028,17	19,68	433,45	63,51	12,27	23,80
GM-ACO31	3299942	574684	8,84	113,10	31539,31	52,52	515,61	694,90	26,46	233,15
GM-ACO32	3299785	574702	8,47	9,22	34359,27	34,37	704,94	86,57	21,13	38,23

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ACO33	3299671	574716	8,55	1.381,00	31360,66	43,70	595,30	155,57	28,69	55,04
GM-ACO34	3299548	574713	8,70	184,70	18956,01	23,52	273,53	101,15	13,16	35,70
GM-ACO35	3299421	574689	8,90	128,00	42492,42	33,21	736,94	136,23	22,83	47,91
GM-ACO36	3299314	574690	9,30	121,10	50394,29	30,00	507,91	155,76	15,44	38,68
GM-ACO37	3299175	574710	8,96	235,00	21053,64	21,05	359,43	64,53	11,43	20,71
GM-ACO38	3299180	574547	8,33	71,00	38714,32	34,27	606,76	93,21	4,54	12,32
GM-ACO39	3299289	574541	8,07	336,00	37940,56	51,68	598,92	345,83	15,62	36,60
GM-ACO40	3299411	574579	8,95	172,15	39958,09	45,32	520,79	213,21	16,45	43,42
GM-ACO41	3299571	574570	8,83	187,90	57409,31	47,87	726,19	224,82	16,31	58,09
GM-ACO42	3299679	574566	9,40	96,90	28315,04	29,74	565,44	102,92	22,92	38,56
GM-ACO43	3299807	574546	8,75	182,10	28984,56	31,18	345,77	158,59	13,11	54,08
GM-ACO44	3299932	574549	8,52	117,80	38916,25	38,41	523,28	173,49	18,72	47,28
GM-ACO45	3300044	574535	9,16	143,30	37007,06	37,13	551,05	134,71	23,10	34,00
GM-ACO46	3299933	574412	9,11	141,90	51530,40	31,96	523,95	130,30	10,74	53,46
GM-ACO47	3299810	574410	8,82	150,70	29620,61	39,39	500,54	127,43	18,16	53,13
GM-ACO48	3299676	574415	8,72	1.576,00	30058,84	38,85	547,46	123,07	9,55	28,97
GM-ACO49	3299563	574426	8,46	333,00	29481,27	42,73	605,29	123,38	17,24	55,76
GM-ACO50	3299434	574425	8,48	192,10	33658,94	35,21	585,32	110,81	19,19	38,61
GM-ACO51	3299291	574439	8,96	154,90	29736,64	33,42	538,27	110,14	19,29	34,02
GM-ACO52	3299175	574420	8,80	69,40	42670,39	48,44	694,27	85,88	17,03	29,41
Máximo					87842,87	106,32	986,36	694,90	50,25	233,15
Mínimo					18956,01	19,68	273,53	40,50	4,54	12,32
Promedio					35054,26	35,32	568,28	127,11	19,27	43,68
STD					11663,71	13,42	126,30	97,32	8,13	35,10

Tabla 24.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Aconchi, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-ACO01	3300102	575298	8,85	68,90	517,43	365,27	115,40	45,78	4256,25	14990,64	15861,88
GM-ACO02	3299930	575319	9,08	177,40	557,81	348,81	136,38	62,33	4058,32	15873,52	15773,11
GM-ACO03	3299846	575314	8,43	409,00	561,13	308,42	139,78	43,06	5301,02	13158,51	19452,57
GM-ACO04	3299699	575340	8,17	81,90	602,93	286,66	139,44	97,42	4723,93	9256,67	19093,06
GM-ACO05	3299539	575351	8,78	106,30	899,00	277,97	136,01	118,86	5078,48	11167,49	16407,38
GM-ACO06	3299440	575377	6,94	243,00	508,29	237,10	145,10	28,17	3971,43	7185,85	18950,97
GM-ACO07	3299323	575172	7,14	17,53	583,68	248,91	140,55	71,66	4884,49	7065,09	18697,73
GM-ACO08	3299467	575150	7,16	31,50	400,53	209,76	134,81	38,05	4794,26	6804,54	18997,12
GM-ACO09	3299560	575137	7,04	88,80	564,87	255,02	138,43	67,32	4926,40	8913,27	18560,07
GM-ACO10	3299667	575145	9,39	61,00	401,81	264,98	134,57	46,39	4129,88	21207,83	18995,35
GM-ACO11	3299811	575137	9,29	75,80	420,85	301,91	142,08	60,78	4324,11	21105,82	19865,07
GM-ACO12	3299930	575131	8,97	103,50	269,61	356,42	163,94	69,85	3914,40	26281,45	19823,65
GM-ACO13	3300071	575132	9,00	171,50	326,42	310,30	130,70	58,84	3719,56	20178,95	20180,99
GM-ACO14	3300067	574992	7,67	128,90	511,36	307,09	153,43	85,80	4512,71	11695,74	20492,97
GM-ACO15	3299963	574983	8,76	516,00	405,10	293,47	136,46	54,56	4602,29	21553,57	19755,35
GM-ACO16	3299813	574989	8,75	201,00	300,68	290,03	128,38	23,30	3205,48	27687,65	18585,20
GM-ACO17	3299688	574991	9,04	73,50	361,10	254,16	141,03	22,37	4458,21	11319,48	21022,85
GM-ACO18	3299570	574995	9,10	82,10	639,09	334,11	130,84	66,68	4132,24	20625,54	17927,65
GM-ACO19	3299447	575024	7,28	19,30	857,03	234,66	138,59	49,11	6089,22	7717,47	20178,67
GM-ACO20	3299335	575004	6,87	13,80	434,20	236,22	153,16	97,24	5015,08	6317,07	19888,67
GM-ACO21	3299167	574978	7,92	163,70	412,10	229,57	142,53	51,61	4647,66	8100,77	20722,51
GM-ACO22	3299170	574832	7,43	28,20	328,59	288,65	125,36	23,53	3423,37	9836,96	18237,38
GM-ACO23	3299321	574850	9,43	212,00	298,74	337,63	118,95	41,88	3311,04	25223,11	16187,67
GM-ACO24	3299429	574843	7,38	45,10	452,72	256,62	137,66	44,23	4808,20	9669,64	20559,20

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-ACO25	3299540	574857	8,87	90,60	427,89	365,75	133,26	87,49	3508,88	27790,05	17462,34
GM-ACO26	3299679	574844	9,21	177,00	318,37	319,16	130,50	72,97	2580,82	19787,36	18475,38
GM-ACO27	3299801	574853	9,02	418,00	354,72	306,54	123,22	44,68	3699,93	30485,14	18493,81
GM-ACO28	3299937	574857	9,18	100,10	483,15	311,09	137,35	50,97	4755,65	13239,64	18417,06
GM-ACO29	3300064	574845	9,18	306,00	383,86	361,20	119,70	31,01	2571,48	50144,88	17219,25
GM-ACO30	3300061	574703	9,33	101,30	236,84	270,63	142,97	35,54	3099,61	14381,81	19654,80
GM-ACO31	3299942	574684	8,84	113,10	342,23	380,32	135,64	60,36	3155,09	33620,37	17076,27
GM-ACO32	3299785	574702	8,47	9,22	445,21	286,99	137,00	47,98	4442,95	15341,09	21463,33
GM-ACO33	3299671	574716	8,55	1.381,00	285,87	430,14	121,54	31,36	3896,91	36456,22	19838,27
GM-ACO34	3299548	574713	8,70	184,70	158,68	282,81	126,06	52,93	2001,42	16342,07	18488,23
GM-ACO35	3299421	574689	8,90	128,00	473,31	327,43	129,88	26,72	4581,69	19835,97	17004,26
GM-ACO36	3299314	574690	9,30	121,10	398,16	298,12	131,17	84,64	4166,01	30917,07	18250,93
GM-ACO37	3299175	574710	8,96	235,00	232,74	262,68	118,12	34,57	3255,73	34011,47	17654,77
GM-ACO38	3299180	574547	8,33	71,00	309,23	340,00	89,94	84,39	3538,30	16281,69	10464,56
GM-ACO39	3299289	574541	8,07	336,00	323,19	328,70	120,93	42,91	3578,69	38398,19	16055,36
GM-ACO40	3299411	574579	8,95	172,15	458,91	312,29	142,16	64,09	4019,74	24318,41	18811,40
GM-ACO41	3299571	574570	8,83	187,90	447,03	339,26	111,18	61,02	3783,01	43563,87	15356,47
GM-ACO42	3299679	574566	9,40	96,90	235,63	412,24	124,46	40,56	3496,27	21767,98	17143,79
GM-ACO43	3299807	574546	8,75	182,10	370,88	314,10	121,77	59,37	3066,33	34958,50	17450,14
GM-ACO44	3299932	574549	8,52	117,80	457,92	341,37	119,77	53,00	3393,58	34272,19	18331,50
GM-ACO45	3300044	574535	9,16	143,30	342,88	360,87	117,41	24,45	4017,19	21574,07	16689,29
GM-ACO46	3299933	574412	9,11	141,90	389,62	344,55	125,62	58,16	3510,25	30833,05	17166,30
GM-ACO47	3299810	574410	8,82	150,70	269,97	354,31	112,65	24,94	3356,77	35024,77	18476,11
GM-ACO48	3299676	574415	8,72	1.576,00	231,82	322,03	98,99	43,81	3199,90	37122,78	21274,84
GM-ACO49	3299563	574426	8,46	333,00	193,22	352,03	115,44	59,36	2979,18	28630,11	15192,66
GM-ACO50	3299434	574425	8,48	192,10	301,83	364,98	113,99	47,30	3781,24	22663,15	15627,23
GM-ACO51	3299291	574439	8,96	154,90	226,51	455,19	112,57	24,79	3379,43	25634,41	15822,43
GM-ACO52	3299175	574420	8,80	69,40	290,20	441,52	115,58	55,66	4228,14	23223,06	17654,57
Máximo					857,03	455,19	163,94	97,24	6089,22	50144,88	21463,33
Mínimo					158,68	209,76	89,94	22,37	2001,42	6317,07	10464,56
Promedio					380,14	315,59	129,05	51,20	3870,52	22534,24	18269,03
STD					147,28	54,26	13,58	21,50	778,47	10687,04	1962,36

CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE BAVIÁCORA, SONORA

Tabla 25.

Elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Baviácora, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(μ S)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-BAV01	3287582	581388	8,36	422,0	37513,59	51,69	486,19	73,77	19,66	32,84
GM-BAV02	3287526	581402	8,42	280,0	46924,85	48,91	591,66	83,28	19,42	29,35
GM-BAV03	3287383	581434	8,49	105,2	29255,88	25,79	523,43	59,35	10,73	22,64
GM-BAV04	3287250	581436	7,72	75,8	33349,82	42,15	649,74	97,15	21,29	28,40
GM-BAV05	3287053	581423	8,60	94,7	33435,19	36,99	435,36	61,94	16,43	20,69
GM-BAV06	3286931	581426	8,06	368,0	52343,31	46,00	706,72	94,40	16,29	28,73
GM-BAV07	3286798	581435	8,03	165,4	38146,18	40,68	529,54	72,92	17,98	26,28
GM-BAV08	3286726	581314	8,36	126,2	33627,28	49,82	447,22	125,81	22,31	29,90
GM-BAV09	3286912	581326	9,10	354,0	35427,75	61,40	397,74	118,23	17,34	29,40
GM-BAV10	3287026	581291	7,77	342,0	49947,95	45,50	472,43	110,47	18,70	25,74
GM-BAV11	3287198	581281	8,40	79,0	96554,13	43,73	778,47	62,69	16,06	29,78
GM-BAV12	3287351	581299	8,22	140,9	31711,45	41,45	628,50	112,39	18,58	30,18

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAV13	3287448	581312	8,93	210,0	30810,98	46,72	453,46	74,44	17,34	47,99
GM-BAV14	3287599	581269	8,25	79,0	36889,64	47,82	775,95	82,09	17,28	24,73
GM-BAV15	3287818	581065	8,23	175,9	43890,30	68,72	651,31	97,21	20,93	45,47
GM-BAV16	3287711	581116	8,18	184,0	35040,30	44,83	598,60	100,87	17,75	24,47
GM-BAV17	3287572	581154	8,21	324,0	48589,47	53,18	660,42	125,50	23,88	28,71
GM-BAV18	3287320	581158	8,05	235,0	14712,65	26,40	290,30	29,82	8,59	12,70
GM-BAV19	3287165	581139	7,66	223,0	33953,45	52,37	748,63	141,01	19,22	37,76
GM-BAV20	3287006	581192	8,17	224,5	38833,59	61,92	490,07	99,49	26,37	23,78
GM-BAV21	3286883	581175	8,15	206,0	24773,74	134,40	631,12	155,66	33,37	28,57
GM-BAV22	3286697	581231	8,09	159,7	37628,65	51,17	523,90	101,72	21,64	29,88
GM-BAV23	3286696	581053	7,91	249,0	23881,06	39,20	405,64	65,41	13,87	24,83
GM-BAV24	3286853	581023	7,58	432,0	26596,55	31,13	403,43	117,70	15,20	24,46
GM-BAV25	3287038	581032	8,37	389,0	23936,73	42,05	413,88	215,88	12,06	38,42
GM-BAV26	3287246	581015	8,81	57,5	90526,43	52,88	819,52	89,42	24,56	32,58
GM-BAV27	3287384	581026	8,12	258,0	31084,71	49,67	830,37	163,16	18,46	46,47
GM-BAV28	3287140	581498	8,03	962,0	27684,36	59,22	603,22	119,35	19,20	36,54
GM-BAV29	3287716	580955	7,89	394,0	29223,63	31,35	523,06	73,33	9,73	32,05
GM-BAV30	3287895	580977	8,15	279,0	52566,71	43,94	682,75	79,62	14,78	27,01
GM-BAV31	3287898	580872	7,41	778,0	38522,17	54,29	662,56	166,70	17,96	36,10
GM-BAV32	3287684	580867	8,40	135,5	27591,33	50,24	452,59	146,67	15,95	48,17
GM-BAV33	3287524	580897	8,60	482,0	22686,49	50,26	427,36	207,25	14,16	44,26
GM-BAV34	3287377	580883	9,11	475,0	20468,59	85,94	383,27	154,46	13,21	25,95
GM-BAV35	3287215	580904	8,66	85,7	22366,45	33,78	481,36	58,12	14,31	23,32
GM-BAV36	3286997	580877	8,08	103,1	27349,70	48,85	617,05	94,84	19,82	51,70
GM-BAV37	3286838	580874	8,09	450,0	26099,26	75,31	436,42	133,44	22,25	43,94
GM-BAV38	3386726	580893	7,82	1179,0	24860,86	33,60	484,79	75,19	12,55	30,03
GM-BAV39	3286708	580779	8,21	134,9	27817,46	40,24	561,41	70,85	18,49	26,16
GM-BAV40	3286931	580723	8,40	127,6	18431,69	26,45	336,65	56,63	10,63	24,31
GM-BAV41	3287036	580739	7,66	338,0	30696,43	43,18	518,02	81,33	16,05	31,88
GM-BAV42	3287185	580745	8,32	113,0	35204,38	44,77	667,40	87,10	27,93	39,16
GM-BAV43	3287346	580734	10,10	843,0	23583,30	46,61	416,44	277,02	17,74	41,85
GM-BAV44	3287314	580740	8,89	432,0	27123,61	58,52	579,84	176,49	28,22	78,05
GM-BAV45	3287694	580783	7,96	614,0	19479,62	74,48	377,84	109,40	11,89	51,38
GM-BAV46	3287855	580761	7,81	248,0	21528,44	40,88	389,35	77,07	14,63	25,86
GM-BAV47	3287821	580570	7,90	668,0	36248,73	80,35	786,23	136,08	27,31	39,24
GM-BAV48	3287708	580597	7,97	186,9	26436,96	37,23	521,47	82,61	14,12	30,82
GM-BAV49	3287529	580577	8,04	198,8	34667,64	133,40	790,45	170,20	39,27	54,44
GM-BAV50	3287384	580583	8,14	164,2	21124,35	42,35	511,86	99,00	14,50	41,90
GM-BAV51	3287259	580584	8,23	170,5	20783,78	52,01	512,45	172,85	17,43	62,51
GM-BAV52	3287450	580608	8,53	109,2	30990,04	52,40	668,43	93,36	20,48	34,42
GM-BAV53	3286862	580637	8,20	139,7	30423,83	43,75	606,92	78,36	18,21	27,02
Máximo					96554,13	134,40	830,37	277,02	39,27	78,05
Mínimo					14712,65	25,79	290,30	29,82	8,59	12,70
Promedio					33311,90	51,36	554,21	110,83	18,37	34,33
STD					14778,07	20,78	135,08	46,51	5,74	11,60

Tabla 26.

Elementos que no están asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Baviácora, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-BAV01	3287582	581388	8,36	422,0	366,22	304,44	110,63	26,63	4191,72	48782,15	15950,99
GM-BAV02	3287526	581402	8,42	280,0	207,53	380,04	140,27	27,66	3349,24	28520,33	21429,77
GM-BAV03	3287383	581434	8,49	105,2	251,24	278,07	142,45	22,08	3188,43	21278,31	16712,59
GM-BAV04	3287250	581436	7,72	75,8	347,15	401,32	135,31	23,09	4791,64	14895,52	18959,56
GM-BAV05	3287053	581423	8,60	94,7	375,00	269,71	149,63	22,80	4214,42	12016,24	21317,31
GM-BAV06	3286931	581426	8,06	368,0	468,53	213,71	150,70	32,90	5744,56	9157,26	21515,66

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAV07	3286798	581435	8,03	165,4	434,48	190,10	155,74	28,13	5416,85	9004,53	22273,04
GM-BAV08	3286726	581314	8,36	126,2	271,53	257,45	140,04	32,86	4080,89	12228,08	17679,73
GM-BAV09	3286912	581326	9,10	354,0	372,90	269,51	130,67	25,89	3269,03	36784,05	19694,59
GM-BAV10	3287026	581291	7,77	342,0	438,43	272,53	136,02	26,22	4811,23	27309,98	18572,65
GM-BAV11	3287198	581281	8,40	79,0	537,14	245,09	157,82	45,01	5819,41	10089,12	21798,55
GM-BAV12	3287351	581299	8,22	140,9	250,11	363,83	125,09	23,38	4334,55	24563,58	17424,07
GM-BAV13	3287448	581312	8,93	210,0	313,99	301,78	130,52	26,22	3466,60	40002,63	17476,07
GM-BAV14	3287599	581269	8,25	79,0	394,35	281,83	109,32	24,70	5452,38	12397,74	15320,59
GM-BAV15	3287818	581065	8,23	175,9	270,07	385,71	121,31	31,71	3719,66	55097,48	15900,97
GM-BAV16	3287711	581116	8,18	184,0	239,22	331,99	111,07	18,28	4706,80	31297,65	15949,10
GM-BAV17	3287572	581154	8,21	324,0	288,20	337,11	116,52	33,14	4218,41	51351,84	17370,08
GM-BAV18	3287320	581158	8,05	235,0	180,60	246,50	126,83	15,20	2494,33	16187,36	20421,74
GM-BAV19	3287165	581139	7,66	223,0	249,89	293,92	147,81	16,54	3603,76	12134,32	17002,17
GM-BAV20	3287006	581192	8,17	224,5	323,66	339,79	136,42	24,25	4360,62	23066,94	19032,08
GM-BAV21	3286883	581175	8,15	206,0	185,15	385,26	140,55	22,82	3362,35	31735,81	21138,17
GM-BAV22	3286697	581231	8,09	159,7	270,76	224,68	139,31	29,21	4504,16	10412,22	17522,93
GM-BAV23	3286696	581053	7,91	249,0	318,15	237,16	130,10	30,26	3412,44	15985,08	19673,38
GM-BAV24	3286853	581023	7,58	432,0	210,01	248,33	136,83	18,18	2701,20	18341,45	23309,95
GM-BAV25	3287038	581032	8,37	389,0	246,22	271,47	145,00	52,50	2558,78	27316,63	20462,79
GM-BAV26	3287246	581015	8,81	57,5	417,62	317,27	149,61	42,16	5386,33	19308,23	17288,06
GM-BAV27	3287384	581026	8,12	258,0	259,54	358,66	115,51	76,72	3720,51	40696,06	17258,07
GM-BAV28	3287140	581498	8,03	962,0	337,74	411,73	117,12	31,30	3542,79	49062,42	19419,63
GM-BAV29	3287716	580955	7,89	394,0	232,45	283,69	134,51	19,02	4348,87	24617,20	17348,00
GM-BAV30	3287895	580977	8,15	279,0	403,55	297,20	128,58	34,81	4986,06	38175,11	16969,82
GM-BAV31	3287898	580872	7,41	778,0	382,14	297,21	119,83	27,35	4499,67	38538,56	18540,12
GM-BAV32	3287684	580867	8,40	135,5	246,90	304,55	135,34	34,51	3412,73	27763,47	16872,38
GM-BAV33	3287524	580897	8,60	482,0	199,50	280,96	119,32	25,72	2128,03	35915,73	17837,61
GM-BAV34	3287377	580883	9,11	475,0	178,88	245,30	125,33	19,30	3187,57	29559,67	21696,55
GM-BAV35	3287215	580904	8,66	85,7	222,69	416,46	130,97	40,56	3145,12	27619,98	18378,05
GM-BAV36	3286997	580877	8,08	103,1	271,68	294,06	140,82	40,10	3825,86	20808,06	17151,59
GM-BAV37	3286838	580874	8,09	450,0	171,45	345,96	117,84	22,01	2456,73	89816,38	17164,91
GM-BAV38	3386726	580893	7,82	1179,0	236,11	393,06	121,20	21,86	3226,79	21391,72	18595,25
GM-BAV39	3286708	580779	8,21	134,9	296,23	252,91	139,86	24,41	3862,77	16078,88	18942,66
GM-BAV40	3286931	580723	8,40	127,6	215,75	268,66	142,82	21,62	2425,08	19089,36	20995,21
GM-BAV41	3287036	580739	7,66	338,0	375,77	330,22	130,13	28,91	4489,49	21114,17	19831,80
GM-BAV42	3287185	580745	8,32	113,0	363,49	404,21	131,81	25,11	4546,00	21715,25	18070,70
GM-BAV43	3287346	580734	10,10	843,0	244,73	333,11	126,37	25,72	2843,03	35581,46	19449,42
GM-BAV44	3287314	580740	8,89	432,0	256,18	300,38	130,17	28,71	3268,19	43654,28	19104,56
GM-BAV45	3287694	580783	7,96	614,0	160,76	247,54	148,03	26,30	2550,87	30558,50	21654,19
GM-BAV46	3287855	580761	7,81	248,0	159,01	217,98	125,17	21,07	2512,83	23810,90	19784,41
GM-BAV47	3287821	580570	7,90	668,0	186,92	349,20	100,99	<LD	3056,30	16273,75	10940,62
GM-BAV48	3287708	580597	7,97	186,9	155,95	245,52	126,22	<LD	3562,94	18438,70	14231,01
GM-BAV49	3287529	580577	8,04	198,8	186,26	388,84	117,46	21,66	3039,70	20360,77	13115,10
GM-BAV50	3287384	580583	8,14	164,2	162,70	309,26	115,36	23,81	2284,10	23405,76	14009,98
GM-BAV51	3287259	580584	8,23	170,5	217,27	272,69	175,92	19,82	2788,20	24675,97	19016,94
GM-BAV52	3287450	580608	8,53	109,2	251,74	355,44	143,33	38,87	3978,04	19649,69	17402,68
GM-BAV53	3286862	580637	8,20	139,7	246,68	368,58	128,90	18,84	3618,84	20544,92	16460,36
Máximo					537,14	416,46	175,92	76,72	5819,41	89816,38	23309,95
Mínimo					155,95	190,10	100,99	15,20	2128,03	9004,53	10940,62
Promedio					279,93	304,66	132,42	28,28	3743,65	26291,74	18314,85
STD					90,06	57,66	14,04	10,29	939,92	14425,39	2427,42

Tabla 27.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Baviácora, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-BAV01	3287582	581388	8,36	422,0	36295,50	53,57	471,14	79,54	20,80	27,44

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-BAV02	3287526	581402	8,42	280,0	41320,60	53,26	640,66	97,98	21,56	31,88
GM-BAV03	3287383	581434	8,49	105,2	27155,69	26,45	582,75	72,67	10,71	29,24
GM-BAV04	3287250	581436	7,72	75,8	27002,10	49,25	585,31	87,61	18,43	28,21
GM-BAV05	3287053	581423	8,60	94,7	31304,32	42,53	422,61	77,95	22,90	22,00
GM-BAV06	3286931	581426	8,06	368,0	38268,19	49,45	609,74	107,91	17,79	34,30
GM-BAV07	3286798	581435	8,03	165,4	33711,91	47,73	536,18	80,39	15,91	30,70
GM-BAV08	3286726	581314	8,36	126,2	32213,27	49,40	475,11	133,82	20,14	31,09
GM-BAV09	3286912	581326	9,10	354,0	27257,41	50,09	365,91	121,62	16,87	25,76
GM-BAV10	3287026	581291	7,77	342,0	31518,17	47,39	434,95	122,49	14,59	29,32
GM-BAV11	3287198	581281	8,40	79,0	111483,74	55,14	786,68	76,64	20,32	31,10
GM-BAV12	3287351	581299	8,22	140,9	25525,22	44,21	737,44	101,53	18,82	31,01
GM-BAV13	3287448	581312	8,93	210,0	21276,66	44,13	486,21	62,29	15,44	51,84
GM-BAV14	3287599	581269	8,25	79,0	34288,11	52,54	679,47	78,70	17,71	25,94
GM-BAV15	3287818	581065	8,23	175,9	29756,03	69,62	573,89	95,12	22,67	33,31
GM-BAV16	3287711	581116	8,18	184,0	31543,09	40,80	785,87	97,68	14,25	26,80
GM-BAV17	3287572	581154	8,21	324,0	50532,71	56,11	603,43	140,78	21,83	34,98
GM-BAV18	3287320	581158	8,05	235,0	18654,21	32,83	308,09	46,94	11,46	21,15
GM-BAV19	3287165	581139	7,66	223,0	36512,90	46,30	684,72	133,19	20,06	34,96
GM-BAV20	3287006	581192	8,17	224,5	24849,96	60,26	430,78	87,21	22,42	26,42
GM-BAV21	3286883	581175	8,15	206,0	29467,33	166,80	628,00	178,32	40,46	38,76
GM-BAV22	3286697	581231	8,09	159,7	37275,38	55,97	499,78	105,84	20,29	33,07
GM-BAV23	3286696	581053	7,91	249,0	25846,74	46,84	423,73	105,75	18,61	42,62
GM-BAV24	3286853	581023	7,58	432,0	35106,99	47,00	407,91	125,82	32,98	32,99
GM-BAV25	3287038	581032	8,37	389,0	37472,59	149,27	480,09	252,46	14,13	41,16
GM-BAV26	3287246	581015	8,81	57,5	140060,18	66,37	1222,74	117,87	26,11	45,11
GM-BAV27	3287384	581026	8,12	258,0	29485,89	53,14	899,97	181,82	22,62	48,10
GM-BAV28	3287140	581498	8,03	962,0	28140,10	62,64	565,76	124,34	17,72	39,23
GM-BAV29	3287716	580955	7,89	394,0	42159,75	41,63	779,43	95,45	15,93	32,00
GM-BAV30	3287895	580977	8,15	279,0	48495,96	45,69	564,84	82,11	17,92	26,76
GM-BAV31	3287898	580872	7,41	778,0	28388,51	58,98	465,93	139,63	15,72	36,80
GM-BAV32	3287684	580867	8,40	135,5	28694,75	48,42	433,87	288,77	14,34	59,44
GM-BAV33	3287524	580897	8,60	482,0	20851,26	43,58	426,36	270,36	14,30	37,34
GM-BAV34	3287377	580883	9,11	475,0	27659,19	53,08	485,61	210,50	21,66	36,19
GM-BAV35	3287215	580904	8,66	85,7	19707,09	33,92	484,08	52,81	15,91	27,96
GM-BAV36	3286997	580877	8,08	103,1	37175,74	54,39	574,45	117,38	25,04	45,27
GM-BAV37	3286838	580874	8,09	450,0	20491,21	84,42	414,70	158,43	26,52	62,68
GM-BAV38	3384726	580893	7,82	1179,0	24117,49	36,54	472,72	78,77	12,80	34,32
GM-BAV39	3286708	580779	8,21	134,9	29217,02	47,32	701,64	85,29	19,44	29,14
GM-BAV40	3286931	580723	8,40	127,6	25058,90	34,81	424,57	71,88	14,64	26,20
GM-BAV41	3287036	580739	7,66	338,0	26626,78	39,50	508,26	86,35	16,95	28,95
GM-BAV42	3287185	580745	8,32	113,0	30063,17	38,58	655,99	88,02	20,53	45,93
GM-BAV43	3287346	580734	10,10	843,0	23706,02	53,79	423,32	331,57	20,31	35,82
GM-BAV44	3287314	580740	8,89	432,0	22589,19	61,90	383,53	265,11	32,46	106,54
GM-BAV45	3287694	580783	7,96	614,0	24153,27	90,44	426,85	151,10	15,83	55,08
GM-BAV46	3287855	580761	7,81	248,0	24788,92	54,88	490,83	99,19	25,94	72,26
GM-BAV47	3287821	580570	7,90	668,0	35193,85	80,79	719,25	133,44	27,04	39,44
GM-BAV48	3287708	580597	7,97	186,9	31271,12	48,84	591,03	102,46	18,87	34,74
GM-BAV49	3287529	580577	8,04	198,8	33435,21	130,28	749,77	158,74	38,30	59,08
GM-BAV50	3287384	580583	8,14	164,2	29330,05	50,94	688,38	130,21	19,99	56,61
GM-BAV51	3287259	580584	8,23	170,5	29612,53	80,42	694,20	249,29	25,17	99,90
GM-BAV52	3287450	580608	8,53	109,2	32765,27	57,64	702,83	119,51	20,30	34,31
GM-BAV53	3286862	580637	8,20	139,7	32393,55	50,33	668,26	98,31	21,83	31,15
Máximo					140060,18	166,80	1222,74	331,57	40,46	106,54
Mínimo					18654,21	26,45	308,09	46,94	10,71	21,15
Promedio					33797,15	57,52	571,53	129,05	20,25	39,67
STD					19708,92	26,06	160,34	63,29	6,02	16,82

Tabla 28.

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Baviácora, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-BAV01	3287582	581388	8,36	422,0	421,88	325,48	112,50	27,05	4079,04	50348,55	15779,71
GM-BAV02	3287526	581402	8,42	280,0	334,40	376,76	135,50	36,81	3969,10	26789,49	19621,27
GM-BAV03	3287383	581434	8,49	105,2	244,94	321,77	133,15	23,35	2865,36	20657,72	15719,83
GM-BAV04	3287250	581436	7,72	75,8	206,98	390,57	140,33	23,67	3387,67	12958,18	19290,56
GM-BAV05	3287053	581423	8,60	94,7	428,87	295,41	143,36	34,98	4194,80	11403,02	20468,19
GM-BAV06	3286931	581426	8,06	368,0	427,05	219,41	159,56	35,37	4362,01	9362,11	23012,01
GM-BAV07	3286798	581435	8,03	165,4	588,93	209,07	165,08	27,46	4801,93	9009,36	23197,25
GM-BAV08	3286726	581314	8,36	126,2	306,43	257,74	142,71	21,26	4168,48	12751,10	18639,97
GM-BAV09	3286912	581326	9,10	354,0	320,08	290,05	133,29	29,81	2779,63	38072,13	20147,73
GM-BAV10	3287026	581291	7,77	342,0	358,67	283,07	137,73	30,33	3467,95	26943,24	19223,60
GM-BAV11	3287198	581281	8,40	79,0	781,38	273,17	167,13	94,67	5642,64	11612,36	21808,77
GM-BAV12	3287351	581299	8,22	140,9	197,14	438,13	129,60	28,25	3511,01	24690,83	18002,90
GM-BAV13	3287448	581312	8,93	210,0	255,43	337,57	131,14	38,73	2769,50	34658,78	18235,70
GM-BAV14	3287599	581269	8,25	79,0	295,37	329,89	118,81	22,81	4623,43	11512,88	14658,29
GM-BAV15	3287818	581065	8,23	175,9	279,61	443,86	121,50	27,47	3335,64	51068,73	17247,40
GM-BAV16	3287711	581116	8,18	184,0	274,75	339,70	109,47	35,92	3785,31	29050,65	15833,89
GM-BAV17	3287572	581154	8,21	324,0	412,44	424,81	120,35	46,99	3335,30	50991,17	17709,57
GM-BAV18	3287320	581158	8,05	235,0	286,86	330,64	130,81	32,18	2451,72	16326,79	19021,02
GM-BAV19	3287165	581139	7,66	223,0	278,63	324,66	133,59	59,68	4260,93	13601,02	18661,13
GM-BAV20	3287006	581192	8,17	224,5	340,53	369,61	140,83	28,98	3083,45	21464,34	18080,58
GM-BAV21	3286883	581175	8,15	206,0	251,75	384,21	130,68	26,28	3379,71	27997,08	18324,37
GM-BAV22	3286697	581231	8,09	159,7	339,81	233,21	138,95	62,72	4494,80	9453,53	16630,08
GM-BAV23	3286696	581053	7,91	249,0	328,86	270,94	136,44	30,51	3028,06	16024,79	19552,78
GM-BAV24	3286853	581023	7,58	432,0	366,37	294,39	131,58	31,56	2955,59	19122,10	21526,12
GM-BAV25	3287038	581032	8,37	389,0	328,55	285,47	133,73	32,32	3977,17	29881,34	19609,70
GM-BAV26	3287246	581015	8,81	57,5	469,79	363,56	139,98	55,79	5042,41	22780,36	17446,89
GM-BAV27	3287384	581026	8,12	258,0	230,50	387,27	117,19	88,29	3428,16	41407,93	17174,78
GM-BAV28	3287140	581498	8,03	962,0	273,86	436,18	116,97	37,42	3407,70	46184,77	18595,25
GM-BAV29	3287716	580955	7,89	394,0	386,71	308,47	121,21	46,69	4661,57	23004,69	16791,89
GM-BAV30	3287895	580977	8,15	279,0	534,28	351,53	124,61	43,93	5195,37	38799,31	18671,62
GM-BAV31	3287898	580872	7,41	778,0	416,35	317,91	125,25	29,21	2733,81	41351,62	19610,13
GM-BAV32	3287684	580867	8,40	135,5	314,51	318,79	122,69	27,04	3637,98	28716,02	17459,62
GM-BAV33	3287524	580897	8,60	482,0	273,60	338,36	130,60	28,03	2577,39	43744,54	18807,23
GM-BAV34	3287377	580883	9,11	475,0	229,62	341,39	129,76	30,91	3020,02	28803,06	20354,12
GM-BAV35	3287215	580904	8,66	85,7	193,40	485,72	134,94	26,53	3482,01	27498,00	18983,76
GM-BAV36	3286997	580877	8,08	103,1	381,44	346,65	137,38	33,61	4032,24	24008,16	18353,24
GM-BAV37	3286838	580874	8,09	450,0	184,74	437,02	113,67	41,80	2035,10	106756,67	16116,77
GM-BAV38	3384726	580893	7,82	1179,0	208,82	493,42	115,01	34,91	2825,55	21296,07	18849,39
GM-BAV39	3286708	580779	8,21	134,9	324,44	285,55	137,68	27,49	4082,73	16397,09	18868,69
GM-BAV40	3286931	580723	8,40	127,6	272,18	312,42	130,00	27,72	2920,52	21810,58	20102,50
GM-BAV41	3287036	580739	7,66	338,0	313,04	349,52	128,75	29,28	3463,48	19775,62	18633,05
GM-BAV42	3287185	580745	8,32	113,0	299,01	383,76	132,89	27,20	3713,28	23482,75	18591,70
GM-BAV43	3287346	580734	10,10	843,0	233,19	362,70	124,55	19,36	2641,60	43305,64	18784,99
GM-BAV44	3287314	580740	8,89	432,0	246,77	341,72	129,83	23,11	2448,08	42683,40	19438,41
GM-BAV45	3287694	580783	7,96	614,0	277,82	300,67	137,23	31,45	2641,03	32047,11	20457,52
GM-BAV46	3287855	580761	7,81	248,0	303,22	304,48	127,72	25,54	2902,31	23903,25	19854,24
GM-BAV47	3287821	580570	7,90	668,0	181,02	356,82	103,08	22,52	4181,53	22165,66	14746,36
GM-BAV48	3287708	580597	7,97	186,9	210,79	316,07	114,35	33,93	4098,20	21657,73	14849,16
GM-BAV49	3287529	580577	8,04	198,8	180,96	411,86	114,68	31,21	3820,19	26423,44	16253,30
GM-BAV50	3287384	580583	8,14	164,2	222,77	399,31	115,58	23,25	3343,18	32858,90	16662,67
GM-BAV51	3287259	580584	8,23	170,5	227,34	403,24	123,56	36,26	3552,45	33811,99	19119,95
GM-BAV52	3287450	580608	8,53	109,2	234,97	400,34	135,69	25,58	4251,96	22174,86	18314,75
GM-BAV53	3286862	580637	8,20	139,7	271,30	399,56	134,15	22,03	4113,10	20975,77	17045,52
Máximo					781,38	493,42	167,13	94,67	5642,64	106756,67	23197,25
Mínimo					180,96	209,07	103,08	19,36	2035,10	9009,36	14658,29

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

Promedio	309,72	345,13	130,37	34,42	3586,57	27577,22	18500,76
STD	109,87	62,60	12,54	14,64	774,13	15838,72	1874,95

CONCENTRACIÓN TOTAL DE METALES EN SUELOS DE URES, SONORA

Tabla 29.

Elementos asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Ures, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-URE-01	3255353	560409	8,45	68,3	17776,45	22,02	294,06	21,93	4,66	12,75
GM-URE-02	3255325	560236	7,97	233,0	15377,67	21,96	370,76	34,05	4,10	11,77
GM-URE-03	3255286	560021	8,08	229,0	14906,59	21,18	353,30	33,88	4,51	13,19
GM-URE-04	3255153	559857	8,39	259,0	9850,06	14,60	205,34	19,81	3,75	11,07
GM-URE-05	3255095	559705	8,48	136,5	18641,84	20,10	482,05	43,34	4,77	13,65
GM-URE-06	3255024	559529	8,17	552,0	20241,02	31,24	359,96	52,06	5,04	20,23
GM-URE-07	3254946	559312	7,98	254,0	19514,09	27,25	422,08	61,50	4,71	20,96
GM-URE-08	3254879	559173	8,50	233,0	13476,63	19,92	313,19	30,63	3,69	17,20
GM-URE-09	3254782	558966	8,04	158,2	24718,90	23,00	572,26	68,67	6,31	15,90
GM-URE-10	3254731	558805	8,43	180,0	23291,73	22,43	572,03	67,76	7,10	30,36
GM-URE-11	3254644	558608	8,35	137,6	22220,49	24,89	481,06	59,34	4,62	20,07
GM-URE-12	3254811	558547	8,13	156,8	27805,53	26,67	655,58	91,87	7,00	23,68
GM-URE-13	3254882	558743	8,34	103,4	20896,06	19,94	432,88	46,91	5,11	17,21
GM-URE-14	3254954	558919	8,28	459,0	14126,00	26,66	285,51	34,39	6,25	24,79
GM-URE-15	3255020	559127	7,91	1784,0	11053,51	17,89	219,92	26,05	2,91	12,19
GM-URE-16	3255083	559303	8,04	913,0	10921,26	21,86	245,14	46,94	3,78	15,14
GM-URE-17	3255149	559475	8,05	1037,0	19582,00	22,77	362,84	40,49	6,37	17,46
GM-URE-18	3255224	559650	7,94	1058,0	16567,77	22,01	371,76	107,31	5,15	21,24
GM-URE-19	3255298	559828	8,44	316,0	9420,60	14,11	181,01	20,26	4,44	11,06
GM-URE-20	3255333	559991	8,59	155,8	9040,14	16,91	208,90	24,76	2,92	13,64
GM-URE-21	3255424	560203	8,57	125,7	9427,19	15,20	185,66	14,30	<LD	11,22
GM-URE-22	3255467	560370	7,98	75,2	26681,45	24,96	524,50	74,41	5,45	17,39
GM-URE-23	3255637	560326	8,82	171,6	8743,89	15,38	219,12	18,41	2,88	13,58
GM-URE-24	3255586	560178	8,15	448,0	13890,39	21,29	311,42	41,90	3,66	19,44
GM-URE-25	3255489	559958	7,76	2.74 mS	18791,98	26,69	391,02	58,70	4,83	22,91
GM-URE-26	3255433	559767	7,83	1194,0	16308,41	20,33	311,71	30,13	4,64	15,51
GM-URE-27	3255367	559581	8,26	552,0	13048,20	19,43	255,62	32,90	3,76	19,41
GM-URE-28	3255300	559388	8,73	412,0	9966,11	18,91	212,99	27,48	3,77	18,70
GM-URE-29	3255231	559213	8,41	276,0	9692,10	19,00	200,41	31,79	8,07	21,89
GM-URE-30	3255159	559054	8,09	308,0	11573,57	26,05	265,61	49,69	4,35	23,47
GM-URE-31	3255084	558867	7,66	4.18 mS	14966,93	28,50	322,95	48,40	5,04	19,20
GM-URE-32	3255005	558678	8,11	120,7	23903,02	29,36	472,91	78,81	9,05	32,79
GM-URE-33	3254929	558497	8,02	394,0	22390,64	48,17	448,96	63,72	11,65	24,08
GM-URE-34	3255086	558405	8,63	122,7	23532,17	33,48	451,67	89,53	18,71	70,16
GM-URE-35	3255159	558620	8,42	335,0	12054,13	20,78	261,36	39,11	4,60	18,01
GM-URE-36	3255239	558800	8,27	673,0	11427,64	19,42	256,22	27,73	3,78	17,84
GM-URE-37	3255317	558978	8,60	213,5	14919,71	28,14	312,35	37,03	5,71	17,08
GM-URE-38	3255385	559152	8,60	230,0	14835,48	27,22	268,95	58,91	5,19	22,27
GM-URE-39	3255483	559339	8,58	203,0	8033,95	22,80	242,35	117,48	<LD	113,78
GM-URE-40	3255521	559508	8,45	91,9	6720,98	16,35	121,94	34,48	3,48	14,09
GM-URE-41	3255595	559713	8,75	320,0	8158,83	19,85	189,16	23,76	3,11	15,59
GM-URE-42	3255669	559877	7,84	1126,0	16383,45	22,83	354,90	50,93	5,24	18,14
GM-URE-43	3257738	560088	8,30	2.76 mS	13388,61	36,35	310,65	103,26	4,89	23,85
GM-URE-44	3255819	560267	8,58	156,7	11061,20	22,54	191,39	37,36	3,29	15,80
GM-URE-45	3555941	560212	8,78	100,6	17553,51	23,85	445,16	60,53	4,61	41,07
GM-URE-46	3255906	560049	8,12	165,9	13319,45	18,15	286,69	43,36	3,56	19,90

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-URE-47	3255828	559827	8,66	229,0	9585,61	14,53	204,67	20,07	2,80	12,78
GM-URE-48	3255738	559638	7,54	5.17 mS	15248,68	20,36	326,86	44,44	4,61	16,71
GM-URE-49	3255694	559454	7,74	4.22 mS	14005,74	23,16	376,66	34,40	7,18	19,44
GM-URE-50	3255613	559280	8,18	659,0	16339,71	25,59	360,88	43,98	7,54	30,76
GM-URE-51	3255526	559109	8,62	200,2	9780,89	19,85	181,47	37,98	4,05	22,13
GM-URE-52	3255463	558925	8,26	243,0	10871,40	27,33	229,00	79,31	4,25	26,11
GM-URE-53	3255343	558737	8,63	186,7	8603,76	22,17	197,95	42,49	4,84	18,88
GM-URE-54	3255324	558537	8,43	129,1	22689,24	37,04	529,04	76,15	14,99	31,78
GM-URE-55	3255232	558354	8,54	239,0	9305,63	27,06	186,15	22,46	11,34	14,37
GM-URE-56	3255371	558275	8,70	132,8	23349,10	34,77	586,56	84,03	14,24	28,32
GM-URE-57	3255451	558438	8,42	281,0	21784,25	28,54	493,94	59,00	10,08	21,09
GM-URE-58	3255518	558646	8,40	148,9	23208,21	32,82	462,64	81,48	10,61	28,05
GM-URE-59	3255627	558816	8,44	377,0	16807,09	28,87	357,28	41,25	6,51	32,03
GM-URE-60	3255679	559024	8,17	208,0	11519,96	27,73	288,37	166,17	5,93	23,47
GM-URE-61	3255770	559190	8,73	205,0	10672,14	18,94	275,78	23,27	<LD	28,79
GM-URE-62	3255844	559464	8,49	342,0	13349,05	20,26	277,62	35,61	4,27	18,60
GM-URE-63	3255891	559584	8,89	160,2	9065,38	20,94	181,70	29,86	4,56	21,01
GM-URE-64	3255968	559804	8,82	156,8	15655,65	27,80	404,91	72,24	4,39	21,83
GM-URE-65	3256059	560000	8,19	284,0	26507,56	40,54	612,88	102,36	13,23	32,56
GM-URE-66	3256085	560176	8,45	165,9	8112,23	21,82	202,37	32,13	3,56	13,89
Máximo					27805,53	48,17	655,58	166,17	18,71	113,78
Mínimo					6720,98	14,11	121,94	14,30	2,80	11,06
Promedio					15252,46	23,98	332,45	50,83	5,86	22,32
STD					5532,52	6,38	125,61	28,28	3,21	14,41

Tabla 30.

Elementos que no están asociados al derrame en muestra total de suelos, localidad Ures, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E. (µS)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-URE-01	3255353	560409	8,45	68,3	348,78	317,14	95,21	15,69	2802,71	11779,33	18365,73
GM-URE-02	3255325	560236	7,97	233,0	188,88	314,96	93,50	17,59	2696,60	11820,22	17836,43
GM-URE-03	3255286	560021	8,08	229,0	212,32	305,75	95,61	21,51	3046,63	9787,69	16659,30
GM-URE-04	3255153	559857	8,39	259,0	174,78	307,92	89,90	26,01	2145,73	12358,18	20480,59
GM-URE-05	3255095	559705	8,48	136,5	165,43	301,24	115,88	<LD	2614,27	11533,33	18455,63
GM-URE-06	3255024	559529	8,17	552,0	217,65	365,24	108,68	23,33	2367,83	14848,33	18917,97
GM-URE-07	3254946	559312	7,98	254,0	289,34	415,70	107,12	24,90	2789,82	16492,49	19706,44
GM-URE-08	3254879	559173	8,50	233,0	209,16	332,13	89,15	28,48	2209,69	15499,29	19605,93
GM-URE-09	3254782	558966	8,04	158,2	215,69	329,94	103,88	19,60	3699,27	10648,72	18768,66
GM-URE-10	3254731	558805	8,43	180,0	231,61	352,87	104,20	15,86	3387,79	11887,61	19840,42
GM-URE-11	3254644	558608	8,35	137,6	246,67	370,83	108,18	17,53	2926,00	13200,21	19340,34
GM-URE-12	3254811	558547	8,13	156,8	218,17	309,15	118,64	22,21	3050,19	10376,42	18181,61
GM-URE-13	3254882	558743	8,34	103,4	195,85	300,37	97,29	18,70	2653,60	11183,64	17344,13
GM-URE-14	3254954	558919	8,28	459,0	226,19	297,83	118,45	22,98	2763,63	16882,41	19085,48
GM-URE-15	3255020	559127	7,91	1784,0	156,44	235,27	87,35	27,87	2026,26	17196,72	19062,33
GM-URE-16	3255083	559303	8,04	913,0	131,12	291,97	90,82	17,80	3099,89	12173,30	18598,17
GM-URE-17	3255149	559475	8,05	1037,0	170,16	293,11	107,96	21,21	2601,82	20282,08	17403,27
GM-URE-18	3255224	559650	7,94	1058,0	205,55	331,29	95,62	17,97	2483,56	20505,56	18339,18
GM-URE-19	3255298	559828	8,44	316,0	196,85	266,51	82,00	17,51	1515,34	10539,25	17141,76
GM-URE-20	3255333	559991	8,59	155,8	136,63	295,19	93,01	16,44	1682,87	11918,19	18479,98
GM-URE-21	3255424	560203	8,57	125,7	205,18	361,01	82,30	16,23	2358,51	11085,97	18768,53
GM-URE-22	3255467	560370	7,98	75,2	311,08	370,66	116,39	18,91	3264,60	10979,18	18667,68
GM-URE-23	3255637	560326	8,82	171,6	149,98	293,44	92,78	<LD	1666,62	16414,09	19991,78
GM-URE-24	3255586	560178	8,15	448,0	191,26	327,74	107,30	21,26	2101,01	15684,50	19335,35
GM-URE-25	3255489	559958	7,76	2.74 mS	242,48	324,40	84,36	19,70	2998,24	18376,54	18754,73
GM-URE-26	3255433	559767	7,83	1194,0	258,52	352,20	98,37	17,98	2385,41	13466,70	18914,98
GM-URE-27	3255367	559581	8,26	552,0	190,68	310,42	110,01	22,37	2074,06	13450,80	20452,93

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.											
GM-URE-28	3255300	559388	8,73	412,0	161,36	318,17	102,10	21,54	1634,07	13062,25	19366,61
GM-URE-29	3255231	559213	8,41	276,0	146,44	256,72	109,51	18,56	1648,96	13173,69	19957,93
GM-URE-30	3255159	559054	8,09	308,0	165,04	295,35	118,52	16,44	1762,75	14896,26	21538,99
GM-URE-31	3255084	558867	7,66	4.18 mS	222,89	312,82	100,77	15,60	2281,39	24290,73	20861,42
GM-URE-32	3255005	558678	8,11	120,7	226,61	238,87	119,78	15,98	2963,05	9058,87	19375,88
GM-URE-33	3254929	558497	8,02	394,0	268,97	305,17	106,01	23,61	3443,64	18480,19	18904,90
GM-URE-34	3255086	558405	8,63	122,7	245,01	309,96	121,38	37,95	2989,49	17270,92	17719,71
GM-URE-35	3255159	558620	8,42	335,0	174,09	270,41	94,71	14,77	2342,10	21883,58	19855,23
GM-URE-36	3255239	558800	8,27	673,0	251,33	286,53	102,43	17,56	2085,24	19490,46	20389,69
GM-URE-37	3255317	558978	8,60	213,5	135,24	252,14	87,65	17,72	2404,25	22792,24	18342,24
GM-URE-38	3255385	559152	8,60	230,0	214,58	339,63	102,10	20,86	2205,45	27610,78	18899,98
GM-URE-39	3255483	559339	8,58	203,0	139,23	251,77	102,03	17,95	1506,98	19856,89	21872,68
GM-URE-40	3255521	559508	8,45	91,9	101,89	212,97	97,96	13,70	961,69	18181,46	19665,11
GM-URE-41	3255595	559713	8,75	320,0	171,64	266,65	98,45	17,96	1687,60	22226,63	21046,90
GM-URE-42	3255669	559877	7,84	1126,0	224,33	333,19	90,00	18,00	2694,66	28114,33	18183,98
GM-URE-43	3257738	560088	8,30	2.76 mS	201,14	527,75	84,22	17,58	1669,60	70452,18	22224,79
GM-URE-44	3255819	560267	8,58	156,7	224,61	324,36	96,70	35,46	1645,47	13983,97	21907,51
GM-URE-45	3555941	560212	8,78	100,6	128,61	348,03	124,48	42,03	2269,59	21275,80	20541,01
GM-URE-46	3255906	560049	8,12	165,9	136,51	274,07	111,05	<LD	1828,53	19111,48	17810,72
GM-URE-47	3255828	559827	8,66	229,0	105,10	227,85	95,12	13,56	1332,55	19244,64	20273,66
GM-URE-48	3255738	559638	7,54	5.17 mS	211,51	270,88	94,14	<LD	2209,65	17470,04	18139,80
GM-URE-49	3255694	559454	7,74	4.22 mS	193,45	304,26	104,35	19,53	2068,57	19943,23	21388,82
GM-URE-50	3255613	559280	8,18	659,0	219,61	298,92	113,54	21,69	2666,35	24544,59	19963,50
GM-URE-51	3255526	559109	8,62	200,2	158,29	271,16	105,20	19,20	1716,05	17730,66	20436,87
GM-URE-52	3255463	558925	8,26	243,0	131,39	261,08	105,63	28,87	1720,25	27771,53	20573,35
GM-URE-53	3255343	558737	8,63	186,7	241,27	250,23	108,00	21,88	1570,43	14238,42	20102,36
GM-URE-54	3255324	558537	8,43	129,1	180,72	246,39	113,16	15,99	2580,32	10102,72	16855,70
GM-URE-55	3255232	558354	8,54	239,0	165,17	182,21	125,03	17,36	1389,52	8219,99	17419,00
GM-URE-56	3255371	558275	8,70	132,8	198,24	292,28	117,49	19,39	3372,15	20009,03	18579,64
GM-URE-57	3255451	558438	8,42	281,0	230,63	284,25	109,60	19,09	2466,47	17532,81	15749,55
GM-URE-58	3255518	558646	8,40	148,9	202,32	299,89	112,99	<LD	2524,37	15459,75	17501,44
GM-URE-59	3255627	558816	8,44	377,0	230,88	288,07	108,46	20,79	1911,92	19773,32	20746,57
GM-URE-60	3255679	559024	8,17	208,0	140,06	283,82	103,84	17,33	1858,91	20774,49	19911,26
GM-URE-61	3255770	559190	8,73	205,0	156,85	188,56	97,95	16,70	1598,03	13179,20	19767,27
GM-URE-62	3255844	559464	8,49	342,0	251,61	315,06	88,04	16,24	2187,63	19266,25	19649,90
GM-URE-63	3255891	559584	8,89	160,2	203,90	260,49	91,48	36,93	1243,36	12631,21	19396,82
GM-URE-64	3255968	559804	8,82	156,8	214,21	402,84	103,84	19,53	2153,22	31747,91	19692,79
GM-URE-65	3256059	560000	8,19	284,0	218,95	343,32	111,27	22,04	3088,28	19091,08	17776,08
GM-URE-66	3256085	560176	8,45	165,9	170,26	312,04	87,29	18,95	1504,74	31059,79	18557,63
Máximo					348,78	527,75	125,03	42,03	3699,27	70452,18	22224,79
Mínimo					101,89	182,21	82,00	13,56	961,69	8219,99	15749,55
Promedio					197,73	302,76	102,43	20,62	2281,81	17657,18	19203,77
STD					47,25	52,75	10,95	5,76	616,18	8502,82	1339,24

Tabla 31.

Concentraciones de elementos asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Ures, Sonora.

Clave	N	E	pH	C.E.(µS)	Elementos asociados al derrame					
					Fe	Cu	Mn	Zn	As	Pb
GM-URE-01	3255353	560409	8,45	68,3	20190,63	17,35	267,39	33,27	4,15	14,05
GM-URE-02	3255325	560236	7,97	233,0	20329,97	14,43	351,54	42,34	3,92	16,99
GM-URE-03	3255286	560021	8,08	229,0	22282,18	18,34	402,05	62,27	4,50	17,45
GM-URE-04	3255153	559857	8,39	259,0	11217,54	18,85	190,55	24,07	<LD	16,02
GM-URE-05	3255095	559705	8,48	136,5	27854,37	20,68	592,52	72,44	6,78	17,93
GM-URE-06	3255024	559529	8,17	552,0	23834,92	31,43	529,99	74,77	5,50	23,72
GM-URE-07	3254946	559312	7,98	254,0	20293,73	22,13	375,04	62,25	6,48	23,28
GM-URE-08	3254879	559173	8,50	233,0	20695,50	22,23	341,22	51,02	4,80	26,12
GM-URE-09	3254782	558966	8,04	158,2	28244,11	19,34	575,68	80,69	7,05	17,87

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-URE-10	3254731	558805	8,43	180,0	25434,05	24,43	494,44	73,82	8,00	18,00
GM-URE-11	3254644	558608	8,35	137,6	25325,12	18,77	489,18	65,66	6,20	17,18
GM-URE-12	3254811	558547	8,13	156,8	29665,27	21,95	699,37	93,32	8,80	22,11
GM-URE-13	3254882	558743	8,34	103,4	27099,94	21,81	569,59	80,20	8,64	23,17
GM-URE-14	3254954	558919	8,28	459,0	18251,97	21,94	335,76	49,38	5,33	22,51
GM-URE-15	3255020	559127	7,91	1784,0	15443,06	21,19	236,26	45,24	4,48	23,38
GM-URE-16	3255083	559303	8,04	913,0	16880,47	19,89	301,01	80,34	4,09	23,32
GM-URE-17	3255149	559475	8,05	1037,0	25701,50	21,69	426,59	65,66	5,92	21,11
GM-URE-18	3255224	559650	7,94	1058,0	22208,02	23,72	418,90	140,52	6,36	28,38
GM-URE-19	3255298	559828	8,44	316,0	17444,77	25,05	297,49	24,63	5,28	13,72
GM-URE-20	3255333	559991	8,59	155,8	13457,90	16,29	187,51	33,42	3,29	15,34
GM-URE-21	3255424	560203	8,57	125,7	13568,83	17,84	206,81	17,47	3,71	14,79
GM-URE-22	3255467	560370	7,98	75,2	25896,69	17,70	535,32	71,37	5,85	16,27
GM-URE-23	3255637	560326	8,82	171,6	13599,71	14,39	168,09	23,44	4,80	15,49
GM-URE-24	3255586	560178	8,15	448,0	17493,95	16,63	298,13	53,03	<LD	39,09
GM-URE-25	3255489	559958	7,76	2,74 mS	26653,24	25,02	468,83	98,15	6,36	34,20
GM-URE-26	3255433	559767	7,83	1194,0	20196,51	21,70	363,62	40,82	4,97	18,71
GM-URE-27	3255367	559581	8,26	552,0	14731,01	22,09	269,07	42,35	3,87	23,82
GM-URE-28	3255300	559388	8,73	412,0	14858,49	15,57	220,64	46,73	6,29	23,42
GM-URE-29	3255231	559213	8,41	276,0	16150,91	18,46	228,44	37,25	4,95	21,96
GM-URE-30	3255159	559054	8,09	308,0	15255,58	32,02	270,35	68,24	6,57	38,29
GM-URE-31	3255084	558867	7,66	4,18 mS	20356,08	26,12	312,37	58,27	5,04	23,53
GM-URE-32	3255005	558678	8,11	120,7	27030,19	31,00	467,01	81,55	11,15	34,09
GM-URE-33	3254929	558497	8,02	394,0	24302,63	30,90	458,54	70,11	12,13	29,29
GM-URE-34	3255086	558405	8,63	122,7	21827,36	20,10	381,47	56,63	6,31	19,68
GM-URE-35	3255159	558620	8,42	335,0	14431,33	22,46	289,83	49,50	6,19	23,55
GM-URE-36	3255239	558800	8,27	673,0	14235,96	19,66	162,08	27,97	5,00	17,82
GM-URE-37	3255317	558978	8,60	213,5	19844,31	33,30	384,45	64,05	7,25	29,56
GM-URE-38	3255385	559152	8,60	230,0	15990,23	22,39	275,53	121,47	7,49	28,71
GM-URE-39	3255483	559339	8,58	203,0	12381,81	20,59	207,13	58,21	<LD	41,45
GM-URE-40	3255521	559508	8,45	91,9	12678,19	18,01	243,74	97,99	4,66	21,38
GM-URE-41	3255595	559713	8,75	320,0	12506,82	19,68	220,24	39,25	4,58	23,33
GM-URE-42	3255669	559877	7,84	1126,0	20257,67	25,10	341,68	64,54	5,26	24,41
GM-URE-43	3257738	560088	8,30	2,76 mS	17893,16	40,02	359,27	150,48	4,09	37,32
GM-URE-44	3255819	560267	8,58	156,7	13890,38	13,14	129,40	40,92	<LD	19,18
GM-URE-45	3555941	560212	8,78	100,6	27329,64	26,86	508,81	87,64	6,00	52,52
GM-URE-46	3255906	560049	8,12	165,9	16613,32	23,91	304,81	70,30	4,93	20,46
GM-URE-47	3255828	559827	8,66	229,0	17576,77	24,05	275,69	38,56	2,84	17,64
GM-URE-48	3255738	559638	7,54	5,17 mS	20598,30	23,27	422,78	60,77	5,28	25,35
GM-URE-49	3255694	559454	7,74	4,22 mS	15793,84	17,01	279,13	45,89	5,03	21,77
GM-URE-50	3255613	559280	8,18	659,0	20533,71	29,93	346,16	62,61	6,95	43,80
GM-URE-51	3255526	559109	8,62	200,2	18496,38	21,90	203,19	41,30	5,49	36,15
GM-URE-52	3255463	558925	8,26	243,0	13197,14	25,08	219,10	102,45	6,87	32,68
GM-URE-53	3255343	558737	8,63	186,7	11548,15	17,71	155,72	46,35	4,63	19,60
GM-URE-54	3255324	558537	8,43	129,1	24082,03	37,04	501,27	83,11	17,86	31,97
GM-URE-55	3255232	558354	8,54	239,0	22435,41	18,86	211,76	23,61	4,47	19,37
GM-URE-56	3255371	558275	8,70	132,8	24895,21	37,12	570,17	79,13	14,86	32,70
GM-URE-57	3255451	558438	8,42	281,0	24700,22	26,29	532,97	64,69	11,48	22,16
GM-URE-58	3255518	558646	8,40	148,9	25673,50	31,69	573,05	88,21	13,96	31,58
GM-URE-59	3255627	558816	8,44	377,0	24613,83	23,22	416,87	68,88	5,35	39,19
GM-URE-60	3255679	559024	8,17	208,0	14228,28	27,10	247,54	56,06	5,47	32,39
GM-URE-61	3255770	559190	8,73	205,0	20870,52	20,27	273,17	47,77	6,41	41,94
GM-URE-62	3255844	559464	8,49	342,0	17588,28	21,98	270,45	61,21	4,81	27,54
GM-URE-63	3255891	559584	8,89	160,2	18563,09	23,95	290,79	52,27	6,82	37,13
GM-URE-64	3255968	559804	8,82	156,8	21919,76	35,73	467,72	99,97	6,94	27,62
GM-URE-65	3256059	560000	8,19	284,0	27630,88	38,20	570,88	93,92	15,29	30,70
GM-URE-66	3256085	560176	8,45	165,9	14036,08	20,17	258,20	41,68	5,12	28,08
Máximo					29665,27	40,02	699,37	150,48	17,86	52,52
Mínimo					11217,54	13,14	129,40	17,47	2,84	13,72
Promedio					19709,25	23,28	352,19	62,90	6,50	25,66

STD	5015.85	6.09	133.51	26.63	2.99	8.41
-----	---------	------	--------	-------	------	------

Tabla 32.

Concentraciones de elementos no asociados al derrame en muestras que pasan la malla 60. Localidad de Ures, Sonora. Algunos de estos elementos fueron utilizados como trazadores de otras posibles fuentes de contaminación.

Clave	N	E	pH	C.E.(μ S)	Elementos no asociados al derrame						
					Zr	Sr	Rb	W	Ti	Ca	K
GM-URE-01	3255353	560409	8,45	68,3	546,27	439,38	101,59	22,59	3451,53	13141,48	20960,66
GM-URE-02	3255325	560236	7,97	233,0	427,89	403,31	107,17	21,23	3231,08	13398,50	20606,01
GM-URE-03	3255286	560021	8,08	229,0	271,32	391,07	109,85	22,14	2946,22	11556,85	19137,96
GM-URE-04	3255153	559857	8,39	259,0	294,70	394,14	96,68	21,85	1994,91	12254,69	19559,24
GM-URE-05	3255095	559705	8,48	136,5	266,44	351,98	112,93	42,53	3479,94	13689,94	18249,64
GM-URE-06	3255024	559529	8,17	552,0	351,42	404,49	105,38	19,33	3272,36	16277,53	19190,90
GM-URE-07	3254946	559312	7,98	254,0	285,72	424,35	108,54	19,95	2849,21	17279,75	20491,27
GM-URE-08	3254879	559173	8,50	233,0	379,61	420,86	106,75	22,39	2527,76	18960,34	20453,37
GM-URE-09	3254782	558966	8,04	158,2	287,47	335,62	118,05	56,53	3392,81	11388,14	19247,07
GM-URE-10	3254731	558805	8,43	180,0	297,84	377,47	112,44	31,84	3231,61	12828,34	19721,21
GM-URE-11	3254644	558608	8,35	137,6	305,40	385,48	114,80	35,20	3438,08	12995,13	20350,79
GM-URE-12	3254811	558547	8,13	156,8	269,72	311,37	122,12	19,01	3425,93	11180,40	19545,83
GM-URE-13	3254882	558743	8,34	103,4	290,28	350,97	115,97	21,72	3227,13	12583,14	19246,49
GM-URE-14	3254954	558919	8,28	459,0	294,34	380,90	107,23	21,60	2380,14	18810,92	19019,51
GM-URE-15	3255020	559127	7,91	1784,0	366,25	368,56	104,05	28,64	2158,82	20068,85	20905,52
GM-URE-16	3255083	559303	8,04	913,0	364,73	400,88	102,31	17,42	2473,87	15871,42	20530,13
GM-URE-17	3255149	559475	8,05	1037,0	330,08	383,52	105,55	20,78	2759,33	26906,86	18540,15
GM-URE-18	3255224	559650	7,94	1058,0	341,00	421,46	105,17	33,46	2898,23	22651,49	20042,01
GM-URE-19	3255298	559828	8,44	316,0	450,11	393,37	96,97	37,66	2549,86	13187,31	18733,79
GM-URE-20	3255333	559991	8,59	155,8	279,40	399,68	98,93	31,46	2275,89	14357,51	19786,29
GM-URE-21	3255424	560203	8,57	125,7	532,51	428,68	91,31	19,16	2427,09	13375,06	18399,99
GM-URE-22	3255467	560370	7,98	75,2	342,13	359,49	115,20	38,82	3682,75	11037,37	18913,08
GM-URE-23	3255637	560326	8,82	171,6	296,14	404,36	98,64	34,79	1912,26	19642,25	21840,33
GM-URE-24	3255586	560178	8,15	448,0	297,82	364,78	103,70	28,25	2637,58	18008,48	19794,70
GM-URE-25	3255489	559958	7,76	2.74 mS	346,15	403,24	108,66	17,68	3264,05	19724,99	21684,17
GM-URE-26	3255433	559767	7,83	1194,0	353,86	395,93	105,06	44,89	2720,94	14417,02	20457,25
GM-URE-27	3255367	559581	8,26	552,0	337,13	352,17	107,30	21,57	1900,59	15658,04	20669,24
GM-URE-28	3255300	559388	8,73	412,0	296,59	350,87	104,62	20,25	2267,51	17135,41	21226,82
GM-URE-29	3255231	559213	8,41	276,0	247,69	323,83	108,64	36,68	2215,94	16772,08	21629,39
GM-URE-30	3255159	559054	8,09	308,0	217,78	338,83	107,73	37,14	1906,33	17773,68	20838,33
GM-URE-31	3255084	558867	7,66	4.18 mS	296,19	374,97	104,64	18,01	2455,34	25384,21	20524,29
GM-URE-32	3255005	558678	8,11	120,7	295,39	257,86	120,16	20,00	3175,71	9452,36	19779,97
GM-URE-33	3254929	558497	8,02	394,0	314,99	366,16	112,37	37,90	3408,35	20669,04	18829,90
GM-URE-34	3255086	558405	8,63	122,7	338,23	388,86	107,83	22,15	3128,09	18560,14	20343,93
GM-URE-35	3255159	558620	8,42	335,0	212,61	329,39	106,04	27,24	2481,79	21477,05	19998,69
GM-URE-36	3255239	558800	8,27	673,0	439,20	321,48	103,91	19,46	2143,25	20439,28	20752,74
GM-URE-37	3255317	558978	8,60	213,5	347,88	325,68	109,77	19,11	2639,92	25696,19	19157,47
GM-URE-38	3255385	559152	8,60	230,0	247,79	384,46	102,23	20,87	2267,82	31883,54	19851,17
GM-URE-39	3255483	559339	8,58	203,0	202,73	333,12	111,75	28,59	1915,81	20910,35	20629,75
GM-URE-40	3255521	559508	8,45	91,9	263,96	341,60	99,01	31,14	1829,75	24893,57	18395,96
GM-URE-41	3255595	559713	8,75	320,0	302,11	345,82	102,22	28,81	1976,07	24876,99	20831,97
GM-URE-42	3255669	559877	7,84	1126,0	351,08	391,84	102,36	20,96	2517,47	28008,64	19640,02
GM-URE-43	3257738	560088	8,30	2.76 mS	249,02	689,58	89,77	21,69	2130,44	71711,81	22547,75
GM-URE-44	3255819	560267	8,58	156,7	277,67	356,10	101,12	15,40	1972,94	17720,88	22100,24
GM-URE-45	3555941	560212	8,78	100,6	286,73	379,22	107,05	25,36	3205,48	24455,07	18575,00
GM-URE-46	3255906	560049	8,12	165,9	223,68	351,04	101,05	52,17	2210,77	23909,19	18066,70
GM-URE-47	3255828	559827	8,66	229,0	261,54	366,83	100,01	17,51	2567,22	24235,17	18645,07
GM-URE-48	3255738	559638	7,54	5.17 mS	349,13	375,47	107,91	33,75	2985,46	21317,44	19533,17
GM-URE-49	3255694	559454	7,74	4.22 mS	346,39	399,40	103,57	38,86	2394,99	21028,93	21194,49
GM-URE-50	3255613	559280	8,18	659,0	291,17	362,56	105,81	22,43	2845,93	24637,01	20617,21
GM-URE-51	3255526	559109	8,62	200,2	297,36	355,54	109,47	29,89	2297,02	23466,89	20593,12
GM-URE-52	3255463	558925	8,26	243,0	190,48	329,51	104,49	37,28	1844,05	28929,84	19516,16

Evaluación de riesgo a la salud humana por exposición a elementos potencialmente tóxicos asociados al derrame de Buenavista del Cobre, ocurrido en Agosto de 2014.

GM-URE-53	3255343	558737	8,63	186,7	351,13	316,80	109,42	19,87	1760,42	16184,78	22236,39
GM-URE-54	3255324	558537	8,43	129,1	258,74	259,57	119,00	<LD	3241,12	12106,98	18853,30
GM-URE-55	3255232	558354	8,54	239,0	385,00	291,00	108,32	37,30	2934,04	15211,80	20952,70
GM-URE-56	3255371	558275	8,70	132,8	253,34	334,22	119,23	17,54	3015,27	20601,52	19601,85
GM-URE-57	3255451	558438	8,42	281,0	290,75	318,51	113,15	30,98	3001,70	24499,63	18270,44
GM-URE-58	3255518	558646	8,40	148,9	219,87	345,44	117,17	28,24	3118,50	18459,94	20141,20
GM-URE-59	3255627	558816	8,44	377,0	331,54	362,44	109,03	23,87	3409,61	23541,46	21397,78
GM-URE-60	3255679	559024	8,17	208,0	241,35	356,39	108,19	48,91	2201,73	20289,55	19992,41
GM-URE-61	3255770	559190	8,73	205,0	391,88	324,38	113,65	41,04	2785,25	18036,32	22454,80
GM-URE-62	3255844	559464	8,49	342,0	431,61	376,71	101,00	20,91	2412,60	22878,34	21445,08
GM-URE-63	3255891	559584	8,89	160,2	389,57	347,10	102,30	34,33	2661,42	16918,30	20728,49
GM-URE-64	3255968	559804	8,82	156,8	319,55	508,30	107,49	19,41	2608,98	36560,15	21422,01
GM-URE-65	3256059	560000	8,19	284,0	256,96	371,40	114,18	38,80	3227,36	20122,34	19071,99
GM-URE-66	3256085	560176	8,45	165,9	246,69	380,59	99,58	21,17	2286,40	33782,29	20175,58
Máximo					546,27	689,58	122,12	56,53	3682,75	71711,81	22547,75
Mínimo					190,48	257,86	89,77	15,40	1760,42	9452,36	18066,70
Promedio					313,96	370,91	106,93	27,96	2666,03	20087,73	20100,60
STD					70,20	56,94	6,56	9,45	520,29	8634,11	1113,29