

# ANEXO

## 1.3

Informe de avances “Valoración de la presencia de metales, asociados al derrame de Buena Vista del Cobre (BVC), en sedimentos y suelos de la Cuenca del Río Sonora, a 6 meses de ocurrido el derrame y después de las acciones de remediación de BVC”, Elaborado por el Instituto de Geología, UNAM el 22.05.2015. Este Informe fue entregado al Fideicomiso Río Sonora en 2015



**INSTITUTO DE GEOLOGIA**  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO



## **Informe de avances No. 1**

### **Proyecto**

**Diagnóstico Ambiental y propuesta de Remediación-Reparación-Compensación en la cuenca del Río Sonora afectada por el derrame del represo "Tinajas 1" de la mina Buenavista del Cobre (BVC), Cananea, Sonora"**

### **Sub-proyecto**

**Diagnóstico integral para la evaluación del daño ambiental del medio abiótico en el corto, mediano y largo plazo**

**Valoración de la presencia de metales, asociados al derrame de Buena Vista del Cobre (BVC), en sedimentos y suelos de la Cuenca del Río Sonora, a 6 meses de ocurrido el derrame y después de las acciones de remediación de BVC**

**Elaborado por:**

Instituto de Geología  
Universidad Nacional Autónoma de México

22.05.2015

## INDICE

	Páginas
<b>SÍNTESIS</b>	3 – 9
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
Origen de la emergencia ambiental en la cuenca del Río Sonora	10 - 15
Medidas de contingencia para el control del derrame y contención De la solución derramada el pasado 06 de agosto de 2014	15 - 16
<b>II. FUENTE DE CONTAMINACIÓN: SOLUCIÓN ÁCIDA FERRO-CUPRÍFERA DERRAMADA A LA CUENCA DEL RÍO SONORA</b>	
Composición química de la solución derramada	17
Caracterización de la fuente de contaminación reportada en el estudio denominado "Diagnóstico de la situación ambiental asociada al derrame de la solución ácida ferro-cuprífera de Buena vista del Cobre	17 - 24
<b>III. NATURALEZA LITOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	
Naturaleza litológica	25 – 31
Naturaleza geoquímica	32 – 38
<b>IV. CALIDAD DE SEDIMENTOS Y SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO SONORA DESPUÉS DE LA REMEDIACIÓN</b>	
4.1 Muestreo	39 – 40
4.2 Análisis de laboratorio	40 – 41
4.3 Transectos en Tinajas I	42 – 51
4.4 Transectos en Tinajas II	52 – 63

	Páginas
4.5 Transectos en el Río Bacanuchi	64 – 83
4.6 Transectos en el Río Sonora a la altura de Arizpe y Aconchi	84 – 95
4.7 Transectos en el Arroyo San Francisco	95 – 97

### **Lista de Anexos**

**Anexo I.1** Informe de muestreo en los transectos del Arroyo Tinajas I, Tinajas II, Río Bacanuchi, Río Sonora y Arroyo San Francisco

**Anexo I.2** Cadena de custodia muestreo de transectos Arroyo Tinajas I

**Anexo I.3** Cadena de custodia muestreo de transectos Arroyo Tinajas II

**Anexo I.4** Cadena de custodia muestreo transectos Río Bacanuchi

**Anexo I.5** Cadena de custodia muestreo transectos Río Sonora – Arroyo San Francisco

**Anexo II.1** Informe resultados (pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos Arroyo Tinajas I. Laboratorio de Geoquímica Ambiental del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM) del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IGL-UNAM)

**Anexo II.2** Informe de resultados (pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos Arroyo Tinajas II. LANGEM. IGL-UNAM

**Anexo II.3** Informe de resultados ( pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos de Río Bacanuchi. LANGEM. IGL-UNAM

**Anexo II.3** Informe de resultados ( pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos del Río Sonora y Arroyo San Francisco. LANGEM. IGL-UNAM

## SINTESIS

El 06 de agosto de 2014 se derramaron, al Arroyo Tinajas del Municipio de Cananea, Sonora, unos 40,000 m<sup>3</sup> de solución ácida (pH = 2.2 – 2.3), que contenía, en orden descendente, los siguientes metales disueltos: hierro (Fe), aluminio (Al), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), arsénico (As), níquel (Ni), cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr). Así mismo, se sabe que la solución ácida derramada no contenía bario (Ba), antimonio (Sb) ni mercurio (Hg).

De estos elementos asociados al derrame, el Fe, Al y Mn se clasifican, en geoquímica, como elementos mayores<sup>1</sup>; mientras que el Cu, Zn, As, Ni, Cd, Pb y Cr, se clasifican como elementos traza<sup>2</sup>.

La solución ácida derramada pudo afectar al Arroyo Tinajas (17.6 km), al Río Bacanuchi (64 km) y al Río Sonora (190 km). El Río Sonora recorre, aproximadamente 294 km hasta drenar sus aguas en la presa Rodolfo Félix Valdez (El Molinito).

Entre las medidas aplicadas, por Buena Vista del Cobre (BVC), para mitigar el impacto ambiental del derrame en la cuenca del Río Sonora destaca la remoción (agosto – octubre de 2014) de 6,096 m<sup>3</sup> de sedimento visiblemente impactado<sup>3</sup> por el derrame y depositado en los caminos de acceso de la presa de jales de BVC.

Para valorar la presencia de los metales, asociados al derrame, en los sedimentos y suelos, a 6 meses de ocurrido el derrame y después de las acciones de remediación realizadas por BVC, el Instituto de Geología de la Universidad

---

<sup>1</sup> **Elementos mayores (EM):** Son los que están presentes de manera natural en altas concentraciones (> 0.1%) en la corteza terrestre (rocas, suelos, sedimentos). Estos EM controlan en gran medida la cristalización de los minerales petrogenéticos en las rocas. Nota: 0.1% equivale a 1,000 mg/kg.

<sup>2</sup> **Elementos traza (ET):** Son los que están presentes de manera natural en bajas concentraciones (< 0.1%) en la corteza terrestre (rocas, suelos, sedimentos); pero que pueden incrementar su concentración, en el medio abiótico, debido a procesos contaminantes por actividades humanas.

<sup>3</sup> Según documentos de Buena Vista del Cobre preparados para las autoridades, entre marzo y abril se hizo la remoción adicional de 1,302 m<sup>3</sup> de sedimentos y suelos visiblemente impactados por el derrame

Nacional Autónoma de México (IGL-UNAM) realizó una prospección geoquímica entre el 25 y 28 de febrero de 2015, cuyos principales resultados se listan a continuación:

### **1. Fuente de contaminación**

La solución derramada y los sólidos que precipitan cuando entran en contacto con material natural se caracterizan por:

- Bajos valores de pH
- Altas concentraciones de metales
- Altos valores de conductividad eléctrica (CE)<sup>4</sup>
- Un patrón característico de los elementos de tierra raras con una anomalía negativa muy pronunciada de europio

### **2. Aspectos geológicos de la zona de estudio**

- La sub-cuenca de Arizpe, que es la más estudiada de la Cuenca del Río Sonora, empezó a formarse hace ~20 millones de años
- Las rocas de los alrededores de Arizpe se caracterizan por las elevadas concentraciones de elemento mayores como aluminio (82,733 mg/kg - 91,849 mg/kg), hierro (59,640 mg/kg - 68,460 mg/kg ) y manganeso (789.8 mg/kg - 1364.2 mg/kg ). Así mismo, se caracterizan por contener concentraciones máximas (mg/kg) de hasta 1123, 197, 107, 11, 107, 38, 13, 0.2, 0.5, 0.21 y 53 de bario (Ba), vanadio (V), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), níquel (Ni), arsénico (As), cadmio (Cd), antimonio (Sb), mercurio (Hg) y cromo (Cr), respectivamente.

---

<sup>4</sup> Es importante señalar que en un estudio realizado posteriormente por el IGL-UNAM (ver Informe de Avances 2) se concluye que el valor de tendencia central de la conductividad eléctrica (CE = 799  $\mu$ S/cm) de los sedimentos impactados por el derrame, removidos y depositados en los caminos de acceso de la presa de jales de BVC, es un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la remediación realizada por la empresa BVC.

- Se puede afirmar que desde hace 20 millones de años, el Río Sonora ha estado recibiendo sedimentos con valores anómalos de Al, Fe, Mn, Ba, V, Cu, Zn, As, entre otros.
- El patrón de elementos de tierras raras (ETR) de las rocas de la sub-cuenca de Arizpe, normalizados contra la Condrita, muestran un enriquecimiento en los ETR ligeros; pero no muestran ninguna anomalía de europio; lo que los hace diferentes al patrón de tierras raras de la fuente de contaminación asociada al derrame de BVC; lo que indica que el patrón los ETR podría servir como indicador de la contaminación residual asociada al derrame, al menos para los suelos y sedimentos en los alrededores de Arizpe.

### 3. Geoquímica de sedimentos (Servicio Geológico Mexicano, 1995 - 2000)

- El análisis de aproximadamente 3,625 muestras de sedimentos de arroyo, colectada por el Servicio Geológico Mexicano entre 1995 y 2000, indica que las concentraciones naturales los metales de interés, asociados al derrame, en los sedimentos de la cuenca del Río Sonora y zonas adyacentes son relativamente altas y que varían ampliamente (ver siguiente Tabla).

Elemento	Media	Mínimo	Máximo
Fe, mg/kg	36,476	8,900	183,300
Al, mg/kg	24,149	2,600	65,800
Mn, mg/kg	661.7	46.0	5,319
Ba, mg/kg	216.24	24.0	1,436
Zn, mg/kg	95.7	13.0	3,502
Cr, mg/kg	59.5	1.00	547
Cu, mg/kg	54.0	1.00	6,471
Pb, mg/kg	47.7	2.00	17,612
As, mg/kg	18.4	0.32	2,092
Ni, mg/kg	14.8	0.90	838
Sb, mg/kg	2.97	0.20	221
Cd, mg/kg	0.88	0.04	61.6

*. Estadística descriptiva de las concentraciones de los metales de interés en los sedimentos de arroyo de la cuenca del Río Sonora y zonas aledañas (n = 3,625 muestras) (Fuente SGM, 1995 - 2000)*

- La distribución de los metales de interés, en los sedimentos de arroyo, varía según la parte de la cuenca; lo que está determinado por la litología que cambia desde la parte alta (norte) hasta la parte baja (sur); lo que permite concluir que la zona de estudio se debe dividir en partes; y que cada una de estas partes debe tener sus propios valores de fondo; y no asumir un único valor de fondo para toda la cuenca del Río Sonora.

**4. Prospección geoquímica del IGL-UNAM (25 – 28 de febrero de 2015) para valorar la presencia de metales, asociados al derrame de BVC, en sedimentos y suelos de la cuenca del Río Sonora, a 6 meses de ocurrido el derrame y después de la remediación realizada por la empresa.**

En el periodo entre el 25 y 28 de febrero de 2015, se tomaron un total de 313 muestras de suelos y sedimentos distribuidas en:

- Tres transectos que se ubicaron en la parte alta del arroyo Tinajas, entre el denominado Represo Tinajas 1 hasta el bordo de contención (Tinajas I): 80 muestras
- Tres transectos que se ubicaron en la parte baja del arroyo Tinajas, entre el bordo de contención y confluencia del arroyo Tinajas y río Bacanuchi (Tinajas II): 81 muestras
- Tres transectos en el río Bacanuchi que se ubicaron entre la confluencia Arroyo Tinajas – Río Bacanuchi y la confluencia Río Bacanuchi – Río Sonora: 75 muestras
- Dos transectos en el río Sonora en la cercanía de los poblados Arizpe y Aconchi: 50 muestras
- Un transecto en el arroyo San Francisco, que es un tributario del río Sonora, en su parte baja, justo antes de la Presa el Molinito: 27 muestras

Los transectos se trazaron perpendiculares al cauce de los arroyos y ríos para la excavación de 9 zanjas en cada uno de los transectos. En cada una de estas

zanjas se tomaron muestras de suelos y sedimentos en tres diferentes profundidades: 0-5 cm, 25 cm y 50 cm.

En abril de 2015, se determinaron los valores de pH, conductividad eléctrica (CE), y las concentraciones totales de los metales de interés en el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del IGL-UNAM. Las concentraciones totales se determinaron utilizando la técnica de fluorescencia de rayos x, con un espectrómetro FXL 959. Actualmente se realizan las digestiones de estas muestras para realizar el análisis por Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-OES).

#### **4.1 Interpretación de los resultados en los transectos del Arroyo Tinajas y Ríos Bacanuchi y Sonora**

La Interpretación de los resultados en los transectos del Arroyo Tinajas y Ríos Bacanuchi y Sonora permite hacer las siguientes afirmaciones:

- Existe un aporte natural considerable de metales al cauce del Arroyo Tinajas y Ríos Bacanuchi y Sonora, que se puede explicar por la abundancia de rocas mineralizadas que afloran en la región, que han estado aportando, desde hace aproximadamente 20 millones de años, sedimentos con valores anómalos de Al, Fe, Mn, Ba, V, Cu, Zn, As, etc. a los cuerpos de agua de la cuenca del Río Sonora.
- En los suelos de la parte más alejada (100 m) hacia el Oeste y Este del cauce del Arroyo Tinajas, que son sitios topográficamente más altos y por lo tanto no pudieron haber sido afectados por el derrame, se registraron valores de pH hasta de 4.1, desde la superficie hasta los 50 cm estudiados, lo que indica que las rocas de la zona, de las que derivan estos suelos, son ácidas; lo que se explicaría por la presencia de cuerpos intrusivo ácidos e intermedios (granitos, granodionitas) en las cercanías del arroyo Tinajas.

Sin embargo, en algunas de las muestras de los sedimentos del Arroyo Tinajas (IT1D, IT1F, IT1G, IT3D, IIT1D, IIT2E, IIT2F); se determinaron valores de pH (pH = 3.2 – 3.9) inferiores a los valores naturales.

- Los valores de conductividad eléctrica (CE) son relativamente bajos e inferiores al valor promedio determinado en los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799  $\mu\text{S/cm}$ , ver Informe de avances 2) y que actualmente están almacenados en los caminos de acceso de la presa de jales de la mina Cananea de BVC.

Sin embargo en algunas muestras de sedimentos del Río Bacanuchi (en el transecto que está inmediatamente después de su intersección con el arroyo Tinajas) se determinaron valores de conductividad eléctrica (CE) relativamente altos: (B1H25, CE = 687  $\mu\text{S/cm}$ ) y B1H50, CE = 775  $\mu\text{S/cm}$ ).

Las afirmaciones anteriores nos permiten concluir que hasta la profundidad estudiada (50 cm), los suelos y sedimentos de la zona del Arroyo Tinajas, Ríos Bacanuchi y Sonora no están afectados por la presencia de metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

#### **4.2 La interpretación de los resultados en los transecto del Arroyo San Francisco, tributario del Río Sonora en su parte**

El transecto en el arroyo San Francisco que drena al Río Sonora en su parte baja, a unos 5.0 km de la entrada de la presa el Molinito; por su ubicación no pudo haber sido afectado por derrame de Buena Vista del Cobre; por lo tanto los valores de las muestras de este transecto pueden servir de valores de fondo para los suelos y sedimentos de la parte baja de la zona de estudio.

La Interpretación de los resultados en el transecto del Arroyo San Francisco, permite hacer las siguientes afirmaciones:

- En las muestras de dos zanjas ubicadas a 50 m (S3B) y 100 m (S3A) del cauce, se determinaron los valores de pH más básicos (pH = 8.1 – 9.9) que se corresponden con los mayores valores de conductividad eléctrica (CE = 766 – 3170  $\mu\text{S/cm}$ ), lo que podría indicar la presencia de una fuente de contaminación que podría estar relacionada con la actividad agrícola o bien por la presencia de aguas residuales domésticas.
- En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que el Arroyo San Francisco aporta al Río Sonora, que posteriormente llegan a la Presa El Molinito (que está a 5.0 km de la confluencia San Francisco - Río Sonora) sedimentos con concentraciones de hasta 16 mg/kg As, 979 mg/kg Ba, 164 mg/kg Cr, 45 mg/kg Cu, 550 mg/kg Mn, 46 mg/kg Pb, 68 mg/kg Zn y 3.02% Fe.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Origen de la emergencia ambiental en la cuenca del Río Sonora**

El día 06 de agosto de 2014 se derramaron, al Arroyo Tinajas del Municipio de Cananea, Sonora, unos 40,000 m<sup>3</sup> de solución ácida enriquecida con cobre, hierro y otros metales pesados disueltos (solución ácida ferro-cuprífera). Esta solución ácida ferro-cuprífera se derramó del represo de "solución preñada"<sup>5</sup> denominado "Tinajas 1", que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Empresa Buenavista del Cobre (BVC), subsidiaria de Grupo México (GM).

De acuerdo a información pública de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el derrame pudo haber alcanzado los cuerpos de agua superficiales de la denominada cuenca del Río Sonora: el "arroyo Tinajas" (17.6 km), el Río Bacanuchi (64 km) y el Río Sonora (190 km) (Figura 1.1).

La cuenca del Río Sonora se divide en 4 subcuencas: Subcuenca Río Sonora-Anzpe (9Dc), Subcuenca Río Sonora-Banámichi (9Db), Subcuenca Río Bacanuchi dividida en parte alta y baja (9Dd).

La cuenca del Río Sonora tiene su límite natural en la estribación norte de la Sierra Madre Occidental, iniciándose el desarrollo del Río Sonora en las inmediaciones de la Ciudad de Cananea en un punto denominado Ojo de Agua de Arvallo, uniéndose aguas abajo numerosos escurrimientos que se forman en el flanco oriental de la Sierra del Manzanal y los del flanco occidental de la Sierra de los Ajos<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Solución preñada: Aquella en estado acuoso que proviene del patio o terrero, cargada con los elementos de valor económico (cobre), una vez recuperada del proceso de lixiviación. Definición 4.28 de la Norma Oficial NOM-159-SEMARNAT-2011, Que establece los requisitos de protección ambiental de los sistemas de lixiviación de cobre.

<sup>6</sup> Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas. Actualización de la disponibilidad Media anual de agua subterránea Acuífero (2624) Río Sonora, Estado de Sonora. DOF, 28 de agosto de 2009.

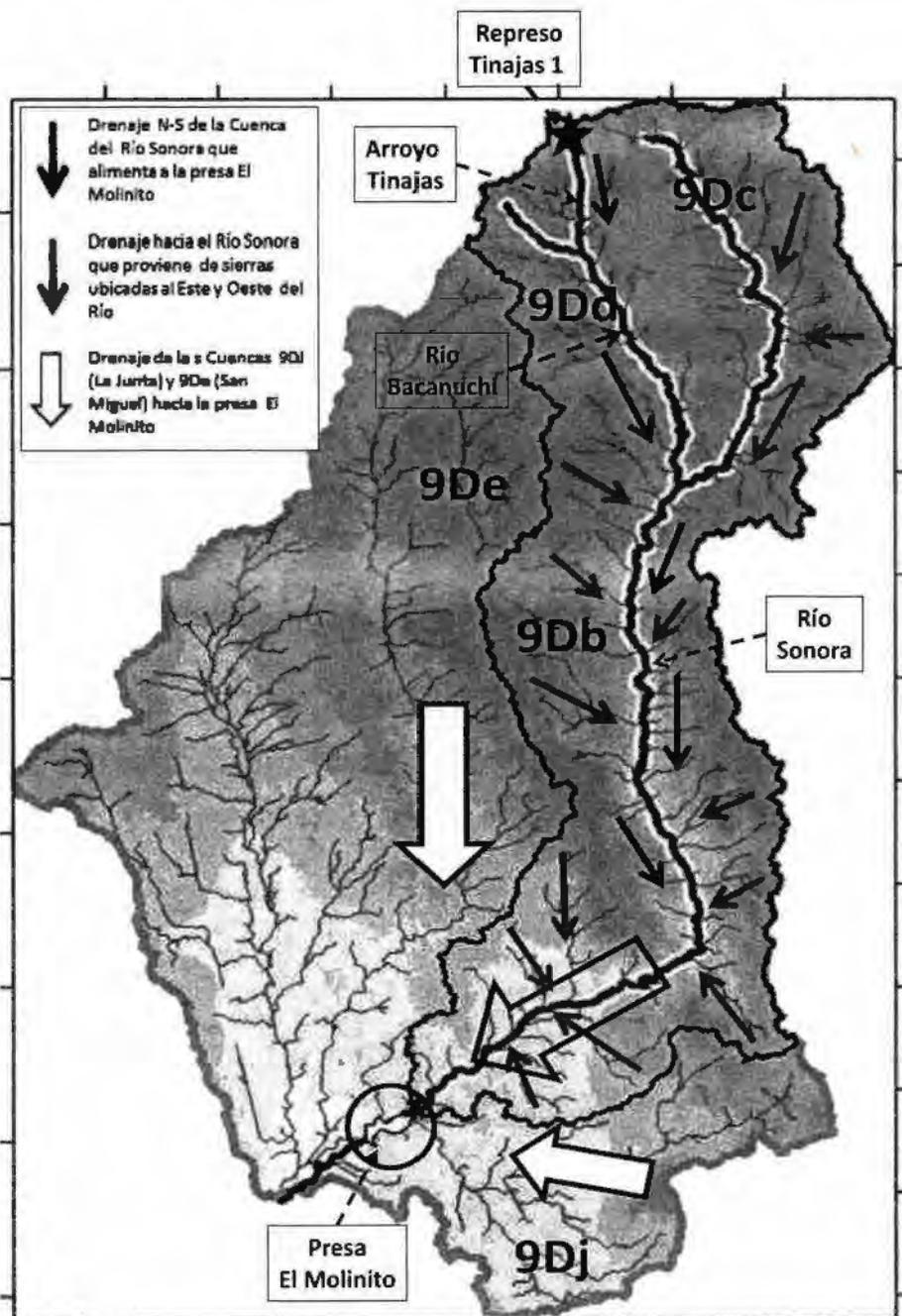


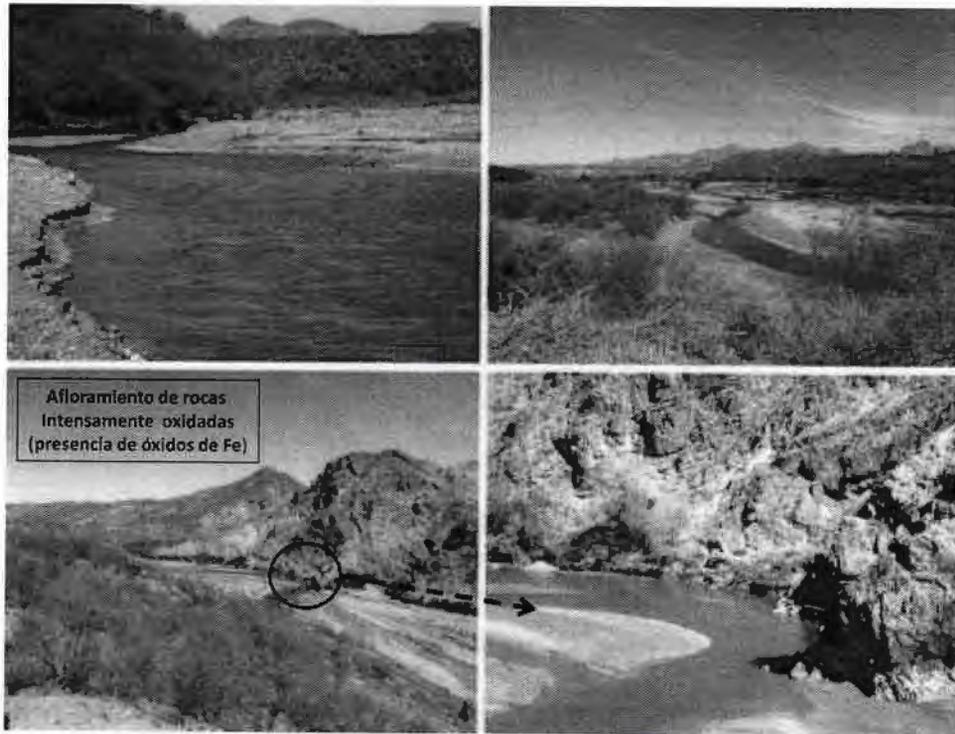
Figura 1.1 Red de drenaje de la Cuenca del Río Sonora y ubicación del Represo Tinajas 1" de donde se derramaron aproximadamente 40,000 m<sup>3</sup> de solución ácida ferro-cuprífera



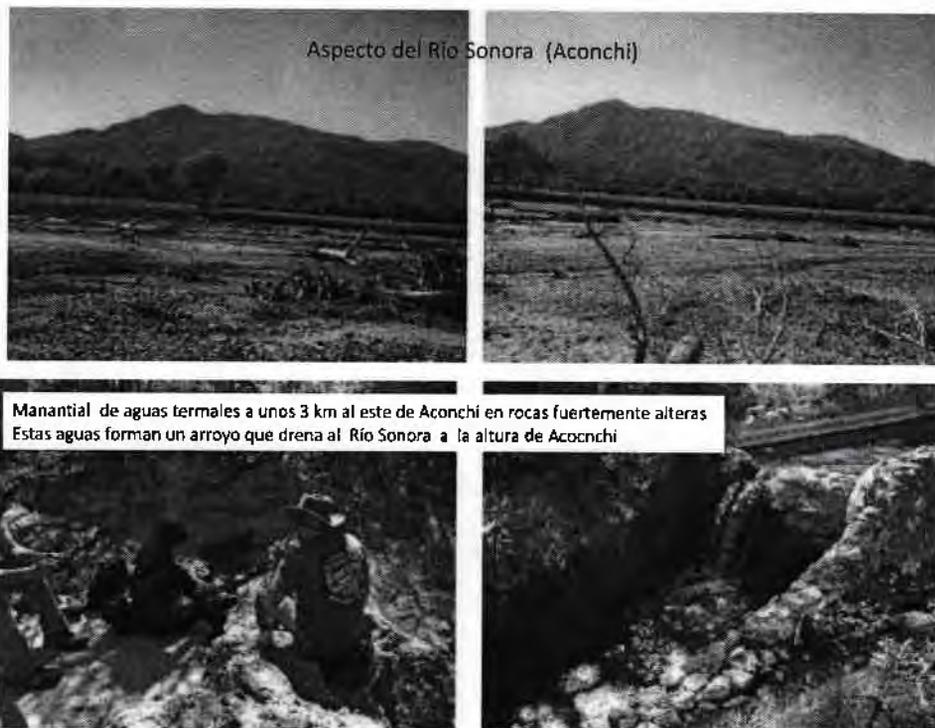
**Figura 1.2 Aspecto del río Bacanuchi en las cercanías con la confluencia con el Río Sonora.  
(Fecha: 25 de febrero de 2015)**



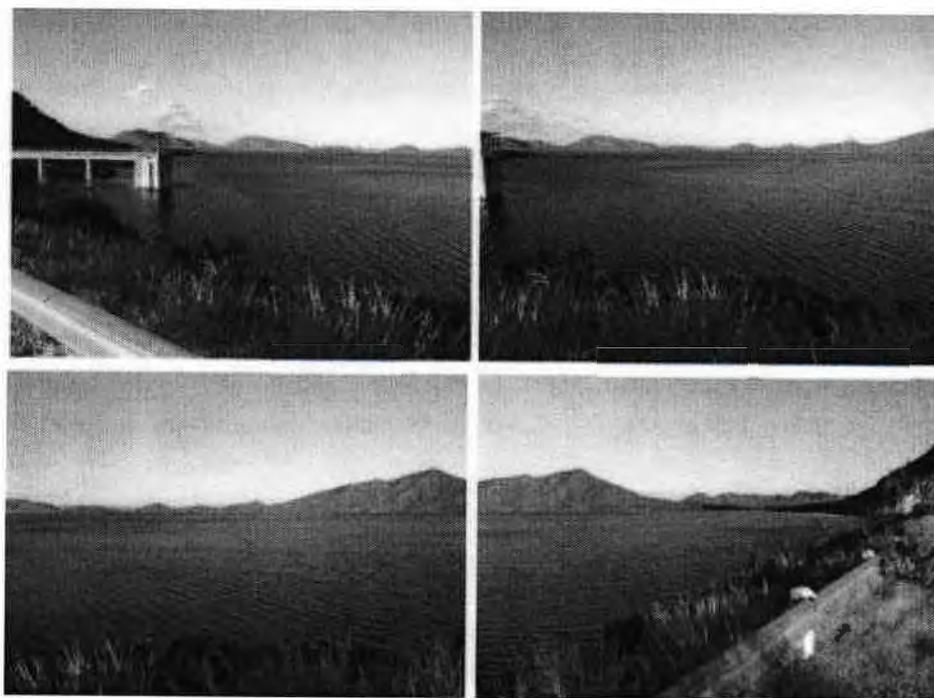
**Figura 1.3 Aspecto del arroyo Tinajas, actualmente seco (Fecha: 26 de febrero de 2015)**



**Figura 1.4 Aspecto del Río sonora en su parte alta-media (Arizpe – Sinoquipe).  
(Fecha: 25 de febrero de 2015)**



**Figura 1.5 Aspecto del Río sonora en su parte media (Aconchi). (Fecha: 27 de febrero de 2015)**



**Figura 1.6 Aspecto de la presa "El Molinito" (Fecha: 27 de febrero de 2015)**

## **1.2 Medidas de contingencia para el control del derrame y contención de la solución derramada el pasado 06 de agosto de 2014<sup>7</sup>**

### **a) Construcción del bordo de contención**

Para la contención de la solución derramada, se construyó un bordo de 120 m de longitud, 80 m de ancho y 15 m de altura sobre el cauce del arroyo Tinajas, a aproximadamente 7 km aguas abajo del Represo Tinajas 1, que es el inicio del derrame.

Adicionalmente, se aplicaron un total de 250 toneladas de gravilla de cal en diferentes puntos del arroyo Tinajas y del río Bacanuchi, así como 30,000 litros de lechada de cal que se aplicaron aguas abajo del bordo de contención.

---

<sup>7</sup> Esta información fue recopilada de distintos documentos que la empresa Buena Vista del Cobre ha preparado para la autoridades ambientales

**b) Extracción de 2, 366,000 litros de la solución derramada y contenidos en el bordo construido**

Se realizó la extracción de 2, 366,000 litros de la solución derramada y que fueron contenidos en el bordo construido.

Asumiendo que el volumen inicial de la solución derramada fue de 40,000,000 litros y que se extrajeron 2,366,000 litros; entonces el volumen de solución derramada a los cauces de los cuerpos de agua superficial de la cuenca del Río Sonora es de 37,634,000 litros.

**c) Recolecta de 7,398 m<sup>3</sup> de material visiblemente impactado por el derrame y depositado en los caminos de acceso de la presa de jales de Buena Vista del Cobre (Figura 1.3).**

c.1) Entre agosto y octubre de 2015 se recolectaron 6,096 m<sup>3</sup> sedimentos visiblemente impactados por el derrame

c.2) Entre marzo y abril de 2015 se recolectaron 1,302 m<sup>3</sup> de sedimentos y suelos visiblemente impactados

### **1.3 Objetivo**

Valoración del impacto del derrame de Buena Vista del Cobre en sedimentos y suelos de la cuenca del Río Sonora, a 8 meses de ocurrido el derrame y habiéndose realizado la remoción de sedimentos y suelos visiblemente impactados

## II. FUENTE DE CONTAMINACIÓN: SOLUCIÓN ÁCIDA FERRO-CUPRÍFERA DERRAMADA A LA CUENCA DEL RÍO SONORA

### A) Composición química de la solución derramada

La composición química de los aproximadamente 40,000 m<sup>3</sup> de solución ácida ferro-cupriferá que estaban contenidos en el denominado "Represo Tinajas 1", y que se derramó a la Cuenca del Río Sonora, fue determinada por la CONAGUA (Tabla 2.1). En orden descendente, la solución derramada, se caracterizó por la presencia de hierro (Fe); aluminio (Al); cobre (Cu); manganeso (Mn); zinc (Zn); arsénico (As); níquel (Ni); cadmio (Cd); plomo (Pb) y cromo (Cr). Es importante resaltar que la solución derramada se caracterizó por la ausencia de bario (Ba), antimonio (Sb) y mercurio (Hg). De los elementos químicos identificados en el derrame, el Al, Fe y Mn se asocian a los denominados elementos mayores<sup>8</sup>; en cambio el As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn se asocian a los elementos traza<sup>9</sup>.

### B) Caracterización de la fuente de contaminación reportada en el estudio denominado "Diagnóstico de la situación ambiental asociada al derrame de la solución ácida ferro-cupriferá de Buena vista del Cobre"<sup>10</sup>

En octubre de 2014, el Instituto de Geología de la UNAM realizó un muestreo exploratorio en el "Represo Tinajas 1", que contenía la solución ácida ferro-cupriferá que se derramó a la cuenca del Río Sonora, el pasado 06 de agosto de 2014.

---

<sup>8</sup> **Elementos mayores (EM):** Son los que están presentes de manera natural en altas concentraciones (> 0.1%) en la corteza terrestre (rocas, suelos, sedimentos). Estos EM controlan en gran medida la cristalización de los minerales petrogenéticos en las rocas. Nota: 0.1% equivale a 1,000 mg/kg.

<sup>9</sup> **Elementos traza (ET):** Son los que están presentes de manera natural en bajas concentraciones (< 0.1%) en la corteza terrestre (rocas, suelos, sedimentos); pero que pueden incrementar su concentración, en el medio abiótico, debido a procesos contaminantes por actividades humanas. A estos elementos traza se asocian los denominados elementos potencialmente tóxicos.

<sup>10</sup> Informe para CONACyT, elaborado por el Instituto de Geología de la UNAM, Enero de 2015

Concentración de los elementos potencialmente tóxicos (EPT) en la solución derramada del represo Tinaja 1	
Fe, mg/L	1080
Al, mg/L	461
Cu, mg/L	114
Mn, mg/L	98.1
Zn, mg/L	51
As, mg/L	42.7
Ni, mg/L	11
Cd, mg/L	7.76
Pb, mg/L	2.5
Cr, mg/L	1.54
Ba, mg/L	No detectado
Hg, mg/L	No detectado
Sb, mg/L	No detectado

**Tabla 2.1 Composición química de la solución derramada a la cuenca del río Sonora**

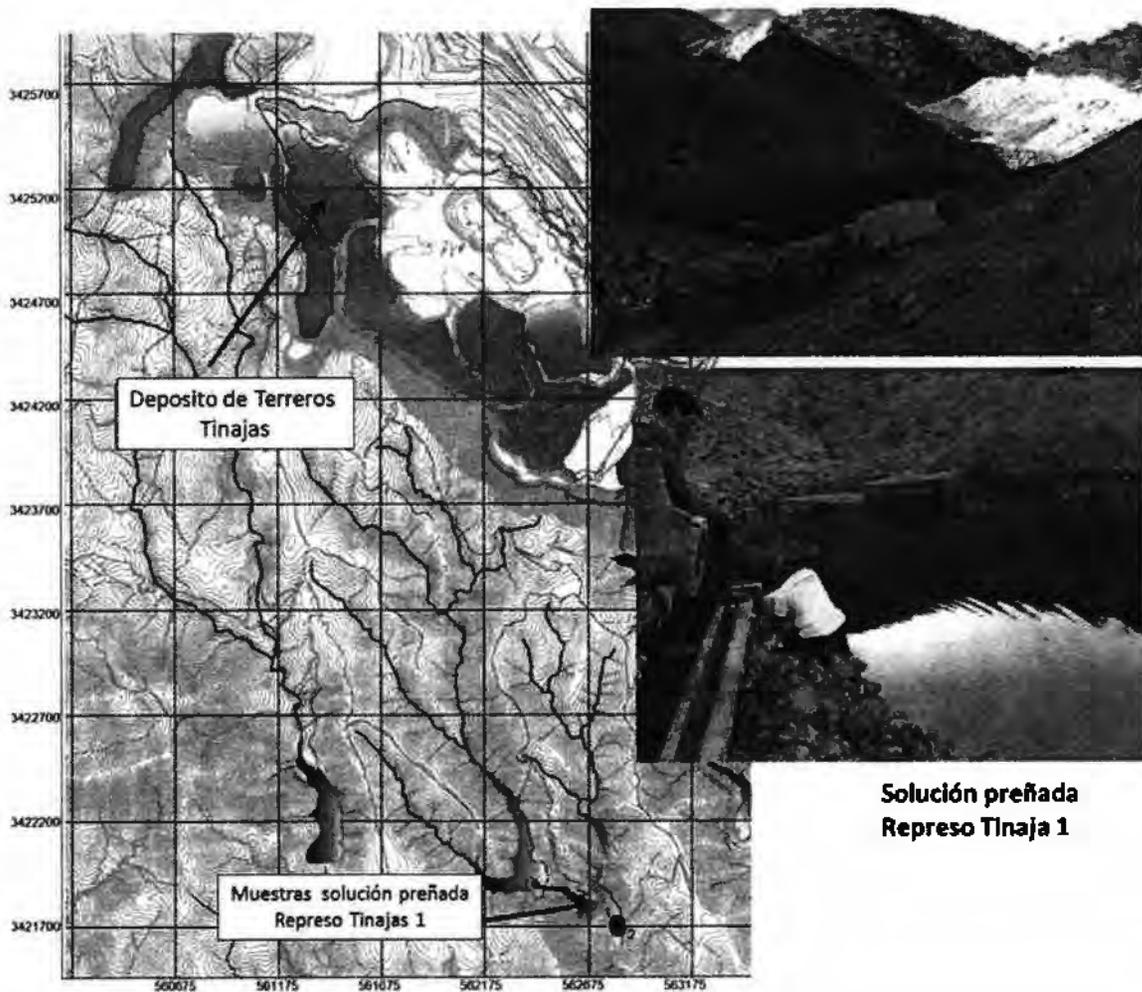
A continuación se describen los principales resultados de Diagnóstico Ambiental realizado por el IGL-UNAM sobre la fuente de contaminación (solución ácida ferro-cuprífera contenida en el Represo Tinajas 1)

**B.1) Caracterización química de la solución almacenada, en octubre de 2014, en el Represo Tinajas 1 y que se asocia al derrame del pasado 06 de agosto de 2014**

- **Valores de pH, conductividad eléctrica (CE) y metales disueltos**

La solución almacenada, en octubre de 2014, en el Represo Tinajas 1 es de color rojizo (Figura 2.1) y los valores de pH varían entre 2.19 y 2.25; mientras que los valores de conductividad eléctrica varían entre 5.91 – 5.65 mS/cm. Esta solución se caracteriza por las relativamente altas concentraciones disueltas de Al, Fe y Mn (Tabla 2.2)

Las concentraciones obtenidas en la solución del Represo Tinajas 1 y muestreada por el grupo del IGL-UNAM corroboran los datos obtenidos por la CONAGUA (ver Tabla 2.1) en el sentido de la ausencia de mercurio (Hg), bario (Ba) y antimonio (Sb) en la solución que se derramó a la Cuenca del Río Sonora; lo que implica que estos tres elementos potencialmente tóxicos no deben haber afectado la calidad de los cuerpos de aguas de la mencionada cuenca.



**Figura 2.1 Solución ácida ferro-cuprífera del Represo Tinajas 1, que se derramó a la Cuenca del Río Sonora (Tabla tomada del Informe IGL-UNAM para CONACyT, enero 2015)**

Muestra	pH	CE	Al	As	Ba	Cd	Cu	Cr
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	2.3	5.91	393	0.85	<LD	1.01	321	0.25
2	2.2	5.65	499	0.62	<LD	0.98	266	0.22
<b>Límite de Detección (LD)</b>			<b>0.08</b>	<b>0.07</b>	<b>0.1</b>	<b>0.02</b>	<b>0.122</b>	<b>0.003</b>

Clave mapa	Fe	Mn	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	518	163.5	<LD	1.94	0.36	<LD	72
2	458	149.5	<LD	1.80	0.21	0.013	54
LD	<b>0.01</b>	<b>0.007</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.01</b>	<b>0</b>	<b>0.05</b>	<b>0.007</b>

**Tabla 2.2 Valores de pH, conductividad eléctrica (CE) y concentración total de los elementos potencialmente tóxicos en la solución preñada del represo Tinajas 1 (Tabla tomada del Informe IGL-UNAM para CONACyT, enero 2015)**

- **Elementos de Tierra Raras (ETR)**

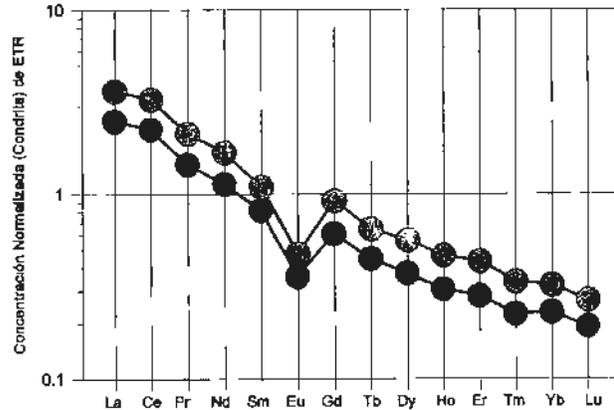
Se determinaron las concentraciones de los elemento de tierras raras (ETR) en la solución remanente que queda almacenada en el denominado Represo Tinajas 1 (Tabla 2.3 y Figura 2.2) y que está asociada a la solución derramada el pasado 06 de agosto de 2014.

Los resultados obtenidos en las muestras de la zona de estudio se normalizaron<sup>11</sup> y se presentan en la Figura 2.2 e indican que: (i) El patrón de los ETR en las muestras de la solución almacenada en el Represo Tinajas 1 muestra una anomalía negativa muy pronunciada de europio (Eu). (ii) El patrón de los ETR en las muestras de la solución almacenada en el Represo Tinajas 1 muestra un enriquecimiento de los ETR ligeros.

<sup>11</sup> Para normalizar se utilizaron s valores de la Condrita

ETR	Lixiviados Represo		Valores Condrita para normalizar
	Tinajas 1		
	Lix 1	Lix 2	
<b>Concentración, mg/kg</b>			
La	0.817	1.187	0.329
Ce	1.940	2.814	0.865
Pr	0.188	0.276	0.130
Nd	0.714	1.055	0.630
Sm	0.165	0.221	0.203
Eu	0.027	0.036	0.077
Gd	0.167	0.253	0.276
Tb	0.024	0.035	0.055
Dy	0.127	0.192	0.343
Ho	0.023	0.036	0.077
Er	0.063	0.097	0.225
Tm	0.008	0.012	0.035
Yb	0.050	0.070	0.220
Lu	0.006	0.009	0.034

**Tabla 2.3** Concentración total de elementos de tierras raras (ETR) en la solución ácida ferrocuprífera del Represo Tinajas 1, que se derramó a la Cuenca del Río Sonora (Datos de ETR tomados del Informe IGL-UNAM para CONACyT, enero 2015)



**Figura 2.2** Patrón de tierras raras en muestras líquidas (solución del represo Tinajas 1)

## B.2) Caracterización química y mineralógica de lodos (sedimentos) en el represo Tinajas 1

En el represo Tinajas 1 se observó un lodo (sedimento) de color amarillo-naranja (Figura 2.3) producto de la precipitación por la interacción entre la solución ácida

ferro-cuprífera y el material geológico de la zona. Este material fue muestreado para su respectiva caracterización con el fin de tener datos que permitan seguir la huella de la solución derramada a la Cuenca del Río Sonora

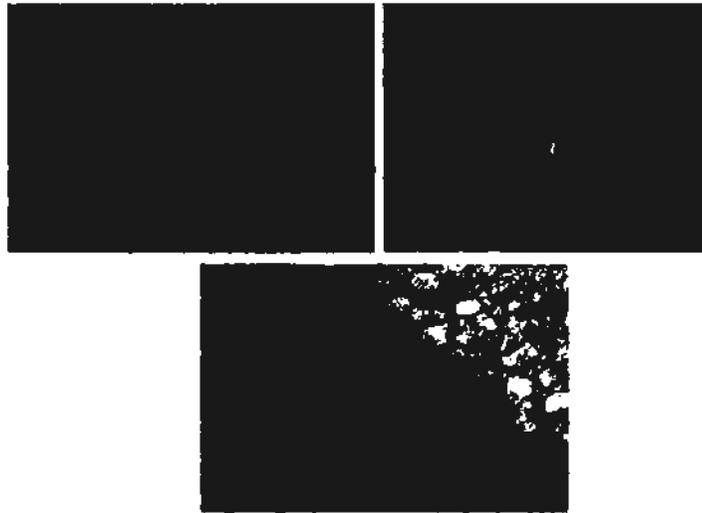


Figura 2.3 Fotografía de precipitados sobre rocas y sedimentos de los lixiviados acumulados en el Represo Tinajas1. NOTESE el color amarillo propio de minerales secundarios e hierro (Fotos tomadas del Informe IGL-UNAM para CONACyT, enero 2015)

- **Mineralogía**

Los resultados de Difracción de Rayos X indican que estos sedimentos se caracterizan por la presencia los minerales predominantes como cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), moscovita ( $(\text{K,Ca,Na})(\text{Al,Mg,Fe})_2(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}(\text{OH})$ ), plagioclasas ( $(\text{CaNa})(\text{SiAl})_4\text{O}_8$ ) y trazas de filosilicatos, que son los minerales propios de las rocas de la región. El único sulfuro metálico identificado es la pirita ( $\text{FeS}_2$ ). Así mismo, se identificó jarosita ( $\text{XFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ) que es un mineral secundario de Fe que ha sido reportado como uno de los minerales más importantes en la retención de elementos potencialmente tóxicos como As, Pb, Cd, Cu, Zn, etc.

Utilizando la técnica de MEB-EDS, en las muestra de sedimentos del represo se identificaron partículas que pueden estar relacionadas con minerales secundario de Fe (mezclados mecánicamente con aluminosilicatos) con contenidos de elementos potencialmente tóxicos como Pb, Ba, As, Zn, Mn, etc. (Figura 2.4); lo

que es una evidencia del control de la movilidad de los contaminantes en las fases sólidas del medio estudiado.

- **Elementos de Tierras Raras**

En los precipitados del Represo Tinajas 1 se determinaron las concentración totales de los elementos de tierras raras (ETR) (Tabla 2.4) y los resultados obtenidos en las muestras de la zona de estudio que se normalizaron<sup>12</sup> y que se presentan en la Figura 2.5 indican que son similares a los de la solución almacenada en este represo: (i) El patrón de los ETR muestra una anomalía negativa muy pronunciada de europio (Eu). (ii) El patrón de los ETR muestra un enriquecimiento de los ETR ligeros

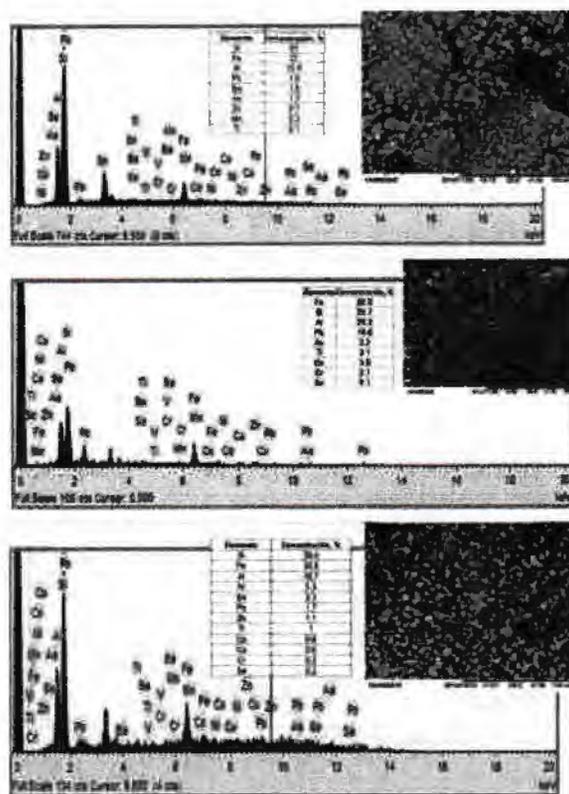
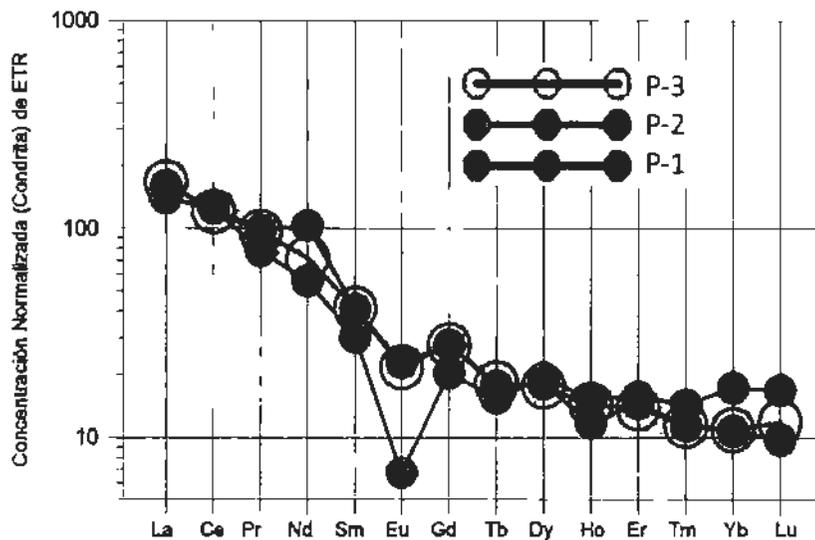


Figura 2.4 Imagen y microanálisis MEB-EDS en muestras de precipitados en el fondo del Represo Tinajas 1 (Imágenes tomadas del Informe IGL-UNAM para CONACyT, enero 2015)

<sup>12</sup> Para normalizar se utilizaron s valores de la Condrita

ETR	Precipitados fondo (sedimento)			Valores
	Represo Tinaja 1			Condrita
	P-1	P-2	P-3	para normalizar
<b>Concentración, mg/kg</b>				
La	52.790	46.010	54.700	0.329
Ce	107.720	108.020	104.000	0.865
Pr	12.730	10.130	12.500	0.130
Nd	65.050	35.310	45.300	0.630
Sm	8.320	6.100	8.400	0.203
Eu	1.750	0.520	1.670	0.077
Gd	7.600	5.570	7.600	0.276
Tb	0.970	0.850	1.000	0.055
Dy	6.180	6.590	6.000	0.343
Ho	0.900	1.180	1.100	0.077
Er	3.270	3.520	3.100	0.225
Tm	0.400	0.500	0.400	0.035
Yb	2.370	3.820	2.400	0.220
Lu	0.330	0.570	0.400	0.034

**Tabla 2.4 Concentración total de elementos de tierras raras (ETR) en los precipitados (sedimentos) del fondo del Represo Tinajas 1 que contiene la solución ácida ferro-cuprífera del, que se derramó a la Cuenca del Río Sonora (Datos de ETR tomados del Informe IGL-UNAM para CONACyT, enero 2015)**



**Figura 2.5 Patrón de tierras raras en los precipitados (sedimento) del Represo Tinajas 1**

### III. NATURALEZA LITOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1 Naturaleza litológica

##### 3.1.1 Generalidades

En la cuenca del Río Sonora la zona más estudiada desde el punto de vista geológico es la sub-cuenca de Arizpe, que ha sido investigada por González-León et al., 2010<sup>13</sup>. Esta sub-cuenca que se localiza en la parte norte de la cuenca del Río Sonora, es un medio graben que empezó a formarse durante el Oligoceno Tardío asociado a la deformación de Sierras y Valles Paralelos.

Su relleno volcánico y sedimentario de ~2.1 km de espesor, el cual buza hacia el oriente, se asigna a la Formación Báucarit y se divide, de la base a la cima, en los siguientes miembros Informales (Figura 3.1). El miembro La Cieneguita, formado por conglomerado con intercalaciones de limolita y yeso, que sobreyace discordantemente a rocas volcánicas cenozoicas más antiguas; el basalto El Toro Muerto, formado por derrames de basalto, brecha basáltica y en menor proporción por conglomerado. El conglomerado Arizpe, formado por tres secuencias conglomeráticas con interdigitaciones del basalto Tierras Prietas en su parte inferior y del basalto Agua Caliente en su parte superior. El miembro Bamori, formado por limolita, arenisca y conglomerado en secuencia granocreciente hacia su cima, sobreyace en discordancia al conglomerado Arizpe y está a su vez sobreyacido discordantemente por la brecha El Catalán formada por clastos de basalto.

La sub-cuenca Arizpe empezó a formarse hace ~25 millones de años (Ma) cuando la sedimentación terrígena del miembro La Cieneguita y el volcanismo alcalino del

---

<sup>13</sup> González-León, C.M., Valencia, V., López, M., Bellon, H., Valencia Moreno, M.A., Calmus, T., 2010, The Arizpe sub-basin: sedimentary and magmatic evolution of the Basin and Range in north-central Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 27, p. 292-312. [http://satori.geociencias.unam.mx/27-2/\(08\)GonzalezLeon.pdf](http://satori.geociencias.unam.mx/27-2/(08)GonzalezLeon.pdf)

basalto El Toro Muerto precedieron a la sedimentación clástica del conglomerado Arizpe. La edad de ~21 Ma obtenida del basalto Agua Caliente, que ocurre en la parte superior del relleno de la cuenca, indica que ésta fue una cuenca de subsidencia rápida.

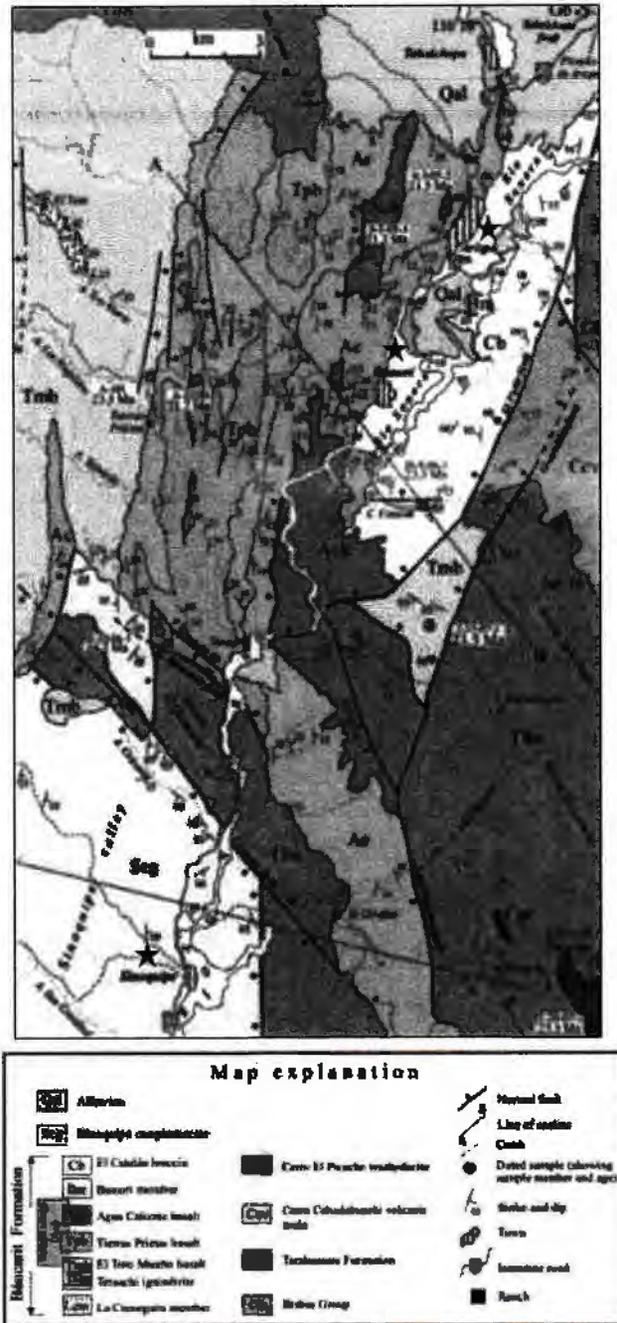


Figura 3.1 Mapa Geológicos de la Sub-cuenca Arizpe (González-León et al., 2010).

Las sierras más importantes que delimitan la cuenca del Río Sonora son: (i) En el flanco oeste de sur a norte: La sierra de Aconchi, sierra de los Locos, sierra San Antonio, sierra Los Azulitos y sierra Elenita. (ii) En el flanco este y de sur a norte: La sierra Pinta, sierra Las Palomas y sierra Manzanal.

Las sierras de ambos flancos se caracterizan por contener numerosas mineralizaciones de diversos tipos: pórfidos cupríferos, vetas, skams (cuerpos de reemplazamiento) y sistemas epitermales (alta y baja sulfuración). Estos yacimientos producen o han producido en diferentes épocas mineralizaciones económicas de: Cu, Mo, W, Pb, Zn, Au y Ag.

### 3.1.2 Aspectos geoquímicos

Los mismos autores determinaron las concentraciones totales, de elementos mayores, elementos traza y elementos de tierras raras, en tres muestras de basalto de El toro Muerto y Agua Caliente, que se encuentran ubicadas en los alrededores de Arizpe.

#### Elementos mayores

En la Tabla 3.1 se presentan los resultados de las concentraciones totales de elementos mayores.

Tipo de Roca	Clave	X	Y	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
				wt %									
El Toro Muerto Basalt (lower part)	6-3-05-1	566338	3356954	51.9	16.59	9.78	4.24	6.96	4.01	2.21	1.59	0.649	0.15
El Toro Muerto Basalt (upper part)	2-15-07-1	579239	3345637	51.37	17.33	8.66	3.51	6.63	3.89	2.39	1.38	0.6	0.13
El Toro Muerto Basalt (upper part)	10-9-06-1	578845	3348784	51.57	16.7	9.74	4.06	7.02	3.95	2.15	1.72	0.63	0.19
Agua Caliente Basalt	6-3-05-1	566338	3356954	53.08	15.61	8.52	2.79	7.26	3.6	2.77	1.54	0.71	0.11

Tabla 3.1 Concentración total de elementos mayores de rocas que afloran en los alrededores de Arizpe (Fuente: González-León et al., 2010)

De los elementos mayores sobresale la presencia de aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn):

- Las concentraciones de aluminio varían entre 15.61% y 17.33 % como  $Al_2O_3$ ; que equivale a 8.27% y 9.18 % como Al, respectivamente.  
Es importante señalar que estas concentraciones (8.27% y 9.18 %) equivalen a 82,733 mg/kg y 91,849 mg/kg, respectivamente.
- Las concentraciones de hierro varían entre 8.52% y 9.78 % como  $Fe_2O_3$ ; que equivale a 5.96% y 6.85% como Fe, respectivamente.  
Es importante señalar que estas concentraciones (5.96% y 6.85%) equivalen a 59,640 mg/kg y 68,460 mg/kg, respectivamente.
- Las concentraciones de manganeso varían entre 0.11% y 0.19 % como  $MnO$ ; que equivale a 0.0790% y 0.1364% como Mn, respectivamente.  
Es importante señalar que estas concentraciones (en %) equivalen a 789.8 mg/kg y 1364.2 mg/kg, respectivamente.

### Elementos traza

En la Tabla 3.2 se presentan los resultados de las concentraciones totales de elementos traza.

Tipo de Roca	Clave	X	Y	Ba	V	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Hg	Cr
				mg/kg (ppm)										
El Toro Muerto Basalt (lower part)	6-3-05-1	566338	3356954	1002	175	19	9	107	38					53
El Toro Muerto Basalt (upper part)	2-15-07-1	579239	3345637	1012	164	22.9	2.6	66	24.1	5.2	nd	0.5	0.21	
El Toro Muerto Basalt (upper part)	10-9-06-1	578845	3348784	979	197	17.7	1.9	45	23.2	5.7	0.1	nd	0.01	
Agua Caliente Basalt	6-3-05-1	566338	3356954	1123	168	107.1	11.4	71	25.8	13.4	0.2	0.3	0.01	

**Tabla 3.2 Concentración total de elementos traza de rocas que afloran en los alrededores de Arizpe (Fuente: González-León et al., 2010)**

Los resultados de la Tabla 3.2 indican que las rocas que afloran en los alrededores de Arizpe se caracterizan por la presencia de elementos traza como bario (Ba), vanadio (V), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), arsénico (As), cadmio (Cd), antimonio (Sb), mercurio (Hg) y cromo (Cr) con concentraciones máximas (en mg/kg o ppm) de 1,123, 197, 107, 11, 107, 38, 13, 0.2, 0.5, 0.21 y 53, respectivamente.

### Elementos de Tierras Raras (ETR)

En la Tabla 3.3 se presentan los resultados de las concentraciones totales de elementos de tierras raras.

Tipo de roca	a	b	c	d	Valores Condrita para Normalizar
	El Toro Muerto Basalt (lower part)	El Toro Muerto Basalt (upper part)	El Toro Muerto Basalt (upper part)	Agua Caliente Basalt	
Clave artículo	6-3-05-1	2-15-07-1	10-9-06-1	6-3-05-1	
<b>Concentración total (mg/kg)</b>					
La	44.12	42.6	40.1	53.5	0.329
Ce	97.72	97.7	91.1	120.2	0.865
Pr	11.38	11.24	11.09	13.67	0.13
Nd	46.51	44.2	43.3	52.4	0.63
Sm	8.78	7.58	7.69	9.1	0.203
Eu	2.3	1.96	2.13	2.3	0.077
Gd	7.68	6.73	6.84	7.82	0.276
Tb	1.16	1.11	1.14	1.35	0.055
Dy	5.77	5	5.42	6.31	0.343
Ho	1.25	1.01	0.98	1.15	0.077
Er	3.24	2.8	2.77	3.26	0.225
Tm	0.44	0.43	0.45	0.54	0.035
Yb	2.91	2.59	2.72	3.04	0.22
Lu	0.45	0.4	0.41	0.45	0.0339

**Tabla 3.3 Concentración total de elementos de tierras raras de rocas que afloran en los alrededores de Arizpe (Fuente: González-León et al., 2010)**

Las concentraciones totales de los elementos de tierras raras (ETR) se normalizaron contra la condrita.

Los patrones de los ETR normalizados (Figura 3.2) son muy consistentes en mostrar un enriquecimiento en de los ETR ligeras (LREE: La a Sm); pero a diferencia de la fuente de contaminación antropogénica (derrame de Buena Vista del Cobre) no muestran anomalía negativa de europio (Eu) (ver Figuras 2.2 y 2.4).

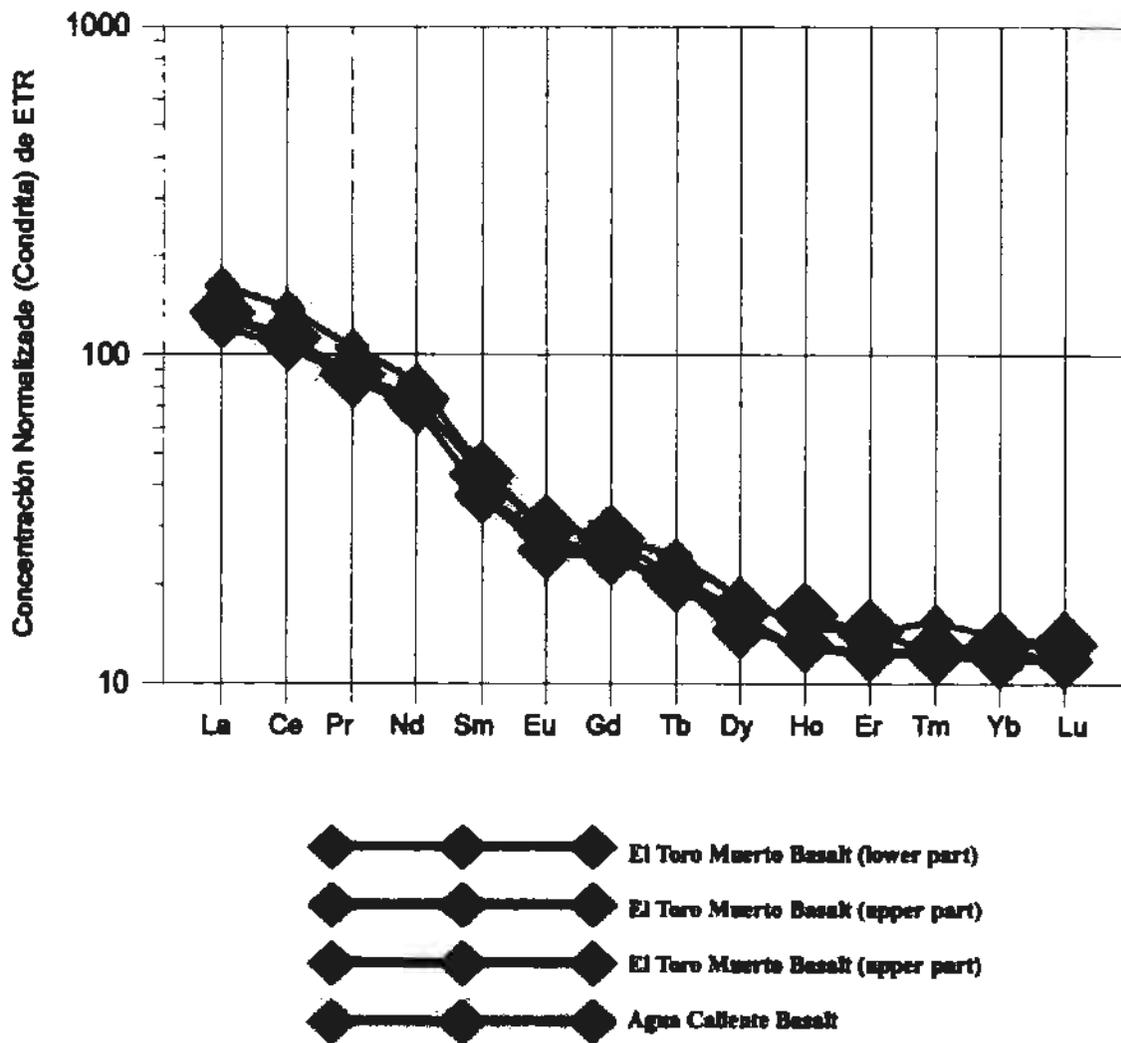


Figura 3.2 Patrón de tierras raras de rocas que afloran en los alrededores de Arizpe (Fuente: González-León et al., 2010)

### 3.1.3 Discusión

1. Se puede afirmar que desde hace millones de años, el Río Sonora (entre Arizpe y Sinoquipe) ha estado recibiendo sedimentos con valores anómalos de Al, Fe, Mn, Ba, V, entre otros; si se considera que:
  - La sub-cuenca Arizpe empezó a formarse hace ~25 millones de años (Ma) cuando la sedimentación terrígena del miembro La Cieneguita y el volcanismo alcalino del basalto El Toro Muerto precedieron a la sedimentación clástica del conglomerado Arizpe
  - Las rocas de los alrededores de Arizpe (basalto Toro Muerto y basalto Agua Caliente) se caracterizan por las elevadas concentraciones de elementos mayores como aluminio (82,733 mg/kg y 91,849 mg/kg), hierro (59,640 mg/kg y 68,460 mg/kg) y manganeso (789.8 mg/kg y 1364.2 mg/kg).
  - Estas mismas rocas de los alrededores de Arizpe se caracterizan por tener concentraciones máximas (mg/kg) de hasta 1,123, 197, 107, 11, 107, 38, 13, 0.2, 0.5, 0.21 y 53 de bario (Ba), vanadio (V), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), arsénico (As), cadmio (Cd), antimonio (Sb), mercurio (Hg) y cromo (Cr), respectivamente
2. Los patrones de los ETR normalizados contra la condrita son muy consistentes en mostrar un enriquecimiento en los ETR ligeras (LREE: La a Sm); sin mostrar ninguna anomalía importante de europio; lo que los hace diferentes al patrón de tierras raras de la fuente de contaminación antropogénica (derrame de Buena Vista del Cobre)

Estos resultados indican que el patrón de los ETR es característico de las rocas que afloran en los alrededores de Arizpe y al ser diferente al de la fuente de contaminación (derrame de Buena Vista del Cobre) puede ser utilizado para diferenciar el aporte natural de contaminantes al Río Sonora, a menos a la altura de Arizpe.

guía importante para discriminar el aporte natural del antropogénico (derrame de buena Vista del Cobre) de los metales de interés a la cuenca del Río Sonora.

Así mismo es interesante notar que en los sedimentos, en contraste con la solución derramada a la cuenca del Río Sonora, las concentraciones naturales de Pb son superiores a las de As; así como las de Mn son superiores a las de Cu; lo que también puede ser una guía para discriminar el aporte natural y antropogénico (derrame de buena Vista del Cobre) de metales a la cuenca del Río Sonora.

La mediana del cociente Pb/As en los sedimentos es 3.2; que es muy alta si se compara con el cociente de 0.06 para Pb/As de la solución ácida ferro-cuprífera que se derramó a la cuenca del Río Sonora que contiene 2.5 mg/L de plomo y 42.7 mg/L de As. Por otro lado, la mediana del cociente metálico Mn/Cu en los sedimentos es igual a 15.5; que es muy alta si se compara con el cociente metálico de 0.9 para Mn/Cu de la solución ácida ferro-cuprífera que se derramó a la cuenca del Río Sonora que contiene 114 mg/L de Cu y 98.1 mg/L d Mn.

Elemento	Media	Mínimo	Máximo
Fe, %	3.65	0.89	18.33
Fe, mg/kg	36,476	8,900	183,300
Al, %	2.41	0.26	6.58
Al, mg/kg	24,149	2,600	65,800
Mn, mg/kg	661.7	46.0	5,319
Ba, mg/kg	216.24	24.0	1,436
Zn, mg/kg	95.7	13.0	3,502
Cr, mg/kg	59.5	1.00	547
Cu, mg/kg	54.0	1.00	6,471
Pb, mg/kg	47.7	2.00	17,612
As, mg/kg	18.4	0.32	2,092
Ni, mg/kg	14.8	0.90	838
Sb, mg/kg	2.97	0.20	221
Cd, mg/kg	0.88	0.04	61.6

Nota: Elementos presentado en e l orden de abundancia en los sedimentos

**Tabla 3.4 Estadística descriptiva de las concentraciones de los metales de interés en los sedimentos de arroyo de la cuenca del Río Sonora y zonas aledañas (n = 3,625 muestras) (Fuente SGM, 1995 – 2000)**

Es importante resaltar que la distribución de los metales de interés que se observa en la Figura 3.5 varía según la parte de la cuenca; lo que está determinado por la litología que cambia desde la parte alta (norte) hasta la parte baja (sur); lo que permite concluir que la zona de estudio se debe dividir en partes; y que cada una de estas partes debe tener sus propios valores de fondo; y no asumir un único valor de fondo para toda la cuenca del Río Sonora.

Por ejemplo, para la parte alta de la cuenca (Arroyo Tinajas y Bacanuchi) se consideraron alrededor de 315 muestras de sedimentos asociados a tributarios, que drenan a estos cuerpos de agua superficial de las partes altas del este y oeste (Fig. 3.4), lo que da como resultado los valores de fondo que se presentan en la Tabla 3.5

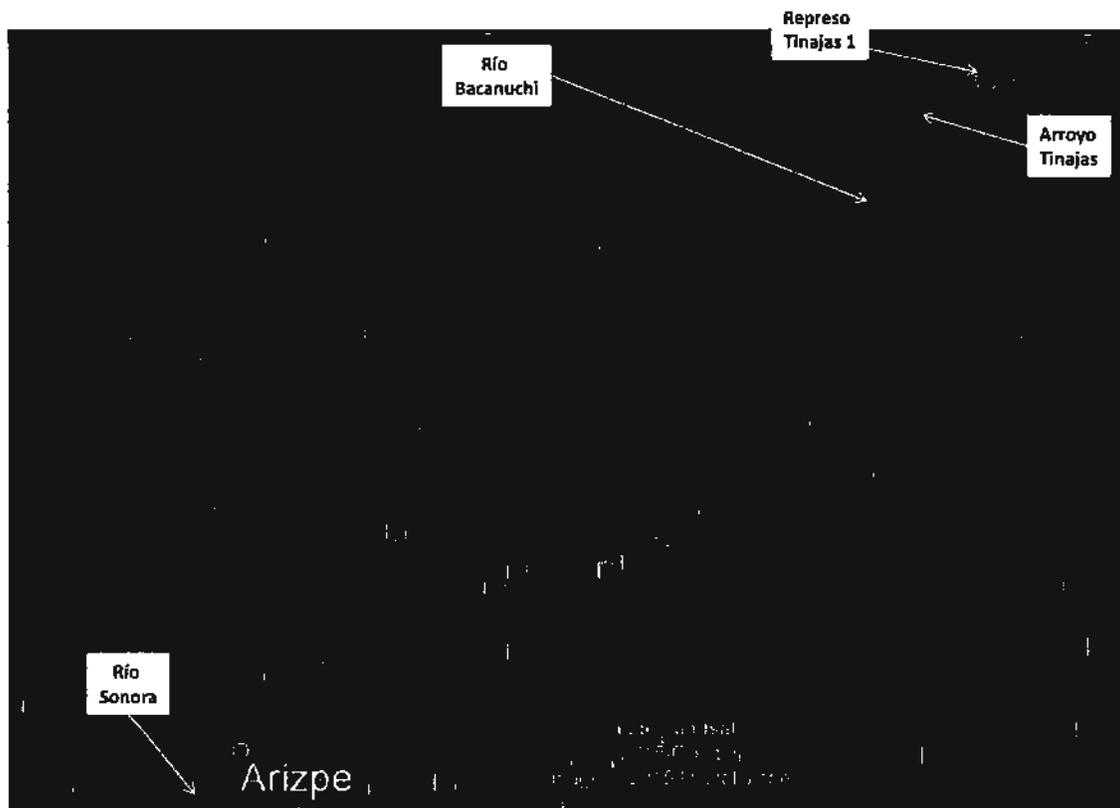
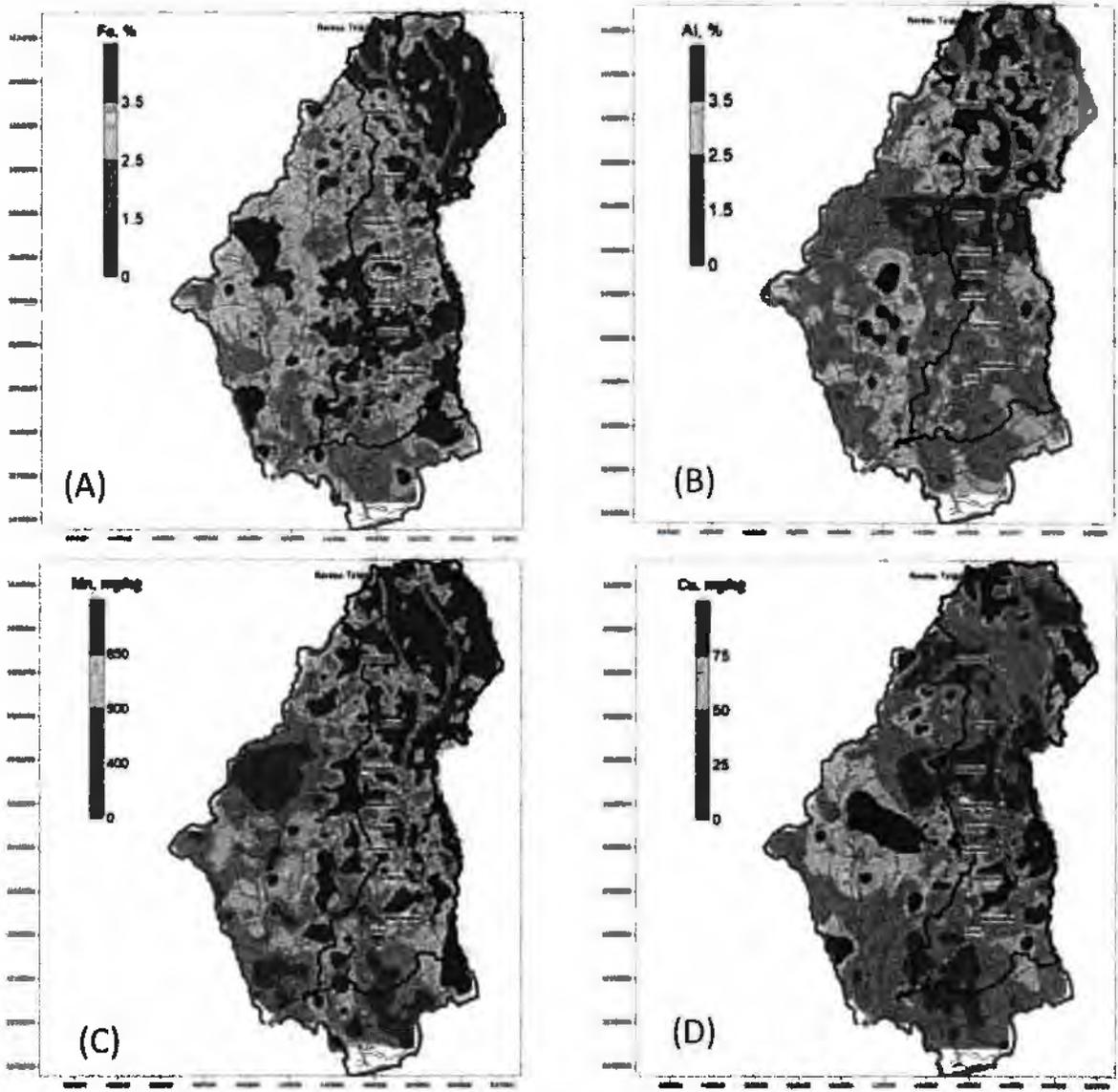


Figura 3.4 Ubicación de muestras de sedimentos de arroyos de la parte alta de la cuenca del Río sonora (Arroyo Tinajas y Río Bacanuchi). Fuente: SGM (1995 – 2000)

<b>Metal</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Fe (%)</b>	3.61	2.50	5.82
<b>Al (%)</b>	3.38	0.60	6.17
<b>Mn (mg/kg)</b>	719	46	1722
<b>Ba (mg/kg)</b>	361	30	1379
<b>Zn (mg/kg)</b>	105	26	340
<b>Cr (mg/kg)</b>	71	15	366
<b>Cu (mg/kg)</b>	49	8	535
<b>Pb (mg/kg)</b>	40	2	375
<b>As (mg/kg)</b>	26	4	253
<b>Ni (mg/kg)</b>	23	3	141
<b>Sb (mg/kg)</b>	4.9	0.20	24.1
<b>Cd (mg/kg)</b>	0.6	0.04	3.1

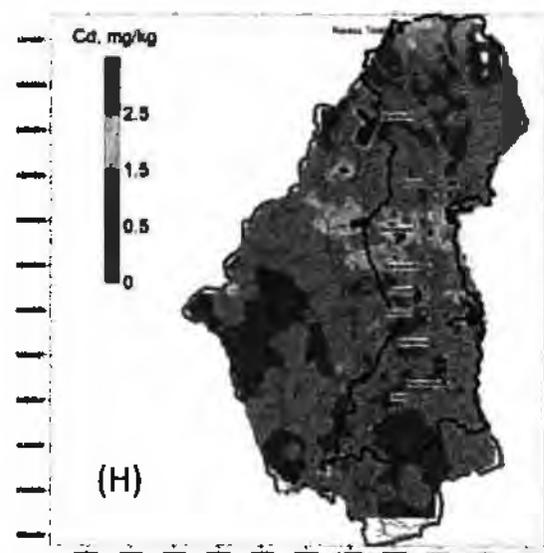
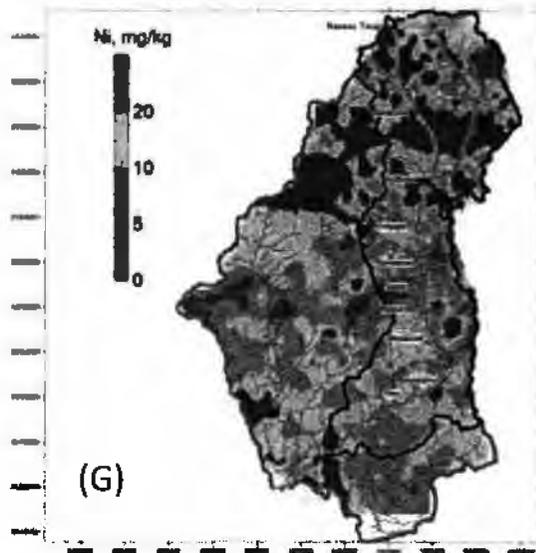
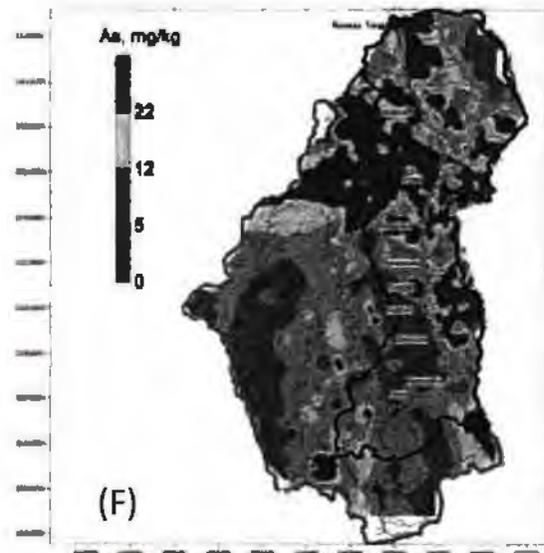
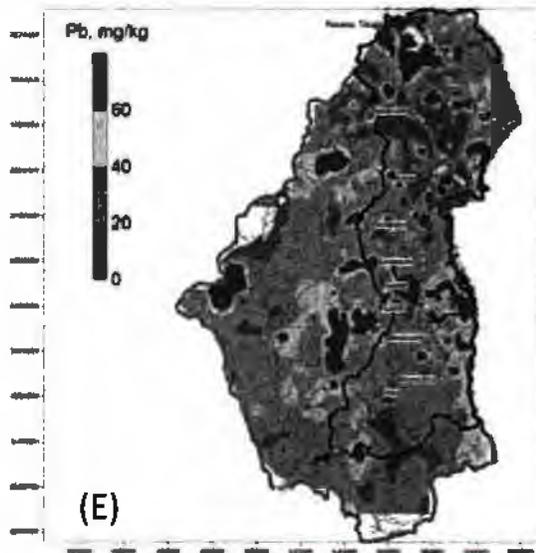
Nota: Estas concentraciones se consideran los valores de fondo naturales de la parte alta de la cuenca (Arroyo Tinajas y Río Bacanuchi); que corresponden a las concentraciones totales en sedimentos reportados por el Servicio Geológico Mexicano en 1995 – 2000

**Tabla 3.5 Estadística descriptiva de las concentraciones de los metales de interés en los sedimentos de arroyo en la parte alta de la cuenca del Río Sonora: Arroyo Tinaja y Río Bacanuchi (n = 288 muestras) (Fuente SGM, 1995 – 2000)**



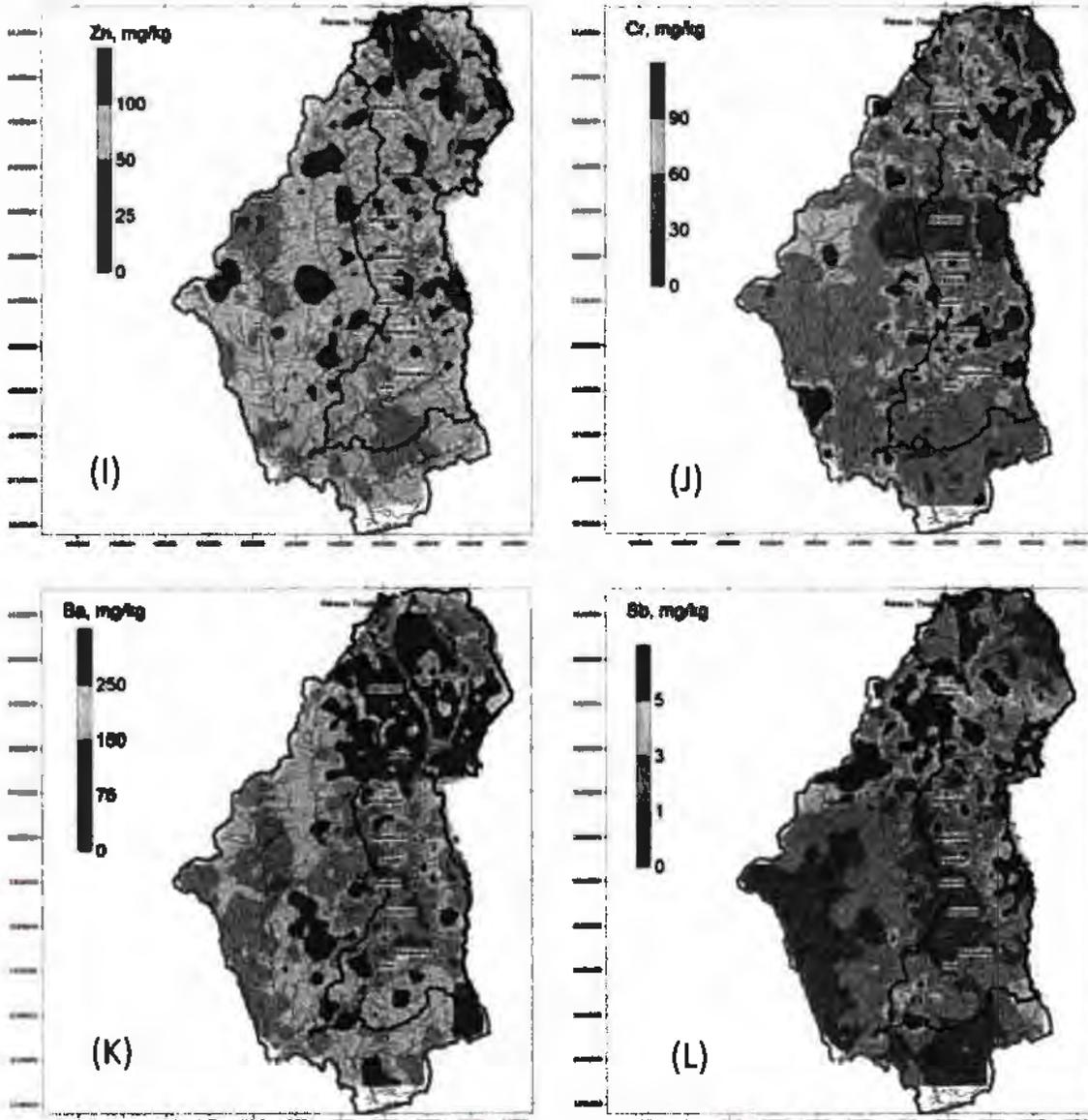
*Nota: En contorno negro la Cuenca del Río Sonora*

**Figura 3.5 Distribución de las concentraciones totales de los metales de interés en sedimentos de arroyo de la cuenca del Río Sonora y zonas aledañas**



*Nota: En contorno negro la Cuenca del Río Sonora*

**Figura 3.5 Distribución de las concentraciones totales de los metales de interés en sedimentos de arroyo de la cuenca del Río Sonora y zonas aledañas (Continuación)**



*Nota: En contorno negro la Cuenca del Rio Sonora*

**Figura 3.5 Distribución de las concentraciones totales de los metales de interés en sedimentos de arroyo de la cuenca del Rio Sonora y zonas aledañas (Continuación)**

## **IV. CALIDAD DE SEDIMENTOS Y SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO SONORA DESPUÉS DE LA REMEDIACIÓN**

### **4.1 Muestreo**

Entre el 25 y 28 de febrero de 2015 se realizó el muestreo de sedimentos y suelos en la cuenca del Río Sonora en 12 transectos perpendiculares a los cauces de los ríos de la cuenca de interés (Figura 4.1).

Se tomaron un total de 313 muestras de suelos y sedimentos distribuidas en:

- Seis transectos en el arroyo Tinajas:
  - ✓ Tres transectos que se ubicaron en la parte alta del arroyo Tinajas, entre el denominado Represo Tinajas 1 hasta bordo de contención (Tinajas I): 80 muestras
  - ✓ Tres transectos que se ubicaron en la parte baja del arroyo Tinajas, entre el bordo de contención y confluencia del arroyo Tinajas y río Bacanuchi (Tinajas II): 81 muestras
- Tres transectos en el río Bacanuchi que se ubicaron entre la confluencia Arroyo Tinajas – Río Bacanuchi y la confluencia Río Bacanuchi – Río Sonora: 75 muestras
- Dos transectos en el río Sonora en la cercanía de los poblados Arizpe y Aconchi: 50 muestras
- Un transecto en el arroyo San Francisco, que es un tributario del río Sonora, en su parte baja, justo antes de la Presa el Molinito: 27 muestras

Los transectos se trazaron perpendiculares al cauce del arroyo Tinajas, río Bacanuchi, río Sonora y arroyo San Francisco. En cada transecto se excavaron, manualmente, 9 zanjas que se etiquetaron en orden alfabético de oeste a este (A, B, C, D, E, F, G, H e I). En cada una de estas zanjas se tomaron muestras de

suelos y sedimentos en tres diferentes profundidades: 0-5 cm, 25 cm y 50 cm de profundidad.

Las claves de las zanjas etiquetadas con las letras A, B y C corresponden a zanjas excavadas hacia el oeste del cauce a unos 100, 50 y 10 m de distancia, respectivamente.

Las claves de las zanjas etiquetadas con las letras D, E y F corresponden a zanjas excavada en el cauce: una en el centro y las otras dos en cada flanco del mismo.

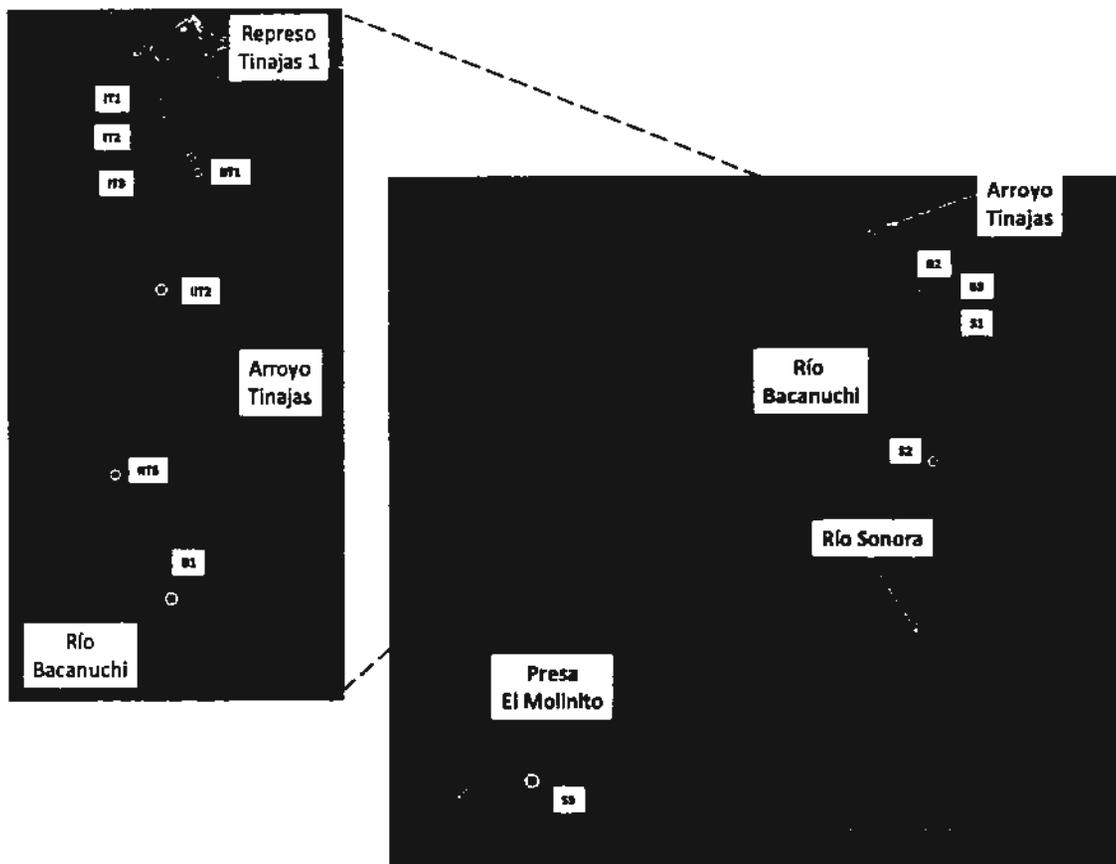
Las claves de las zanjas etiquetadas con las letras G, H e I corresponden a zanjas excavadas hacia el este del cauce a unos 10, 50 y 100 m de distancia, respectivamente.

El Informe de muestreo se presenta en el Anexo I.1 y las respectivas cadenas de custodia en los Anexos I.2, I.3, I.4 y I.5

#### **4.2 Análisis de laboratorio en muestras de sedimentos y suelos después de la remediación en el Arroyo Tinajas, Río Bacanuchi y Río Sonora**

En abril de 2015, se determinaron los valores de pH, conductividad eléctrica (CE), y las concentraciones totales de los elementos traza. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la UNAM. Las concentraciones totales se determinaron utilizando la técnica de fluorescencia de rayos x, con un espectrómetro FXL 959.

Actualmente se realizan las digestiones de estas muestras para realizar el análisis por Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-OES).



**Figura 4.1 Ubicación de los transectos para la toma de muestras de sedimentos y suelos:**  
 (i) Tinajas I (IT1, IT2 y IT3). (ii) Tinajas II (IIT1, IIT2 y IIT3). (iii) Río Bacanuchi (B1, B2 y B3).  
 (iv) Río Sonora (S1, S2). (v) Arroyo san Francisco, tributario del Río Sonora en su parte baja (S3)

### 4.3 Transectos en Tinajas I

Se denomina Tinajas I (IT) al espacio entre el Represo Tinajas 1, que contenía a la solución que se derramó el pasado 06 de agosto de 2014, hasta el bordo de contención, construido para limitar el avance del mencionado derrame.

La ubicación general de los transectos en Tinajas I (IT1, IT2 y IT3) se puede observar en la Figura 4.2. La ubicación de las zanjas excavadas en los transectos se puede observar en la Figura 4.3.

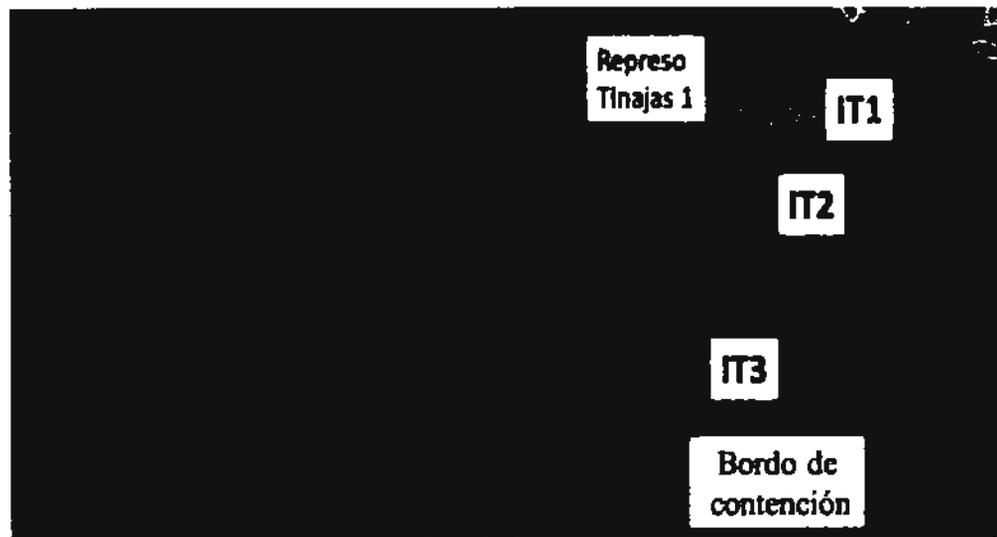


Figura 4.2 Ubicación general de los transectos IT1, IT2 y IT3, para la toma de muestras de sedimentos y suelos en Tinajas I (IT), ubicado entre el represso Tinajas 1 y el bordo de contención.



**Nota:** En sombreado azul trazo del arroyo y zona de inundación después del huracán Odile de septiembre de 2015

**Figura 4.3** Detalle de ubicación de zanjas excavada en cada uno de los tres transecto sobre el Arroyo Tinajas en la parte alta (Tinajas I)

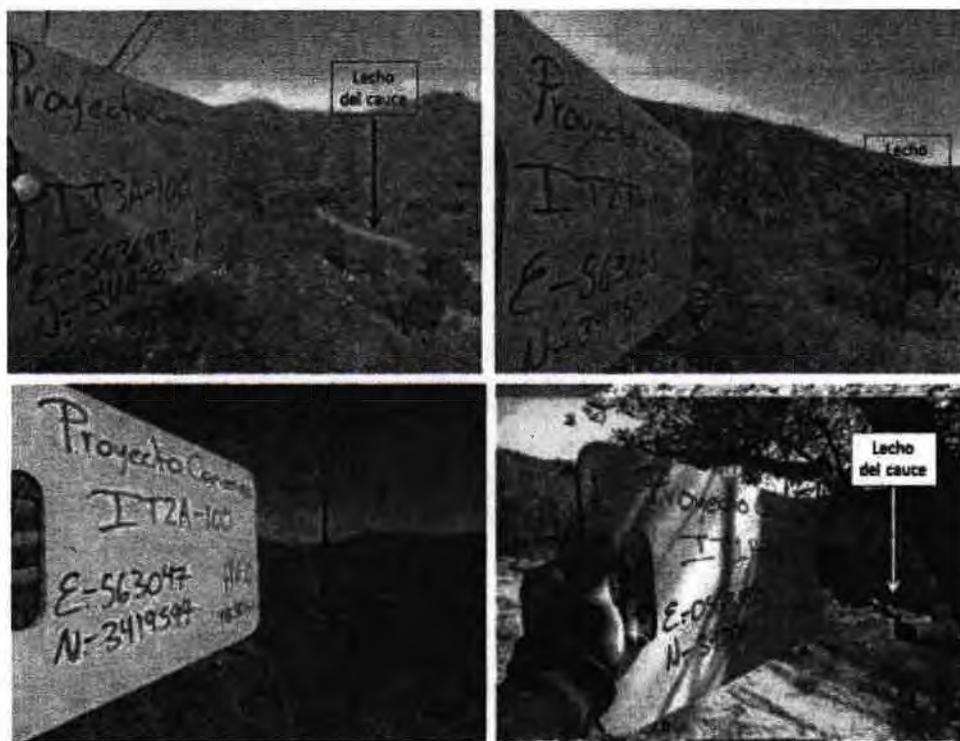
Se tomaron un total de 80 muestra en las 27 zanjas excavadas en los transectos IT1, IT2 y IT3. En cada una de estas zanjas se tomaron muestras a 0.05, 0.25 y 0.50 metros de profundidad, con excepción de la zanja IT1H, donde solo se tomaron 2, debido a la presencia de rocas después de los 0.20 m de profundidad.

Las zanjas de la parte oeste y este (señaladas en la claves respectivas con las letras A, B, H e I) del cauce del arroyo se encuentran en sitios topográficamente más altos que el lecho del cauce del Arroyo Tinajas, por lo que se concluye que no pudieron haber sido afectados por el derrame (Figura 4.4).

Los resultados de los análisis se muestran en las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.1.

Los resultados indican que en la parte más alejada hacia el Oeste y Este del cauce del arroyo, que son sitios topográficamente más altos, los valores de pH varían entre 4.2 y 6.5, que indican condiciones desde moderadamente acidas hasta prácticamente neutras, que son similares a las que se encuentran en el

cauce del arroyo. Sin embargo, en muestras de sedimentos del arroyo se determinaron valores de pH ente 3.2 y 3.9, que son ligeramente más ácidas, en los transectos IT1 y IT3; lo que amerita un muestreo más intenso en esto dos sitios para valorar la posible afectación, en el grado de acidez, debido al derrame.



**Figura 4.4** Aspecto general del Arroyo Tinajas en la parte alta (Tinajas I) donde se aprecia que los puntos de muestreo de las zanjas hacia el este y oeste del cauce están en sitios topográficamente más altos con relación al mismo

Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica (CE) son bajos, con excepción de 1 muestra (IT2D 0-5, CE = 497  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y varían entre 9 y 297  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que son, para todas las muestras, mucho menores que los valores de CE en los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ver Informe de avances 2)<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que permite afirmar que los materiales sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE,

Finalmente, se observa, de manera general, en los sitios topográficamente más altos, que las concentraciones de los metales de interés son mayores o similares con respecto a las concentraciones determinadas en el cauce del Arroyo Tinajas.

Lo anterior permite afirmar que existe un aporte natural considerable de metales al cauce del Arroyo Tinajas, por lo que se puede inferir, de manera general y hasta la profundidad estudiada, que los suelos y sedimentos de la zona del Arroyo Tinajas, entre el Represo Tinajas 1 y el bordo de contención, no están afectados por la presencia de metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

Las relativamente altas concentraciones de metales hacia el oeste y este del cauce del Arroyo Tinajas se pueden explicar por las rocas mineralizadas que afloran en la zona. En la Figura 4.5 (A) se puede apreciar un afloramiento de rocas donde es abundante la presencia de pirolusita ( $MnO_2$ ) dendrítica; y en la Figura 4.5 (B) se puede apreciar una obra minera abandonada, hacia el oeste del cauce a unos 60 m, y localizada en el piedemonte; lo que es la explicación de las concentraciones naturales de Mn, y de los otros metales, en las partes altas del este y oeste del Arroyo Tinajas; que, son mayores que las determinadas en el cauce del arroyo, que es por donde fluyó el derrame (Figura 4.6).

Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio, es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que contienen metales, lo que desde el punto de vista ambiental significa poco riesgo de migración de estos metales hacia las partes inferiores del subsuelo; sin embargo, se tendría que valorar la influencia de los pH relativamente bajos (pH entre 3.2 y 3.8) identificados en algunas de las muestras de sedimentos del cauce en los transectos IT1 y IT3.

---

por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.

No.	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe	
				μS/cm	mg/kg								
Límite de detección (LD)			NA	NA	2	23	6	7	30	3	6	0.003	
1	ITIA-100 5	5	5.0	31	51.6	< LOD	116.8	388.7	134.2	269.0	105.3	0.86	
2	ITIA-100 5-25	25	4.2	18	33.4	124.6	108.6	177.0	194.0	448.5	108.8	0.79	
3	ITIA-100 25-50	50	4.7	17	42.5	151.5	107.7	168.9	155.3	519.1	111.5	0.83	
4	ITIB-50 5	5	4.3	40	83.9	< LOD	123.3	1294.9	2760.8	449.5	198.3	1.3	
5	ITIB-50 25	25	4.5	17	76.1	53.5	119.3	429.3	1993.7	530.1	223.5	0.96	
6	ITIB-50 50	50	4.5	9	23.5	< LOD	124.5	157.9	450.8	440.5	139.6	0.53	
7	ITIC-10 5	5	5.3	46	45.8	255.6	127.1	515.2	1240.5	151.1	175.7	1.56	
8	ITIC-10 5-25	25	5.3	24	31.6	390.0	125.7	195.0	1165.3	157.4	182.4	1.44	
9	ITIC-10 25-50	50	5.6	21	21.9	410.0	121.5	96.3	903.4	123.1	162.3	1.58	
10	ITID 5	5	4.8	198	30.7	345.0	127.7	105.3	804.1	387.3	315.7	1.04	
11	ITID 25	25	5.0	69	41.2	596.3	102.9	246.6	618.3	96.1	261.7	2.35	
12	ITID 50	50	3.5	162	65.7	591.7	118.4	213.6	486.3	137.0	203.0	3.8	
13	ITIE 5	5	4.5	105	17.3	236.0	107.7	68.6	740.7	362.9	310.4	0.83	
14	ITIE 25	25	4.6	71	20.6	385.7	115.6	122.1	763.0	250.1	307.2	1.07	
15	ITIE 50	50	4.8	38	38.6	530.1	115.3	177.4	660.3	123.7	257.9	2.42	
16	ITIF 5	5	5.9	124	33.3	507.1	103.8	153.9	1009.3	273.3	351.1	1.36	
17	ITIF 5-25	25	4.6	55	49.0	607.6	131.3	144.0	593.8	155.8	186.1	2.76	
18	ITIF 25-50	50	3.2	51	46.7	705.2	119.3	178.3	560.4	75.0	213.7	3.66	
19	ITIG 5	5	3.7	48	36.6	70.2	107.4	248.4	243.5	137.7	89.9	0.86	
20	ITIG-10 25	25	3.9	29	23.5	81.5	110.6	87.4	201.2	125.6	82.3	0.7	
21	ITIG-10 50	50	3.8	32	33.6	53.1	96.5	56.5	140.3	203.9	97.4	0.72	
22	ITIH-50 0-5	5	4.3	25	48.3	69.9	120.4	644.8	1059.7	176.9	92.1	1.08	
23	ITIH-50 20	20	4.2	18	42.8	< LOD	121.2	254.2	456.6	175.9	78.4	0.9	
24	ITII-100 5	5	4.3	78	43.6	< LOD	103.2	482.2	546.6	175.9	70.0	0.65	
25	ITII-100 25	25	4.4	20	37.4	< LOD	93.5	71.0	71.6	119.6	41.4	0.55	
26	ITII-100 25-50	50	4.1	23	29.3	< LOD	94.3	69.5	87.5	109.3	50.9	0.61	
Mínimo				9	17.3	53.1	99.5	61.2	71.0	151.1	41.4	0.55	
Máximo				198	83.9	705.2	131.3	1294.9	2760.8	1993.7	530.1	351.1	3.8
Promedio				40.1	52.4	114.0	105.4	359.3	617.1	654.3	164.3	114.2	1.24

Nota: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.1 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto IT1**

No.	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe	
				μS/cm	mg/kg								
Límite de detección (LD)				NA	NA	2	23	6	7	30	3	5	0.003
1	IT2A-100 0-5	5	4.4	77	46.1	76.0	171.7	434.6	619.9	36.9	182.5	3.51	
2	IT2A-100 5-25	25	5.5	41	41.6	195.5	160.0	117.2	648.6	63.5	160.6	3.77	
3	IT2A-100 25-50	50	5.6	24	34.2	258.6	149.6	103.1	206.6	57.5	98.2	2.64	
4	IT2B-50 0-5	5	5.4	23	7.6	488.1	123.1	27.6	187.4	17.1	23.5	0.74	
5	IT2B-50 5-25	25	5.1	57	27.0	619.9	111.8	66.6	1274.2	82.6	294.7	4.49	
6	IT2B-50 25-50	50	5.3	33	26.0	560.9	106.3	57.2	1680.5	70.7	305.7	4.67	
7	IT2C-10 0-10	5	4.2	227	14.7	328.6	124.9	49.4	324.6	15.2	44.9	1.48	
8	IT2C-10 5-25	25	5.9	97	27.0	392.4	139.8	107.7	866.1	53.4	180.0	3.15	
9	IT2C-10 25-50	50	5.7	56	24.9	389.3	123.8	90.6	916.0	66.6	246.8	3.24	
10	IT2D 0-5	5	5.3	497	26.4	432.0	108.9	324.2	633.0	69.1	203.4	2.04	
11	IT2D 5-25	25	5.8	124	39.8	401.3	125.4	258.5	625.9	89.1	183.2	2.72	
12	IT2D 25-50	50	4.6	130	31.1	397.4	118.6	232.1	385.2	114.3	208.3	2.91	
13	IT2E 0-5	5	5.7	231	33.2	613.1	142.6	221.0	1091.4	199.5	253.9	2.46	
14	IT2E 5-25	25	4.7	71	33.3	411.9	135.3	302.8	785.6	119.5	213.8	2.32	
15	IT2E 25-50	50	4.6	63	32.7	326.8	135.5	204.2	691.9	127.4	212.3	2.65	
16	IT2F 0-5	5	5.1	247	28.1	214.4	130.1	178.4	814.5	315.8	314.1	1.55	
17	IT2F 5-25	25	5.1	94	25.2	428.1	128.1	299.9	560.3	72.8	212.4	2	
18	IT2F 25-50	50	5.2	54	25.8	442.7	134.6	180.7	614.6	74.7	157.0	1.64	
19	IT2G-10 0-5	5	6.4	60	39.8	414.9	113.6	702.9	2094.6	176.6	243.0	3.66	
20	IT2G-10 5-25	25	6.1	17	28.4	282.8	113.7	167.0	925.0	77.2	194.8	3.77	
21	IT2G-10 25-50	50	5.9	38	26.5	190.9	118.0	141.9	1075.9	57.5	199.8	3.85	
22	IT2H-50 0-5	5	5.5	45	25.2	472.6	154.8	285.9	1950.2	118.3	233.8	4.6	
23	IT2H-50 5-25	25	5.6	15	22.9	556.5	128.6	244.2	3849.6	284.1	459.3	5.26	
24	IT2H-50 25-50	50	5.4	15	23.0	523.5	129.6	164.7	2502.2	157.3	378.3	4.12	
25	IT2I-100 0-5	5	4.7	25	47.6	450.4	152.2	373.4	555.1	64.4	97.1	3.96	
26	IT2I-100 5-25	25	4.6	48	35.8	451.9	144.3	243.4	904.1	53.1	90.4	3.85	
27	IT2I-100 25-50	50	5.1	36	29.7	513.6	127.2	165.8	725.3	61.3	82.6	4.2	

Nota: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

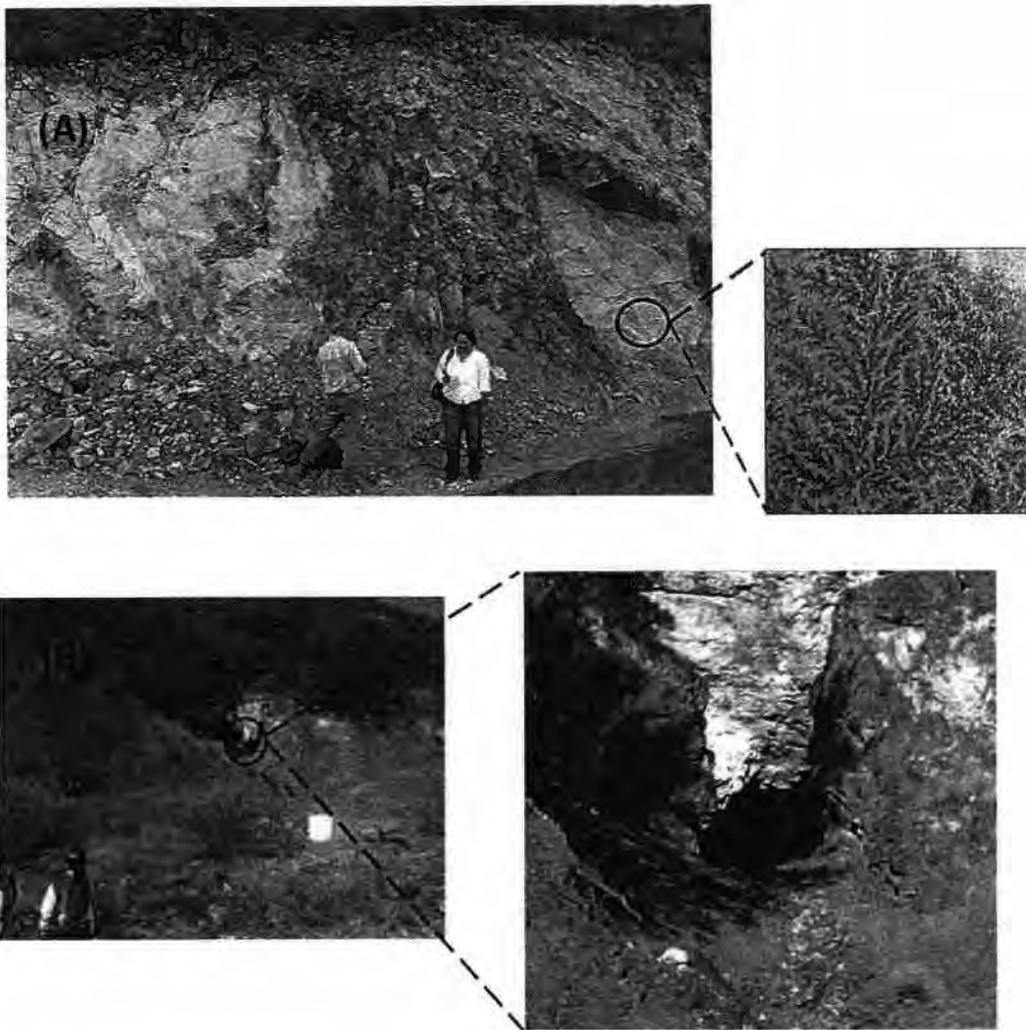
**Tabla 4.2 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto IT2**

No.	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe	
				$\mu\text{S/cm}$	mg/kg								%
Límite de Detección (LD)				NA	NA	2	23	6	7	30	3	5	0.003
1	IT3A-100 0-5	5	4.5	156	41.8	521.4	141.2	376.1	1031.5	94.8	224.0	3.570	
2	IT3A-100 5-25	25	5.1	167	7.0	483.9	93.3	22.7	120.1	15.8	21.1	0.530	
3	IT3A-100 25-50	50	5.1	61	33.4	585.8	123.0	206.4	1143.3	101.8	232.1	3.370	
4	IT3B-50 0-5	5	5.3	48	36.7	515.6	139.2	298.8	909.8	95.5	192.0	3.010	
5	IT3B-50 5-25	25	5.8	35	27.2	411.8	130.3	148.3	800.8	78.5	192.7	3.050	
6	IT3B-50 25-50	50	6	34	23.5	389.3	128.9	118.2	696.5	88.1	186.2	3.310	
7	IT3C-10 0-5	5	5.5	62	24.5	529.3	133.2	210.9	888.6	75.1	200.8	2.830	
8	IT3C-10 5-25	25	5.8	37	32.1	556.9	133.2	340.9	1340.5	118.7	237.9	2.980	
9	IT3C-10 25-50	50	6.1	29	18.5	579.2	140.8	107.2	1210.3	84.0	214.5	3.330	
10	IT3D 0-5	5	5.7	19	27.7	403.2	133.5	140.1	726.9	77.0	173.2	2.900	
11	IT3D 5-25	25	3.9	50	45.7	482.8	135.8	155.9	446.7	111.3	189.4	3.650	
12	IT3D 25-50	50	3.5	116	42.8	544.8	124.2	168.1	645.3	73.1	178.7	2.990	
13	IT3E-0-5	5	4.2	105	28.0	546.2	114.2	173.1	449.9	59.0	140.5	1.750	
14	IT3E 5-25	25	4.4	40	31.7	514.0	149.4	168.4	679.6	64.8	154.3	3.070	
15	IT3E 25-50	50	4.3	41	29.1	488.8	136.6	149.5	1043.3	68.1	169.8	2.870	
16	IT3F 0-5	5	4.8	14	29.7	537.6	145.5	174.2	757.4	74.7	185.1	3.410	
17	IT3F 5-25	25	4.4	34	26.7	499.1	109.6	209.6	688.5	72.1	162.7	2.260	
18	IT3F 25-50	50	4.8	38	28.0	377.5	132.8	375.1	1079.8	131.8	195.3	3.140	
19	IT3G-10 0-5	5	5.7	18	21.2	447.9	125.5	161.2	1077.5	84.8	209.7	2.620	
20	IT3G 5-25	25	5.8	28	32.7	409.3	136.6	209.0	1389.1	109.7	261.2	3.430	
21	IT3G 25-50	50	5.7	20	29.7	468.6	129.3	171.2	1453.8	84.5	213.2	2.760	
22	IT3H-50 0-5	5	5.8	27	30.6	519.2	135.8	262.8	1403.3	91.2	188.5	3.690	
23	IT3H-50 5-25	25	5.8	18	<LOD	463.8	103.2	26.4	245.0	18.3	23.6	0.670	
24	IT3H-50 25-50	50	5.8	14	26.9	495.6	116.7	110.7	1310.7	105.0	165.3	3.210	
25	IT3I-100 0-5	5	5.2	53	33.7	458.4	150.5	376.6	1727.9	115.5	218.4	2.790	
26	IT3I-100 5-25	25	6.5	26	23.3	449.0	136.4	123.6	1123.0	79.9	200.1	2.850	
27	IT3I-100 25-50	50	6.2	27	18.4	403.0	133.6	89.5	895.8	73.7	186.4	2.720	
Mínimo			3.5	14	7.0	377.5	93.3	22.7	120.1	15.8	21.1	0.530	
Máximo			6.5	167	45.7	585.8	150.5	376.6	1727.9	131.8	261.2	3.690	
Promedio			5.2	49	28.9	484.5	130.1	187.9	936.5	83.2	182.1	2.843	

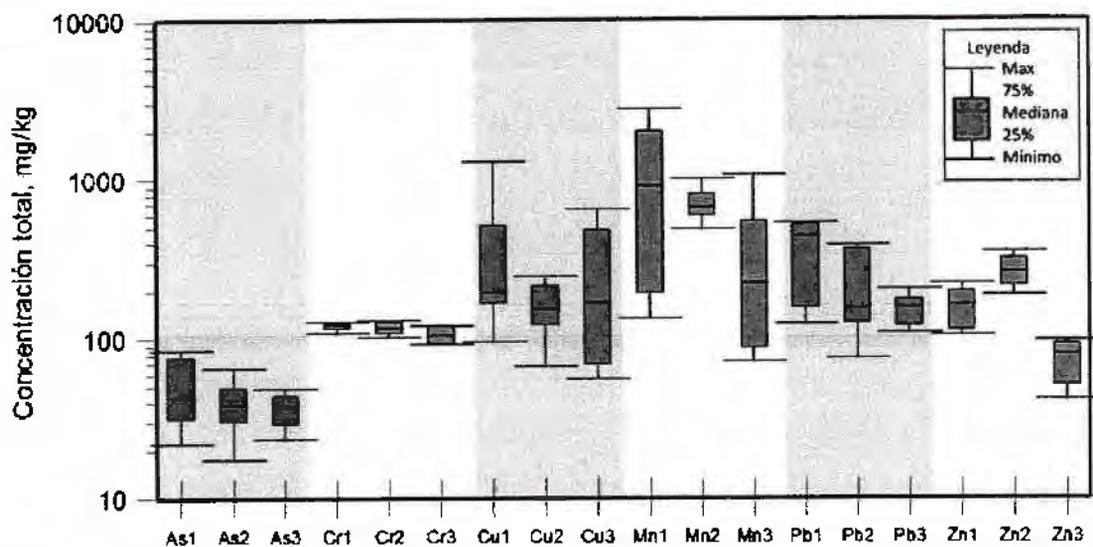
Nota: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.3 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto IT3**



**Figura 4.5 Aspectos geológicos relevantes en la zona del transecto IT1: (A) Afloramiento de pirolusita dendrítica ( $MnO_2$ ), que es una fuente natural y abundante de manganeso (Mn). (B) Obra minera abandonada (socavón al pie de montaña) a unos 60 m hacia el oeste del cauce del Arroyo Tinajas, que es una evidencia robusta de la existencia de zonas ricamente mineralizadas en la zona**

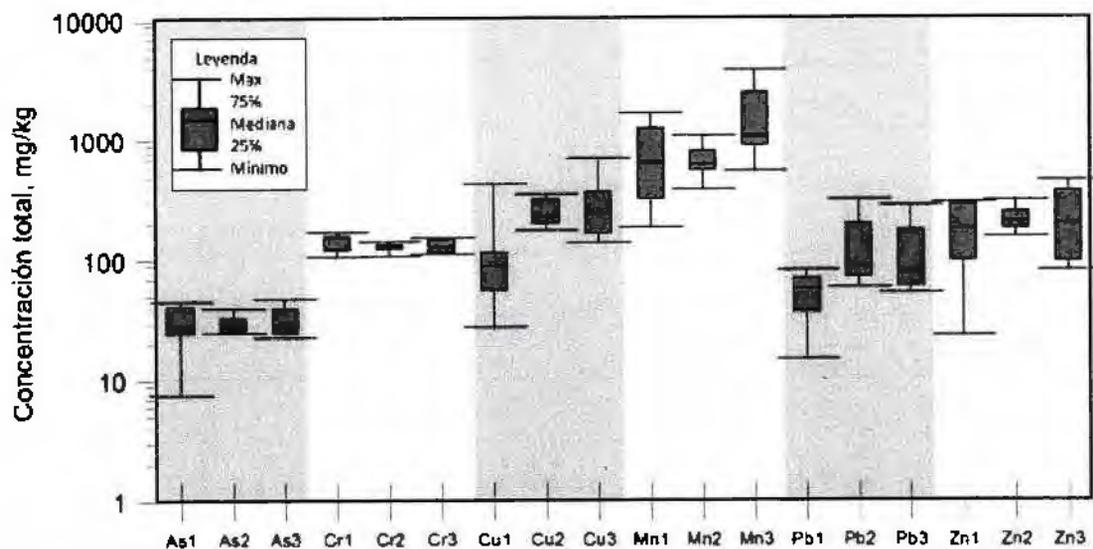


As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte altas del lado OESTE del cauce del Arroyo Tinajas

As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Arroyo Tinajas

As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte altas del lado ESTE del cauce del Arroyo Tinajas

**Figura 4.6 (A) Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el Transecto IT1**

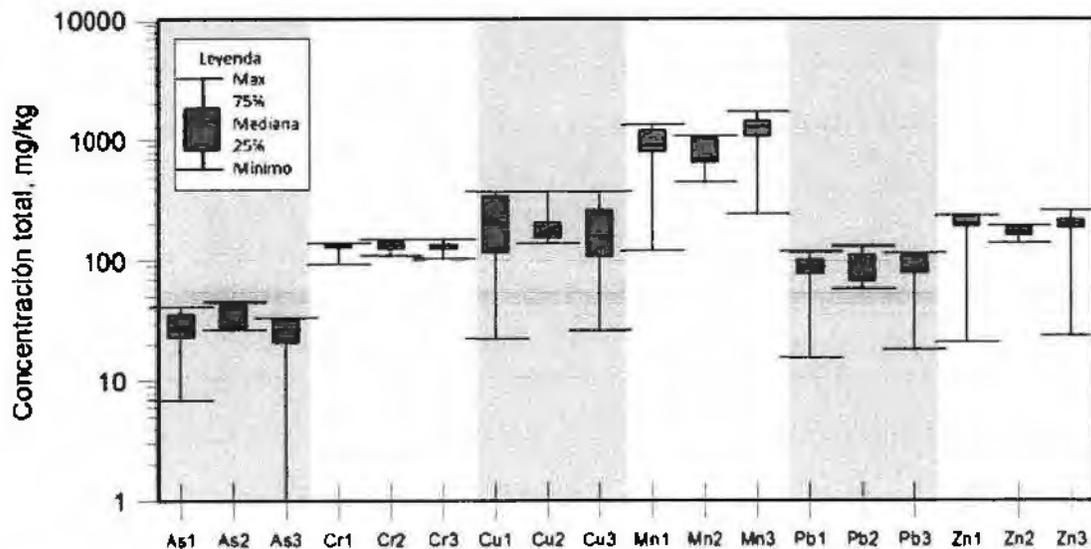


As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte altas del lado OESTE del cauce del Arroyo Tinajas

As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Arroyo Tinajas

As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte altas del lado ESTE del cauce del Arroyo Tinajas

**Figura 4.6 (B) Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el Transecto IT2**



As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte alta del lado OESTE del cauce del Arroyo Tinajas  
 As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Arroyo Tinajas  
 As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte alta del lado ESTE del cauce del Arroyo Tinajas

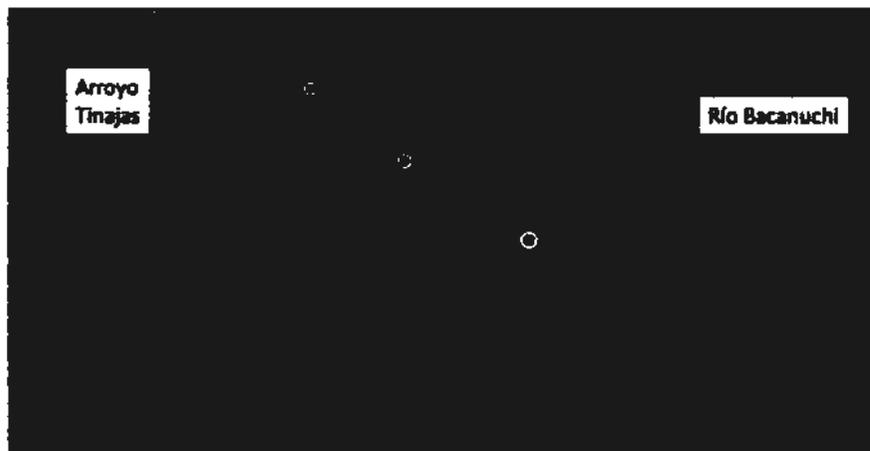
**Figura 4.6 (C) Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el Transecto IT3**

#### 4.4 Transectos en Tinajas II

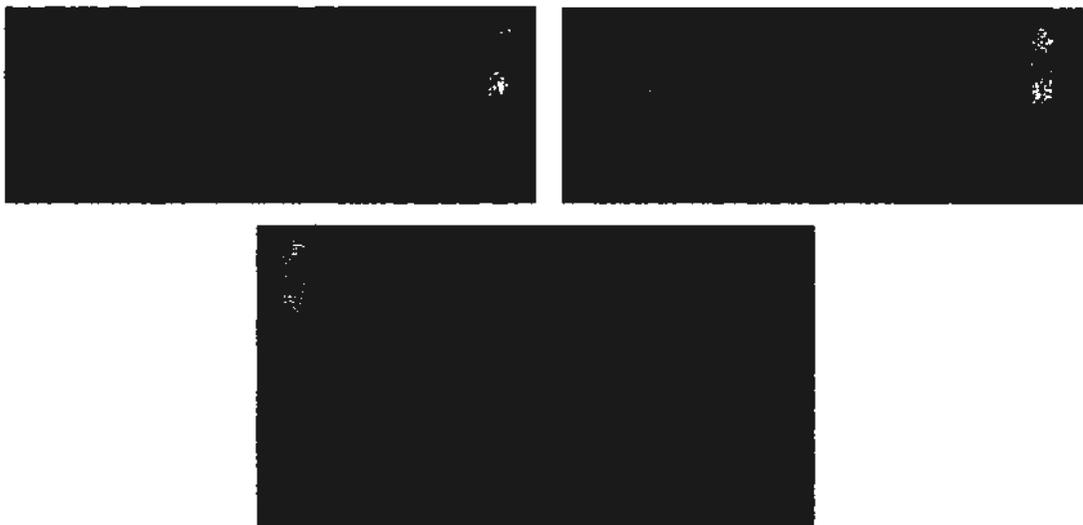
Se denomina Tinajas II (IIT) al espacio entre el bordo de contención, construido para limitar el avance del derrame, y la intersección del Arroyo Tinajas y el Río Bacanuchi.

La ubicación general de los transectos (IIT1, IIT2 y IIT3) en Tinajas II se puede observar en la Figura 4.7. La ubicación de las zanjas excavadas en los transectos se puede observar en la Figura 4.8.

Se tomaron un total de 81 muestra en las 27 zanjas excavadas en los transectos IIT1, IIT2 y IIT3.



**Figura 4.7** Ubicación general de los transectos IIT1, IIT2 y IIT3, para la toma de muestras de sedimentos y suelos en Tinajas II (IIT): del bordo de contención hasta la intersección con el Río Bacanuchi



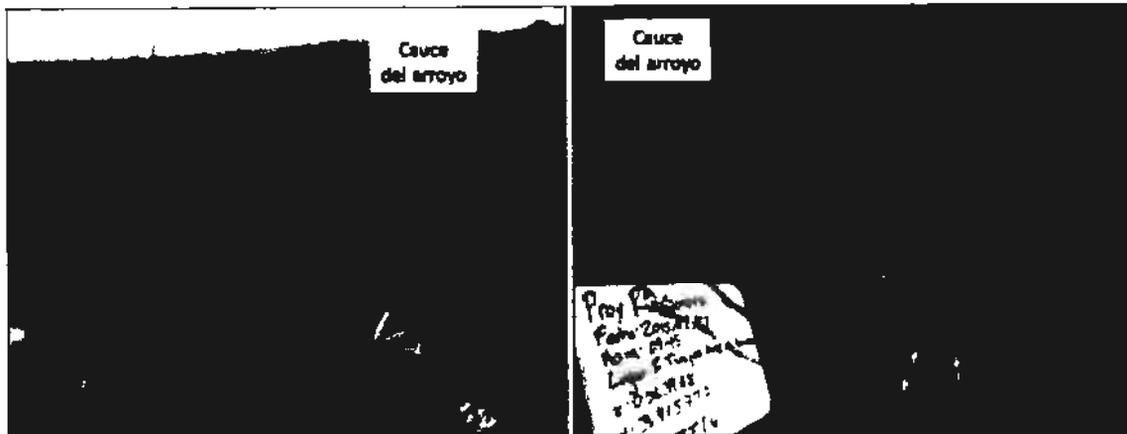
**Nota:** En sombreado azul trazo del arroyo y zona de inundación después del huracán Odile de septiembre de 2015

**Figura 4. 8** Detalle de ubicación de zanjas excavada en cada uno de los tres transecto sobre el Arroyo Tinajas en la parte baja (Tinajas II)

#### **4.4.1 Transecto IIT1**

El transecto IIT1 se localiza a unos 300 m “aguas abajo” del denominado bordo de contención. Las zanjas de la parte oeste (IIT1A, IIT1B y IIT1C) del cauce del arroyo y las de la parte este (IIT1I, IIT1H y IIT1G) se encuentran en sitios

topográficamente más altos que el lecho del cauce del Arroyo Tinajas, por lo que se concluye que no pudieron haber sido afectados por el derrame (Figura 4.9).



**Figura 4.9** Aspecto general del Arroyo Tinajas en la parte donde se ubicó el transecto IIT1, donde se aprecia que los puntos de muestreo de las zanjas hacia el este y oeste del cauce están en sitios topográficamente más altos con relación al mismo

Los resultados de los análisis químicos del transecto IIT1 se presentan en la Tabla 4.4. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.2.

En las muestras ubicadas en sitios topográficamente más altos que el cauce del arroyo, los valores de pH varían entre 5.0 y 7.8 similares a los valores de pH de los sedimentos del arroyo, con excepción de las muestras IIT1D25 y IIT1D50 del cauce del arroyo con valores de pH de 3.8; lo que amerita un muestreo más intenso en estos sitios para valorar la posible afectación, en el grado de acidez, debido al derrame.

Sin embargo, en todas las muestras los valores de conductividad eléctrica (CE) son muy bajos y varían entre 8 y 98  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; que son mucho menores que los valores de CE en los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ver Informe de avances 2)<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que permite afirmar que los materiales

Finalmente, los resultados indican que las concentraciones de los metales de interés son mayores o similares en los sitios topográficamente más altos, que las determinadas en los sedimentos del cauce del Arroyo Tinajas, por donde fluyó el derrame.

Estos resultados permite afirmar que existe un aporte natural de metales al cauce del Arroyo Tinajas, por lo que se puede inferir que, de manera general, y hasta la profundidad estudiada, los suelos y sedimentos, de la zona del transecto IIT1, no están afectados por la presencia de los metales asociados al derrame, del pasado 06 de agosto de 2014, de la empresa Buena vista del Cobre.

Al igual que para los transectos de Tinajas I (IT1, IT2 y IT3: desde el Represo hasta el bordo de contención), las concentraciones de los metales de interés, en las zanjas excavadas en el Este y Oeste del transecto IIT1 (Figura 4.10) se pueden explicar por las rocas mineralizadas que afloran en la zona (ver Figura 4.5)

Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio, es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que contienen metales, lo que desde el punto de vista ambiental significa poco riesgo de migración de estos metales hacia las partes inferiores del subsuelo; sin embargo, se tendría que valorar la influencia de los pH relativamente bajos ( $\text{pH} = 3.8$ ) identificados en dos de las muestras (IIT1D25 y IITD50) del transecto IIT1.

---

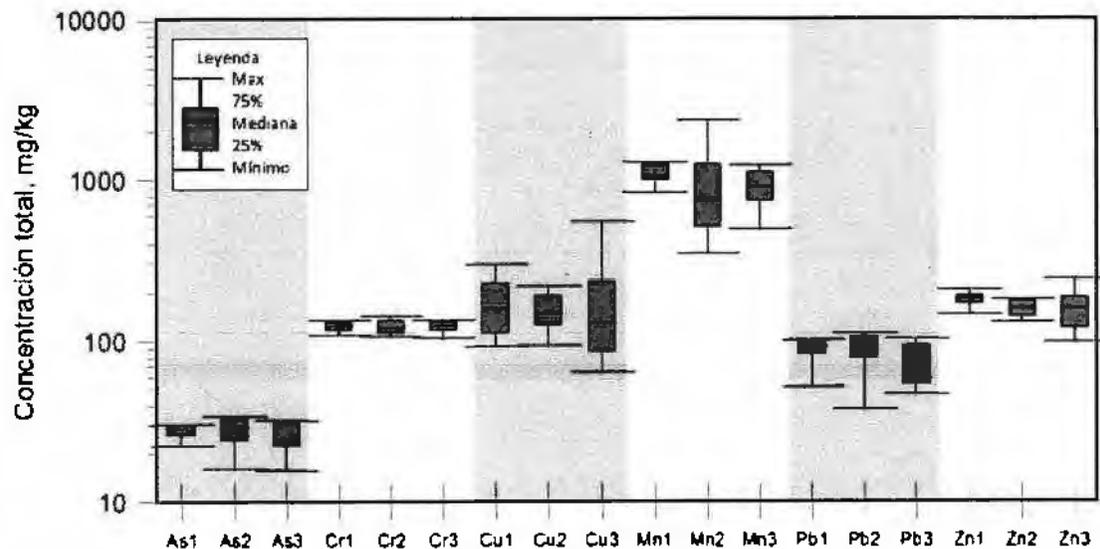
sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE, por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.

No	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
				( $\mu\text{S/cm}$ )	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
<b>Límite de Detección (LD)</b>				<b>2</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0.003</b>	
1	IIT1A 0-5	5	5.7	35	30.4	371.3	131.6	295.9	1055.2	101.6	186.0	2.83
2	IIT1A 25	25	5.4	14	27.4	638.2	114.2	181.6	1078.7	86.2	192.8	2.71
3	IIT1A 50	50	5.6	18	23.6	685.2	123.3	92.1	830.7	51.3	149.1	2.49
4	IIT1B 0-5	5	5.9	36	26.2	557.8	128.3	158.3	1004.5	100.1	190.7	2.54
5	IIT1B 25	25	5.7	22	27.1	544.5	124.9	111.8	1120.1	79.7	173.0	2.78
6	IIT1B 50	50	6.0	21	28.1	606.7	110.2	103.6	1239.1	92.5	182.1	2.81
7	IIT1C 0-5	5	5.9	19	30.1	674.2	118.2	230.2	1282.3	98.1	209.2	3.4
8	IIT1C 25	25	5.4	22	26.7	565.2	128.6	166.0	1007.9	83.2	169.3	2.47
9	IIT1C 50	50	5.6	29	22.2	500.4	135.3	144.0	1012.2	94.7	187.4	2.78
10	IIT1D 0-5	5	4.5	44	24.3	585.1	144.4	219.9	1110.7	96.3	177.7	3.9
11	IIT1D 25	25	3.8	78	16.0	564.3	115.0	133.2	349.2	37.3	132.1	1.52
12	IIT1D 50	50	3.8	66	34.1	636.8	130.6	149.1	465.2	90.9	160.4	3.01
13	IIT1E 0-5	5	5.8	22	26.1	718.6	122.2	125.6	2359.8	82.4	134.4	2.92
14	IIT1E 25	25	5.7	24	23.5	552.5	113.1	93.7	665.7	60.2	144.1	2.14
15	IIT1E 50	50	6.1	56	28.8	582.9	114.0	126.9	752.5	110.8	153.1	2.52
16	IIT1F 0-5	5	6.0	79	29.0	571.0	135.6	180.5	1249.3	78.5	182.7	3.2
17	IIT1F 25	25	4.4	67	29.9	642.9	106.9	158.4	509.3	84.1	167.0	2.89
18	IIT1F 50	50	4.4	92	32.7	681.2	129.0	191.5	804.6	106.1	172.3	3.29
19	IIT1G 0-5	5	5.0	21	30.6	542.8	135.6	236.1	906.8	55.6	122.6	3.41
20	IIT1G 25	25	5.2	8	22.4	562.0	117.2	85.3	753.0	47.0	104.4	2.79
21	IIT1G 50	50	5.4	11	21.8	675.1	119.3	102.8	645.2	53.6	121.0	2.39
22	IIT1H 0-5	5	5.7	98	30.2	165.7	131.6	543.1	1240.0	93.3	242.0	2.13
23	IIT1H 25	25	6.0	43	30.8	494.5	130.9	166.9	1131.6	79.5	188.3	2.62
24	IIT1H 50	50	5.8	36	23.4	582.5	128.2	129.7	1007.2	104.0	160.3	3.05
25	IIT1I 0-5	5	6.5	28	31.9	462.4	116.7	160.1	1084.1	82.9	161.6	3.08
26	IIT1I 25	25	6.6	28	22.4	461.0	124.9	86.0	744.5	58.4	162.3	2.74
27	IIT1I 50	50	7.8	43	15.7	327.0	104.8	64.0	489.8	46.2	98.7	1.93

Nota: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.4 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto IIT1**



As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte altas del lado OESTE del cauce del Arroyo Tinajas  
 As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Arroyo Tinajas  
 As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte altas del lado ESTE del cauce del Arroyo Tinajas

**Figura 4.10** Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el Transecto IIT1

#### 4.4.2 Transectos IIT2 y IIT3

Las zanjas excavadas, en los transectos IIT2 y IIT3, se localizan en sitios, que por su ubicación topográfica (Figura 4.11), pudieron haber sido afectados por el derrame, de Buena Vista del Cobre, de pasado 06 de agosto de 2014; por lo que es necesario determinar los valores de fondo locales del sitio para valorar la posible afectación por los metales asociados al mencionado derrame.

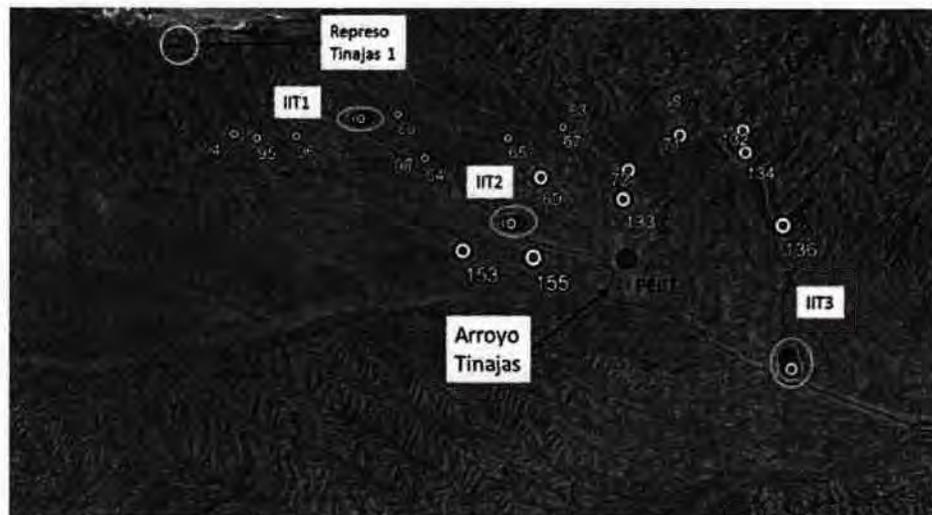
#### A) Valores de fondo locales para evaluar la calidad de suelos y sedimentos de los transectos IIT2 y IIT3

##### A.1) Sedimentos de arroyo

Se consideraron valores de fondo las concentraciones de los metales en muestras de sedimentos de tributarios del Arroyo Tinajas en la parte ubicada entre el bordo de contención y la intersección Arroyo Tinajas – Río Bacanuchi (Figura 4.12). Los valores son los reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (Tabla 4.5)



Figura 4.11 Aspecto general del Arroyo Tinajas en la zona donde se hicieron los transectos IIT2 y IIT3 y se tomaron muestras en las zanjas lejanas hacia el Oeste y Este del cauce



- Ubicación de sedimentos en tributarios del Arroyo Tinajas por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 1995 – 2000)
- Ubicación del Perfil edafológico (PEIT) para Tinajas II, en un tributario del Arroyo Tinajas (UNAM, 2015)

Figura 4.12 Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos de tributarios del Arroyo Tinajas para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto IIT2 y IIT3

X	Y	ID	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
		SGM	mg/kg							
564778	3415289	60	36.6	0.90	75	153	970	104	180	3.31
568455	3413464	63	49.1	0.90	82	267	941	189	204	3.64
564008	3413129	64	31.1	1.00	87	107	1206	112	216	3.53
565982	3413015	65	40.5	0.60	134	72	1053	84	147	5.03
567364	3412881	67	50.5	1.40	222	50	1066	102	152	5.82
569859	3411931	68	54.4	1.10	59	72	1722	129	340	3.78
565082	3410933	69	31.3	0.50	51	56	1235	80	132	2.83
568423	3410499	71	47.6	0.90	54	72	1448	109	293	3.67
566689	3410224	72	61.9	1.00	70	191	1106	133	218	3.43
561490	3416221	94	18.6	0.61	34	106	641	56	129	2.78
561758	3415710	95	23.1	0.80	61	155	842	82	149	4.24
562412	3415283	96	22.4	0.93	45	143	772	79	144	3.40
563641	3413258	98	25.2	0.67	33	72	844	94	134	3.17
569380	3409649	132	34.8	1.10	59	101	2055	104	249	3.40
565628	3409235	133	45.6	1.80	73	349	1024	83	232	3.78
568621	3408957	134	32.7	0.60	82	66	2517	68	185	4.14
566745	3406495	136	25.30	0.50	102	45	1291	109	204	4.93
562187	3409446	153	14.4	0.04	47	42	688	51	109	3.27
562955	3408546	155	13.4	0.04	59	25	701	42	77	3.77
Mínimo			13.4	0.04	33	25	641	42	77	2.78
Máximo			61.9	1.80	222	349	2517	189	340	5.82
Promedio			34.7	0.81	75	113	1164	95	184	3.79

**Tabla 4.5 Valores de fondo de las concentraciones de los metales de interés en muestras de sedimentos de tributarios del Arroyo Tinajas en la parte ubicada entre el bordo de emergencia y la intersección Arroyo Tinajas – Río Bacanuchi (Fuente: SGM, 1995 – 2000)**

## A.2) Suelos

Para los valores de fondo de suelos se utilizaron las muestras de un perfil edafológico (PEIIT) localizado en la parte de Tinajas II (Figura 4.12). Este perfil se ubica en la terraza de un tributario que baja de las sierras de la parte este del cauce del Arroyo Tinajas, a unos 1200 m del mismo. Debido a que pertenece a un tributario que drena al Arroyo Tinajas se puede afirmar que no pudieron haber sido contaminados por el derrame del Represo Tinajas 1, de Buena Vista del Cobre, del pasado 06 de agosto de 2014.

El PEIIT tiene más de 3.0 m de altura sobre el lecho del río (Figura 4.13). Se identificaron 6 horizontes. Desde la superficie hasta los 2.20 m estudiados, las

concentraciones de los metales de interés<sup>18</sup> varían entre 24 y 41 para As, 71 y 135 para Cu, 93 y 109 para Cr, 693 y 1248 para Mn, 77 y 98 para Pb y 152 y 250 para Zn. En el caso del Fe, la concentración varió entre 3.6 y 4.7% (Tabla 4.6). Estos valores están dentro del intervalo de los reportados por el SGM.

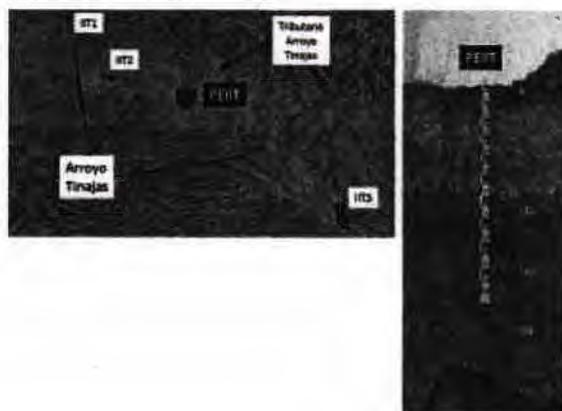


Figura 4.13 Ubicación y vista general del perfil PEIIT, en la parte de Tinajas II (entre el bordo de contención y la intersección Arroyo Tinajas – Río Bacanuchi)

Perfil		Horizonte	Profundidad (cm)	As	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
Mapa	Campo			mg/kg						
PEIIT	9A	A	0-25	47	109	135	835	98	218	4.07
		C	25-115	41	97	73	1030	77	152	3.70
		2Ag	115-170	32	109	109	1238	87	223	4.22
		3AB	170-190	30	99	120	1248	93	250	3.58
		3Bk	190-220	25	102	97	1127	86	212	4.26
		3C	220+	24	93	71	693	85	157	4.72
<b>Mínimo</b>				24	93	71	693	77	152	3.58
<b>Máximo</b>				47	109	135	1248	98	250	4.72
<b>Promedio</b>				33	102	101	1029	88	202	4.09

Tabla 4.6 Valores de fondo las concentraciones de los metales de interés en muestras de suelo del Perfil edafológico PEIIT (UNAM, 2015)

## B) Calidad de suelos y sedimentos de los transectos IIT2 y IIT3

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 4.7 (zanjas del transecto IIT2) y Tabla 4.8 (zanjas del transecto IIT3). El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.2.

<sup>18</sup> Concentraciones determinadas por FRX con un espectrómetro FXL 959 en el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la UNAM.

Los resultados indican, con excepción de dos muestras, en el transecto IIT2, que los valores de pH varían entre 5.9 y 8.0 que indican condiciones prácticamente neutras a ligeramente básicas. En dos sitios, del arroyo, el transecto IIT, en las muestras IIT2E 50 y IIT2F50 a los 50 cm de profundidad, el valor de pH es de 3.8, lo que amerita un muestreo más intenso en estos dos sitios para valorar la posible afectación, en el grado de acidez, debido al derrame.

Los valores de conductividad eléctrica (CE) son bajos y varían entre 24 y 151  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con excepción de 1 muestra (IIT2H 50, CE = 436  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); pero que, para todas las muestras, éstos son menores que los valores de CE en los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ver Informe de avances 2)<sup>19</sup>.

En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que están dentro del intervalo de los valores de fondo naturales de la zona, reportados por el SGM (1995-2000); lo que permite concluir que los suelos y sedimentos, entre el bordo de emergencia y la intersección Arroyo Tinajas – Río Bacanuchi, no están afectados por la presencia de los metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio (Figura 4.14), es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que contienen metales, lo que desde el punto de vista ambiental significa poco riesgo de migración de estos metales hacia las partes inferiores del subsuelo; sin embargo, se tendría que valorar la influencia de los pH relativamente bajos (pH = 3.8) identificados en dos de las muestras (IIT2E 50 y IIT2F50) del transecto IIT1.

---

<sup>19</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que permite afirmar que los materiales sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE, por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.

No	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
				( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	mg/kg							
Límite de Detección (LD)				2	23	6	7	30	3	5	0.003	
1	IIT2A 5	5	6.1	34	32.1	318.5	124.0	129.7	881.2	56.0	113.3	2.87
2	IIT2A 25	25	6.1	24	25.2	422.8	114.7	68.5	512.2	40.8	92.5	2.55
3	IIT2A 50	50	6.1	38	26.8	287.2	127.4	83.6	636.5	45.7	102.3	2.86
4	IIT2B 0-5	5	5.9	35	25.6	338.1	123.6	132.1	782.4	46.1	98.3	2.42
5	IIT2B 25	25	6.3	29	23.4	261.5	118.3	82.0	609.9	49.7	99.0	2.93
6	IIT2B 50	50	6.5	66	26.8	275.6	114.9	91.6	710.4	44.1	107.7	2.85
7	IIT2C 0-5	5	6.2	38	17.2	191.6	125.0	63.2	566.0	37.1	85.8	1.96
8	IIT2C 25	25	7.2	33	22.1	429.0	112.0	78.7	715.1	44.3	100.2	2.3
9	IIT2C 50	50	7.7	66	19.3	488.8	115.3	56.7	569.7	34.7	78.1	2.25
10	IIT2D 0-5	5	7.5	66	24.5	405.2	125.6	129.0	710.6	51.9	126.1	2.16
11	IIT2D 25	25	7.5	42	19.3	549.0	120.7	111.7	430.4	29.5	86.4	2.03
12	IIT2D 50	50	7.2	29	23.4	652.5	128.7	99.4	836.4	39.6	114.2	2.76
13	IIT2E 5	5	7.6	47	24.5	686.8	121.9	92.7	797.7	56.8	111.2	2.98
14	IIT2E 25	25	7	30	26.8	775.3	128.8	111.7	1168.6	55.1	115.0	3.79
15	IIT2E 50	50	3.8	40	41.1	807.7	128.6	127.8	333.9	56.5	88.4	2.66
16	IIT2F 5	5	6.1	52	26.7	575.5	130.3	123.5	913.4	56.5	126.9	2.98
17	IIT2F 25	25	6.1	105	31.0	520.4	124.4	126.5	772.2	59.5	147.7	3.05
18	IIT2F 50	50	3.8	110	42.1	579.7	134.1	197.4	1289.4	79.1	122.2	3.23
19	IIT2G 5	5	6.6	82	19.6	605.7	123.5	77.4	879.7	56.9	133.2	2.33
20	IIT2G 25	25	6.4	53	23.9	380.0	128.3	89.3	1424.4	83.3	159.2	3.12
21	IIT2G 50	50	6.8	151	21.8	452.8	111.8	95.7	900.6	64.7	156.4	2.65
22	IIT2H 5	5	8	56	23.2	543.9	120.4	101.3	829.5	65.3	152.0	2.42
23	IIT2H 25	25	7.4	59	20.5	383.8	133.4	91.6	922.4	64.5	155.9	2.65
24	IIT2H 50	50	6.6	436	20.9	434.4	112.9	79.6	885.6	61.3	149.1	2.5
25	IIT2I-5	5	6.5	61	25.2	378.1	118.6	189.5	1008.7	81.4	192.2	2.42
26	IIT2I-25	25	7.4	64	23.4	230.1	122.3	111.1	906.2	74.4	171.1	2.59
27	IIT2I 50	50	7.4	57	26.1	293.3	127.9	117.0	1101.9	80.0	217.1	2.96
<b>Mínimo</b>			<b>3.8</b>	<b>24</b>	<b>17.2</b>	<b>191.6</b>	<b>111.8</b>	<b>56.7</b>	<b>333.9</b>	<b>29.5</b>	<b>78.1</b>	<b>1.96</b>
<b>Máximo</b>			<b>8.0</b>	<b>436</b>	<b>42.1</b>	<b>807.7</b>	<b>134.1</b>	<b>197.4</b>	<b>1424.4</b>	<b>83.3</b>	<b>217.1</b>	<b>3.79</b>
<b>Promedio</b>			<b>6.6</b>	<b>70</b>	<b>25.3</b>	<b>454.3</b>	<b>122.8</b>	<b>105.9</b>	<b>818.3</b>	<b>56.1</b>	<b>126.0</b>	<b>2.68</b>

Nota 1: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

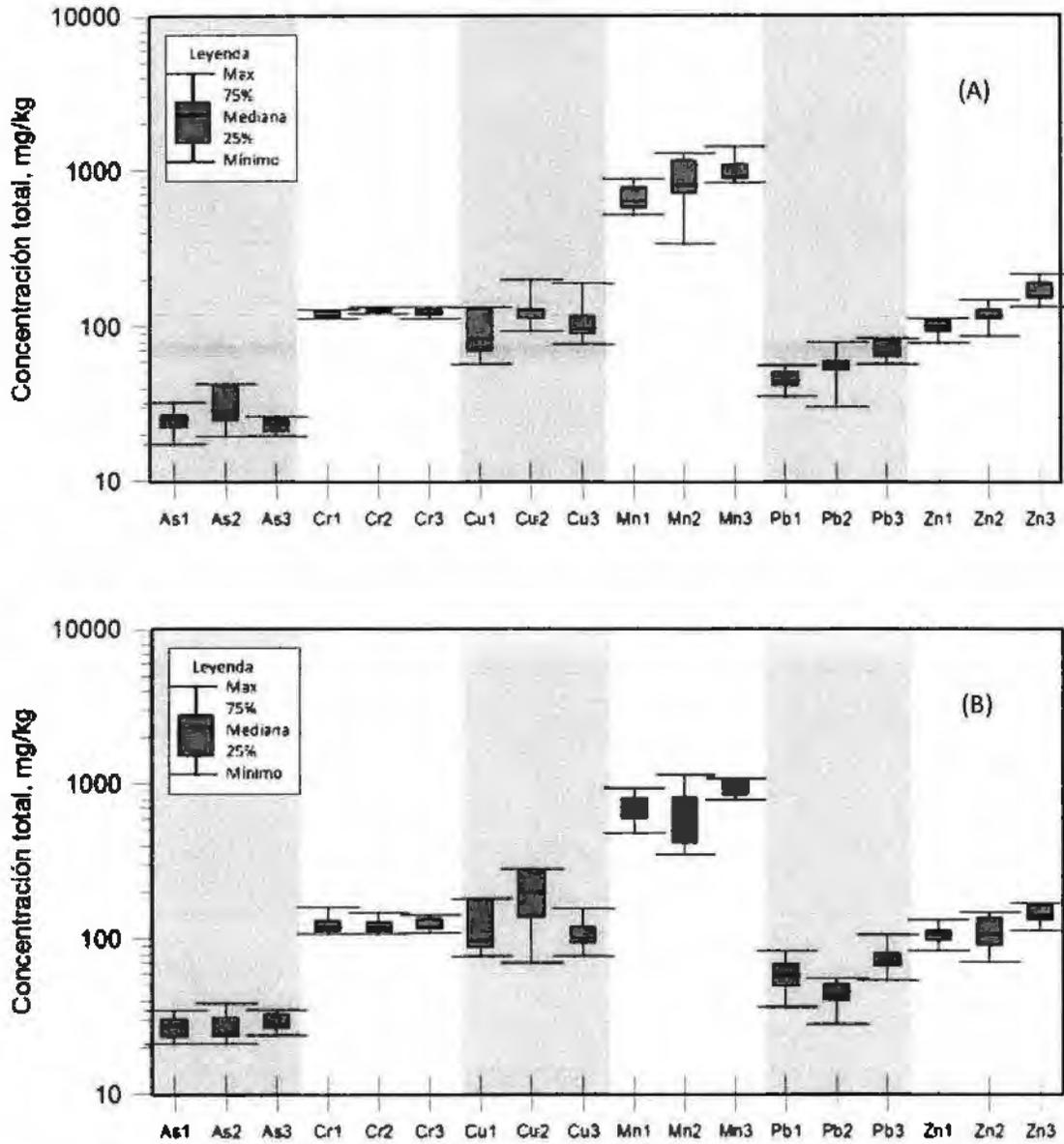
**Tabla 4.7 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto IIT2**

No	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
				( $\mu$ S/cm)	mg/kg							
Límite de Detección (LD)				2	23	6	7	30	3	5	0.003	
1	IIT3A 5	5	7.1	25	27.1	354.2	129.7	179.4	661.1	57.8	96.8	2.31
2	IIT3A 25	25	7	32	30.3	591.9	117.9	180.2	670.4	66.4	112.4	2.65
3	IIT3A 50	50	7	38	34.3	476.6	112.0	159.6	800.8	68.1	130.1	2.84
4	IIT3B 5	5	7	19	29.7	442.8	121.7	95.8	934.1	81.8	112.8	1.89
5	IIT3B 25	25	7	23	21.0	665.2	110.2	82.3	534.3	48.8	98.1	2.20
6	IIT3B 50	50	6.7	23	26.6	671.9	107.0	87.3	722.2	52.3	93.4	2.52
7	IIT3C 5	5	6.7	20	21.6	662.8	158.1	77.3	808.6	36.0	83.0	2.49
8	IIT3C 25	25	6.7	44	29.8	672.1	118.6	98.4	597.6	59.5	109.0	2.30
9	IIT3C 50	50	6.8	35	23.2	691.5	124.6	96.8	479.0	48.7	107.1	2.13
10	IIT3D 5	5	6.8	27	20.9	586.3	107.1	137.0	348.1	28.3	83.2	1.81
11	IIT3D 25	25	7.8	58	23.7	698.8	112.6	235.8	555.9	39.7	135.8	2.13
12	IIT3D 50	50	7.1	32	24.3	660.6	127.3	68.6	564.6	41.7	89.8	2.13
13	IIT3E 5	5	6.4	22	23.6	805.0	117.6	279.5	572.4	42.6	105.8	2.48
14	IIT3E 25	25	6.2	30	23.4	752.1	121.0	195.3	413.3	38.0	93.8	2.20
15	IIT3E 50	50	6.5	36	30.9	638.8	147.4	264.7	1145.8	49.8	118.2	3.90
16	IIT3F 5	5	6.5	26	26.0	809.4	115.5	151.6	637.0	47.0	123.0	2.36
17	IIT3F 25	25	6.4	33	38.2	689.7	109.4	98.2	411.3	43.1	70.5	1.92
18	IIT3F 50	50	6.2	21	25.0	707.5	125.5	275.2	813.3	55.0	145.6	2.52
19	IIT3G 0-5	5	6.9	18	34.5	702.1	109.1	117.5	941.3	69.0	133.9	2.71
20	IIT3G 25	25	7.2	56	32.8	595.3	112.4	86.1	1010.4	104.6	129.8	2.68
21	IIT3G 50	50	7.4	52	26.7	569.8	117.0	77.0	845.6	63.3	119.1	2.65
22	IIT3H 0-5	5	7	32	23.7	546.5	132.8	99.9	791.5	53.4	111.9	2.68
23	IIT3H 25	25	7.1	56	25.3	536.3	122.3	97.6	889.4	69.5	141.2	2.74
24	IIT3H 50	50	6.8	66	29.2	460.1	116.2	93.5	980.8	66.2	153.0	3.07
25	IIT3I 0-5	5	7.5	27	27.8	478.8	129.1	154.8	781.3	69.9	139.8	2.84
26	IIT3I 25	25	7.2	53	28.6	551.9	119.1	105.5	1072.3	80.0	168.8	3.12
27	IIT3I 50	50	7.1	44	26.8	523.2	142.5	104.7	1081.1	76.1	164.6	3.12

Nota 1: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.8 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto IIT3**



As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte alta del lado OESTE del cauce del Arroyo Tinajas  
 As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Arroyo Tinajas  
 As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte alta del lado ESTE del cauce del Arroyo Tinajas

**Figura 4.14 Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el Transecto IIT2 (A) y IIT3 (B)**

#### 4.5 Transectos en el Río Bacanuchi

Se distribuyeron tres transectos en el Río Bacanuchi en su parte alta (B1), media (B2) y baja (B3); que están distribuidos, aproximadamente, cada 20 km.

La ubicación general de los transectos (B1, B2 y B3) se puede observar en la Figura 4.15. La ubicación de las zanjas excavadas en los transectos se puede observar en la Figura 4.16.

Se tomaron un total de 75 muestra en las 27 zanjas excavadas en los transectos B1, B2 y B3.

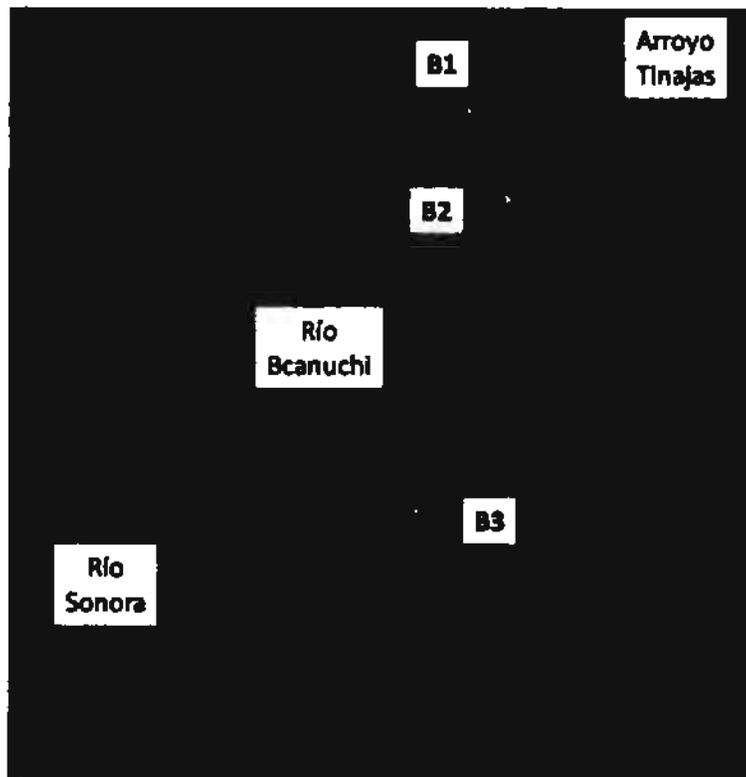


Figura 4.15 Ubicación general de los transectos B1, B2 y B3; para la toma de muestras de sedimentos y suelos en el Río Bacanuchi



Nota: En sombreado azul trazo del arroyo y zona de inundación después del huracán Odile de septiembre de 2015

**Figura 4. 16 Detalle de ubicación de zanjas excavada en cada uno de los tres transecto sobre el Río Bacanuchi**

#### **4.5.1 Transecto B1**

Las zanjas excavadas, en el transecto B1, se localizan en sitios, que por su ubicación topográfica (Figura 4.17), pudieron haber sido afectados por el derrame, de Buena Vista del Cobre, de pasado 06 de agosto de 2014; por lo que se estimaron los valores de fondo locales del sitio para valorar la posible afectación asociada al mencionado derrame.

#### **A) Valores de fondo locales para evaluar la calidad de suelos y sedimentos de los transectos B1**

##### **A.1) Sedimentos de arroyo**

Se consideraron valores de fondo las concentraciones de los metales en muestras de sedimentos de tributarios cercanos al transecto B1 que drenan tanto al Arroyo

Tinajas como al Río Bacanuchi en su parte alta, inmediatamente después de su intersección con el Arroyo Tinajas (Figura 4.18). Los valores son los reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (Tabla 4.9).



Figura 4.17 Aspecto general de las zanjas excavadas en el transecto B1

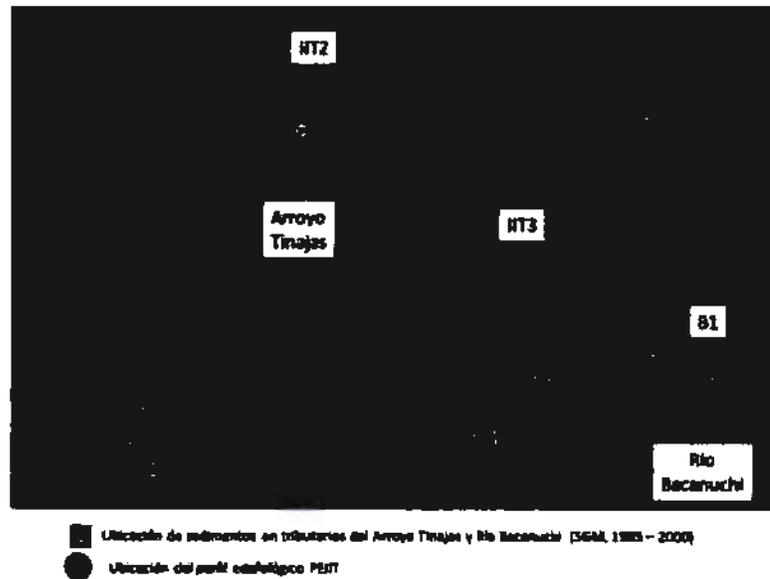


Figura 4.18 Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos de tributarios del Arroyo Tinajas y Río Bacanuchi en su parte alta (SGM, 1995 - 2000), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto B1

X	Y	ID	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
		SGM								
565082	3410933	69	31.3	0.5	51	56	1235	80	132	2.83
568423	3410499	71	47.6	0.9	54	72	1448	109	293	3.67
566689	3410224	72	61.9	1	70	191	1106	133	218	3.43
569380	3409649	132	34.8	1.1	59	101	2055	104	249	3.4
565628	3409235	133	45.6	1.8	73	349	1024	83	232	3.78
568621	3408957	134	32.7	0.6	82	66	2517	68	185	4.14
566745	3406495	136	25.3	0.5	102	45	1291	109	204	4.93
562187	3409446	153	14.4	0.04	47	42	688	51	109	3.27
562955	3408546	155	13.4	0.04	59	25	701	42	77	3.77
564124	3402969	141	23.5	0.8	68	51	904	45	147	3.33
559906	3403259	149	14.7	0.54	21	69	878	29	85	2.9
560199	3403666	150	13.8	0.04	21	26	549	25	63	3.93
561567	3403370	152	13.4	0.16	18	36	583	19	70	3.61
562221	3402559	154	12.1	0.19	22	35	650	23	79	3.66
563152	3402727	156	13.3	0.17	22	40	746	26	84	3.43
<b>Valores</b>	<b>Mínimo</b>		<b>12.1</b>	<b>0.04</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>549</b>	<b>19</b>	<b>63</b>	<b>2.83</b>
<b>de</b>	<b>Máximo</b>		<b>61.9</b>	<b>1.8</b>	<b>102</b>	<b>349</b>	<b>2517</b>	<b>133</b>	<b>293</b>	<b>4.93</b>
<b>Fondo</b>	<b>Promedio</b>		<b>26.5</b>	<b>0.6</b>	<b>51</b>	<b>80</b>	<b>1092</b>	<b>63</b>	<b>148</b>	<b>3.61</b>

Tabla 4.9 Valores de fondo las concentraciones de los metales de interés de tributarios del Arroyo Tinajas y Río Bacanuchi (parte alta), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto B1 (Fuente: SGM, 1995 - 2000)

## **A.2) Suelos**

Para el caso de los suelos, como valor de fondo se consideran los del perfil edafológico PEIIT descrito en la sección 4.4.2 A.2 de este informe.

Como ya se mencionó, las concentraciones totales (mg/kg) de los elementos de interés en los suelos del perfil PEIIT, desde la superficie hasta los 2.20 m estudiados, están dentro del intervalo de los reportados por el SGM; y varían entre 24 y 41 para As, 71 y 135 para Cu, 93 y 109 para Cr, 693 y 1248 para Mn, 77 y 98 para Pb y 152 y 250 para Zn. En el caso del Fe, la concentración varió entre 3.6% y 4.7% (ver Tabla 4.6).

## **B) Calidad de suelos y sedimentos del transectos B1**

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 4.10. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.3.

Los resultados indican que los valores de pH varían entre 7.1 y 8.4 que indican condiciones prácticamente neutras a ligeramente básicas.

Los valores de conductividad eléctrica (CE) son bajos y varían entre 24 y 252  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con excepción de 2 muestra [B1H25 (CE = 687 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y B1H50 (CE = 775 $\mu\text{S}/\text{cm}$ )]. Sin embargo, para todas las muestras, los valores de CE son menores que los valores de CE en los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ver Informe de avances 2)<sup>20</sup>. Es importante resaltar que las muestras de las zanja BH1 están a unos 50 m del cauce por donde pasó el derrame y está

---

<sup>20</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que permite afirmar que los materiales sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE, por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.

fuera del área de inundación aún después del paso del huracán Odile (Figura 4.16.).

En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que están dentro del intervalo de los valores de fondo naturales de la zona, reportados por el SGM (1995-2000); lo que permite concluir que los suelos y sedimentos, del Transecto B1 no están afectados, hasta la profundidad estudiada, por la presencia de los metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

Las concentraciones naturales de los metales de interés, en las zanjas excavadas, en el transecto B1 (Figura 4.19), se pueden explicar por las rocas mineralizadas que afloran en la zona.

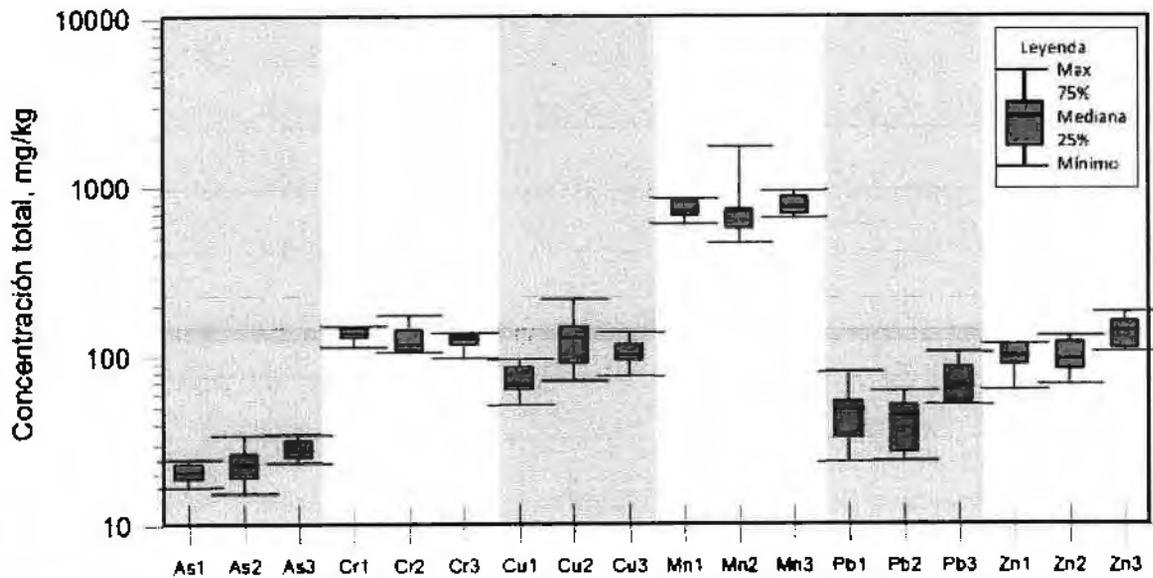
Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio, es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) y valores neutros y ligeramente básicos de pH podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que contienen a estos metales, lo que desde el punto de vista ambiental significa poco riesgo de migración de estos metales hacia las partes inferiores del subsuelo.

No.	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
				μS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
<b>Límite de Detección (LD)</b>				<b>2</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0.003</b>	
1	B1A 0-5	5	7.2	32	16.8	501.5	148.6	86.1	674.1	48.1	104.4	2.54
2	B1A 25	25	7.5	44	19.0	496.4	139.0	63.8	739.7	32.6	85.8	2.92
3	B1A 50	50	8.1	78	19.7	613.5	128.8	63.3	681.4	37.6	92.3	2.96
4	B1B 0-5	5	7.2	34	24.3	541.3	130.7	95.6	825.8	53.9	117.9	2.98
5	B1B 25	25	7.1	49	20.7	483.4	134.4	59.2	705.4	31.6	88.9	2.63
6	B1B 50	50	8.4	70	22.9	572.9	144.2	67.7	810.6	51.1	117.2	2.87
7	B1C 0-5	5	7.5	66	22.1	592.7	151.4	74.4	856.2	80.0	99.8	2.26
8	B1C 25	25	8.0	43	20.5	603.1	114.1	73.2	718.9	51.4	108.3	2.9
9	B1C 50	50	8.0	50	18.5	608.6	147.0	51.2	602.4	23.6	63.2	2.94
10	B1D 0-5	5	7.2	24	15.7	790.2	118.5	90.0	468.5	23.8	67.6	2.73
11	B1D 25	25	8.0	54	22.7	598.6	176.0	80.8	735.9	44.1	86.4	3.37
12	B1D 50	50	8.2	47	23.2	555.5	143.2	71.2	570.9	44.2	83.2	2.77
13	B1E 5	5	8.1	46	19.8	886.9	135.3	150.4	1740.0	44.0	132.6	2.38
14	B1E 25	25	7.9	25	19.0	850.0	110.5	117.8	484.5	24.2	82.3	2.35
15	B1E 50	50	7.6	28	26.2	874.6	116.4	145.7	574.5	26.5	96.2	2.06
16	B1F 5	5	8.1	46	15.3	781.5	108.8	137.3	723.0	51.1	122.7	2.38
17	B1F 25	25	7.5	38	26.4	898.9	106.7	217.9	748.6	42.7	106.0	2.93
19	B1F 50	50	7.4	48	34.0	728.0	144.4	128.3	716.8	62.0	99.5	3.77
20	B1G 5	5	8.0	49	25.5	622.3	137.9	113.1	667.7	52.0	111.4	2.72
21	B1G 25	25	7.7	98	25.1	530.2	136.8	98.5	652.3	52.9	106.6	2.4
22	B1G 50	50	8.0	99	28.6	558.7	116.8	93.3	751.0	64.5	113.5	2.61
23	B1H 5	5	7.7	252	23.1	439.8	98.3	76.1	691.4	51.5	110.7	2.47
24	B1H 25	25	7.5	687	30.1	393.8	129.7	115.7	883.2	86.5	160.4	2.71
25	B1H 50	50	7.7	775	27.5	463.7	133.2	94.2	801.7	65.7	142.0	2.37
26	B1I 5	2	7.3	65	25.1	781.5	133.3	103.0	758.7	66.5	145.6	2.56
27	B1I 25	25	7.8	166	34.2	310.5	124.3	138.7	950.0	104.4	181.8	2.9
28	B1I 50	50	7.8	109	31.8	438.5	117.8	101.3	821.7	74.2	142.5	2.44
<b>Mínimo</b>												
<b>Máximo</b>												
<b>Promedio</b>												

Nota 1: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.10 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto B1**



As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte alta del lado OESTE del cauce del Río Bacanuchi inmediatamente después de su intersección con el Arroyo Tinajas

As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Río Bacanuchi inmediatamente después de su intersección con el Arroyo Tinajas

As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte alta del lado ESTE del cauce del Río Bacanuchi inmediatamente después de su intersección con el Arroyo Tinajas

**Figura 4.19 Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas de transecto B1**

#### 4.5.2 Transecto B2

El transecto B2 se localiza en las inmediaciones del poblado Bacanuchi. Las zanjas excavadas, en el transecto B2, se localizan en sitios, que por su ubicación topográfica (Figura 4.20), pudieron haber sido afectados por el derrame, de Buena Vista del Cobre, de pasado 06 de agosto de 2014; por lo que se estimaron los valores de fondo locales del sitio para valorar la posible afectación asociada al mencionado derrame.

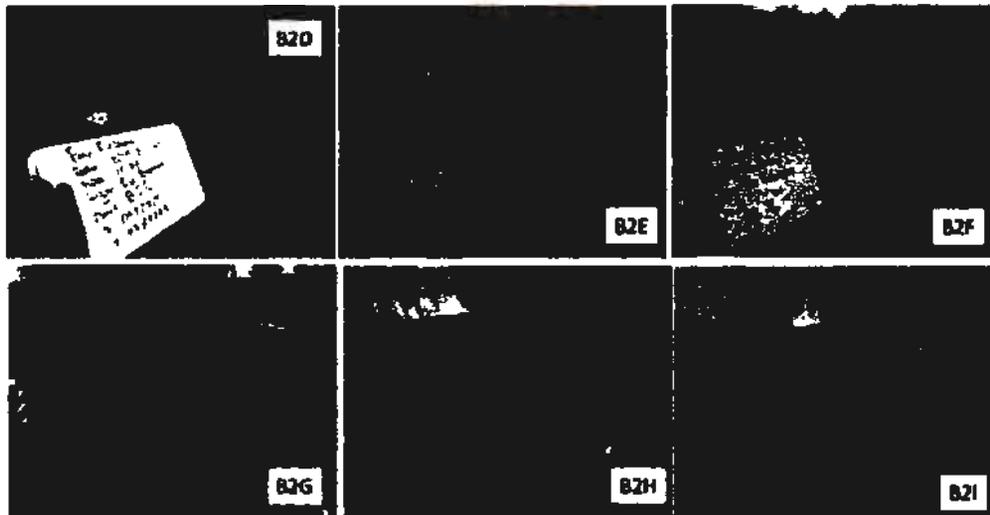


Figura 4.20 Aspecto general de las zanjas excavadas en el transecto B2

## A) Valores de fondo locales para evaluar la calidad de suelos y sedimentos de los transectos B2

### A.1) Sedimentos de arroyo

Se consideraron como valores de fondo las concentraciones de los metales en muestras de sedimentos de tributarios cercanos al transecto B2 que drenan al Río Bacanuchi (Figura 4.21). Los valores son los reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (Tabla 4.11).

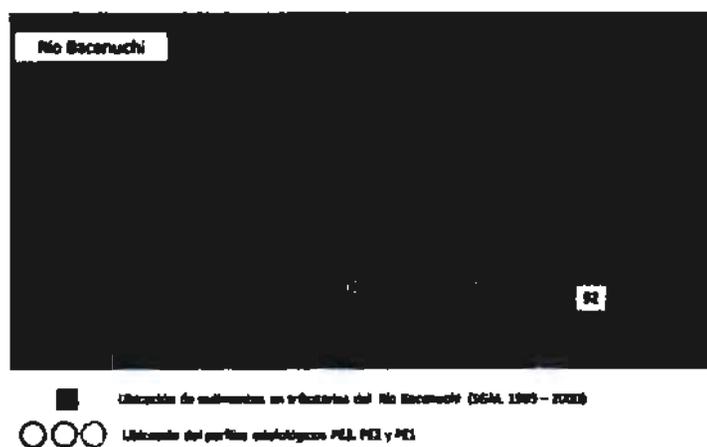


Figura 4.21 Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos de tributarios del Río Bacanuchi, en su parte media (SGM, 1995 - 2000), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto B2

X	Y	ID	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
		SGM	mg/kg							
575574	3391117	46	45.8	0.50	101	49	726	21	70	4.13
574578	3391005	48	27.4	0.50	83	34	541	17	62	3.65
575731	3390114	51	24.9	0.50	54	54	814	38	75	3.78
568611	3387037	87	35.6	0.60	95	31	1032	46	117	3.42
574732	3389406	96	15.7	0.50	74	46	700	16	68	3.56
576228	3388610	97	15.1	0.50	61	54	795	18	71	3.89
573965	3387364	99	18.3	0.70	85	31	649	9	93	3.10
574867	3386527	103	18.2	0.50	163	40	643	13	73	3.51
573861	3385695	104	22.9	0.70	68	30	622	23	87	3.00
573591	3384931	105	21.9	0.50	170	28	792	12	97	4.96
570216	3384571	106	37.6	0.60	63	32	811	41	108	2.68
571578	3384113	108	23.2	0.50	51	38	572	20	71	2.53
<b>Valores</b>	<b>Mínimo</b>		<b>15.1</b>	<b>0.50</b>	<b>51</b>	<b>28</b>	<b>541</b>	<b>9</b>	<b>62</b>	<b>2.53</b>
<b>de</b>	<b>Máximo</b>		<b>45.8</b>	<b>0.70</b>	<b>170</b>	<b>54</b>	<b>1032</b>	<b>46</b>	<b>117</b>	<b>4.96</b>
<b>Fondo</b>	<b>Promedio</b>		<b>25.6</b>	<b>0.55</b>	<b>89</b>	<b>39</b>	<b>725</b>	<b>23</b>	<b>83</b>	<b>3.52</b>

**Tabla 4.11 Valores de fondo las concentraciones de los metales de interés de tributarios del Río Bacanuchi (parte media), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto B2 (Fuente: SGM, 1995 – 2000)**

## A.2) Suelos

Para los valores de fondo de suelos se utilizaron las muestras de un perfil edafológico (PE-1) debido a que de los perfiles edafológicos hechos en la parte media del Río Bacanuchi, solamente en este perfil PE-1, los materiales descritos y caracterizados se pueden asociar a suelos. Los materiales de los otros dos perfiles de esta parte media del Bacanuchi son sedimentos del río.

El perfil edafológico PE-1 tiene más de 1.90 m de espesor (Figura 4.22). Debido a la posición topográfica, con relación al lecho del cauce, se puede afirmar que no pudieron haber sido contaminados por el derrame del Represo Tinajas 1, de Buena Vista del Cobre, por lo que las concentraciones totales de los metales pueden ser utilizadas como valores de fondo.

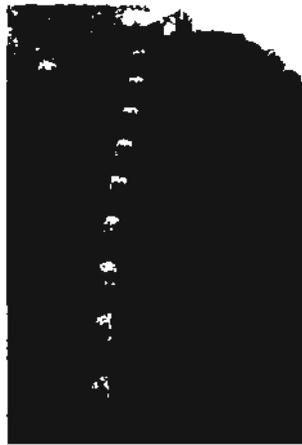


Figura 4.22 Vista general del perfil edafológico PE1 en la parte media Río Bacanuchi

Las concentraciones de los elementos analizados (mg/kg), desde la superficie hasta los 1.9 m estudiados varían entre 21 y 24 para As, 32 y 34 para Cu, 73 y 96 para Cr, 551 y 610 para Mn, 16 y 19 para Pb y 55 y 59 para Zn (Tabla 4.12). En el caso del Fe, la concentración varió entre 3.62% y 3.78%.

Perfil/Horizonte	Profundidad	As	Cu	Cr	Mn	Pb	Zn	Fe
	(m)	mg/kg						%
PE1/AC	0 - 0.25	21.1	32	96	575	19	55	3.62
PE1/2Bt	0.25 - 0.70	22.2	34	73	551	16	58	3.78
PE1/3C	0.70 a > 2.0	24.3	33	79	610	16	59	3.67

Tabla 4.12 Concentración total de los metales de interés en los suelos del perfil edafológico PE-1

## B) Evaluación de la calidad de suelos y sedimentos del transectos B2

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 4.13. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.3.

Los resultados indican que los valores de pH varían entre 6.9 y 8.4 que indican condiciones prácticamente neutras a ligeramente básicas. Los valores de conductividad eléctrica (CE) son bajos y varían entre 30 y 248  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con

excepción de 2 muestra [B2D 5 (CE = 406  $\mu$ S/cm) y B2D 50 (CE = 456  $\mu$ S/cm)]. Sin embargo, para todas las muestras, los valores de CE son menores que los valores de CE en los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de CE (promedio = 799  $\mu$ S/cm, ver Informe de avances 2)<sup>21</sup>.

En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que están dentro del intervalo de los valores de fondo naturales de la zona, reportados por el SGM (1995-2000); lo que permite concluir que los suelos y sedimentos, del Transecto B2 no están afectados, hasta la profundidad estudiada, por la presencia de los metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

Las concentraciones naturales de los metales de interés, en las zanjas excavadas, en el transecto B2 (Figura 4.23), se pueden explicar por las rocas mineralizadas que afloran en la zona. Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio, es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) y valores neutros y ligeramente básicos de pH podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que contienen a estos metales, lo que desde el punto de vista ambiental significa poco riesgo de migración de estos metales hacia las partes inferiores del subsuelo.

---

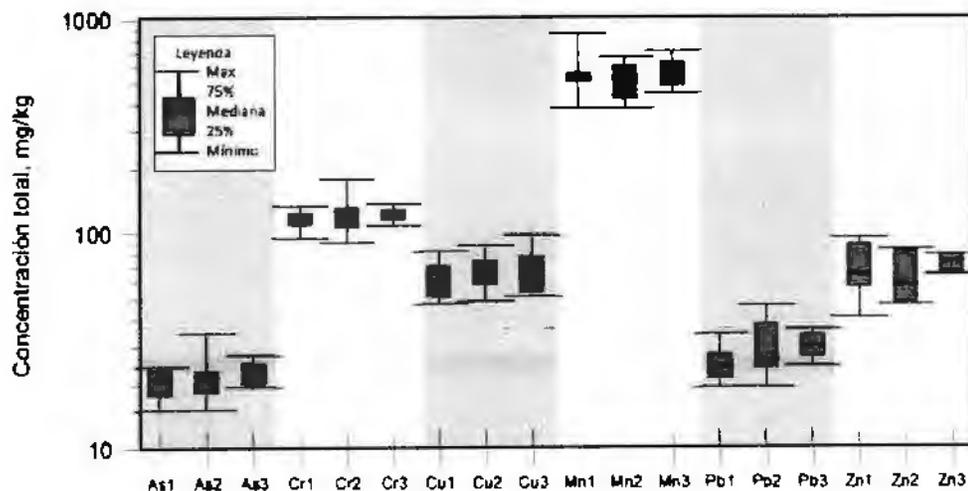
<sup>21</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu$ S/cm, lo que permite afirmar que los materiales sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE, por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.

No	Clave	Profundidad cm	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
					mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
<b>Límite de Detección (LD)</b>					<b>2</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0.003</b>
1	B2A 5cm	5	7.5	216	17.5	312.1	120.1	70.0	515.8	21.0	87.9	1.70
2	B2A 25cm	25	8.2	120	15.1	357.6	124.2	47.3	382.2	19.4	71.2	1.34
3	B2A 50cm	50	8.3	115	18.6	468.6	109.6	50.5	520.2	24.9	95.0	1.73
4	B2B 5cm	5	8.0	152	23.3	368.8	119.9	49.5	559.0	21.2	84.4	2.12
5	B2B25cm	25	8.2	94	22.3	522.0	115.5	52.7	510.6	25.7	56.2	2.52
6	B2B 50cm	50	7.5	197	24.0	566.2	94.2	51.8	535.8	27.2	64.2	2.38
7	B2C 5cm	5	6.9	33	21.3	416.2	132.7	81.8	855.7	33.9	56.3	4.62
8	B2C 25cm	25	7.6	39	17.6	513.9	109.7	52.8	444.3	19.0	40.6	1.80
9	B2C 50	50	7.5	30	21.7	689.4	115.2	54.8	510.6	23.6	58.8	3.27
10	B2D 5cm	5	7.6	406	23.0	587.7	93.2	71.0	592.9	35.9	82.3	2.66
11	B2D 25cm	25	7.8	249	21.9	608.5	128.2	71.6	532.7	30.1	62.6	3.43
12	B2D 50cm	50	8.0	456	21.5	519.6	110.9	58.1	604.7	24.0	53.5	2.19
13	B2E 5cm	5	8.1	68	34.5	677.8	107.5	48.4	394.6	19.0	47.4	2.07
14	B2E 25cm	25	8.0	69	19.8	711.4	106.5	59.4	465.6	25.7	46.7	2.94
15	B2E 50cm	50	8.2	64	15.1	665.5	178.3	58.2	383.1	22.4	46.5	2.50
16	B2F 0-5cm	5	8.0	35	22.5	756.1	110.2	87.3	661.2	45.8	83.7	3.84
17	B2F 25cm	25	7.9	54	18.0	668.3	131.3	73.7	519.3	37.5	59.1	3.25
18	B2F 50cm	50	7.8	92	18.3	642.2	90.1	63.9	423.6	23.5	57.3	2.16
19	B2G 5cm	5	7.7	63	19.7	529.8	107.8	68.4	490.6	26.6	64.4	2.29
20	B2G 25cm	25	7.4	119	20.4	518.1	115.7	77.4	626.8	35.7	78.5	2.63
21	B2G 50cm	50	8.1	91	22.9	505.9	137.9	97.6	574.3	33.4	78.9	2.64
22	B2H 5cm	5	8.2	71	22.2	440.5	116.2	53.5	577.8	30.7	73.3	2.19
23	B2H 25cm	25	8.2	98	24.9	461.9	118.0	54.3	627.4	29.8	79.3	2.43
24	B2H 50cm	50	8.4	91	27.2	427.8	112.5	53.9	703.5	25.7	77.1	2.39
25	B2I 0-5cm	2	8.1	75	19.2	415.9	121.9	52.9	447.8	24.1	64.6	2.20
26	B2I 25cm	25	8.0	83	23.4	380.6	129.2	55.2	486.3	29.8	69.5	2.41
27	B2I 50cm	50	8.1	70	20.0	431.1	122.8	51.1	485.9	30.0	65.2	2.46
Mediana			7.9	30	25.1	312.1	90.5	67.3	342.2	19.0	40.6	1.59
Modo			8.4	68	34.5	756.1	178.3	87.3	855.7	45.8	95.0	3.84
Promedio			7.9	120	21.3	524.6	117.7	61.7	534.3	25.0	66.3	2.52

Nota 1: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.13 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto B2**



As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte altas del lado OESTE del cauce del Río Bacanuchi en su parte media

As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Río Bacanuchi en parte media

As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3. Muestras de zanjas en la parte altas del lado ESTE del cauce del Río Bacanuchi en su parte media

**Figura 4.23 Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas de transecto B2**

### 4.5.3 Transecto B3

El transecto B3 se localiza en el Río Bacanuchi a unos 4 km antes su intersección con el Río Sonora. Las zanjas excavadas, en el transecto B3, se localizan en sitios, que por su ubicación topográfica (Figura 4.24), pudieron haber sido afectados por el derrame, de Buena Vista del Cobre, de pasado 06 de agosto de 2014; por lo que se estimaron los valores de fondo locales del sitio para valorar la posible afectación asociada al mencionado derrame.

#### A) Valores de fondo locales para evaluar la calidad de suelos y sedimentos de los transectos B3

##### A.1) Sedimentos de arroyo

Se consideraron valores de fondo las concentraciones de los metales en muestras de sedimentos de tributarios cercanos al transecto B3 que drenan al Río

Bacanuchi (Figura 4.25). Los valores son los reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (Tabla 4.14).

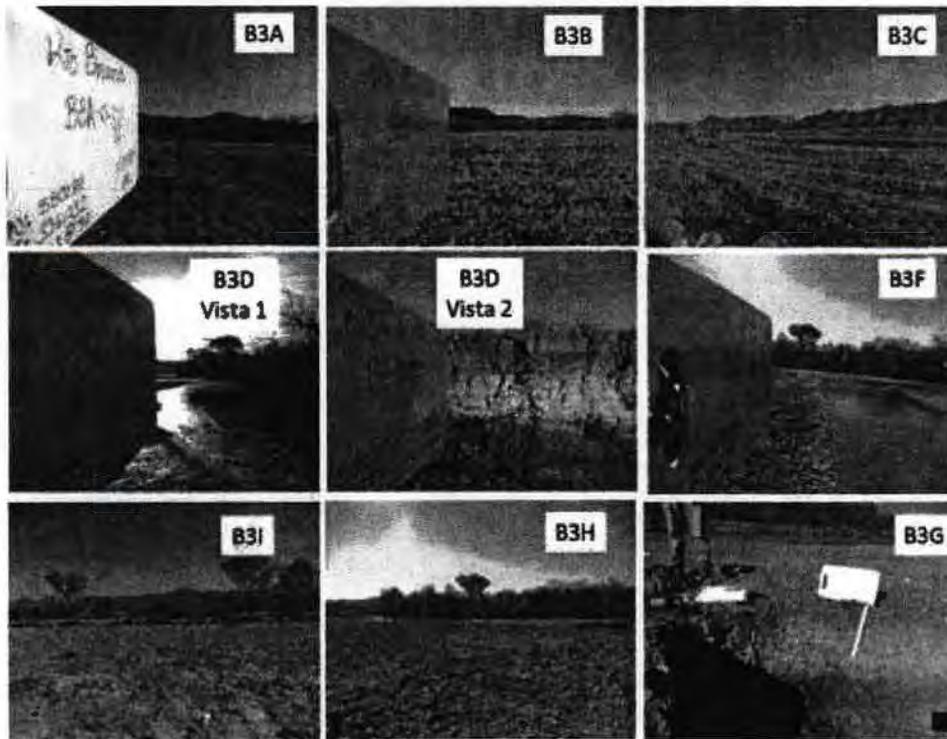
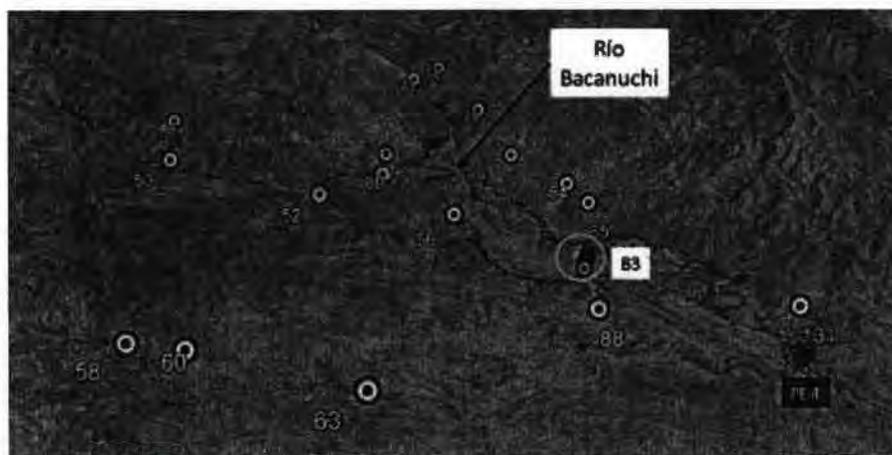


Figura 4.24 Aspecto general de las zanjas excavadas en el transecto B3



- Ubicación de sedimentos en tributarios del Arroyo Tinajas por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 1995 – 2000)
- Ubicación de perfiles edafológicos (UNAM, 2015)

Figura 4.25 Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos de tributarios Rio Bacanuchi (parte baja), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto B3

X	Y	ID	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
		SGM	mg/kg							
578491	3366371	49	35.3	0.50	48	22	750	9	103	3.59
578068	3365530	50	21.9	0.50	63	37	545	8	85	3.29
579111	3364088	52	28.6	1.20	57	24	782	29	92	3.17
579983	3362700	56	23.7	0.70	57	26	679	12	84	3.08
576454	3362115	58	48.2	2.10	48	23	729	37	123	3.67
576793	3361712	60	7.8	2.40	68	42	814	49	128	4.62
577752	3360810	63	44.6	1.70	59	25	735	34	130	3.92
581867	3366544	73	20.8	0.50	92	33	600	21	93	4.13
582037	3365918	74	57.8	1.20	39	23	650	51	79	2.82
580174	3364357	78	38.4	2.10	56	38	674	31	159	3.23
581493	3364185	79	8.3	0.50	51	42	523	16	85	3.86
580076	3363721	80	22.2	0.60	68	30	532	10	90	3.38
581270	3363335	83	6.9	0.50	23	38	462	17	98	1.76
581320	3362377	84	9.4	0.50	57	43	516	13	85	3.33
581200	3361954	85	18.7	0.80	54	27	525	21	75	2.83
580068	3360644	88	20.6	0.50	59	23	533	5	82	3.49
581520	3359568	131	21.7	1.00	56	26	572	19	89	2.83
Valores de Fondo	Mínimo		6.9	0.50	23	22	462	5	75	1.76
	Máximo		57.8	2.40	92	43	814	51	159	4.62
	Promedio		25.6	1.02	56	31	625	22	99	3.35

**Tabla 4.14 Valores de fondo las concentraciones de los metales de interés de tributarios del Río Bacanuchi (parte baja), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto B3 (Fuente: SGM, 1995 – 2000)**

## A.2) Suelos

Para los valores de fondo de suelos se utilizaron las muestras de un perfil edafológico PE4C y PE4D, que están aproximadamente a 100 metros del cauce del Río Bacanuchi.

En el perfil PE4D se identificó un solo tipo de material desde la superficie hasta los casi 150 cm estudiados (Figura 4.25), que se identificó como edafo-sedimentos rojos debido a la presencia natural de óxidos de Fe. Las concentraciones de los elementos analizados (mg/kg), desde la superficie hasta los 1.9 m estudiados varían entre 17 y 25 para As, 30 y 31 para Cu, 77 y 82 para Cr, 343 y 427 para

Mn, 16 y 20 para Pb y 54 y 60 para Zn (Tabla 4.15). En el caso del Fe, la concentración varió entre 3.25% y 3.87 %.

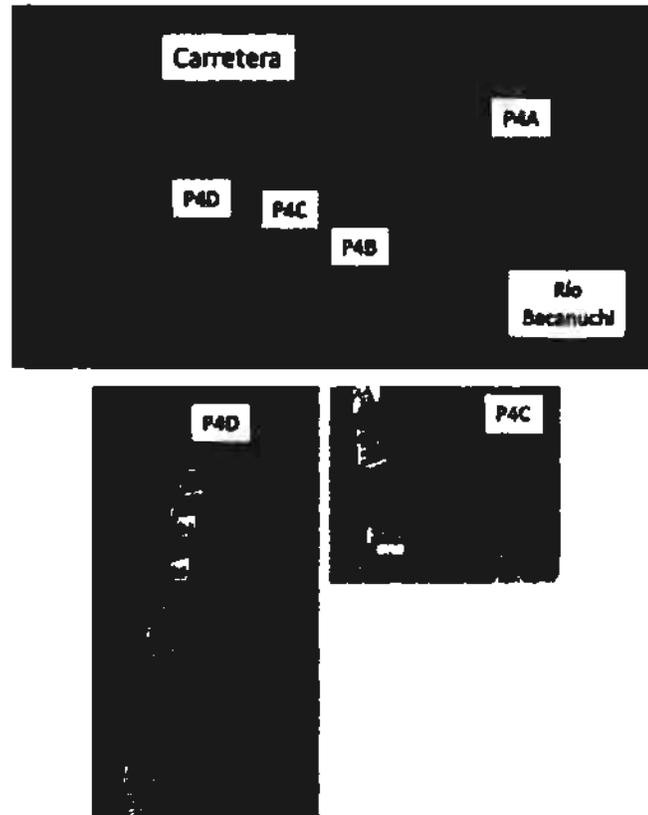


Figura 4.25 Vista general de los perfiles edafológicos P4C y PED en la parte baja del Río Bacanuchi

Horizonte	Profundidad	As	Cu	Cr	Mn	Pb	Zn	Fe
	(m)	mg/kg						%
PE 4 C (A)	0-0.1	30	30	80	343	20	57	3.25
PE 4 C (AC)	0.1-0.4	17	30	77	346	16	54	3.87
PE 4 D Edafo-sedimento rojo	0-1.5	25	31	82	427	20	60	3.75

Tabla 4.15 Concentración total de los metales de interés en los suelos del perfil edafológico PE4C y PE4D

## **B) Evaluación de la calidad de suelos y sedimentos del transectos B3**

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 4.16. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.3. En las zanjas del cauce del río Bacanuchi (B3D, B3E y B3F) solamente se tomó la muestra superficial debido a la presencia de agua.

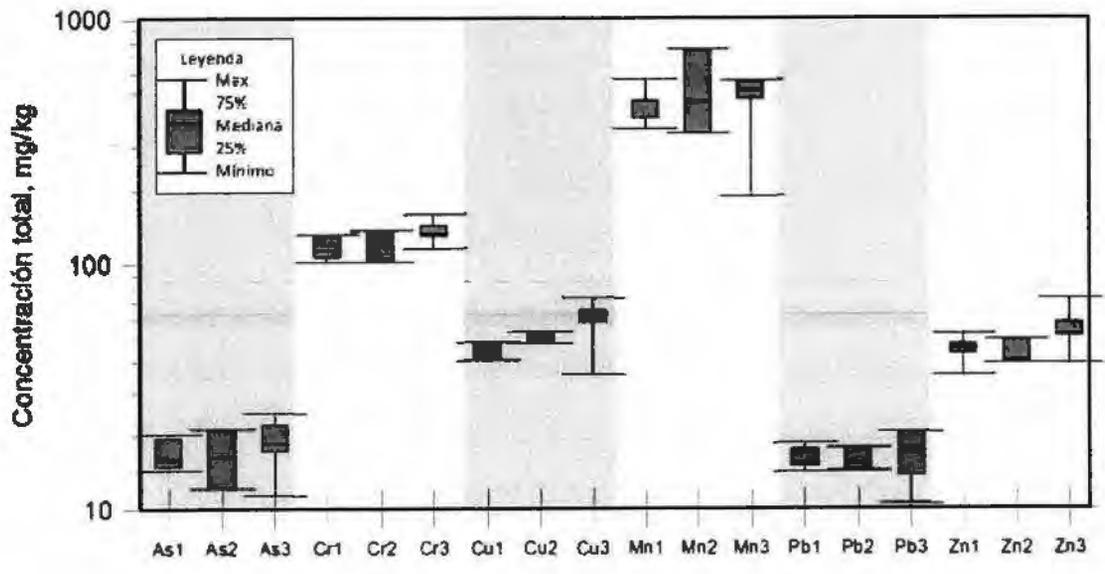
Los resultados indican que los valores de pH varían entre 7.5 y 8.5 que indican condiciones prácticamente neutras a ligeramente básicas. Los valores de conductividad eléctrica (CE) son bajos y varían entre 33 y 118  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; que son menores que los reportados para los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de CE (promedio = 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ver Informe de avances 2)<sup>22</sup>.

En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que están dentro del intervalo de los valores de fondo naturales de la zona, reportados por el SGM (1995-2000); lo que permite concluir que los suelos y sedimentos, del Transecto B2 no están afectados, hasta la profundidad estudiada, por la presencia de los metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

Las concentraciones naturales de los metales de interés, en las zanjas excavadas, en el transecto B3 (Figura 4.26), se pueden explicar por las rocas mineralizadas que afloran en la zona. Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio, es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) y valores neutros y ligeramente básicos de pH podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que

---

<sup>22</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que permite afirmar que los materiales sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE, por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.



*As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte alta del lado OESTE del cauce del Río Bacanuchi en su parte baja*

*As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Río Bacanuchi inmediatamente en su parte baja*

*As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte alta del lado ESTE del cauce del Río Bacanuchi en su parte baja*

**Figura 4.26 Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas de transecto B3**

#### 4.6 Transectos en el Río Sonora a la altura de Arizpe y Aconchi

Se distribuyeron dos transectos en el Río Sonora: un transecto a la altura de Arizpe (S1) y el otro a la altura de Aconchi (S2).

La ubicación general de los transectos (S1 y S2) se puede observar en la Figura 4.27. La ubicación de las zanjas excavadas en los transectos se puede observar en la Figura 4.28.

Se tomaron un total de 50 muestras en las 18 zanjas excavadas en los transectos S1 y S2.

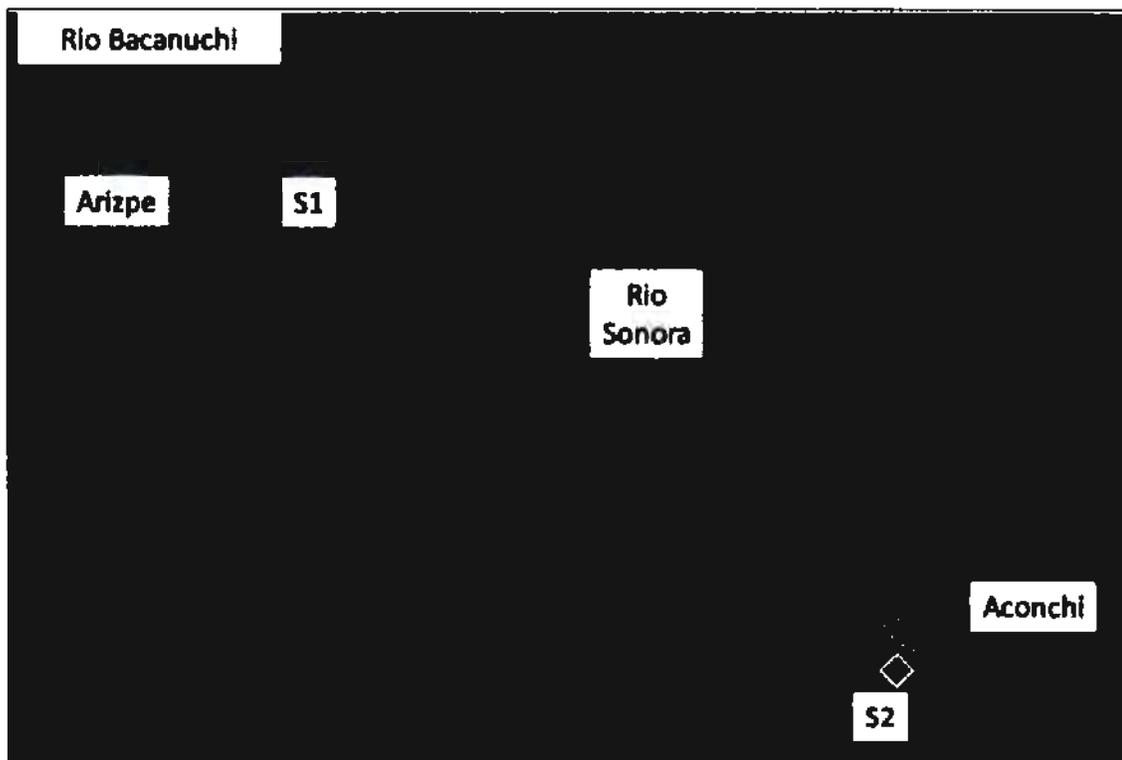
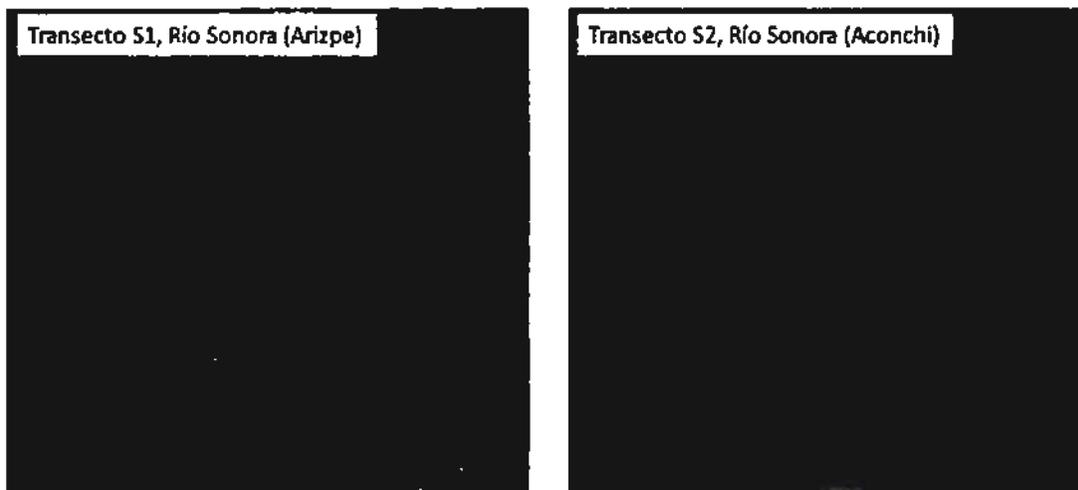


Figura 4.27 Ubicación general de los transectos S1 y S2 para la toma de muestras de sedimentos y suelos en el Río Sonora, en Arizpe y Aconchi



**Figura 4. 28 Detalle de ubicación de zanjas excavadas en cada uno de los dos transecto sobre el Río Sonora**

#### **4.6.1 Transecto S1**

Las zanjas excavadas, en el transecto S1, se localizan en sitios, que por su ubicación topográfica (Figura 4.29), pudieron haber sido afectados por el derrame, de Buena Vista del Cobre, de pasado 06 de agosto de 2014; por lo que se estimaron los valores de fondo locales del sitio para valorar la posible afectación asociada al mencionado derrame.

#### **A) Valores de fondo locales para evaluar la calidad de suelos y sedimentos de los transectos S1**

##### **A.1) Sedimentos de arroyo**

Se consideraron valores de fondo las concentraciones de los metales en muestras de sedimentos de tributarios cercanos al transecto S1 que drenan tanto al Río Bacanuchi en su parte baja como al Río Sonora, inmediatamente después de su intersección con el Río Bacanuchi (Figura 4.30). Los valores son los reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (Tabla 4.17).

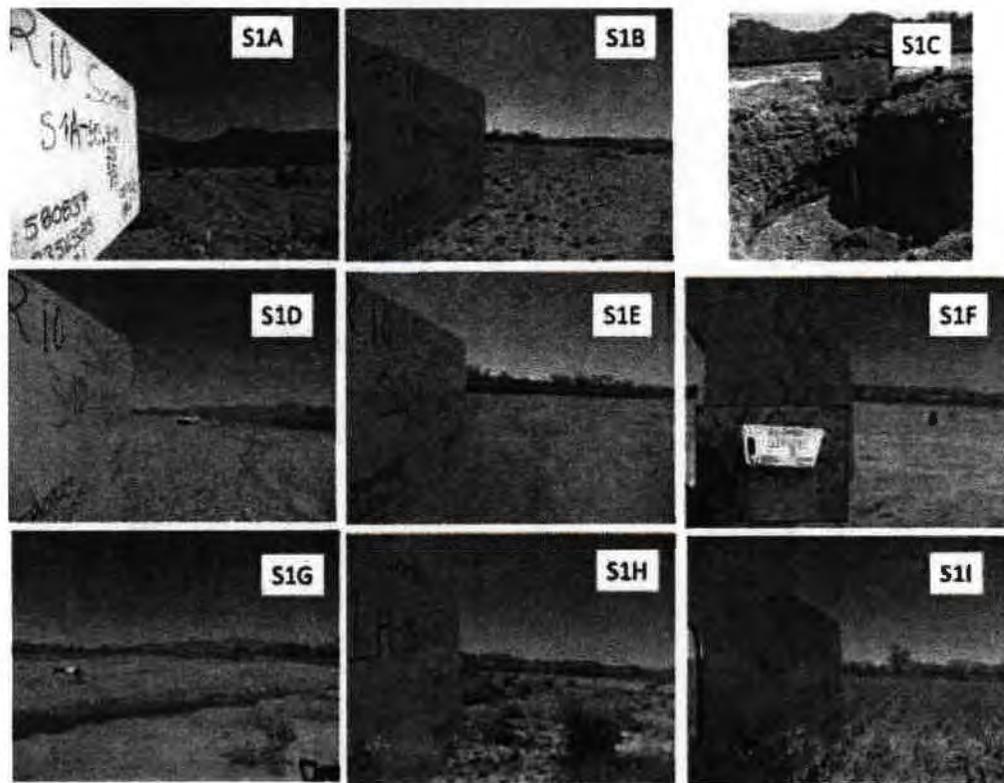
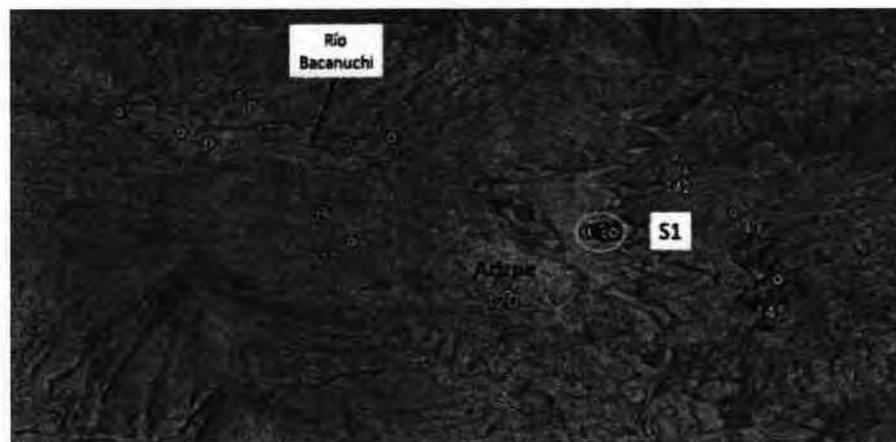


Figura 4.29 Aspecto general de las zanjas excavadas en el transecto S1



Ubicación de sedimentos en tributarios del Río Bacanuchi (bajo) y Río Sonora (Arizpe) (SGM, 1995 - 2000)

Figura 4.30 Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos de tributarios del Río Bacanuchi (parte baja antes de la intersección con el Río Sonora) y Río Sonora (Arizpe), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto S1

X	Y	ID	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
		SGM	mg/kg							
579983	3362700	56	23.7	0.70	57	26	679	12	84	3.08
579992	3361220	62	13.9	0.50	72	24	646	7	82	3.84
581270	3363335	83	6.9	0.50	23	38	462	17	98	1.76
581320	3362377	84	9.4	0.50	57	43	516	13	85	3.33
581200	3361954	85	18.7	0.80	54	27	525	21	75	2.83
580068	3360644	88	20.6	0.50	59	23	533	5	82	3.49
579632	3357982	115	21.1	0.50	80	21	637	11	91	4.01
579385	3357230	117	38.1	0.50	71	22	642	16	84	3.60
579619	3355900	120	27.4	0.60	75	21	591	5	83	3.84
581520	3359568	131	21.7	1.00	56	26	572	19	89	2.83
582750	3356999	141	14.4	0.50	42	17	616	10	72	2.60
449337	3273943	141	5.5	0.49	75	53	521	29	63	3.17
582206	3356502	142	30.8	0.90	69	21	660	3	77	3.51
581878	3355776	143	19.5	0.50	48	19	679	15	101	2.87
581026	3354877	145	44.2	1.50	137	25	795	7	96	4.72
<b>Valores</b>	<b>Mínimo</b>		<b>5.5</b>	<b>0.49</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>462</b>	<b>3</b>	<b>63</b>	<b>1.76</b>
<b>de</b>	<b>Máximo</b>		<b>44.2</b>	<b>1.50</b>	<b>137</b>	<b>53</b>	<b>795</b>	<b>29</b>	<b>101</b>	<b>4.72</b>
<b>Fondo</b>	<b>Promedio</b>		<b>21.1</b>	<b>0.67</b>	<b>65</b>	<b>27</b>	<b>605</b>	<b>13</b>	<b>84</b>	<b>3.30</b>

**Tabla 4.17 Valores de fondo las concentraciones de los metales de interés de tributarios de tributarios del Río Bacanuchi (parte baja antes de la intersección con el Río Sonora) y Río Sonora (Arizpe), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto S1 (Fuente: SGM, 1995 – 2000)**

## **B) Evaluación de la calidad de suelos y sedimentos del transectos S1**

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 4.18. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.4.

Los resultados indican que los valores de pH varían entre 7.9 y 8.6 que indican condiciones prácticamente neutras a ligeramente básicas.

Los valores de conductividad eléctrica (CE) son bajos y varían entre 28 y 128  $\mu$ S/cm e inferiores a los reportados en los sedimentos impactados por el derrame

que se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ver Informe de avances 2)<sup>23</sup>.

En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que están dentro del intervalo de los valores de fondo naturales de la zona, reportados por el SGM (1995-2000); lo que permite concluir que los suelos y sedimentos, del Transecto S1 no están afectados, hasta la profundidad estudiada, por la presencia de los metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

Las concentraciones naturales de los metales de interés, en las zanjas excavadas, en el transecto S1 (Figura 4.31), se pueden explicar por las rocas mineralizadas que afloran en la zona.

Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio, es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) y valores neutros y ligeramente básicos de pH podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que contienen a estos metales, lo que desde el punto de vista ambiental significa poco riesgo de migración de estos metales hacia las partes inferiores del subsuelo.

---

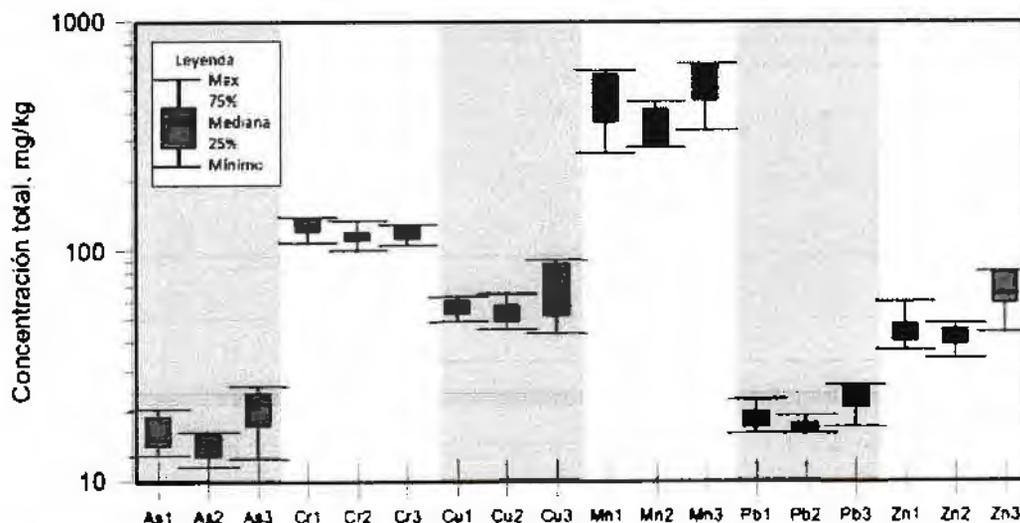
<sup>23</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que permite afirmar que los materiales sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE, por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.

No	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
				µS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
<b>Límite de Detección (LD)</b>				<b>2</b>	<b>23</b>		<b>6</b>	<b>7</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0.003</b>
1	SIA 5	5	7.9	42	14.0	666.5	120.4	52.4	375.8	15.7	43.1	2
2	SIA.25	25	8	38	14.0	635.8	118.7	51.1	360.2	16.6	43.7	2
3	SIA.50	50	8.1	43	20.2	706.3	123.5	55.7	386.8	19.0	46.8	2
4	SIB 0-5	5	8.4	47	12.7	581.8	137.1	62.1	602.8	22.1	59.2	2
5	SIB 25	25	8.1	28	18.2	673.7	130.5	60.0	381.3	17.7	39.5	3
6	SIB 40	40	8.1	53	18.7	655.8	132.2	58.3	512.0	17.3	42.9	4
7	SIC 0-5	5	8.1	32	14.8	657.8	128.1	48.2	324.9	16.2	39.6	2
8	SIC 25	25	8	30	13.7	829.1	138.3	59.4	581.7	19.6	36.4	5
9	SIC 50	50	8.2	54	16.1	698.8	112.5	48.1	412.3	16.9	47.2	2
10	SID 0-5	5	8.1	41	15.7	773.8	119.7	57.0	440.9	15.6	41.5	3
11	SID 30	30	8.4	47	14.2	645.3	116.1	63.6	282.3	18.8	40.4	2
12	SID 50	50	Presencia de agua									
13	SIE 0-5	5	8.2	72	12.6	663.2	110.0	44.6	277.5	16.4	38.4	1.33
14	SIE 25	25	8.1	56	13.2	714.6	99.8	48.3	380.7	17.3	44.7	1.75
15	SIE 50	50	8.1	65	11.3	640.2	133.9	51.6	287.6	15.9	33.5	1.85
16	SIF 0-5	5	8.2	128	14.2	679.6	114.8	49.9	356.7	17.0	42.6	2.24
17	SIF25	25	Presencia de agua									
18	SIF50	50	Presencia de agua									
19	SIG 0-5	5	8.3	36	12.3	653.0	114.4	42.8	332.3	16.6	49.2	1.35
20	SIG 25	25	8.4	62	17.2	483.2	128.5	89.3	510.9	23.4	63.8	2.33
21	SIG 50	50	8.6	62	15.8	521.8	125.2	85.9	447.1	20.3	58.2	2.28
22	SIH 0-5	5	8.5	46	25.4	626.8	105.3	51.5	332.5	18.0	43.4	1.47
23	SIH 25	25	8.4	117	21.2	543.3	112.1	78.1	569.2	25.1	70.5	2.49
24	SIH 50	50	8.4	112	18.4	490.3	123.8	71.6	470.8	25.3	63.3	2.45
25	SII 0-5	5	8.4	100	22.6	513.2	118.6	56.2	647.9	24.1	80.2	2.43
26	SII 25	25	8.3	90	22.4	481.1	105.7	53.8	641.0	22.7	79.3	2.39
27	SII 50	50	8.4	123	23.7	384.5	118.5	46.3	650.7	22.6	78.3	2.39
<b>Mínimo</b>			7.9	28	11.3	384.5	99.8	42.8	277.5	15.6	33.5	1.33
<b>Máximo</b>			8.6	128	25.4	829.1	138.3	89.3	650.7	25.3	80.2	4.82
<b>Promedio</b>			8.2	63	16.8	621.6	120.3	57.7	440.3	19.2	51.1	2.35

Nota 1: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.18 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto S1, en el Río Sonora, a la altura de Arizpe**



As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte altas del lado OESTE del cauce del Río Sonora Arizpe

As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Río Sonora Arizpe

As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte altas del lado ESTE del cauce del Río Sonora Arizpe

**Figura 4.31 Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas de transecto S1**

#### 4.6.2 Transecto S2

Las zanjas excavadas, en el transecto S1, se localizan en sitios, que por su ubicación topográfica (Figura 4.32), pudieron haber sido afectados por el derrame, de Buena Vista del Cobre, de pasado 06 de agosto de 2014; por lo que se estimaron los valores de fondo locales del sitio para valorar la posible afectación asociada al mencionado derrame.

##### A) Valores de fondo locales para evaluar la calidad de sedimentos del transecto S2

Se consideraron valores de fondo las concentraciones de los metales en muestras de sedimentos de tributarios cercanos al transecto S2 que drenan tanto al Río Sonora a la altura de Aconchi (Figura 4.33). Los valores son los reportados por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) (Tabla 4.19).

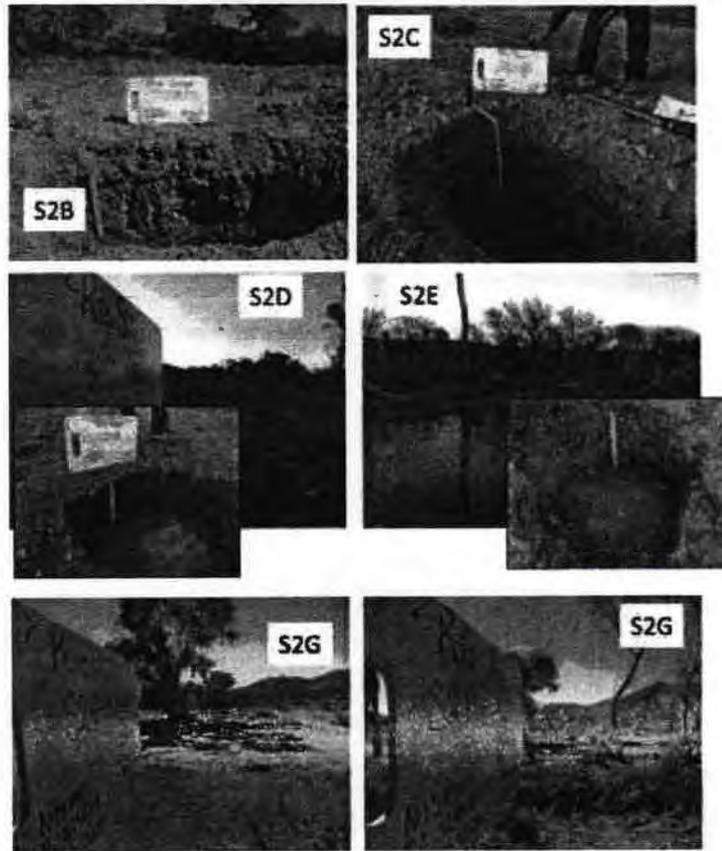
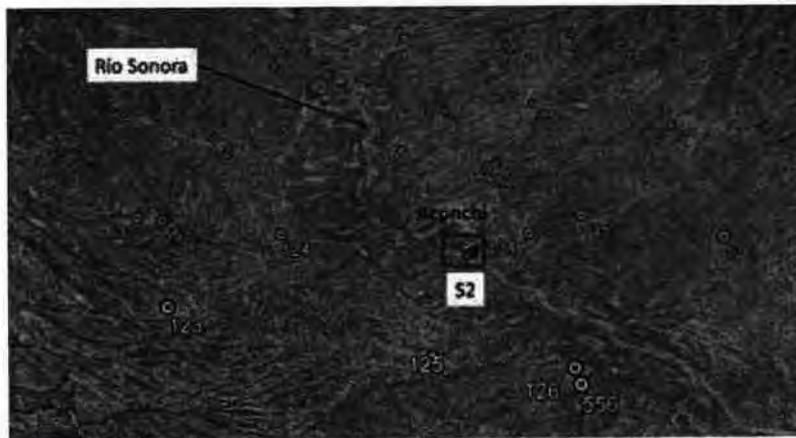


Figura 4.32 Aspecto general de las zanjas excavadas en el transecto S1



Ubicación de sedimentos en tributarios del Río Sonora (Aconchi) (SGM, 1995 - 2002)

Figura 4.33 Ubicación de los sitios de muestreo de sedimentos de tributarios del Río Sonora (Aconchi), para determinar los valores de fondo locales que permitan evaluar el transecto S2

X	Y	ID	As	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
		SGM	mg/kg							
570559	3304459	61	19.1	2.74	59	77	1326	538	595	4.30
571877	3302905	62	13.8	2.22	27	48	1134	247	522	1.98
570451	3300822	63	6.6	0.49	66	57	749	42	95	3.59
574024	3301930	64	12.1	1.94	30	48	1004	219	452	2.28
574660	3301410	65	11.9	0.49	38	37	666	37	76	2.38
575818	3300370	66	18.1	0.58	46	47	786	55	105	2.81
578881	3300087	67	19.2	0.54	43	37	612	53	86	2.84
577299	3301953	68	18.7	0.87	51	51	760	57	98	2.44
577080	3302470	69	12.1	0.49	43	40	731	41	83	2.66
575820	3302360	70	14.2	0.49	48	35	503	40	68	2.99
573407	3305407	71	13.4	0.59	37	30	852	72	105	2.39
573805	3306883	72	26.7	1.09	59	53	1427	155	181	4.07
576423	3306533	75	15.1	0.84	31	36	673	53	91	2.14
576419	3306105	76	18.8	0.94	34	39	740	66	108	2.20
577956	3304495	77	17.8	0.95	53	57	1008	74	141	2.52
577956	3304495	77	17.8	0.95	53	57	1008	74	141	2.52
580080	3303477	78	28.1	1.01	31	36	522	52	88	2.14
579411	3304334	79	27.5	1.02	37	40	664	64	99	2.28
570578	3298333	123	0.8	0.49	26	20	376	13	33	1.61
572248	3299753	124	4.7	0.49	50	39	707	39	86	2.77
575416	3298509	134	6.4	0.49	145	87	425	36	60	7.02
576288	3298586	135	15.8	0.49	50	43	585	46	74	3.12
577750	3297362	136	14.6	0.49	51	44	629	41	78	3.16
575647	3300319	552	23.7	1.02	52	58	771	53	102	2.99
570775	3300645	553	4.4	0.65	48	49	778	43	115	2.57
574557	3295742	556	2.0	0.49	59	69	611	22	105	3.24
<b>Valores</b>	<b>Mínimo</b>		<b>0.8</b>	<b>0.49</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>376</b>	<b>13</b>	<b>33</b>	<b>1.61</b>
<b>de</b>	<b>Máximo</b>		<b>28.1</b>	<b>2.74</b>	<b>145</b>	<b>87</b>	<b>1427</b>	<b>538</b>	<b>595</b>	<b>7.02</b>
<b>Fondo</b>	<b>Promedio</b>		<b>14.7</b>	<b>0.88</b>	<b>49</b>	<b>47</b>	<b>771</b>	<b>86</b>	<b>146</b>	<b>2.89</b>

**Tabla 4.19 Valores de fondo locales: Concentraciones de los metales de interés de tributarios que drenan al Río Sonora (Aconchi) que permitan evaluar el transecto S2 (Fuente: SGM, 1995 – 2000)**

## **B) Evaluación de la calidad de suelos y sedimentos del transectos S2**

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 4.20. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.4.

Los resultados indican que los valores de pH varían entre 7.4 y 8.5 que indican condiciones prácticamente neutras a ligeramente básicas.

Los valores de conductividad eléctrica (CE) son bajos y varían entre 33 y 339  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e inferiores a los reportados en los sedimentos impactados por el derrame que se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ver Informe de avances 2)<sup>24</sup>.

En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que están dentro del intervalo de los valores de fondo naturales de la zona, reportados por el SGM (1995-2000); lo que permite concluir que los suelos y sedimentos, del Transecto S2 no están afectados, hasta la profundidad estudiada, por la presencia de los metales asociados al derrame del pasado 06 de agosto de 2014.

Las concentraciones naturales de los metales de interés, en las zanjas excavadas, en el transecto S1 (Figura 4.34), se pueden explicar por las rocas mineralizadas que afloran en la zona.

Al respecto de la presencia natural de metales en la zona de estudio, es importante señalar que valores relativamente bajos de conductividad eléctrica (CE) y valores neutros y ligeramente básicos de pH podrían indicar la poca solubilidad de los compuestos o minerales que contienen a estos metales, lo que desde el punto de vista ambiental significa poco riesgo de migración de estos metales hacia las partes inferiores del subsuelo.

---

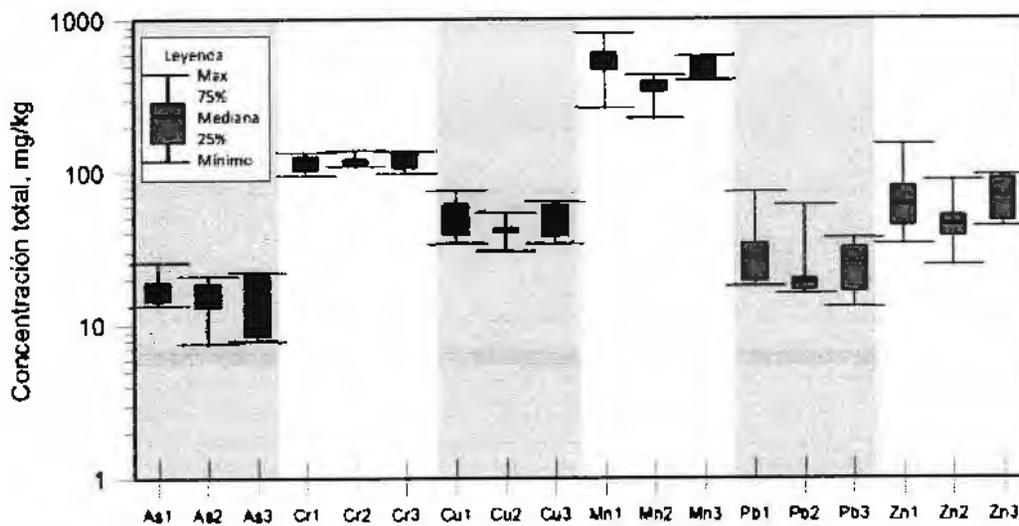
<sup>24</sup> En el Informe de avance 2 se concluye que la conductividad eléctrica (CE) promedio de los sedimentos afectados por el derrame es de 799  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que permite afirmar que los materiales sedimentos impactado por el derrame se caracterizan por los relativamente altos valores de CE, por lo que este parámetro, de naturaleza física, puede ser un buen indicador para seguir el rastro de la contaminación residual, después de la limpieza, en sedimentos actuales de los cuerpos de aguas por donde fluyó el derrame de Buena Vista del Cobre.

No	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
				µS/cm	mg/kg							
Límite de Detección (LD)				2	23	6	7	30	3	5	0.003	
1	S2A 0-5	5	7.7	121	18.5	489.6	124.7	59.4	473.9	32.3	69.2	2.22
2	S2A .25	25	8.1	161	21.7	424.2	95.7	61.4	721.1	73.5	151.6	2.32
3	S2A 50	50	8.1	257	18.6	299.2	103.9	38.9	467.6	26.8	61.4	1.91
4	S2A 100	100	7.9	117	25.5	222.9	101.6	74.9	808.7	43.3	109.0	2.33
5	S2B 0-5	5	8.1	86	18.7	580.2	136.1	64.0	470.2	33.5	80.8	2.08
6	S2B .25	25	8.3	47	14.4	618.6	108.3	41.3	453.6	19.1	37.8	2.57
7	S2B 50	50	8.0	66	14.5	629.9	128.2	44.2	500.2	18.1	44.5	2.67
8	S2C 0-5	5	8.5	50	17.9	609.2	136.2	54.5	466.4	20.9	54.3	2.81
9	S2C 25	25	7.9	33	14.6	521.7	111.7	38.9	605.1	17.7	47.8	1.77
10	S2C 50	50	8.0	81	13.3	329.5	121.3	41.4	507.5	27.5	72.5	1.72
11	S2C 100	100	8.1	37	13.5	611.1	114.1	33.9	264.2	20.0	33.6	1.42
12	S2D 0-5	5	8.1	190	16.9	696.5	116.5	42.7	365.7	18.6	48.3	1.74
13	S2D 22	22	7.9	65	13.3	512.9	122.6	41.7	395.6	19.8	42.1	2.96
14	S2D50	50	Presencia de agua									
15	S2E 0-5	5	8.4	67	12.9	669.2	109.6	41.7	338.4	16.0	37.6	1.73
16	S2E 15-20	20	8.5	67	7.4	597.4	140.1	30.4	224.9	16.9	24.3	0.77
17	S2E 50	50	Presencia de agua									
18	S2F 0-5	5	8.2	66	20.7	716.3	115.5	40.0	429.3	60.0	88.9	1.61
19	S2F 15	15	8.4	63	18.3	581.5	115.1	54.0	382.3	18.8	51.3	2.41
20	S2F 50	50	Presencia de agua									
21	S2G 0-5	5	8.2	339	15.7	401.6	115.4	60.7	562.2	31.8	94.6	2.09
22	S2G 25	25	7.9	96	17.7	426.6	108.2	45.8	505.9	29.3	68.6	2
23	S2G 50	50	8.5	172	17.3	459.4	126.9	46.8	403.9	23.3	50.8	1.96
24	S2H 0-5	5	7.9	101	15.1	378.9	117.8	52.9	550.6	25.2	90.5	2.13
25	S2H 25	25	8.3	65	22.0	532.0	137.9	63.6	509.3	31.1	77.0	2.41
26	S2H 50	50	8.3	102	21.8	398.2	131.9	58.8	581.3	36.3	88.2	2.32
27	S2I 0-5	5	7.5	96	8.1	499.1	115.4	37.4	420.1	16.2	47.5	1.7
28	S2I 25	25	7.8	80	8.4	472.8	107.7	38.2	479.8	14.4	45.6	1.88
29	S2I 50	50	7.4	40	7.8	375.7	98.6	33.9	399.6	12.9	43.9	2.02
Mínimo			7.4	33	7.1	222.9	95.7	30.4	224.9	17.9	24.3	0.77
Máximo			8.5	339	25.5	716.3	140.1	74.9	808.7	73.5	151.6	2.96
Promedio			8.1	102	15.9	502.3	117.7	47.7	472.6	27.1	63.5	2.06

Nota 1: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.20 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto S2, en el Río Sonora, a la altura de Aconchi**



As1, Cr1, Cu1, Mn1, Pb1 y Zn1: Muestras de zanjas en la parte altas del lado OESTE del cauce del Río Sonora Aconchi

As2, Cr2, Cu2, Mn2, Pb2 y Zn2: Muestras de zanjas en el cauce del Río Sonora Aconchi

As3, Cr3, Cu3, Mn3, Pb3 y Zn3: Muestras de zanjas en la parte altas del lado ESTE del cauce del Río Sonora Aconchi

**Figura 4.34 Comportamiento de las concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas de transecto S2**

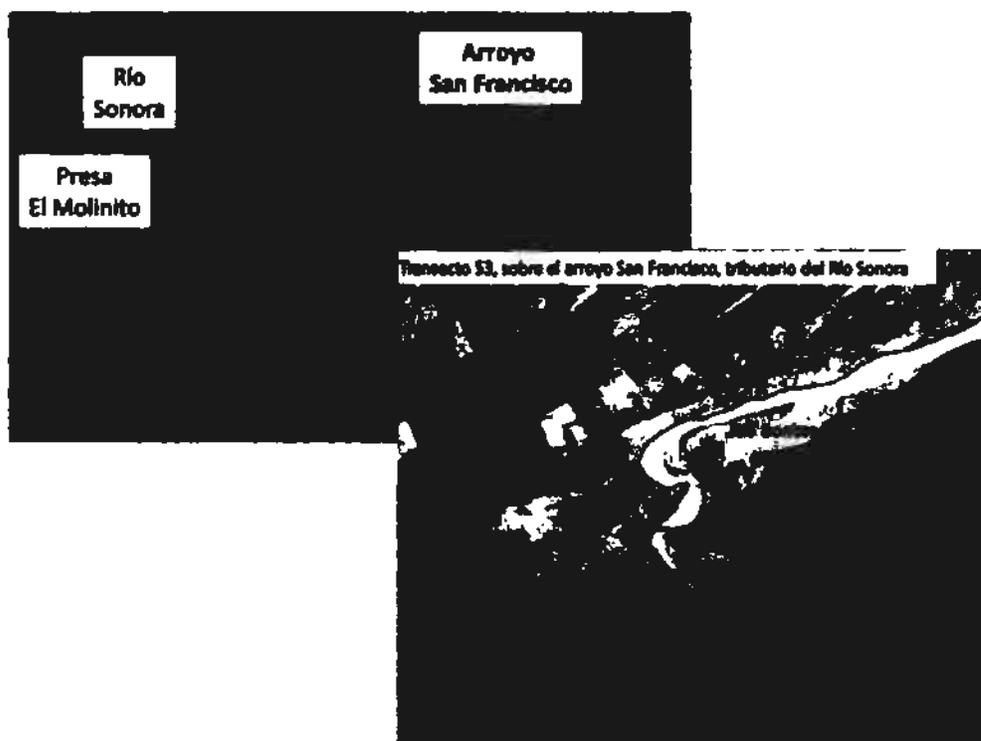
#### 4.7 Transectos en el Arroyo San Francisco que es un tributario del Río Sonora en su parte baja.

Este transecto se ubica en el arroyo San Francisco que drena al Río Sonora en su parte baja (Figura 4.35); a unos 5.0 km de la entrada de la presa el Molinito; por lo que no pudo haber sido afectado por derrame de Buena Vista del Cobre; por lo tanto los valores de las muestras de este transecto pueden servir de valores de fondo para los suelos y sedimentos de la parte baja de la zona de estudio.

En este transecto se tomaron un total de 27 muestras en las 9 zanjas excavadas. Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 4.21. El Informe oficial del Laboratorio se puede consultar en el Anexo II.4.

Es interesante notar que en las dos zanjas ubicadas a 50 (S3B) y 100 m (S3A) del cauce, en las muestras se determinaron los valores de pH más básicos (pH = 8.1

– 9.9) que corresponde con los mayores valores de conductividad eléctrica (CE = 766 – 3170  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), lo que podría indicar la presencia de una fuente de contaminación que podría estar relacionada con la actividad agrícola o bien por la presencia de aguas residuales domésticas.



**Figura 4.35** Ubicación del transecto S3 para la toma de muestras de sedimentos y suelos en el en el arroyo San Francisco, tributario del Río Sonora

En las muestras de las otras zanjas del transecto S1, los valores de pH (pH = 6.5 – 8.6 y conductividad eléctrica (CE = 41 – 177  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) son similares a los que se determinaron en los otros dos transectos del Río Sonora (S1 y S2)

En cuanto a las concentraciones totales de los metales de interés, se observa que el Arroyo San Francisco aporta al Río Sonora, que posteriormente llegan a la Presa El Molinito (que está a 5.0 km de la confluencia San Francisco - Río Sonora) sedimentos con concentraciones de hasta 16 mg/kg As, 979 mg/kg Ba, 164 mg/kg Cr, 45 mg/kg Cu, 550 mg/kg Mn, 46 mg/kg Pb, 68 mg/kg Zn y 3.02% Fe.

No.	Clave	Profundidad cm	pH	CE	As	Ba	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Fe
				$\mu\text{S/cm}$	mg/kg							
Límite de Detección (LD)					2	23	6	7	30	3	5	0.003
1	S3A-100.0-5	5	8.1	1341	10.99	517.98	104.91	36.31	461.89	22.92	62.51	2.07
2	S3A-100.25	25	9	3170	12.88	415.09	134.41	42.08	490.88	22.06	60.8	2.24
3	S3A-100.50	50	9.3	2650	12.88	353.19	115.11	43.74	463.81	20.1	57.14	2.05
4	S3B-50.0-5	5	7.8	87	8.9	421.28	122.22	37.25	452.43	22.24	63.57	1.98
5	S3B-50.25	25	9.9	766	14.65	477.21	114.54	45.36	550.06	24.83	64.7	2.24
6	S3B-50.50	50	9.9	1037	15.98	370.91	90.5	34.7	511.47	20.77	67.79	2.21
7	S3C-10.0-5	5	8.2	102	10.63	619.84	129.62	39.22	344.04	21.74	44.83	1.55
8	S3C-10.25	25	8.1	111	10.92	503.57	113.44	37.63	452.43	23.38	45.29	2
9	S3C-10.50	50	8.3	109	9.65	629.58	105.03	35.05	365.69	33.64	43.55	1.49
10	S3D.0-5	5	8.3	52	3.3	824.93	100.69	25.81	142.5	14.9	17.69	0.47
11	S3D.25	25	8.5	50	5.92	761.38	102.25	24.28	163.77	13.42	24.25	0.56
12	S3D.50	50	6.5	58	8.3	651.74	120.66	30.81	293.56	16.61	29.45	1.06
13	S3E.0-5	5	8.5	52	7.31	798.84	112.22	27	142.95	17.02	26.22	0.55
14	S3E.25	25	8.5	51	8.66	877.1	137.81	37.44	352.77	19.91	28.97	1.3
15	S3E.50	50	8.4	48	6.81	816.88	102.02	34.49	239.9	16.02	30.2	1.28
16	S3F-10.0-5	5	8.5	73	10.14	639.33	107.97	32.59	337.32	18.53	40.38	1.54
17	S3F-10.25	25	8.6	57	4.31	979.4	93.27	20.17	144.89	32.83	34.72	0.44
18	S3F-10.50	50	7.8	43	8.89	719.66	125.22	36.61	430.54	17.7	28.16	3.02
19	S3G-50.0-5	5	8.1	117	9.13	592.48	109.07	35.29	378.28	23.77	45.24	1.78
20	S3G-50.25	25	7.9	78	9.48	656.18	116.42	37.58	361.43	45.78	38.21	1.6
21	S3G-50.50	50	8.2	70	8.43	640.28	109.43	36.54	324.45	22.54	35.25	1.41
22	S3H-100.0-5	5	8.3	86	8.64	556.33	99.47	35.63	377.4	22.4	47.04	1.72
23	S3H-100.25	25	8.3	80	11.68	541.56	108.22	36.99	418.34	26.54	54.21	1.85
24	S3H-100.50	50	8.3	53	9	650.7	163.74	36.16	369.88	25.89	37.92	1.77
25	S3I-100.0-5	5	8.4	102	8.73	496.65	105.43	44.34	471.51	37.84	63.08	2.01
26	S3I-100.25	25	8.6	44	5.51	683	120.45	29.59	225.6	19.2	32.77	0.74
27	S3I-100.50	50	8.4	41	6.66	879.12	105.18	25.04	219.43	19.64	27.37	0.92
Mínimo			8.1	41	3.3	353.2	30.5	20.2	142.5	13.4	17.7	0.44
Máximo			9.9	3170	16.0	979.4	163.7	45.0	550.0	45.8	67.8	3.02
Promedio			8.4	390	9.2	532.9	113.7	34.7	351.4	23.0	42.6	1.55

Nota 1: Los datos de aluminio no se presentan porque la técnica de FRX utilizada no lo detecta. Tampoco se reportan las concentraciones de Cd y Ni ya que la técnica de FRX utilizada no es tan sensible para estos dos metales.

Nota 2: Las concentraciones de Ba, Hg y Sb no se consideran, pues no estaban contenidos en el derrame de Buena Vista del Cobre

**Tabla 4.21 Concentraciones totales de los metales de interés en las zanjas excavadas en el transecto S3, en el arroyo San Francisco, tributario del Río Sonora**

# Anexos

**Anexo I.1** Informe de muestreo en los transectos del Arroyo Tinajas I, Tinajas II, Río Bacanuchi, Río Sonora y Arroyo San Francisco



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**



**INFORME DE MUESTREO**

**TRANSECTOS EN ARROYO TINAJAS I, ARROYO TINAJAS II, RÍO BACANUCHI, RÍO  
SONORA Y ARROYO SAN FRANCISCO  
FEBRERO, 2015**

**PROYECTO  
RIO SONORA**

**Fecha que se realizó el muestreo.**

25 al 28 de Febrero del 2015

**Responsable de muestreo**

M. en C Luis Gerardo Martínez Jardines

Q.I. Ines Ramos Bautista

M en A. Heriberto Rosas Gómez



## 1. Participantes

Nombre	Función
Dr. Francisco Martín Romero	Coordinador de proyecto
Dr. José Luz Gonzales Chávez	Responsable de muestreo
M. en C. Luis Gerardo Martínez Jardines	Responsable de muestreo
M. en A. Heriberto Gómez Rosas	Responsable de muestreo
Q. I. Inés Ramos Bautista	Responsable de muestreo
Ing. Ángel Daniel Briceño	Muestreador
Q. A. Daniel Ramos Pérez	Muestreador
Ing. Alfredo Gonzales Zamora	Muestreador
Dra. Azucena Dotor	Muestreador

## 2. Muestreo

Se tomaron un total de 313 muestras de suelos y sedimentos distribuidas en:

- Seis transectos en el arroyo Tinajas:
  - ✓ Tres transectos que se ubicaron en la parte alta del arroyo Tinajas, entre el denominado Represo Tinajas 1 hasta bordo de contención (Tinajas I): 80 muestras
  - ✓ Tres transectos que se ubicaron en la parte baja del arroyo Tinajas, entre el bordo de contención y confluencia del arroyo Tinajas y río Bacanuchi (Tinajas II): 81 muestras
- Tres transectos en el río Bacanuchi que se ubicaron entre la confluencia Arroyo Tinajas – Río Bacanuchi y la confluencia Río Bacanuchi – Río Sonora: 75 muestras
- Dos transectos en el río Sonora en la cercanía de los poblados Arizpe y Aconchi: 50 muestras
- Un transecto en el arroyo San Francisco, que es un tributario del río Sonora, en su parte baja, justo antes de la Presa el Molinito: 27 muestras

Los transectos se trazaron perpendiculares al cauce del arroyo Tinajas y los ríos Bacanuchi y Sonora. En cada transecto se excavaron, manualmente, 9 zanjas que se etiquetaron en orden alfabético de oeste a este (A, B, C, D, E, G, H e I). En cada una de estas zanjas se tomaron



muestras de suelos y sedimentos en tres diferentes profundidades: 0-5 cm, 25 cm y 50 cm de profundidad.

En la Figura 1 se presenta el esquema de la distribución de los zanjas muestreadas en cada uno de los transectos que se trazaron perpendiculares al cauce del arroyo Tinajas y los ríos Bacanuchi y Sonora y Sonora.

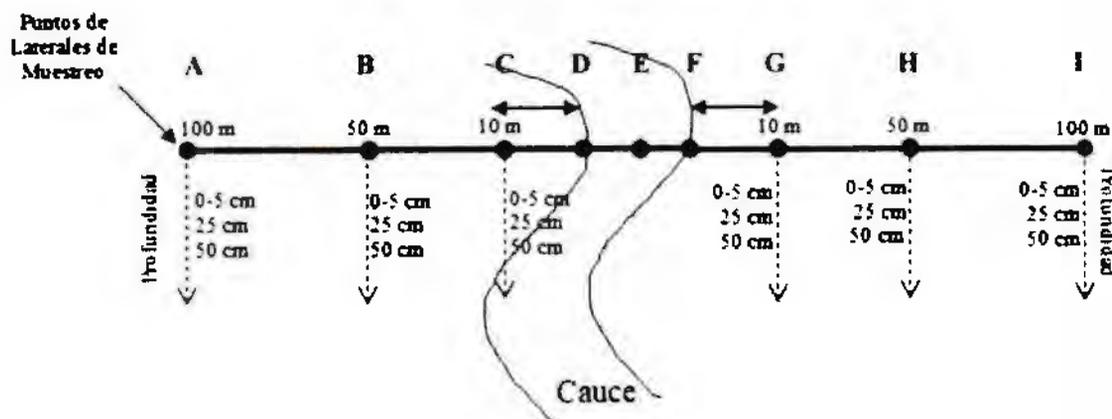


Figura 1. Esquema de los transectos perpendiculares al cauce del arroyo Tinajas y los ríos Bacanuchi y Sonora, para la toma de muestras en los perfiles A, B, C, D, E, G, H e I, en tres diferentes profundidades: 0-5 cm, 25 cm y 50 cm

A continuación se da información detallada del muestreo realizado

## 2.1 Transectos sobre el Arroyo Tinaja, en su parte alta, entre el Represo Tinajas 1 hasta bordo de emergencia (Tinajas I)

En las Tablas 1, 2 y 3 se puede observar la relación de muestras y las coordenadas (WGS\_1984\_UTM\_Zone\_12N) de las zanjas en cada uno de los transectos. En la Figura 2 y 3 se observa la distribución de los transectos y las respectivas zanjas excavadas.



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



No.	ID/Muestra	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IT1A-100 5	5	563033	3420622
2	IT1A-100 5-25	25	563033	3420622
3	IT1A-100 25-50	50	563033	3420622
4	IT1B-50 5	5	563083	3420622
5	IT1B-50 25	25	563083	3420622
6	IT1B-50 50	50	563083	3420622
7	IT1C-10 5	5	563123	3420622
8	IT1C-10 5-25	25	563123	3420622
9	IT1C-10 25-50	50	563123	3420622
10	IT1D 5	5	563133	3420622
11	IT1D 25	25	563133	3420622
12	IT1D 50	50	563133	3420622
13	IT1E 5	5	563135	3420622
14	IT1E 25	25	563135	3420622
15	IT1E 50	50	563135	3420622
16	IT1F 5	5	563138	3420622
17	IT1F 5-25	25	563138	3420622
18	IT1F 25-50	50	563138	3420622
19	IT1G 5	5	563148	3420622
20	IT1G-10 25	25	563148	3420622
21	IT1G-10 50	50	563148	3420622
22	IT1H-50 0-5	5	563188	3420622
23	IT1H-50 20	20	563188	3420622
	IT1H-50 50	50		Roca
24	IT1I-100 5	5	563238	3420622
25	IT1I-100 25	25	563238	3420622
26	IT1I-100 25-50	50	563238	3420622

Tabla 1. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 1 de Tinajas I (IT1)



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



No.	ID/Muestra	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IT2A-100 0-5	5	563047	3419594
2	IT2A-100 5-25	25	563047	3419594
3	IT2A-100 25-50	50	563047	3419594
4	IT2B-50 0-5	5	563097	3419594
5	IT2B-50 5-25	25	563097	3419594
6	IT2B-50 25-50	50	563097	3419594
7	IT2C-10 0-10	5	563137	3419594
8	IT2C-10 5-25	25	563137	3419594
9	IT2C-10 25-50	50	563137	3419594
10	IT2D 0-5	5	563161	3419594
11	IT2D 5-25	25	563161	3419594
12	IT2D 25-50	50	563161	3419594
13	IT2E 0-5	5	563165	3419594
14	IT2E 5-25	25	563165	3419594
15	IT2E 25-50	50	563165	3419594
16	IT2F 0-5	5	563170	3419594
17	IT2F 5-25	25	563170	3419594
18	IT2F 25-50	50	563170	3419594
19	IT2G-10 0-5	5	563197	3419594
20	IT2G-10 5-25	25	563197	3419594
21	IT2G-10 25-50	50	563197	3419594
22	IT2H-50 0-5	5	563232	3419594
23	IT2H-50 5-25	25	563232	3419594
24	IT2H-50 25-50	50	563232	3419594
25	IT2I-100 0-5	5	563285	3419594
26	IT2I-100 5-25	25	563285	3419594
27	IT2I-100 25-50	50	563285	3419594

Tabla 2. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 2 de Tinajas I (IT2)



No.	ID/Muestra	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IT3A-100 0-5	5	563697	3416583
2	IT3A-100 5-25	25	563697	3416583
3	IT3A-100 25-50	50	563697	3416583
4	IT3B-50 0-5	5	563747	3416583
5	IT3B-50 5-25	25	563747	3416583
6	IT3B-50 25-50	50	563747	3416583
7	IT3C-10 0-5	5	563787	3416583
8	IT3C-10 5-25	25	563787	3416583
9	IT3C-10 25-50	50	563787	3416583
10	IT3D 0-5	5	563800	3416583
11	IT3D 5-25	25	563800	3416583
12	IT3D 25-50	50	563800	3416583
13	IT3E-0-5	5	563805	3416583
14	IT3E 5-25	25	563805	3416583
15	IT3E 25-50	50	563805	3416583
16	IT3F 0-5	5	563808	3416583
17	IT3F 5-25	25	563808	3416583
18	IT3F 25-50	50	563808	3416583
19	IT3G-10 0-5	5	563818	3416583
20	IT3G 5-25	25	563818	3416583
21	IT3G 25-50	50	563818	3416583
22	IT3H-50 0-5	5	563868	3416583
23	IT3H-50 5-25	25	563868	3416583
24	IT3H-50 25-50	50	563868	3416583
25	IT3I-100 0-5	5	563908	3416583
26	IT3I-100 5-25	25	563908	3416583
27	IT3I-100 25-50	50	563908	3416583

Tabla 3. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 3 de Tinajas I (IT3)

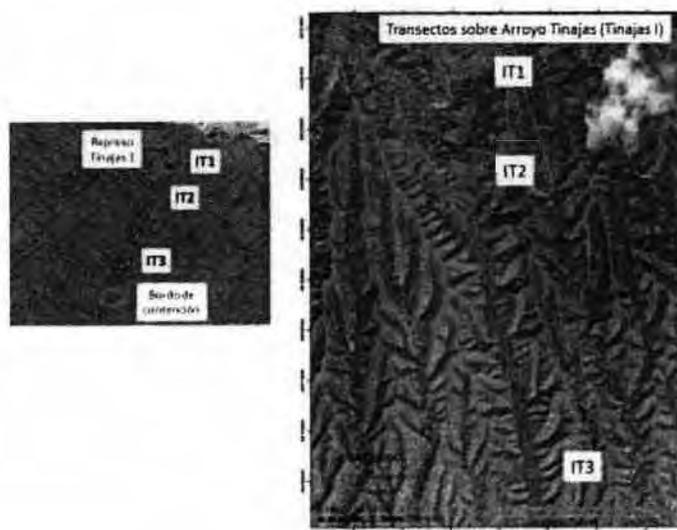


Figura 2. Mapa de distribución de los transectos sobre arroyo Tinajas, en su parte alta (Tinajas I)



Figura 3. Detalle de ubicación de zanjas excavada en cada uno de os tres transecto sobre el Arroyo Tinajas en la parte alta (Tinajas I)



## 2.2 Transectos sobre el Arroyo Tinaja, en su parte baja, entre el Bordo de Emergencia y la confluencia entre Arroyo Tinajas y Río Bacanuchi (Tinajas I)

En las Tablas 4, 5 y 6 se puede observar la relación de muestras y las coordenadas (WGS\_1984\_UTM\_Zone\_12N) de las zanjas en cada uno de los transectos. En la Figura 4 y 5 se observa la distribución de los transectos y las respectivas zanjas excavadas.

No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	IIT1A 0-5	5	563874	3415746
2	IIT1A 25	25	563874	3415746
3	IIT1A 50	50	563874	3415746
4	IIT1B 0-5	5	563922	3415730
5	IIT1B 25	25	563922	3415730
6	IIT1B 50	50	563922	3415730
7	IIT1C 0-5	5	563959	3415724
8	IIT1C 25	25	563959	3415724
9	IIT1C 50	50	563959	3415724
10	IIT1D 0-5	5	563969	3415724
11	IIT1D 25	25	563969	3415724
12	IIT1D 50	50	563969	3415724
13	IIT1E 0-5	5	563972	3415725
14	IIT1E 25	25	563972	3415725
15	IIT1E 50	50	563972	3415725
16	IIT1F 0-5	5	563974	3415723
17	IIT1F 25	25	563974	3415723
18	IIT1F 50	50	563974	3415723
19	IIT1G 0-5	5	563974	3415723
20	IIT1G 25	25	563974	3415723
21	IIT1G 50	50	563974	3415723
22	IIT1H 0-5	5	564031	3415708
23	IIT1H 25	25	564031	3415708
24	IIT1H 50	50	564031	3415708
25	IIT1I 0-5	5	564093	3415702
26	IIT1I 25	25	564093	3415702
27	IIT1I 50	50	564093	3415702

Tabla 4. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 1 de Tinajas II (IIT1)



No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	IIT2A 5	5	563425	3410092
2	IIT2A 25	25	563425	3410092
3	IIT2A 50	50	563425	3410092
4	IIT2B 0-5	5	563478	3410088
5	IIT2B 25	25	563478	3410088
6	IIT2B 50	50	563478	3410088
7	IIT2C 0-5	5	563516	3410075
8	IIT2C 25	25	563516	3410075
9	IIT2C 50	50	563516	3410075
10	IIT2D 0-5	5	563527	3410074
11	IIT2D 25	25	563527	3410074
12	IIT2D 50	50	563527	3410074
13	IIT2E 5	5	563531	3410077
14	IIT2E 25	25	563531	3410077
15	IIT2E 50	50	563531	3410077
16	IIT2F 5	5	563535	3410074
17	IIT2F 25	25	563535	3410074
18	IIT2F 50	50	563535	3410074
19	IIT2G 5	5	563542	3410074
20	IIT2G 25	25	563542	3410074
21	IIT2G 50	50	563542	3410074
22	IIT2H 5	5	563577	3410047
23	IIT2H 25	25	563577	3410047
24	IIT2H 50	50	563577	3410047
25	IIT2I-5	5	563630	3410024
26	IIT2I-25	25	563630	3410024
27	IIT2I 50	50	563630	3410024

Tabla 5. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 2 de Tinajas II (IIT2)



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	IIT3A 5	5	563615	3404111
2	IIT3A 25	25	563615	3404111
3	IIT3A 50	50	563615	3404111
4	IIT3B 5	5	563638	3404153
5	IIT3B 25	25	563638	3404153
6	IIT3B 50	50	563638	3404153
7	IIT3C 5	5	563657	3404187
8	IIT3C 25	25	563657	3404187
9	IIT3C 50	50	563657	3404187
10	IIT3D 5	5	563662	3404196
11	IIT3D 25	25	563662	3404196
12	IIT3D 50	50	563662	3404196
13	IIT3E 5	5	563676	3404209
14	IIT3E 25	25	563676	3404209
15	IIT3E 50	50	563676	3404209
16	IIT3F 5	5	563685	3404211
17	IIT3F 5	25	563685	3404211
18	IIT3F 5	50	563685	3404211
19	IIT3G 0-5	5	563704	3404230
20	IIT3G 25	25	563704	3404230
21	IIT3G 50	50	563704	3404230
22	IIT3H 0-5	5	563742	3404273
23	IIT3H 25	25	563742	3404273
24	IIT3H 50	50	563742	3404273
25	IIT3I 0-5	5	563807	3404325
26	IIT3I 25	25	563807	3404325
27	IIT3I 50	50	563807	3404325

Tabla 6. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 3 de Tinajas II (IIT3)



Figura 4. Mapa de distribución de los transectos sobre arroyo Tinajas, en su parte baja (Tinajas II)

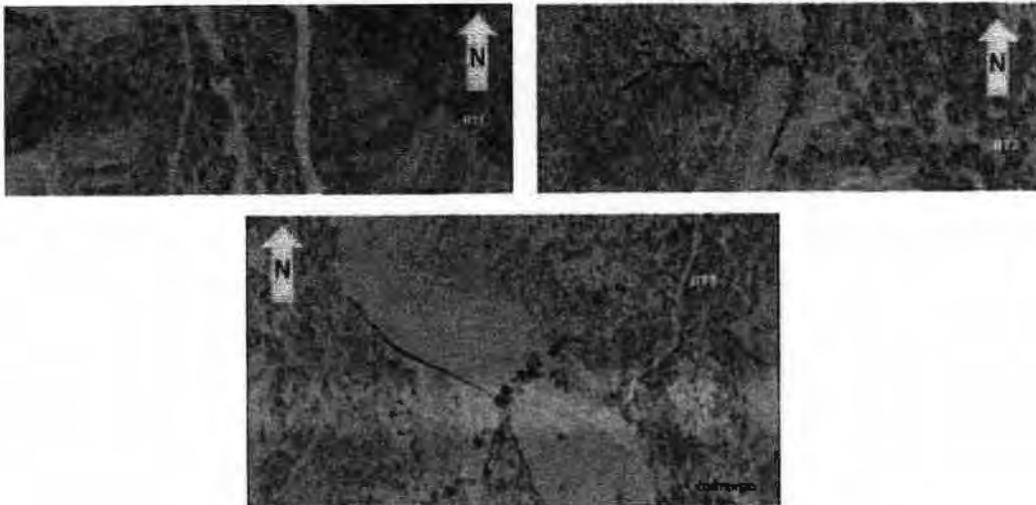


Figura 5. Detalle de ubicación de zanjas excavadas en cada uno de los tres transecto sobre el Arroyo Tinajas en la parte baja (Tinajas II)



### 2.3 Transectos sobre el Río Bacanuchi

En las Tablas 7, 8 y 9 se puede observar la relación de muestras y las coordenadas (WGS\_1984\_UTM\_Zone\_12N) de las zanjas en cada uno de los transectos. En la Figura 6 y 7 se observa la distribución de los transectos y las respectivas zanjas excavadas.

No	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	B1A 0-5	5	564144	3402195
2	B1A 25	25	564144	3402195
3	B1A 50	50	564144	3402195
4	B1B 0-5	5	564185	3402260
5	B1B 25	25	564185	3402260
6	B1B 50	50	564185	3402260
7	B1C 0-5	5	564225	3402297
8	B1C 25	25	564225	3402297
9	B1C 50	50	564225	3402297
10	B1D 0-5	5	564237	3402305
11	B1D 25	25	564237	3402305
12	B1D 50	50	564237	3402305
13	B1E 5	5	564242	3402312
14	B1E 25	25	564242	3402312
15	B1E 50	50	564242	3402312
16	B1F 5	5	564246	3402320
17	B1F 25	25	564246	3402320
18	B1F 50	50	564246	3402320
19	B1G 5	5	564254	3402325
20	B1G 25	25	564254	3402325
21	B1G 50	50	564254	3402325
22	B1H 5	5	564275	3402357
23	B1H 25	25	564275	3402357
24	B1H 50	50	564275	3402357
25	B1I 5	5	564305	3402401
26	B1I 25	25	564305	3402401
27	B1I 50	50	564305	3402401

Tabla 7. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 1 de Río Bacanuchi (B1)



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



No	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	B2A 5	5	572849	3384627
2	B2A 25	25	572849	3384627
3	B2A 50	50	572849	3384627
4	B2B 5	5	572861	3384703
5	B2B25	25	572861	3384703
6	B2B 50	50	572861	3384703
7	B2C 5	5	572908	3384733
8	B2C 25	25	572908	3384733
9	B2C 50	50	572908	3384733
10	B2D 5	5	572919	3384744
11	B2D 25	25	572919	3384744
12	B2D 50	50	572919	3384744
13	B2E 5	5	572927	3384761
14	B2E 25	25	572927	3384761
15	B2E 50	50	572927	3384761
16	B2F 5	5	572933	3384765
17	B2F 25	25	572933	3384765
18	B2F 50	50	572933	3384765
19	B2G 5	5	572942	3384773
20	B2G 25	25	572942	3384773
21	B2G 50	50	572942	3384773
22	B2H 5	5	572973	3384801
23	B2H 25	25	572973	3384801
24	B2H 50	50	572973	3384801
25	B2I 5	5	573009	3384832
26	B2I 25	25	573009	3384832
27	B2I 50	50	573009	3384832

Tabla 8. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 2 de Río Bacanuchi (B2)



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**

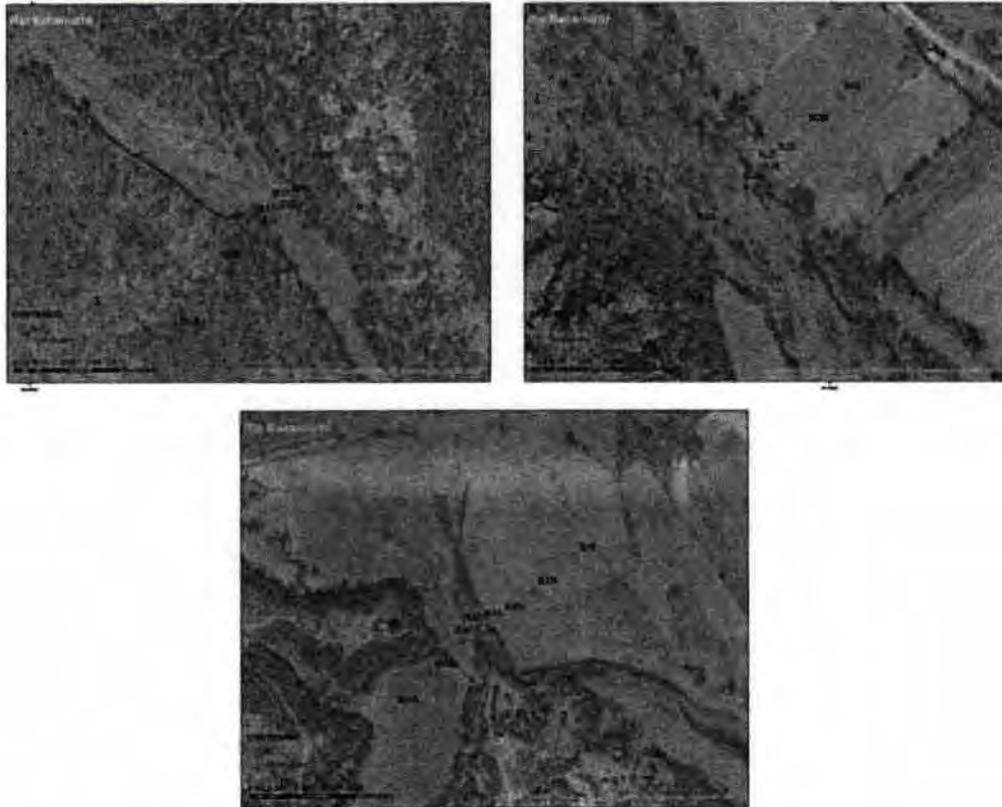


No	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	B3A 5	5	580281	3361231
2	B3A 25	25	580281	3361231
3	B3A 50	50	580281	3361231
4	B3B 5	5	580329	3361277
5	B3B 25	25	580329	3361277
6	B3B 50	50	580329	3361277
7	B3C 5	5	580369	3361319
8	B3C 25	25	580369	3361319
9	B3C 50	50	580369	3361319
10	B3D 5	5	580381	3361325
	B3D 25	25	Presencia de agua	
	B3D 50	50	Presencia de agua	
11	B3E 5	5	580396	3361336
	B3E 25	25	Presencia de agua	
	B3E 50	50	Presencia de agua	
12	B3F 5	5	580408	3361341
	B3F 25	25	Presencia de agua	
	B3F 50	50	Presencia de agua	
13	B3H 5	5	580461	3361383
14	B3H 25	25	580461	3361383
15	B3H 50	50	580461	3361383
16	B3G 5	5	580418	3361350
17	B3G 25	25	580418	3361350
18	B3G 50	50	580418	3361350
19	B3I 5	5	580514	3361426
20	B3I 25	25	580514	3361426
21	B3I 50	50	580514	3361426

**Tabla 9. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 3 de Río Bacanuchi (B3)**



Figura 6. Mapa de distribución de los transectos sobre el Rio Bacanuchi



**Figura 7. Detalle de ubicación de zanjas excavadas en cada uno de los tres transecto sobre el Río Bacanuchi**

### **2.3 Transectos sobre el Río Sonora (a la altura de los poblados Arizpe y Aconchi) y sobre el arroyo San Francisco (Tributario del Río Sonora en su parte baja)**

En las Tablas 10, 11 y 12 se puede observar la relación de muestras y las coordenadas (WGS\_1984\_UTM\_Zone\_12N) de las zanjas en cada uno de los transectos. En la Figura 8, 9 y 10 se observa la distribución de los transectos y las respectivas zanjas excavadas.



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



No	clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	S1A 5	5	580837	3356585
2	S1A.25	25	580837	3356585
3	S1A.50	50	580837	3356585
4	S1B 0-5	5	580873	3356560
5	S1B 25	25	580873	3356560
6	S1B 40	40	580873	3356560
7	S1C 0-5	5	580913	3356543
8	S1C 25	25	580913	3356543
9	S1C 50	50	580913	3356543
10	S1D 0-5	5	580923	3356535
11	S1D 30	30	580923	3356535
	S1D 50	50	Presencia de agua	
12	S1E 0-5	5	580938	3356529
13	S1E 5-25	25	580938	3356529
14	S1E 50	50	580938	3356529
15	S1F 0-5	5	580953	3356523
	S1F 5-25	25	Presencia de agua	
	S1F 50	50	Presencia de agua	
16	S1G 0-5	5	580877	3356453
17	S1G 25	25	580877	3356453
18	S1G 50	50	580877	3356453
19	S1H 0-5	5	580905	3356446
20	S1H 25	25	580905	3356446
21	S1H 50	50	580905	3356446
22	S1I 0-5	2	580954	3356422
23	S1I 25	25	580954	3356422
24	S1I 50	50	580954	3356422

Tabla 10. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 1 de Río Sonora (S1)



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



No	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	S2A 0-5	5	574412	3298668
2	S2A .25	25	574412	3298668
3	S2A 50	50	574412	3298668
4	S2A 100	100	574412	3298668
5	S2B 0-5	5	574461	3298695
6	S2B .25	25	574461	3298695
7	S2B 50	50	574461	3298695
8	S2C 0-5	5	574502	3298723
9	S2C 25	25	574502	3298723
10	S2C 50	50	574502	3298723
11	S2C 100	100	574502	3298723
12	S2D 0-5	5	574509	3298729
13	S2D 22	22	574509	3298729
	S2D 50	50	Presencia de agua	
14	S2E 0-5	5	574520	3298737
15	S2E 15-20	20	574520	3298737
	S2E 50	50	Presencia de agua	
16	S2F 0-5	5	574524	3298742
17	S2F 15	15	574524	3298742
	S2F 50	50	Presencia de agua	
18	S2G 0-5	5	574531	3298745
19	S2G 25	25	574531	3298745
20	S2G 50	50	574531	3298745
21	S2H 0-5	5	574546	3298754
22	S2H 25	25	574546	3298754
23	S2H 50	50	574546	3298754
24	S2I 0-5	5	574583	3298762
25	S2I 25	25	574583	3298762
26	S2I 50	50	574583	3298762

Tabla 11. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 2 de Río Sonora (S2)



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



No	clave	profundidad	X	Y
		cm		
1	S3A-100.0-5	5	535006	3235131
2	S3A-100.25	25	535006	3235131
3	S3A-100.50	50	535006	3235131
4	S3B-50.0-5	5	534932	3235096
5	S3B-50.25	25	534932	3235096
6	S3B-50.50	50	534932	3235096
7	S3C-10.0-5	5	534894	3235082
8	S3C-10.25	25	534894	3235082
9	S3C-10.50	50	534894	3235082
10	S3D.0-5	5	534888	3235069
11	S3D.25	25	534888	3235069
12	S3D.50	50	534888	3235069
13	S3E.0-5	5	534867	3235061
14	S3E.25	25	534867	3235061
15	S3E.50	50	534867	3235061
16	S3F-10.0-5	5	534852	3235047
17	S3F-10.25	25	534852	3235047
18	S3F-10.50	50	534852	3235047
19	S3G-50.0-5	5	534843	3235048
20	S3G-50.25	25	534843	3235048
21	S3G-50.50	50	534843	3235048
22	S3H-100.0-5	5	534805	3235029
23	S3H-100.25	25	534805	3235029
24	S3H-100.50	50	534805	3235029
25	S3I-100.0-5	5	534747	3235026
26	S3I-100.25	25	534747	3235026
27	S3I-100.50	50	534747	3235026

**Tabla 12. Relación de muestras de suelos y sedimentos en el transecto 3 ubicado sobre el Arroyo San Francisco, que es tributario del Río Sonora, en su parte baja (S3)**

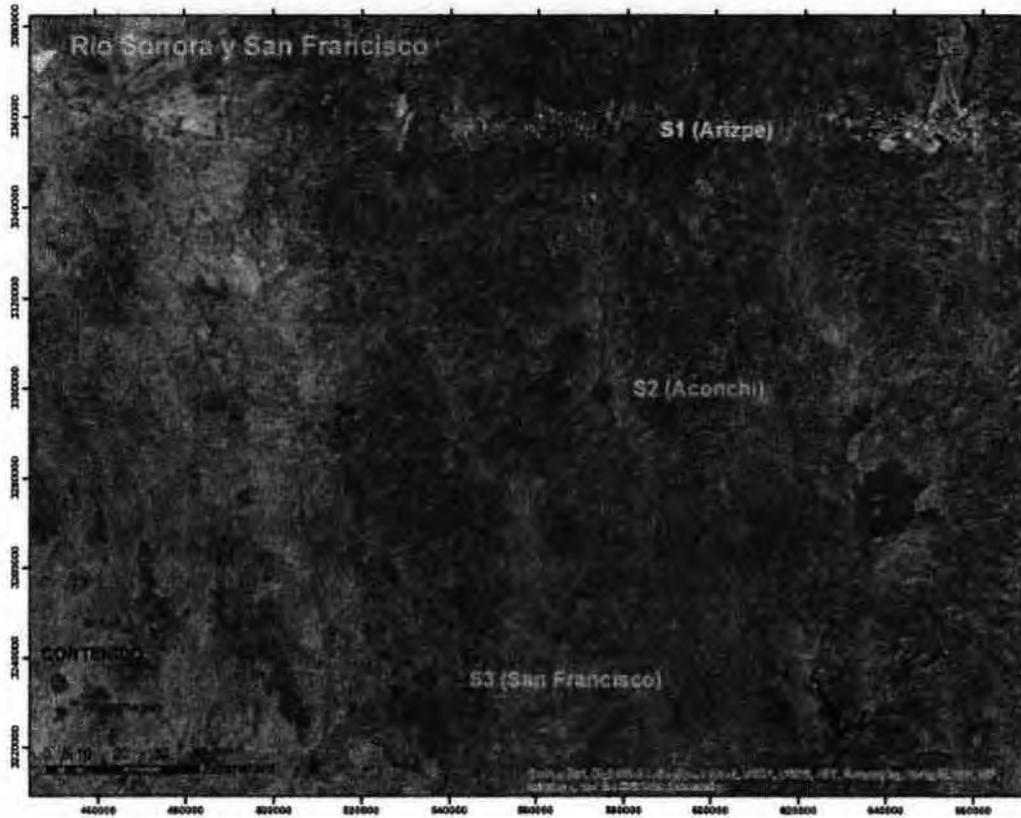


Figura 8. Mapa de distribución de los transectos sobre el Río Sonora y el Arroyo San Francisco, que es tributario del Río Sonora, en su parte baja (S3)

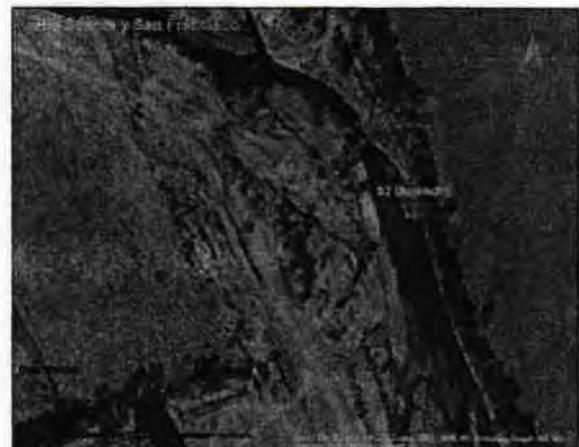


Figura 9. Detalle de ubicación de zanjas excavadas en cada uno de los dos transectos sobre el Río Sonora (S1 y S2)



Figura 10. Detalle de ubicación de zanjas excavadas en el transecto sobre el Arroyo San Francisco, que es tributario del Río Sonora, en su parte baja (S3)

### 3. Análisis requeridos

Suelos y Sedimentos	pH y CE
	Concentración total de elementos Traza FRX (Nitton)
	Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
	Concentración total de elementos mayores y traza por ICP

Tabla 3. Relación de análisis que se están realizando en las muestras



#### 4. Memoria Fotográfica

Ver archivo adjunto (Memoria fotográfica del muestreo en los transectos en Arroyo Tinajas I, Arroyo Tinajas II, Río Bacanuchi y Río Sonora - Arroyo San Francisco)

Realizo

Q.I. Ines Ramos



#### 4. Memoria Fotográfica

Ver archivo adjunto (Memoria fotográfica del muestreo en los transectos en Arroyo Tinajas I, Arroyo Tinajas II, Río Bacanuchi y Río Sonora - Arroyo San Francisco)

Realizó

Q.I. Ines Ramos



**Memoria fotográfica**  
**Tinajas I (IT1)**

Clave	Foto1	Foto 2
IT1A-100 5		
IT1A-100 5-25		
IT1A-100 25-50		
IT1B-50 5		
IT1B-50 25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT1B-50 50		
IT1C-10 5		
IT1C-10 5-25		
IT1C-10 25-50		
IT1D 5		
IT1D 25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT1D 50		
IT1E 5		
IT1E 25		
IT1E 50		



IT1F 5		
IT1F 5-25		
IT1F 25-50		
IT1G 5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT1G-10 25		
IT1G-10 50		
IT1H-50 0-5		
IT1H-50 20		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental





Tinajas I (IT2)

Clave	Foto 1	Foto 2
IT2A-100 0-5		
IT2A-100 5-25		
IT2A-100 25-50		
IT2B-50 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT2B-50 5-25		
IT2B-50 25-50		
IT2C-10 0-10		
IT2C-10 5-25		
IT2C-10 25-50		
IT2D 0-5		



IT2D 5-25		
IT2D 25-50		
IT2E 0-5		
IT2E 5-25		



IT2E 25-50		
IT2F 0-5		
IT2F 5-25		
IT2F 25-50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental

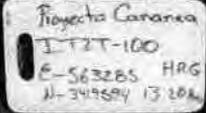
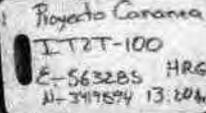


IT2G-10 0-5		
IT2G-10 5-25		
IT2G-10 25-50		
IT2H-50 0-5		
IT2H-50 5-25		
IT2H-50 25-50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT21-100 0-5		
IT21-100 5-25		
IT21-100 25-50		



Tinajas I (IT3)

Clave	Foto 1	Foto 2
IT3A-100 0-5		
IT3A-100 5-25		
IT3A-100 25-50		
IT3B-50 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT3B-50 5-25		
IT3B-50 25-50		
IT3C-10 0-5		
IT3C-10 5-25		
IT3C-10 25-50		
IT3D 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT3D 5-25		
IT3D 25-50		
IT3E 0-5		
IT3E 5-25		
IT3E 25-50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT3F 0-5		
IT3F 5-25		
IT3F 25-50		
IT3G-10 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT3G 5-25		
IT3G 25-50		
IT3H-50 0-5		
IT3H-50 5-25		
IT3H-50 25-50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT3I-100 0-5		
IT3I-100 5-25		
IT3I-100 25-50		



Tinajas II (IIT1)

Clave	Foto 1	Foto 2
IIT1A 0-5		
IIT1A 25		
IIT1A 50		
IIT1B 0-5		



IIT1B 25		
IIT1B 50		
IIT1C 0-5		
IIT1C 25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT1C 50		
IIT1D 0-5		
IIT1D 25		
IIT1D 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 Geoquímica Ambiental



IIT1E 0-5		
IIT1E 25		
IIT1E 50		
IIT1F 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT1F 25		
IIT1F 50		
IIT1G 0-5		
IIT1G 25		3415723
IIT1G 50		
IIT1H 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT1H 25		
IIT1H 50		
IIT1I 0-5		
IIT1I 25		
IIT1I 50		



Tinajas II (IIT2)

Clave	Foto 1	Foto 2
IIT2A 5		
IIT2A 25		
IIT2A 50		
IIT2B 0-5		

T



IIT2B 25		
IIT2B 50		
IIT2C 0-5		
IIT2C 25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT2C 50		
IIT2D 0-5		
IIT2D 25		
IIT2D 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT2E 5		
IIT2E 25		
IIT2E 50		
IIT2F 5		
IIT2F 25		
IIT2F 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT2G 5		
IIT2G 25		
IIT2G 50		
IIT2H 5		
IIT2H 25		
IIT2H 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT21-5		
IIT21-25		
IIT21 50		



Tinajas II (IIT3)

Clave	Foto 1	Foto 2
IIT3A 5		
IIT3A 25		
IIT3A 50		
IIT3B 5		
IIT3B 25		
IIT3B 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT3C 5		
IIT3C 25		
IIT3C 50		
IIT3D 5	<p>Proy Rio Sarco Fecha: 2015/02/16 Hora: 17:00 Lugar: Rio Tapan X: 0553465 Y: 3404190 Clas: IIT3D</p>	<p>Proy Rio Sarco Fecha: 2015/02/16 Hora: 17:00 Lugar: Rio Tapan X: 0553465 Y: 3404190 Clas: IIT3D</p>
IIT3D 25	<p>Proy Rio Sarco Fecha: 2015/02/16 Hora: 17:00 Lugar: Rio Tapan X: 0553465 Y: 3404190 Clas: IIT3D</p>	
IIT3D 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT3E 5		
IIT3E 25		
IIT3E 50		
IIT3F 5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT3F 5		
IIT3F 5		
IIT3G 0-5		
IIT3G 25		
IIT3G 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT3H 0-5		
IIT3H 25		
IIT3H 50		
IIT3I 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IIT31 25		
IIT31 50		



Bacanuchi (B1)

Clave	Foto 1	Foto 2
B1A 0-5		
B1A 25		
B1A 50		
B1B 0-5		
B1B 25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B1B 50		
B1C 0-5		
B1C 25		
B1C 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B1D 0-5		
B1D 25		
B1D 50		
B1E 5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B1E 25		
B1E 50		
B1F 5		
B1F 25		
B1F 50		

T



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B1G 5		
B1G 25		
B1G 50		
B1H 5		
B1H 25		
B1H 50		



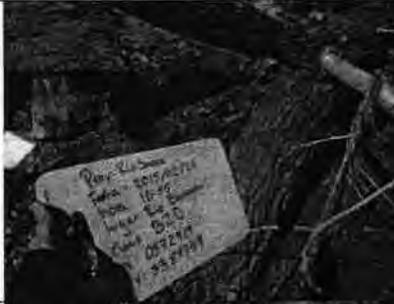
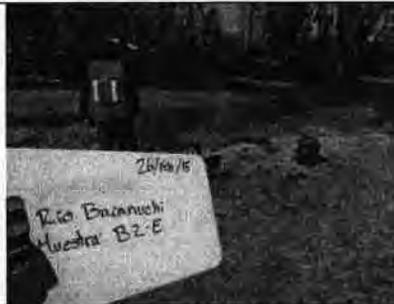
Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B11 5		
B11 25		
B11 50		



**Bacanuchi (B2)**

Clave	Foto 1	Foto 2
B2D 5		
B2D 25		
B2D 50		
B2E 5		
B2E 25		
B2E 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B2F 5		
B2F 25		
B2F 50		
B2G 5		
B2G 25		
B2G 50		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B2H 5		
B2H 25		
B2H 50		
B2I 5		



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**



B2I 25		
B2I 50		



**Bacanuchi (B3)**

Clave	Foto 1	Foto 2
B3A 5		
B3A 25		
B3A 50		
B3B 5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B3B 25		
B3B 50		
B3C 5		
B3C 25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B3C 50		
B3D 5		
B3D 25	Presencia de agua	Presencia de agua
B3D 50	Presencia de agua	Presencia de agua
B3E 5		
B3E 25	Presencia de agua	Presencia de agua
B3E 50	Presencia de agua	Presencia de agua
B3F 5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



	Presencia de agua	Presencia de agua
B3F 25	Presencia de agua	Presencia de agua
B3F 50	Presencia de agua	Presencia de agua
B3H 5		
B3H 25		
B3H 50		
B3G 5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



B3G 25		
B3G 50		
B3I 5		
B3I 25		
B3I 50		



Sonora (S1)

Clave	Foto 1	Foto 2
S1A 5		
S1A.25		
S1A.50		
S1B 0-5		



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



S1B 25



S1B 40



S1C 0-5



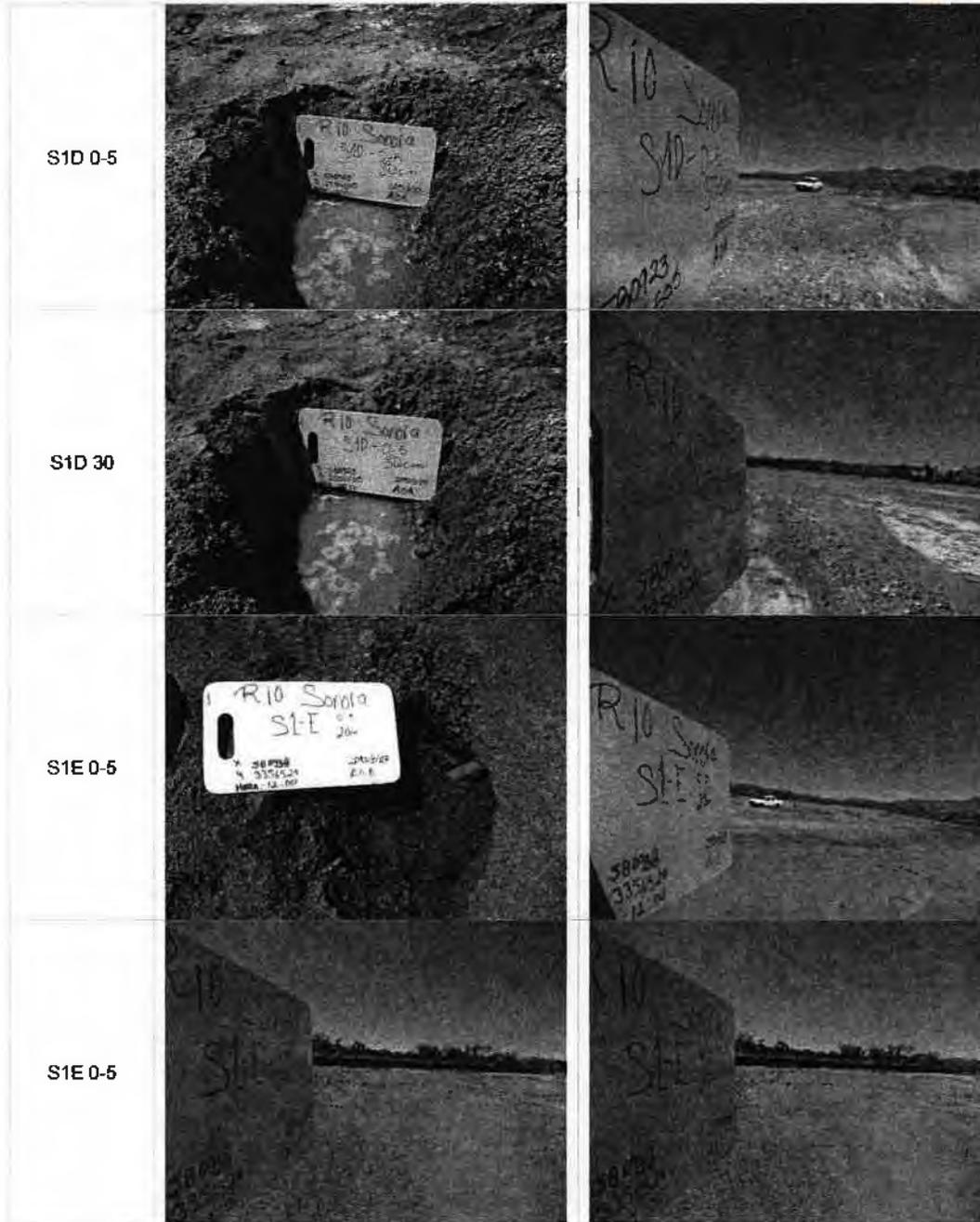
S1C 25



S1C 50



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental





Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



S1E 20		
S1F 0-5		
S1G 0-5		
S1G 25		
S1G 50		
S1H 0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



S1H 25		
S1H 50		
S1I 0-5		
S1I 25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental





**Sonora (S2)**

Clave

Foto 1

Foto 2

S2A 0-5



S2A 25



S2A 50



S2A 100



S2B 0-5





Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



S2D 0-5		
S2D 22		
S2E 0-5		
S2E 15-20		

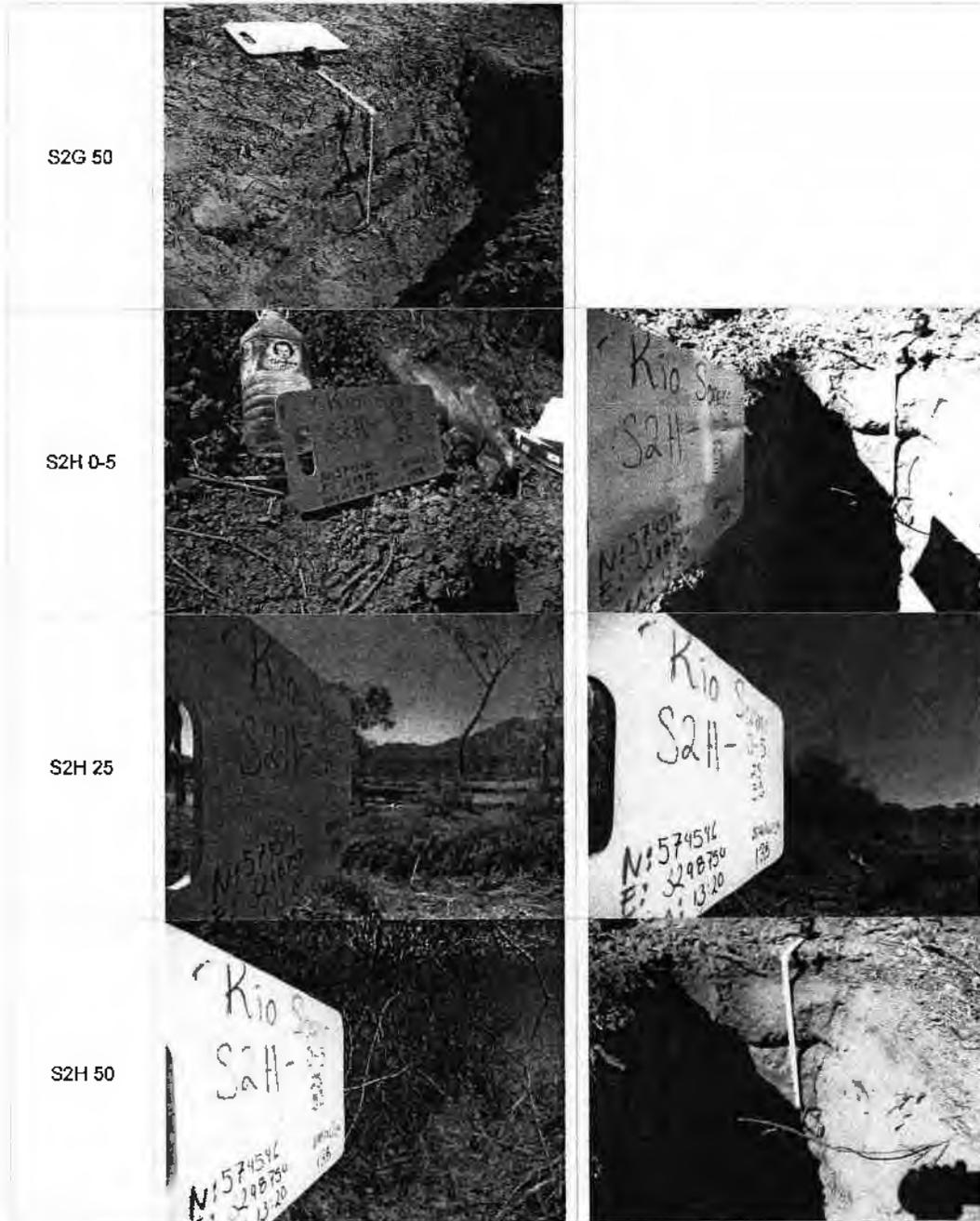


Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental





Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental





Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



S21 0-5



S21 25



S21 50





Sonora (S3) Arroyo san Francisco

Clave	Foto 1	Foto 2
S3A-100.0-5		
S3A-100.25		
S3A-100.50		
S3B-50.0-5		
S3B-50.25		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 Geoquímica Ambiental



S3B-50.50	 Río Sonora S3B 12R 0534432 3235096 20/02/12 11:11 0.5 20-25 50-100 20/02/12	 Río Sonora S3B 12R 0534432 3235096 20/02/12 11:11 0.5 20-25 50-100 20/02/12
S3C-10.0-5	 Río Sonora S3C 12R 0534894 3235082 20/02/12 10:05 0.5 20-25 50-100 20/02/12	 Río Sonora S3C 12R 0534894 3235082 20/02/12 10:05 0.5 20-25 50-100 20/02/12
S3C-10.25	 Río Sonora S3C 12R 0534894 3235082 20/02/12 10:05 0.5 20-25 50-100 20/02/12	 Río Sonora S3C 12R 0534894 3235082 20/02/12 10:05 0.5 20-25 50-100 20/02/12
S3C-10.50	 Río Sonora S3C 12R 0534894 3235082 20/02/12 10:05 0.5 20-25 50-100 20/02/12	
S3D.0-5	 Río Sonora S3D 12R 0534894 3235082 20/02/12 10:05 0.5 20-25 50-100 20/02/12	 Río Sonora S3D 12R 0534894 3235082 20/02/12 10:05 0.5 20-25 50-100 20/02/12

T



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



S3D.25



S3D.50



S3E.0-5



S3E.25



S3E.50



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



S3F-10.0-5		
S3F-10.25		
S3F-10.50		
S3G-50.0-5		



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental





Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



Clave	Foto 1	Foto 2
S3A-100.0-5		
S3A-100.25		
S3A-100.50		
S3B-50.0-6		
S3B-50.25		

**Anexo I.2 Cadena de custodia muestreo de transectos Arroyo Tinajas I**







Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U. México, D.F. 04510 Del. Coyoacán  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA 3 DE 24

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente 2 Normal

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

DIRIGIR EL INFORME A:

Razón social: Dr. Francisco Romero  
RFC:

Dirección: Circuito de la investigación Científica.  
Ciudad Universitaria, DF C.P.

Atención: Dr. Francisco Romero  
Teléfono: 56224283 ext. 129

e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

FACTURAR A: (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)

Razón social: RFC:

Dirección: C.P.

Atención: Teléfono:

e-mail:

No. Orden de trabajo

No. Orden de muestreo

Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

Proyecto:

Identificación del sitio

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP													Contenedores*						
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O				
1	IT2A-100 0-5	27/02/2015	10:30:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	IT2A-100 5-25	27/02/2015	10:40:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
3	IT2A-100 25-50	27/02/2015	10:53:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
4	IT2B-50 0-5	27/02/2015	09:30:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
5	IT2B-50 5-25	27/02/2015	09:35:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
6	IT2B-50 25-50	27/02/2015	09:40:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
7	IT2C-10 0-10	27/02/2015	08:30:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
8	IT2C-10 5-25	27/02/2015	09:15:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
9	IT2C-10 25-50	27/02/2015	09:20:00 a.m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
10	IT2D 0-5	27/02/2015	11:10:00 a.m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
11	IT2D 5-25	27/02/2015	11:15:00 a.m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
12	IT2D 25-50	27/02/2015	11:20:00 a.m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
13	IT2E 0-5	27/02/2015	11:30:00 a.m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
14	IT2E 5-25	27/02/2015	11:38:00 a.m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
15	IT2E 25-50	27/02/2015	11:45:00 a.m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			

Responsable de muestreo (Nombre y firma): *Inos Ramos*

Observaciones:

Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)

Temperatura de las muestras al recibirlas: °c (NA)

Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
Entrega 1	<i>Inos Ramos</i>	01-03-15	<i>Geología</i>	Entrega 2	<i>[Signature]</i>	01-03-15	<i>Lab ICA-UES</i>	Entrega 3			
Entrega 1				Entrega 2				Entrega 3			
Entrega 1	<i>[Signature]</i>	01-03-15	<i>Lab Geog. Amb</i>	Entrega 2				Entrega 3			
Entrega 1				Entrega 2				Entrega 3			

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO





Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán,  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA	5	DE	24
Rev 01			
No. de Cotización			
Prioridad			
1 Urgente			2
2 Normal			

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

<b>DIRIGIR EL INFORME A:</b>		<b>FACTURAR A:</b> (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)	
Razón social:	Dr. Francisco Romero	Razón social:	
RFC:		RFC:	
Dirección:	Circuito de la investigación Científica.	Dirección:	
Ciudad Universitaria, DF	C.P.	Ciudad Universitaria, DF	C.P.
Atención:	Dr. Francisco Romero	Atención:	
Teléfono:	56224283 ext. 129	Teléfono:	
e-mail:	fmrch@geologia.unam.mx	e-mail:	

No. Orden de trabajo	
No. Orden de muestreo	
Nombre y firma del cliente*: Dr. Francisco Romero	

*[Handwritten signature]*

Proyecto: \_\_\_\_\_  
Identificación del sitio: \_\_\_\_\_

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP											Contenedores*							
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O			
1	IT3A-100 0-5	27/02/2015	02:25 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	IT3A-100 5-25	27/02/2015	02:30 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
3	IT3A-100 25-50	27/02/2015	02:40 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
4	IT3B-50 0-5	27/02/2015	02:00 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
5	IT3B-50 5-25	27/02/2015	02:00 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
6	IT3B-50 25-50	27/02/2015	02:15 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
7	IT3C-10 0-5	27/02/2015	01:40 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
8	IT3C-10 5-25	27/02/2015	01:45 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
9	IT3C-10 25-50	27/02/2015	01:50 00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
10	IT3D 0-5	27/02/2015	01:18 00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
11	IT3D 5-25	27/02/2015	01:25 00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
12	IT3D 25-50	27/02/2015	01:30 00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
13	IT3E-0-5	27/02/2015	01:35 00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
14	IT3E 5-25	27/02/2015	01:40 00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
15	IT3E 25-50	27/02/2015	01:50 00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			

Responsable de muestreo (Nombre y firma): *Ines Ramos*  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibir las: °C (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Observaciones: \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre: <i>Ines Ramos</i>	Fecha: 01-03-15	Empresa: <i>Geología</i>	Entrega 2	Nombre: <i>[Handwritten]</i>	Fecha: 01-03-15	Empresa: <i>Lab Geo-Amb</i>
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:
Recibe 1	Nombre: <i>[Handwritten]</i>	Fecha: 01-03-15	Empresa: <i>Lab Geo-Amb</i>	Recibe 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:

Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:
Recibe 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán.  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA 6 DE 24

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente  
2 Normal

2

No. Orden de trabajo  
No. Orden de muestreo

Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
Razón social: Dr. Francisco Romero  
RFC: \_\_\_\_\_  
Dirección: Circuito de la investigación Científica.  
Ciudad Universitaria, DF C.P. \_\_\_\_\_  
Atención: Dr. Francisco Romero  
Teléfono: 56224283 ext. 129  
e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

**FACTURAR A:** (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)  
Razón social: \_\_\_\_\_  
RFC: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
C.P. \_\_\_\_\_  
Atención: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_

Proyecto:  
Identificación del sitio

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP											Contenedores*						
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O		
1	IT3F 0-5	27/02/2015	02:00:00 p.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	IT3F 5-25	27/02/2015	02:10:00 p.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
3	IT3F 25-50	27/02/2015	02:15:00 p.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
4	IT3G-10 0-5	27/02/2015	02:30:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
5	IT3G 5-25	27/02/2015	02:40:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
6	IT3G 25-50	27/02/2015	02:55:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
7	IT3H-50 0-5	27/02/2015	04:38:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
8	IT3H-50 5-25	27/02/2015	04:40:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
9	IT3H-50 25-50	27/02/2015	04:50:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
10	IT3I-100 0-5	27/02/2015	05:00:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
11	IT3I-100 5-25	27/02/2015	05:15:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
12	IT3I-100 25-50	27/02/2015	05:30:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
13						-																									
14						-																									
15						-																									

Responsable de muestreo (Nombre y firma): *Ines Romero*  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibirlas: °c (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Observaciones:

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
Entrega 1	<i>Ines Romero</i>	01-03-15	Geología	Entrega 2	<i>[Handwritten]</i>	01-03-15	Lab. IA-CES	Entrega 3			
Recibe 1	<i>Fabiola Ortega</i>	01-03-15	Lab. Geog. Amb.	Recibe 2				Recibe 3			

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO

**Anexo 1.3 Cadena de custodia muestreo de transectos Arroyo Tinajas II**



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA 7 DE 24

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

- |           |   |
|-----------|---|
| 1 Urgente | 2 |
| 2 Normal  |   |

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

<b>DIRIGIR EL INFORME A:</b>		<b>FACTURAR A:</b> (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)	
Razón social: Dr. Francisco Romero	RFC:	Razón social:	RFC:
Dirección: Circuito de la investigación Científica.	Dirección:	C.P.:	C.P.:
Ciudad Universitaria. DF	C.P.:		
Atención: Dr. Francisco Romero	Atención:		
Teléfono: 56224283 ext. 129	Teléfono:		
e-mail: fmrch@geologia.unam.mx	e-mail:		

No. Orden de trabajo	
No. Orden de muestreo	
Nombre y firma del cliente*: Dr. Francisco Romero	

*Handwritten signature*

Proyecto: \_\_\_\_\_  
Identificación del sitio: \_\_\_\_\_

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*						
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O	
1	IIT1A 0-5	27/02/2015	10:28:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	IIT1A 25	27/02/2015	10:28:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
3	IIT1A 50	27/02/2015	10:30:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
4	IIT1B 0-5	27/02/2015	10:03:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
5	IIT1B 25	27/02/2015	10:05:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
6	IIT1B 50	27/02/2015	10:10:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
7	IIT1C 0-5	27/02/2015	09:53:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
8	IIT1C 25	27/02/2015	09:55:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
9	IIT1C 50	27/02/2015	09:57:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
10	IIT1D 0-5	27/02/2015	09:40:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
11	IIT1D 25	27/02/2015	09:42:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
12	IIT1D 50	27/02/2015	09:45:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
13	IIT1E 0-5	27/02/2015	09:23:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
14	IIT1E 25	27/02/2015	09:26:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
15	IIT1E 50	27/02/2015	09:28:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Responsable de muestreo (Nombre y firma): *Ines Ramos*  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibirlas: °c (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Observaciones: \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras											
Entrega 1	Nombre: <i>Ines Ramos</i>	Fecha: 01-03-15	Empresa: Geología	Entrega 2	Nombre: <i>[Signature]</i>	Fecha: 01-03-15	Empresa: Lab. KROES	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:
Recibe 1	Nombre: <i>[Signature]</i>	Fecha: 01-03-15	Empresa: Lab. Geog. Amb.	Recibe 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:

\*V. Vidrio, B. Balsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO





Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM  
 Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán.  
 Tel. 56 22 4283 Ext. 228

**Ensayos**

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA 9 DE 24

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente  
2 Normal

2

No. Orden de trabajo

No. Orden de muestreo

Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

**ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA**

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
 Razón social: Dr. Francisco Romero **FACTURAR A:** (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)  
 Razón social: \_\_\_\_\_  
 RFC: \_\_\_\_\_ RFC: \_\_\_\_\_  
 Dirección: Circuito de la investigación Científica. Dirección: \_\_\_\_\_  
 Ciudad Universitaria, DF C.P. \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_  
 Atención: Dr. Francisco Romero Atención: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: 56224283 ext. 129 Teléfono: \_\_\_\_\_  
 e-mail: fmrch@geologia.unam.mx e-mail: \_\_\_\_\_

Proyecto: \_\_\_\_\_  
 Identificación del sitio

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*										
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O					
1	IIT2A 5	27/02/2015	02:23:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
2	IIT2A 25	27/02/2015	02:27:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
3	IIT2A 50	27/02/2015	02:00:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
4	IIT2B 0-5	27/02/2015	02:03:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
5	IIT2B 25	27/02/2015	02:05:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
6	IIT2B 50	27/02/2015	01:50:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
7	IIT2C 0-5	27/02/2015	01:53:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
8	IIT2C 25	27/02/2015	01:55:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
9	IIT2C 50	27/02/2015	01:35:00 p. m.	Suelo	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
10	IIT2D 0-5	27/02/2015	01:45:00 p. m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
11	IIT2D 25	27/02/2015	01:43:00 p. m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
12	IIT2D 50	27/02/2015	01:43:00 p. m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
13	IIT2E 5	27/02/2015	01:03:00 p. m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
14	IIT2E 25	27/02/2015	01:37:00 p. m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
15	IIT2E 50	27/02/2015	01:37:00 p. m.	Sedimento	1 kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		

Responsable de muestreo (Nombre y firma): Francisco Romero  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibirlas: \_\_\_\_\_ °c (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras  (Si)  (No)  (NA)

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Registro de la cadena de custodia de las muestras**

Entrega 1	Nombre: <u>Luis Ramos</u>	Fecha: <u>01-03-15</u>	Empresa: <u>Geología</u>	Entrega 2	Nombre: <u>[Handwritten]</u>	Fecha: <u>01-03-15</u>	Empresa: <u>Lab KP-CES</u>	Entrega 3	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____
	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____
Recibe 1	Nombre: <u>[Handwritten]</u>	Fecha: <u>01-03-15</u>	Empresa: <u>Lab Geog. Amlo</u>	Recibe 2	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____	Recibe 3	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____
	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO







Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán.  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA	12	DE	24
Rev 01			
No. de Cotización			
Prioridad			
1 Urgente			2
2 Normal			

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
**Razón social:** Dr. Francisco Romero  
**RFC:** \_\_\_\_\_  
**Dirección:** Circuito de la investigación Científica.  
**Ciudad Universitaria:** DF \_\_\_\_\_ **C.P.:** \_\_\_\_\_  
**Atención:** Dr. Francisco Romero  
**Teléfono:** 56224283 ext. 129  
**e-mail:** fmrch@geologia.unam.mx

**FACTURAR A:** (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)  
**Razón social:** \_\_\_\_\_  
**RFC:** \_\_\_\_\_  
**Dirección:** \_\_\_\_\_  
**C.P.:** \_\_\_\_\_  
**Atención:** \_\_\_\_\_  
**Teléfono:** \_\_\_\_\_  
**e-mail:** \_\_\_\_\_

**Proyecto:** \_\_\_\_\_

**No. Orden de trabajo:** \_\_\_\_\_  
**No. Orden de muestreo:** \_\_\_\_\_  
**Nombre y firma del cliente\*:** Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*							
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O		
1	IIT3F 5	27/02/2015		Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
2	IIT3F 5	27/02/2015		Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
3	IIT3F 5	27/02/2015		Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
4	IIT3G 0-5	27/02/2015	04:30:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
5	IIT3G 25	27/02/2015	04:33:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
6	IIT3G 50	27/02/2015	04:40:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
7	IIT3H 0-5	27/02/2015	04:50:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
8	IIT3H 25	27/02/2015	04:55:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
9	IIT3H 50	27/02/2015	04:57:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
10	IIT3I 0-5	27/02/2015	05:10:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
11	IIT3I 25	27/02/2015	05:13:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
12	IIT3I 50	27/02/2015	05:15:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
13						-																									
14						-																									
15						-																									

**Responsable de muestreo (Nombre y firma):** *Ines Ramos*  
**Empresa:** Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
**Temperatura de las muestras al recibirlas:** \_\_\_\_\_ °c (NA)  
**Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)** \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras											
Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	<i>Ines Ramos</i>	01-03-15	Geología		<i>[Signature]</i>	01-03-15	Lab ICP-MS				
Recibe 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	<i>José Roberto</i>	01-03-15	Geog. Amb								

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO

**Anexo I.4 Cadena de custodia muestreo transectos Río Bacanuchi**



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM  
 Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán.  
 Tel. 56 22 4283 Ext. 228

**Ensayos**

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA 13 DE 24

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente  
2 Normal

2

**ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA**

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
 Razón social: Dr. Francisco Romero  
 Dirección: Circuito de la investigación Científica.  
 Ciudad Universitaria. DF C.P.  
 Atención: Dr. Francisco Romero  
 Teléfono: 56224283 ext. 129  
 e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

**FACTURAR A:** (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)  
 Razón social:  
 Dirección:  
 Ciudad Universitaria. DF C.P.  
 Atención:  
 Teléfono:  
 e-mail:

No. Orden de trabajo  
 No. Orden de muestreo  
 Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

Proyecto:  
 Identificación del sitio

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*							
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O		
1	B1A 0-5	26/02/2015	03:25:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	B1A 25	26/02/2015	03:26:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
3	B1A 50	26/02/2015	03:28:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
4	B1B 0-5	26/02/2015	03:10:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
5	B1B 25	26/02/2015	03:15:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
6	B1B 50	26/02/2015	03:15:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
7	B1C 0-5	26/02/2015	02:40:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
8	B1C 25	26/02/2015	02:40:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
9	B1C 50	26/02/2015	02:45:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
10	B1D 0-5	26/02/2015	02:25:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
11	B1D 25	26/02/2015	02:25:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
12	B1D 50	26/02/2015	02:25:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
13	B1E 5	26/02/2015	02:30:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
14	B1E 25	26/02/2015	02:30:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
15	B1E 50	26/02/2015	02:30:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Responsable de muestreo (Nombre y firma): *[Handwritten signature]*  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibir las: °c (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras (SI) (No) (NA)

Observaciones:  
 \*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

Registro de la cadena de custodia de las muestras											
Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:
Recibe 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO





Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM  
 Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán.  
 Tel. 56 22 4283 Ext. 228

**Ensayos**

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA	15	DE	24
Rev 01			
No. de Cotización			
Prioridad			
1 Urgente			2
2 Normal			

**ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA**

<b>DIRIGIR EL INFORME A:</b>		<b>FACTURAR A:</b> (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)	
Razón social: <u>Dr. Francisco Romero</u>	Razón social: _____	Razón social: _____	Razón social: _____
RFC: _____	RFC: _____	RFC: _____	RFC: _____
Dirección: <u>Circuito de la investigación Científica.</u>	Dirección: _____	Dirección: _____	Dirección: _____
Ciudad Universitaria. DF _____ C.P. _____	Ciudad Universitaria. DF _____ C.P. _____	Ciudad Universitaria. DF _____ C.P. _____	Ciudad Universitaria. DF _____ C.P. _____
Atención: <u>Dr. Francisco Romero</u>	Atención: _____	Atención: _____	Atención: _____
Teléfono: <u>56224283 ext. 129</u>	Teléfono: _____	Teléfono: _____	Teléfono: _____
e-mail: <u>fmrch@geologia.unam.mx</u>	e-mail: _____	e-mail: _____	e-mail: _____

No. Orden de trabajo	_____
No. Orden de muestreo	_____
Nombre y firma del cliente*:	<u>Dr. Francisco Romero</u>

*[Handwritten signature]*

Proyecto: \_\_\_\_\_  
 Identificación del sitio: \_\_\_\_\_

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP											Contenedores*											
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otros	V	B	O							
1	B2A 5cm	26/02/2015	11:35:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			
2	B2A 25cm	26/02/2015	11:35:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
3	B2A 50cm	26/02/2015	11:40:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
4	B2B 5cm	26/02/2015	11:20:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
5	B2B25cm	26/02/2015	11:00:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
6	B2B 50cm	26/02/2015	11:45:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
7	B2C 5cm	26/02/2015	11:20:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
8	B2C 25cm	26/02/2015	11:00:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
9	B2C 50	26/02/2015	11:45:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
10	B2D 5cm	26/02/2015	10:50:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			
11	B2D 25cm	26/02/2015	10:55:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			
12	B2D 50cm	26/02/2015	11:00:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			
13	B2E 5cm	26/02/2015	10:20:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			
14	B2E 25cm	26/02/2015	10:25:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			
15	B2E 50cm	26/02/2015	10:27:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			

Responsable de muestreo (Nombre y firma): Ines Ramos  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibir las: \_\_\_\_\_ °C (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras (S) (No) (NA)

Observaciones: \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras											
Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:
Recibe 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán, Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA 16 DE 24

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente  
2 Normal

2

No. Orden de trabajo  
No. Orden de muestreo

Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

DIRIGIR EL INFORME A: FACTURAR A: (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)

Razón social: Dr. Francisco Romero Razón social:

RFC: RFC:

Dirección: Circuito de la investigación Científica. Dirección:

Ciudad Universitaria, DF C.P. C.P.

Atención: Dr. Francisco Romero Atención:

Teléfono: 56224283 ext. 129 Teléfono:

e-mail: fmrch@geologia.unam.mx e-mail:

Proyecto:

Identificación del sitio

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP											Contenedores*									
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otros	V	B	O					
1	B2F 0-5cm	26/02/2015	10:40:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
2	B2F 25cm	26/02/2015	10:43:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
3	B2F 50cm	26/02/2015	10:50:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
4	B2G 5cm	26/02/2015	11:30:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
5	B2G 25cm	26/02/2015	11:30:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
6	B2G 50cm	26/02/2015	11:30:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
7	B2H 5cm	26/02/2015	12:02:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
8	B2H 25cm	26/02/2015	12:05:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
9	B2H 50cm	26/02/2015	12:07:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
10	B2I 0-5cm	26/02/2015	12:15:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
11	B2I 25cm	26/02/2015	12:17:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
12	B2I 50cm	26/02/2015	12:20:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x			
13						-																												
14						-																												
15						-																												

Responsable de muestreo (Nombre y firma): *Ines Rama*

Observaciones:

Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)

Temperatura de las muestras al recibirlas: °C (NA)

Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	<i>Ines Rama</i>	01-03-15	Geología		<i>[Signature]</i>	01-03-15	Lab ICP-OES				
Recibe 1	<i>[Signature]</i>	01-03-15	Lab Geog. Amb	Recibe 2				Recibe 3			

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO





**Anexo 1.5** Cadena de custodia muestreo transectos Río Sonora – Arroyo San Francisco



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA	19	DE	24
Rev 01			
No. de Cotización			
Prioridad			
1 Urgente			2
2 Normal			

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
Razón social: Dr. Francisco Romero  
RFC: \_\_\_\_\_

**FACTURAR A:** (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)  
Razón social: \_\_\_\_\_  
RFC: \_\_\_\_\_

**Dirección:** Circuito de la investigación Científica.  
Ciudad Universitaria, DF C.P. \_\_\_\_\_

**Atención:** Dr. Francisco Romero  
Teléfono: 56224283 ext. 129  
e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

**Proyecto:** \_\_\_\_\_

No. Orden de trabajo: \_\_\_\_\_

No. Orden de muestreo: \_\_\_\_\_

Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*												
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O							
1	S1A 5	27/02/2015	07:26:24 a. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x				
2	S1A.25	27/02/2015	07:26:24 a. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
3	S1A.50	27/02/2015	07:26:24 a. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
4	S1B 0-5	27/02/2015	01:06:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
5	S1B 25	27/02/2015	01:06:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
6	S1B 40	27/02/2015	01:06:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
7	S1C 0-5	27/02/2015	12:40:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
8	S1C 25	27/02/2015	12:40:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
9	S1C 50	27/02/2015	12:40:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
10	S1D 0-5	27/02/2015	12:20:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
11	S1D 30	27/02/2015	12:20:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
12	S1D 50	27/02/2015	Presencia de agua			-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
13	S1E 0-5	27/02/2015	12:00:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
14	S1E 0-5	27/02/2015	12:00:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		
15	S1E 20	27/02/2015	12:00:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		

Responsable de muestreo (Nombre y firma): Ines Romero

Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)

Temperatura de las muestras al recibirlas: \_\_\_\_\_ °C (NA)

Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Observaciones: \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
Entrega 1	<u>Ines Romero</u>	<u>01-03-15</u>	<u>Geobaja</u>	Entrega 2	<u>[Handwritten]</u>	<u>01-03-15</u>	<u>Lab ICP-OES</u>	Entrega 3			
Entrega 1	<u>[Handwritten]</u>	<u>01-03-15</u>	<u>Geog. Amb</u>	Entrega 2				Entrega 3			

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán,  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA	20	DE	24
Rev 01			
No. de Cotización			
Prioridad			
1 Urgente			2
2 Normal			

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
**Razón social:** Dr. Francisco Romero  
**RFC:** \_\_\_\_\_  
**Dirección:** Circuito de la investigación Científica.  
**Ciudad Universitaria, DF C.P.** \_\_\_\_\_  
**Atención:** Dr. Francisco Romero  
**Teléfono:** 56224283 ext. 129  
**e-mail:** fmrch@geologia.unam.mx

**FACTURAR A: (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)**  
**Razón social:** \_\_\_\_\_  
**RFC:** \_\_\_\_\_  
**Dirección:** \_\_\_\_\_  
**C.P.** \_\_\_\_\_  
**Atención:** \_\_\_\_\_  
**Teléfono:** \_\_\_\_\_  
**e-mail:** \_\_\_\_\_

**No. Orden de trabajo** \_\_\_\_\_  
**No. Orden de muestreo** \_\_\_\_\_

**Nombre y firma del cliente\*:** Dr. Francisco Romero

*(Handwritten signature)*

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*										
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O					
1	S1F 0-5	27/02/2015	11:50:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	S1F25	27/02/2015	11:50:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
3	S1F50	27/02/2015	11:50:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
4	S1G 0-5	27/02/2015	02:17:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
5	S1G 25	27/02/2015	02:17:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
6	S1G 50	27/02/2015	02:17:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
7	S1H 0-5	27/02/2015	02:10:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
8	S1H 25	27/02/2015	02:10:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
9	S1H 50	27/02/2015	02:10:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
10	S1I 0-5	27/02/2015	01:56:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
11	S1I 25	27/02/2015	01:56:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
12	S1I 50	27/02/2015	01:56:00 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
13						-																												
14						-																												
15						-																												

**Responsable de muestreo (Nombre y firma):** Ines Ramos *(Handwritten signature)*

**Empresa:** Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)

**Temperatura de las muestras al recibir las:** \_\_\_\_\_ °C (NA)

**Preservación adecuada de las muestras** (Si) (No) (NA)

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras											
Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
		Ines Ramos	01-03-15		Geología		<i>(Handwritten signature)</i>		01-03-2015	Lab KA-OES	
Recibe 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Fabrizio	01-03-15	Geog. Amb								

\*V. Vidrio, B Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO





Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México. C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA 22 DE 24

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente

2 Normal

2

No. Orden de trabajo

No. Orden de muestreo

Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

DIRIGIR EL INFORME A: FACTURAR A: (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)

Razón social: Dr. Francisco Romero

Razón social:

RFC:

RFC:

Dirección: Circuito de la investigación Científica.

Dirección:

Ciudad Universitaria. DF C.P.

C.P.

Atención: Dr. Francisco Romero

Atención:

Teléfono: 56224283 ext. 129

Teléfono:

e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

e-mail:

Proyecto:

Identificación del sitio

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*				
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B
1	S2E 0-5	27/02/2015	06:10:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
2	S2E 15-20	27/02/2015	06:10:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
3	S2E 50	27/02/2015	06:10:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
4	S2F 0-5	27/02/2015	01:46:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
5	S2F 15	27/02/2015	01:46:00 p. m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
6	S2F 50	27/02/2015	Presencia de agua			-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
7	S2G 0-5	27/02/2015	02:00:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
8	S2G 25	27/02/2015	02:00:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
9	S2G 50	27/02/2015	02:00:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
10	S2H 0-5	27/02/2015	01:20:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
11	S2H 25	27/02/2015	01:20:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
12	S2H 50	27/02/2015	01:20:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
13	S2I 0-5	27/02/2015	12:00:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
14	S2I 25	27/02/2015	12:00:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
15	S2I 50	27/02/2015	12:00:00 p. m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		

Responsable de muestreo (Nombre y firma): *[Handwritten signature]*

Observaciones:

Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)

Temperatura de las muestras al recibirlas: °C (NA)

Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
Entrega 1	<i>[Handwritten signature]</i>	01-03-15	Lab. Geoq. Amb	Entrega 2	<i>[Handwritten signature]</i>	01-03-15	Lab. Geoq. Amb	Entrega 3			
Entrega 1				Entrega 2				Entrega 3			
Entrega 1				Entrega 2				Entrega 3			
Entrega 1				Entrega 2				Entrega 3			

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán.  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA	23	DE	24
Rev 01			
No. de Cotización			
Prioridad			
1 Urgente			2
2 Normal			

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
Razón social: Dr. Francisco Romero  
RFC: \_\_\_\_\_

**FACTURAR A:** (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)  
Razón social: \_\_\_\_\_  
RFC: \_\_\_\_\_

**Dirección:** Circuito de la investigación Científica.  
Ciudad Universitaria, DF \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

**Atención:** Dr. Francisco Romero  
Teléfono: 56224283 ext. 129  
e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

No. Orden de trabajo: \_\_\_\_\_  
No. Orden de muestreo: \_\_\_\_\_  
Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

Proyecto: \_\_\_\_\_  
Identificación del sitio: \_\_\_\_\_

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP											Contenedores*								
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B	O				
1	S3A-100 0-5	28/02/2015	11:33:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		
2	S3A-100 25	28/02/2015	11:33:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
3	S3A-100 50	28/02/2015	11:33:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
4	S3B-50.0-5	28/02/2015	11:11:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
5	S3B-50.25	28/02/2015	11:11:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
6	S3B-50.50	28/02/2015	11:11:00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
7	S3C-10.0-5	28/02/2015	12:57:36 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
8	S3C-10.25	28/02/2015	12:57:36 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
9	S3C-10.50	28/02/2015	12:57:36 p.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
10	S3D.0-5	28/02/2015	10:37:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
11	S3D.25	28/02/2015	10:37:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
12	S3D.50	28/02/2015	10:37:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
13	S3E.0-5	28/02/2015	09:30:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
14	S3E.25	28/02/2015	09:30:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	
15	S3E.50	28/02/2015	09:30:00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	

Responsable de muestreo (Nombre y firma): [Handwritten Signature]  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibirlas: \_\_\_\_\_ °C (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Observaciones: \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras											
Entrega 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:
Recibe 1	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 2	Nombre:	Fecha:	Empresa:	Recibe 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO



Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Instituto de Geología, UNAM

Av. Universidad 3000, UNiversidad Nacional Autónoma de México, C.U., México, D.F. 04510 Del. Coyoacán.  
Tel. 56 22 4283 Ext. 228

Ensayos

- 1 Muestreo y manejo muestra
- 2 Determinación de pH y CE en matrices sólidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices sólidas
- 4 Extracción de solubles con agua en equilibrio con CO<sub>2</sub>
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

HOJA	24	DE	24
Rev 01			
No. de Cotización			
Prioridad			
1 Urgente			2
2 Normal			

ORDEN DE TRABAJO/CADENA DE CUSTODIA EXTERNA

**DIRIGIR EL INFORME A:**  
Razón social: Dr. Francisco Romero  
RFC: \_\_\_\_\_

**FACTURAR A:** (Solo si es diferente a quien se dirige el informe)  
Razón social: \_\_\_\_\_  
RFC: \_\_\_\_\_

Dirección: Circuito de la investigación Científica.  
Ciudad Universitaria. DF C.P.

Atención: Dr. Francisco Romero  
Teléfono: 56224283 ext. 129  
e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

No. Orden de trabajo: \_\_\_\_\_  
No. Orden de muestreo: \_\_\_\_\_  
Nombre y firma del cliente\*: Dr. Francisco Romero

*[Handwritten signature]*

Proyecto: \_\_\_\_\_  
Identificación del sitio: \_\_\_\_\_

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de elementos totales por ICP										Contenedores*				
		Fecha	Hora				1	2	3	4	5	6	7	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	Otro	V	B
1	S3F-10.0-5	28/02/2015	09:50.00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
2	S3F-10.25	28/02/2015	09:50.00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
3	S3F-10.50	28/02/2015	09:50.00 a.m.	Sedimento	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
4	S3G-50.0-5	28/02/2015	12:14.24 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
5	S3G-50.25	28/02/2015	12:14.24 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
6	S3G-50.50	28/02/2015	12:14.24 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
7	S3H-100.0-5	28/02/2015	10:22.00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
8	S3H-100.25	28/02/2015	10:22.00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
9	S3H-100.50	28/02/2015	10:22.00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
10	S3I-100.0-5	28/02/2015	10:30.00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
11	S3I-100.25	28/02/2015	10:30.00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
12	S3I-100.50	28/02/2015	10:30.00 a.m.	Suelo	1kg	-	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x
13						-																						
14						-																						
15						-																						

Responsable de muestreo (Nombre y firma): Ines Romero  
 Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)  
 Temperatura de las muestras al recibirlas: \_\_\_\_\_ °C (NA)  
 Preservación adecuada de las muestras (Si) (No) (NA)

Observaciones: \_\_\_\_\_

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre: <u>Ines Romero</u>	Fecha: <u>01-03-15</u>	Empresa: <u>Geología</u>	Entrega 2	Nombre: <u>[Signature]</u>	Fecha: <u>01-03-15</u>	Empresa: <u>Lab. ICA-055</u>	Entrega 3	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____
	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____
Recibe 1	Nombre: <u>[Signature]</u>	Fecha: <u>01.03.15</u>	Empresa: <u>Lab. Geog. Amb</u>	Recibe 2	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____	Recibe 3	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____
	Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____		Nombre: _____	Fecha: _____	Empresa: _____

\*V. Vidrio, B. Bolsa, O. otro (Especificar)

NOTA: \*CON SU FIRMA EL CLIENTE ACEPTA ESTAR DE ACUERDO CON EL ALCANCE DE LA ORDEN DE TRABAJO

**Anexo II.1** Informe resultados (pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos Arroyo Tinajas I. Laboratorio de Geoquímica Ambiental del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM) del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IGL-UNAM)



**INFORME DE RESULTADOS**

**TRANSECTOS TINAJAS I**

**20 de Abril de 2015**

**Información de las muestras**

Se analizaron 80 muestras de 3 zonas diferentes TINAJAS I en Sonora.

Las muestras se recibieron en bolsas de plástico de 25X10 cm, etiquetadas como IT1, IT2 Y IT3 cada una con A,B,C,D,E,G,H e I con diferentes profundidades cada una un listado de coordenadas y observaciones adjunto.

**Información de los análisis**

En el laboratorio de Geoquímica Ambiental las muestras fueron homogeneizadas y tamizadas por malla N° 10 para su análisis de pH, Conductividad eléctrica y FRX.

En las 80 muestras se determinaron los siguientes análisis:

pH; se realizaron con un potenciómetro Hanna Instruments, HI-98185 y se siguió el método estandarizado 9045 de la US-EPA (1995).

Conductividad eléctrica (CE) se realizaron con un conductímetro OAKTON Con 700.

Fluorescencia de rayos X. El análisis se realizó con un equipo de Fluorescencia de Rayos X, NITTON FXL 950 de Thermo Scientific. La determinación fue realizada por triplicado con un tiempo de medición de 90s en el modo de suelo y 31 s en el modo de mina para Fe. Los elementos cuantificados en cada determinación se reportan en mg/kg (ppm) para el modo de suelo y en g/100g suelo (%) para el modo de mina.



## Listado de recepción de muestras

### IT1

No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IT1A-100 5	5	563033	3420622
2	IT1A-100 5-25	25	563033	3420622
3	IT1A-100 25-50	50	563033	3420622
4	IT1B-50 5	5	563083	3420622
5	IT1B-50 25	25	563083	3420622
6	IT1B-50 50	50	563083	3420622
7	IT1C-10 5	5	563123	3420622
8	IT1C-10 5-25	25	563123	3420622
9	IT1C-10 25-50	50	563123	3420622
10	IT1D 5	5	563133	3420622
11	IT1D 25	25	563133	3420622
12	IT1D 50	50	563133	3420622
13	IT1E 5	5	563135	3420622
14	IT1E 25	25	563135	3420622
15	IT1E 50	50	563135	3420622
16	IT1F 5	5	563138	3420622
17	IT1F 5-25	25	563138	3420622
18	IT1F 25-50	50	563138	3420622
19	IT1G 5	5	563148	3420622
20	IT1G-10 25	25	563148	3420622
21	IT1G-10 50	50	563148	3420622
22	IT1H-50 0-5	5	563188	3420622
23	IT1H-50 20	20	563188	3420622
24	IT1I-100 5	5	563238	3420622
25	IT1I-100 25	25	563238	3420622
26	IT1I-100 25-50	50	563238	3420622



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



**IT2**

No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	X	Y
1	IT2A-100 0-5	5	563047	3419594
2	IT2A-100 5-25	25	563047	3419594
3	IT2A-100 25-50	50	563047	3419594
4	IT2B-50 0-5	5	563097	3419594
5	IT2B-50 5-25	25	563097	3419594
6	IT2B-50 25-50	50	563097	3419594
7	IT2C-10 0-10	5	563137	3419594
8	IT2C-10 5-25	25	563137	3419594
9	IT2C-10 25-50	50	563137	3419594
10	IT2D 0-5	5	563161	3419594
11	IT2D 5-25	25	563161	3419594
12	IT2D 25-50	50	563161	3419594
13	IT2E 0-5	5	563165	3419594
14	IT2E 5-25	25	563165	3419594
15	IT2E 25-50	50	563165	3419594
16	IT2F 0-5	5	563170	3419594
17	IT2F 5-25	25	563170	3419594
18	IT2F 25-50	50	563170	3419594
19	IT2G-10 0-5	5	563197	3419594
20	IT2G-10 5-25	25	563197	3419594
21	IT2G-10 25-50	50	563197	3419594
22	IT2H-50 0-5	5	563232	3419594
23	IT2H-50 5-25	25	563232	3419594
24	IT2H-50 25-50	50	563232	3419594
25	IT2I-100 0-5	5	563285	3419594
26	IT2I-100 5-25	25	563285	3419594
27	IT2I-100 25-50	50	563285	3419594



laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



IT3

No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IT3A-100 0-5	5	563697	3416583
2	IT3A-100 5-25	25	563697	3416583
3	IT3A-100 25-50	50	563697	3416583
4	IT3B-50 0-5	5	563747	3416583
5	IT3B-50 5-25	25	563747	3416583
6	IT3B-50 25-50	50	563747	3416583
7	IT3C-10 0-5	5	563787	3416583
8	IT3C-10 5-25	25	563787	3416583
9	IT3C-10 25-50	50	563787	3416583
10	IT3D 0-5	5	563800	3416583
11	IT3D 5-25	25	563800	3416583
12	IT3D 25-50	50	563800	3416583
13	IT3E-0-5	5	563805	3416583
14	IT3E 5-25	25	563805	3416583
15	IT3E 25-50	50	563805	3416583
16	IT3F 0-5	5	563808	3416583
17	IT3F 5-25	25	563808	3416583
18	IT3F 25-50	50	563808	3416583
19	IT3G-10 0-5	5	563818	3416583
20	IT3G 5-25	25	563818	3416583
21	IT3G 25-50	50	563818	3416583
22	IT3H-50 0-5	5	563868	3416583
23	IT3H-50 5-25	25	563868	3416583
24	IT3H-50 25-50	50	563868	3416583
25	IT3I-100 0-5	5	563908	3416583
26	IT3I-100 5-25	25	563908	3416583
27	IT3I-100 25-50	50	563908	3416583



**Resultados de pH y CE :**

Clave	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Clave	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Clave	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )
IT1A-100 5	5.0	31.3	IT2A-100 0-5	4.4	77.1	IT3A-100 0-5	4.5	155.9
IT1A-100 5-25	4.2	18.4	IT2A-100 5-25	5.5	40.7	IT3A-100 5-25	5.1	167.0
IT1A-100 25-50	4.7	16.9	IT2A-100 25-50	5.6	23.6	IT3A-100 25-50	5.1	60.5
IT1B-50 5	4.3	40.3	IT2B-50 0-5	5.4	23.3	IT3B-50 0-5	5.3	48.0
IT1B-50 25	4.5	17.1	IT2B-50 5-25	5.1	56.8	IT3B-50 5-25	5.8	34.6
IT1B-50 50	4.5	9.4	IT2B-50 25-50	5.3	33.2	IT3B-50 25-50	6.0	33.6
IT1C-10 5	5.3	46.2	IT2C-10 0-10	4.2	227.0	IT3C-10 0-5	5.5	61.6
IT1C-10 5-25	5.3	23.6	IT2C-10 5-25	5.9	97.2	IT3C-10 5-25	5.8	36.5
IT1C-10 25-50	5.6	20.9	IT2C-10 25-50	5.7	56.2	IT3C-10 25-50	6.1	29.4
IT1D 5	4.8	198.3	IT2D 0-5	5.3	497.0	IT3D 0-5	5.7	19.3
IT1D 25	5.0	69.0	IT2D 5-25	5.8	123.6	IT3D 5-25	3.9	50.3
IT1D 50	3.5	162.0	IT2D 25-50	4.6	129.9	IT3D 25-50	3.5	115.7
IT1E 5	4.5	105.1	IT2E 0-5	5.7	231.0	IT3E 0-5	4.2	105.3
IT1E 25	4.6	71.3	IT2E 5-25	4.7	71.4	IT3E 5-25	4.4	39.8
IT1E 50	4.8	37.9	IT2E 25-50	4.6	63.1	IT3E 25-50	4.3	41.3
IT1F 5	5.9	124.1	IT2F 0-5	5.1	247.0	IT3F 0-5	4.8	14.3
IT1F 5-25	4.6	55.1	IT2F 5-25	5.1	94.4	IT3F 5-25	4.4	33.9
IT1F 25-50	3.2	50.9	IT2F 25-50	5.2	53.6	IT3F 25-50	4.8	37.5
IT1G 5	3.7	48.1	IT2G-10 0-5	6.4	59.6	IT3G-10 0-5	5.7	17.6
IT1G-10 25	3.9	28.5	IT2G-10 5-25	6.1	17.4	IT3G 5-25	5.8	28.2
IT1G-10 50	3.8	31.5	IT2G-10 25-50	5.9	37.6	IT3G 25-50	5.7	19.7
IT1H-50 0-5	4.3	25.4	IT2H-50 0-5	5.5	44.5	IT3H-50 0-5	5.8	26.8
IT1H-50 20	4.2	17.8	IT2H-50 5-25	5.6	15.2	IT3H-50 5-25	5.8	17.5
IT1H-100 5	4.3	77.9	IT2H-50 25-50	5.4	15.4	IT3H-50 25-50	5.8	13.8
IT1H-100 25	4.4	19.5	IT2I-100 0-5	4.7	24.5	IT3I-100 0-5	5.2	53.4
IT1H-100 25-50	4.1	22.9	IT2I-100 5-25	4.6	48.3	IT3I-100 5-25	6.5	25.5
			IT2I-100 25-50	5.1	35.8	IT3I-100 25-50	6.2	27.0



laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



**Resultados de FRX:**

**IT1**

clave de análisis	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IT1A-100 5	51.60	6.95	< LOD	NA	116.75	0.60	388.71	2.35
IT1A-100 5-25	33.44	2.60	124.61	11.59	108.56	2.05	177.03	0.47
IT1A-100 25-50	42.51	11.80	151.46	13.91	107.71	2.17	168.89	2.42
IT1B-50 5	83.89	5.15	< LOD	NA	123.27	1.66	1294.86	0.89
IT1B-50 25	76.12	0.97	53.45	16.17	119.30	3.75	429.33	1.04
IT1B-50 50	23.50	9.10	< LOD	NA	124.51	1.33	157.89	0.46
IT1C-10 5	45.83	7.58	255.63	3.67	127.13	2.48	515.22	2.32
IT1C-10 5-25	31.57	8.21	390.00	3.81	125.74	3.03	194.96	1.21
IT1C-10 25-50	21.86	4.07	409.98	4.98	121.51	1.45	96.33	4.67
IT1D 5	30.70	9.97	344.99	1.94	127.66	0.34	105.30	3.18
IT1D 25	41.16	1.31	596.30	2.83	102.94	4.16	246.62	3.12
IT1D 50	65.70	2.85	591.69	1.86	118.35	4.60	213.61	1.54
IT1E 5	17.26	12.68	236.03	3.97	107.70	1.54	66.57	4.04
IT1E 25	20.59	5.98	385.70	0.70	115.57	0.88	122.08	3.07
IT1E 50	38.55	0.35	530.07	1.78	115.33	1.19	177.39	1.48
IT1F 5	33.34	5.55	507.05	3.11	103.78	3.01	153.89	2.81
IT1F 5-25	49.00	6.19	607.55	0.61	131.31	2.46	143.98	3.14
IT1F 25-50	46.73	5.58	705.19	1.71	119.31	2.30	178.26	2.50
IT1G 5	36.61	1.78	70.23	14.21	107.42	1.74	248.41	0.95
IT1G-10 25	23.53	6.43	81.45	11.09	110.62	0.76	87.39	5.87
IT1G-10 50	33.59	0.79	53.12	1.44	96.52	3.71	56.46	4.66
IT1H-50 0-5	48.27	3.27	69.91	19.58	120.40	2.86	644.78	0.58
IT1H-50 20	42.79	4.33	< LOD	NA	121.23	5.43	254.18	1.64
IT1I-100 5	43.62	12.48	< LOD	NA	103.21	4.16	482.18	0.82
IT1I-100 25	37.44	4.22	< LOD	NA	93.50	4.45	71.00	1.36
IT1I-100 25-50	29.30	3.24	< LOD	NA	94.26	1.11	69.48	1.45

NA= No aplica

<LOD= Debajo del límite de detección.



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IT1A-100 5	0.86	0.09	134.15	4.05	268.95	0.15	105.26	0.80
IT1A-100 5-25	0.79	0.41	194.03	1.51	448.54	0.48	108.79	2.97
IT1A-100 25-50	0.83	0.55	155.34	1.96	519.06	0.66	111.54	3.27
IT1B-50 5	1.30	0.10	2760.79	1.00	449.54	1.17	198.25	2.11
IT1B-50 25	0.96	0.47	1993.74	0.96	530.11	0.71	223.47	1.46
IT1B-50 50	0.53	0.51	450.79	2.34	440.49	0.82	139.61	1.48
IT1C-10 5	1.56	0.58	1240.50	2.37	151.09	2.70	175.69	0.96
IT1C-10 5-25	1.44	0.63	1165.31	0.49	157.38	2.27	182.42	0.32
IT1C-10 25-50	1.58	0.57	903.37	4.04	123.06	1.55	162.32	2.72
IT1D 5	1.04	0.32	804.14	2.51	387.32	1.71	315.70	1.66
IT1D 25	2.35	0.40	618.32	1.31	96.11	1.50	261.68	0.49
IT1D 50	3.80	0.32	486.25	2.02	136.98	2.44	202.99	1.52
IT1E 5	0.83	0.13	740.72	1.89	362.88	0.42	310.43	1.94
IT1E 25	1.07	0.36	762.98	2.10	250.06	1.03	307.24	0.90
IT1E 50	2.42	0.28	660.32	4.20	123.65	1.03	257.93	0.16
IT1F 5	1.36	0.18	1009.26	1.13	273.32	1.81	351.05	0.33
IT1F 5-25	2.76	0.35	593.84	0.14	155.77	3.07	186.10	1.63
IT1F 25-50	3.66	0.18	560.42	3.79	75.00	1.98	213.74	0.79
IT1G 5	0.86	0.73	243.46	1.66	137.72	2.54	89.87	1.34
IT1G-10 25	0.70	0.34	201.15	6.24	125.55	2.82	82.34	2.81
IT1G-10 50	0.72	0.39	140.28	2.63	203.85	0.92	97.41	4.04
IT1H-50 0-5	1.08	0.50	1059.66	3.49	176.93	1.13	92.14	2.67
IT1H-50 20	0.90	0.54	456.59	2.48	175.89	0.55	78.38	5.81
IT1I-100 5	0.65	0.43	546.62	2.59	175.92	1.95	69.97	3.93
IT1I-100 25	0.55	0.11	71.63	0.53	119.59	1.32	41.36	4.10
IT1I-100 25-50	0.61	0.64	87.48	4.53	109.29	1.39	50.87	1.31

**IT2**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IT2A-100 0-5	46.13	1.65	76.04	16.68	171.70	0.63	434.57	1.05
IT2A-100 5-25	41.60	2.84	195.54	3.48	160.04	1.99	117.21	2.44
IT2A-100 25-50	34.18	6.21	258.56	4.43	149.64	1.18	103.09	1.59
IT2B-50 0-5	7.61	7.96	488.12	1.49	123.05	2.31	27.58	12.26
IT2B-50 5-25	27.00	4.49	619.86	2.23	111.80	3.12	66.64	6.34
IT2B-50 25-50	26.02	10.27	560.90	2.54	106.25	2.12	57.21	6.08
IT2C-10 0-10	14.66	3.40	328.60	1.55	124.86	1.61	49.39	1.88
IT2C-10 5-25	27.04	1.77	392.37	0.65	139.78	2.52	107.67	4.60
IT2C-10 25-50	24.85	7.71	389.34	4.87	123.80	1.51	90.59	0.96



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IT2D 0-5	26.40	7.07	431.98	3.67	108.86	0.62	324.17	3.45
IT2D 5-25	39.77	3.86	401.32	2.56	125.43	3.52	258.52	2.10
IT2D 25-50	31.14	11.23	397.42	1.68	118.62	1.67	232.09	1.05
IT2E 0-5	33.17	8.23	613.06	1.37	142.64	0.61	220.97	0.86
IT2E 5-25	33.31	9.27	411.88	4.08	135.29	4.46	302.77	3.08
IT2E 25-50	32.72	5.32	326.79	7.05	135.47	3.03	204.17	0.99
IT2F 0-5	28.10	7.87	214.38	7.58	130.07	0.92	178.38	1.73
IT2F 5-25	25.18	2.83	428.13	1.50	128.09	1.46	299.90	1.38
IT2F 25-50	25.75	2.49	442.66	1.16	134.60	2.68	180.72	4.30
IT2G-10 0-5	39.84	3.15	414.91	1.88	113.64	3.26	702.93	1.22
IT2G-10 5-25	28.39	5.00	282.77	6.63	113.66	5.63	167.00	3.90
IT2G-10 25-50	26.49	8.32	190.88	6.18	118.02	3.43	141.90	0.90
IT2H-50 0-5	25.22	7.71	472.56	1.73	154.80	2.99	285.87	1.68
IT2H-50 5-25	22.86	11.33	556.52	3.85	128.55	4.70	244.21	3.06
IT2H-50 25-50	23.01	5.26	523.52	1.53	129.58	3.98	164.67	0.88
IT2I-100 0-5	47.63	0.27	450.35	1.80	152.19	2.42	373.40	2.14
IT2I-100 5-25	35.80	9.42	451.87	0.42	144.26	2.38	243.38	0.46
IT2I-100 25-50	29.68	0.50	513.61	2.11	127.16	3.42	165.76	1.28

clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IT2A-100 0-5	3.51	0.23	619.86	2.25	36.85	2.77	182.45	0.26
IT2A-100 5-25	3.77	0.18	648.62	0.43	63.50	1.96	160.57	2.77
IT2A-100 25-50	2.64	0.21	206.57	9.15	57.50	1.89	98.17	3.06
IT2B-50 0-5	0.74	0.56	187.42	2.48	17.05	3.42	23.54	1.81
IT2B-50 5-25	4.49	0.47	1274.16	0.50	82.59	4.53	294.69	0.70
IT2B-50 25-50	4.67	0.37	1680.46	2.18	70.65	4.86	305.71	0.53
IT2C-10 0-10	1.48	0.71	324.57	6.47	15.18	4.71	44.91	6.65
IT2C-10 5-25	3.15	0.36	866.08	2.65	53.41	3.64	179.95	0.97
IT2C-10 25-50	3.24	0.24	916.02	3.16	66.59	3.18	246.79	1.80
IT2D 0-5	2.04	0.76	632.98	3.86	69.06	5.28	203.43	2.26
IT2D 5-25	2.72	0.60	625.85	1.54	89.08	33.26	183.20	0.68
IT2D 25-50	2.91	0.34	385.23	0.41	114.29	45.89	208.32	14.86
IT2E 0-5	2.46	0.56	1091.41	1.58	199.47	0.47	253.94	1.78
IT2E 5-25	2.32	0.66	785.57	2.28	119.53	1.44	213.84	2.53
IT2E 25-50	2.65	0.13	691.86	4.18	127.37	1.00	212.33	2.43



laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IT2F 0-5	1.55	0.19	814.53	1.51	315.77	0.75	314.14	0.35
IT2F 5-25	2.00	0.77	560.33	1.06	72.78	2.29	212.38	1.78
IT2F 25-50	1.64	0.62	614.57	5.28	74.74	2.79	156.97	0.33
IT2G-10 0-5	3.66	0.33	2094.59	1.67	176.58	2.39	243.01	1.53
IT2G-10 5-25	3.77	0.05	924.95	1.29	77.16	5.10	194.82	2.38
IT2G-10 25-50	3.85	0.37	1075.88	3.17	57.54	5.45	199.79	3.15
IT2H-50 0-5	4.60	0.28	1950.16	2.78	118.29	3.65	233.77	1.74
IT2H-50 5-25	5.26	0.36	3849.61	0.98	284.14	1.95	459.25	0.93
IT2H-50 25-50	4.12	0.09	2502.20	1.36	157.31	0.45	378.33	0.73
IT2I-100 0-5	3.96	0.32	555.14	2.50	64.40	1.82	97.09	2.84
IT2I-100 5-25	3.85	0.19	904.07	2.63	53.09	5.76	90.35	1.81
IT2I-100 25-50	4.20	0.14	725.32	1.71	61.30	2.84	82.63	2.94

**IT3**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IT3A-100 0-5	41.78	6.60	521.42	12.15	141.17	1.88	376.14	1.19
IT3A-100 5-25	6.95	6.10	483.91	3.25	93.25	2.71	22.71	11.90
IT3A-100 25-50	33.43	3.05	585.79	7.90	123.02	2.48	206.39	2.71
IT3B-50 0-5	36.67	4.35	515.58	7.38	139.19	2.31	298.76	2.03
IT3B-50 5-25	27.23	6.54	411.81	15.97	130.26	3.30	148.28	2.32
IT3B-50 25-50	23.46	3.92	389.26	37.22	128.89	2.41	118.22	2.84
IT3C-10 0-5	24.46	2.01	529.28	3.81	133.23	3.71	210.89	0.22
IT3C-10 5-25	32.12	4.05	556.86	3.85	133.19	5.44	340.85	1.04
IT3C-10 25-50	18.49	11.35	579.21	7.80	140.76	1.30	107.15	6.50
IT3D 0-5	27.73	7.48	403.16	17.04	133.45	3.66	140.10	2.09
IT3D 5-25	45.73	2.31	482.79	23.67	135.81	1.80	155.92	2.73
IT3D 25-50	42.83	5.25	544.83	2.93	124.19	1.90	168.12	4.61
IT3E 0-5	28.01	2.93	546.16	14.06	114.15	2.12	173.08	2.93
IT3E 5-25	31.67	1.30	513.96	13.90	149.38	4.41	168.35	3.50
IT3E 25-50	29.14	6.63	488.79	10.78	136.64	2.54	149.54	5.32
IT3F 0-5	29.70	6.96	537.64	13.29	145.52	1.75	174.19	6.28
IT3F 5-25	26.69	4.31	499.11	11.40	109.58	2.94	209.55	0.37
IT3F 25-50	27.96	5.88	377.46	20.09	132.83	0.34	375.06	2.57



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IT3G-10 0-5	21.17	4.95	447.89	5.02	125.51	1.85	161.15	3.97
IT3G 5-25	32.74	6.10	409.26	15.41	136.64	0.65	209.02	2.25
IT3G 25-50	29.70	4.16	468.62	2.84	129.28	5.20	171.15	3.12
IT3H-50 0-5	30.59	6.47	519.20	8.31	135.78	1.26	262.84	2.26
IT3H-50 5-25	<LOD	NA	463.76	8.27	103.24	3.48	26.43	4.81
IT3H-50 25-50	26.91	8.10	495.57	9.39	116.65	3.68	110.69	5.81
IT3I-100 0-5	33.67	3.85	458.35	2.48	150.47	1.79	376.55	1.27
IT3I-100 5-25	23.34	6.67	448.98	2.05	136.36	1.54	123.59	5.63
IT3I-100 25-50	18.37	4.11	402.99	1.56	133.60	0.48	89.53	4.97

clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IT3A-100 0-5	3.57	0.14	1031.46	3.44	94.77	2.57	224.00	2.38
IT3A-100 5-25	0.53	0.50	120.08	5.65	15.76	5.32	21.07	11.08
IT3A-100 25-50	3.37	0.25	1143.32	1.00	101.75	1.03	232.13	1.08
IT3B-50 0-5	3.01	0.19	909.77	3.60	95.54	2.46	191.98	2.48
IT3B-50 5-25	3.05	0.27	800.78	2.85	78.54	2.43	192.73	1.85
IT3B-50 25-50	3.31	0.34	696.49	3.41	88.14	3.98	186.18	2.49
IT3C-10 0-5	2.83	0.06	888.60	1.19	75.12	3.83	200.78	0.47
IT3C-10 5-25	2.98	0.34	1340.46	1.95	118.72	0.83	237.91	1.56
IT3C-10 25-50	3.33	0.34	1210.31	1.07	84.01	3.97	214.50	3.29
IT3D 0-5	2.90	0.16	726.94	4.42	77.00	3.95	173.24	2.68
IT3D 5-25	3.65	0.53	446.68	1.87	111.32	0.35	189.43	0.67
IT3D 25-50	2.99	0.36	645.31	1.16	73.14	7.11	178.73	1.13
IT3E 0-5	1.75	0.21	449.94	2.75	58.99	0.88	140.52	0.63
IT3E 5-25	3.07	0.29	679.59	3.32	64.83	2.61	154.27	0.38
IT3E 25-50	2.87	0.36	1043.29	0.92	68.13	5.04	169.83	1.10
IT3F 0-5	3.41	0.55	757.41	2.42	74.74	1.73	185.05	0.26
IT3F 5-25	2.26	0.58	688.52	3.65	72.05	1.25	162.68	1.86
IT3F 25-50	3.14	0.36	1079.77	0.91	131.83	0.95	195.26	1.89
IT3G-10 0-5	2.62	0.59	1077.45	1.55	84.83	2.11	209.66	1.54
IT3G 5-25	3.43	0.11	1389.06	1.44	109.67	2.89	261.22	0.79
IT3G 25-50	2.76	0.43	1453.76	0.53	84.54	2.74	213.22	1.90
IT3H-50 0-5	3.69	0.59	1403.33	2.09	91.15	1.99	188.47	2.29
IT3H-50 5-25	0.67	0.75	245.04	3.78	18.30	8.32	23.64	2.58
IT3H-50 25-50	3.21	0.20	1310.74	2.18	104.99	4.22	165.25	1.62
IT3I-100 0-5	2.79	0.62	1727.87	1.18	115.50	1.72	218.35	2.01
IT3I-100 5-25	2.85	0.20	1122.95	1.94	79.93	3.40	200.10	2.98
IT3I-100 25-50	2.72	0.14	895.84	1.11	73.68	0.46	186.44	1.46



## CONTROL DE CALIDAD

### Precisión

Para la precisión de los análisis de FRX las mediciones se determinaron por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, el %CV determinado por las tres determinaciones fue menor al 10%.

### Exactitud

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 80 y el 116% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	94.35	85.60	115.75	93.77	80.68	70.89	95.86

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	119.84	101.54	102.57	94.97	95.12	104.84

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

QFB. Fabiola Vega García



## **CONTROL DE CALIDAD**

### **Precisión**

Para la precisión de los análisis de FRX las mediciones se determinaron por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, el %CV determinado por las tres determinaciones fue menor al 10%.

### **Exactitud**

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 80 y el 116% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	94.35	85.60	115.75	93.77	80.68	70.89	95.86

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	119.84	101.54	102.57	94.97	95.12	104.84

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

**Analizó:**

**QFB. Fabiola Vega García**

**Anexo II.2 Informe de resultados (pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos Arroyo Tinajas II. LANGEM. IGL-UNAM**



**INFORME DE RESULTADOS**

**TRANSECTOS TINAJAS II**

**27 de abril de 2015**

**Información de las muestras**

Se analizaron 81 muestras de 3 zonas diferentes TINAJAS II en Sonora.

Las muestras se recibieron en bolsas de plástico de 25X10 cm, etiquetadas como IIT1, IIT2 Y IIT3 cada una con A,B,C,D,E,G,H e I con diferentes profundidades cada una un listado de coordenadas y observaciones adjunto.

**Información de los análisis**

En el laboratorio de Geoquímica Ambiental las muestras fueron homogeneizadas y tamizadas por malla N° 10 para su análisis de pH, Conductividad eléctrica y FRX.

En las 81 muestras se determinaron los siguientes análisis:

pH; se realizaron con un potenciómetro Hanna Instruments, HI-98185 y se siguió el método estandarizado 9045 de la US-EPA (1995).

Conductividad eléctrica (CE) se realizaron con un conductímetro OAKTON Con 700.

Fluorescencia de rayos X. El análisis se realizó con un equipo de Fluorescencia de Rayos X, NITTON FXL 950 de Thermo Scientific. La determinación fue realizada por triplicado con un tiempo de medición de 90s en el modo de suelo y 31 s en el modo de mina para Fe. Los elementos cuantificados en cada determinación se reportan en mg/kg (ppm) para el modo de suelo y en g/100g suelo (%) para el modo de mina.



### Listado de recepción de muestras

#### IIT1

No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IIT1A 0-5	5	563874	3415746
2	IIT1A 25	25	563874	3415746
3	IIT1A 50	50	563874	3415746
4	IIT1B 0-5	5	563922	3415730
5	IIT1B 25	25	563922	3415730
6	IIT1B 50	50	563922	3415730
7	IIT1C 0-5	5	563959	3415724
8	IIT1C 25	25	563959	3415724
9	IIT1C 50	50	563959	3415724
10	IIT1D 0-5	5	563969	3415724
11	IIT1D 25	25	563969	3415724
12	IIT1D 50	50	563969	3415724
13	IIT1E 0-5	5	563972	3415725
14	IIT1E 25	25	563972	3415725
15	IIT1E 50	50	563972	3415725
16	IIT1F 0-5	5	563974	3415723
17	IIT1F 25	25	563974	3415723
18	IIT1F 50	50	563974	3415723
19	IIT1G 0-5	5	563974	3415723
20	IIT1G 25	25	563974	3415723
21	IIT1G 50	50	563974	3415723
22	IIT1H 0-5	5	564031	3415708
23	IIT1H 25	25	564031	3415708
24	IIT1H 50	50	564031	3415708
25	IIT1I 0-5	5	564093	3415702
26	IIT1I 25	25	564093	3415702
27	IIT1I 50	50	564093	3415702



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



**IIT2**

No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IIT2A 5	5	563425	3410092
2	IIT2A 25	25	563425	3410092
3	IIT2A 50	50	563425	3410092
4	IIT2B 0-5	5	563478	3410088
5	IIT2B 25	25	563478	3410088
6	IIT2B 50	50	563478	3410088
7	IIT2C 0-5	5	563516	3410075
8	IIT2C 25	25	563516	3410075
9	IIT2C 50	50	563516	3410075
10	IIT2D 0-5	5	563527	3410074
11	IIT2D 25	25	563527	3410074
12	IIT2D 50	50	563527	3410074
13	IIT2E 5	5	563531	3410077
14	IIT2E 25	25	563531	3410077
15	IIT2E 50	50	563531	3410077
16	IIT2F 5	5	563535	3410074
17	IIT2F 25	25	563535	3410074
18	IIT2F 50	50	563535	3410074
19	IIT2G 5	5	563542	3410074
20	IIT2G 25	25	563542	3410074
21	IIT2G 50	50	563542	3410074
22	IIT2H 5	5	563577	3410047
23	IIT2H 25	25	563577	3410047
24	IIT2H 50	50	563577	3410047
25	IIT2I-5	5	563630	3410024
26	IIT2I-25	25	563630	3410024
27	IIT2I 50	50	563630	3410024



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



**IIT3**

No.	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	IIT3A 5	5	563615	3404111
2	IIT3A 25	25	563615	3404111
3	IIT3A 50	50	563615	3404111
4	IIT3B 5	5	563638	3404153
5	IIT3B 25	25	563638	3404153
6	IIT3B 50	50	563638	3404153
7	IIT3C 5	5	563657	3404187
8	IIT3C 25	25	563657	3404187
9	IIT3C 50	50	563657	3404187
10	IIT3D 5	5	563662	3404196
11	IIT3D 25	25	563662	3404196
12	IIT3D 50	50	563662	3404196
13	IIT3E 5	5	563676	3404209
14	IIT3E 25	25	563676	3404209
15	IIT3E 50	50	563676	3404209
16	IIT3F 5	5	563685	3404211
17	IIT3F 25	25	563685	3404211
18	IIT3F 50	50	563685	3404211
19	IIT3G 0-5	5	563704	3404230
20	IIT3G 25	25	563704	3404230
21	IIT3G 50	50	563704	3404230
22	IIT3H 0-5	5	563742	3404273
23	IIT3H 25	25	563742	3404273
24	IIT3H 50	50	563742	3404273
25	IIT3I 0-5	5	563807	3404325
26	IIT3I 25	25	563807	3404325
27	IIT3I 50	50	563807	3404325



**Resultados de pH y CE :**

Clave	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Clave	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Clave	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )
IIT1A 0-5	5.7	34.7	IIT2A 5	6.1	33.8	IIT3A 5	7.1	25.4
IIT1A 25	5.4	14.0	IIT2A 25	6.1	23.8	IIT3A 25	7.0	32.1
IIT1A 50	5.6	17.8	IIT2A 50	6.1	37.5	IIT3A 50	7.0	37.8
IIT1B 0-5	5.9	35.8	IIT2B 0-5	5.9	34.8	IIT3B 5	7.0	18.6
IIT1B 25	5.7	21.6	IIT2B 25	6.3	29.3	IIT3B 25	7.0	22.5
IIT1B 50	6.0	21.1	IIT2B 50	6.5	65.8	IIT3B 50	6.7	23.0
IIT1C 0-5	5.9	19.0	IIT2C 0-5	6.2	37.6	IIT3C 5	6.7	20.3
IIT1C 25	5.4	21.9	IIT2C 25	7.2	32.8	IIT3C 25	6.7	44.0
IIT1C 50	5.6	29.0	IIT2C 50	7.7	66.0	IIT3C 50	6.8	34.5
IIT1D 0-5	4.5	43.7	IIT2D 0-5	7.5	66.4	IIT3D 5	6.8	27.4
IIT1D 25	3.8	77.9	IIT2D 25	7.5	41.5	IIT3D 25	7.8	58.1
IIT1D 50	3.8	65.5	IIT2D 50	7.2	29.3	IIT3D 50	7.1	31.5
IIT1E 0-5	5.8	21.8	IIT2E 5	7.6	46.6	IIT3E 5	6.4	21.6
IIT1E 25	5.7	24.2	IIT2E 25	7.0	30.1	IIT3E 25	6.2	29.6
IIT1E 50	6.1	55.8	IIT2E 50	3.8	39.8	IIT3E 50	6.5	35.9
IIT1F 0-5	6.0	78.9	IIT2F 5	6.1	52.0	IIT3F 5	6.5	25.8
IIT1F 25	4.4	66.9	IIT2F 25	6.1	104.5	IIT3F 25	6.4	33.0
IIT1F 50	4.4	92.2	IIT2F 50	3.8	109.7	IIT3F 50	6.2	20.6
IIT1G 0-5	5.0	21.4	IIT2G 5	6.6	81.6	IIT3G 5	6.9	17.6
IIT1G 25	5.2	7.9	IIT2G 25	6.4	53.4	IIT3G 25	7.2	55.7
IIT1G 50	5.4	11.3	IIT2G 50	6.8	151.4	IIT3G 50	7.4	52.2
IIT1H 0-5	5.7	98.3	IIT2H 5	8.0	56.3	IIT3H 5	7.0	31.8
IIT1H 25	6.0	42.5	IIT2H 25	7.4	59.2	IIT3H 25	7.1	55.5
IIT1H 50	5.8	35.8	IIT2H 50	6.6	436.0	IIT3H 50	6.8	65.9
IIT1I 0-5	6.5	27.7	IIT2I-5	6.5	60.9	IIT3I 5	7.5	26.9
IIT1I 25	6.6	28.1	IIT2I-25	7.4	64.4	IIT3I 25	7.2	52.6
IIT1I 50	7.8	42.7	IIT2I 50	7.4	56.7	IIT3I 50	7.1	44.3



laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



**Resultados de FRX:**

**IIT1**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IIT1A 0-5	30.42	4.74	371.25	3.96	131.60	2.19	295.94	1.58
IIT1A 25	27.42	2.46	638.16	2.32	114.19	2.33	181.58	2.21
IIT1A 50	23.60	5.20	685.21	2.74	123.34	0.26	92.06	10.08
IIT1B 0-5	26.16	2.43	557.81	2.01	128.25	1.80	158.33	1.56
IIT1B 25	27.07	6.84	544.53	3.05	124.85	1.06	111.84	1.91
IIT1B 50	28.10	3.55	606.68	1.44	110.18	1.41	103.56	2.19
IIT1C 0-5	30.08	2.84	674.16	1.31	118.21	2.25	230.16	2.68
IIT1C 25	26.69	4.73	565.22	0.66	128.55	1.53	166.01	3.95
IIT1C 50	22.17	7.93	500.43	2.52	135.25	0.89	144.04	1.96
IIT1D 0-5	24.25	2.68	585.13	3.86	144.39	3.55	219.87	1.08
IIT1D 25	16.02	7.93	564.32	0.85	114.99	1.89	133.19	1.80
IIT1D 50	34.08	8.79	636.81	1.95	130.58	1.50	149.06	3.05
IIT1E 0-5	26.12	1.72	718.58	1.85	122.18	3.57	125.56	2.98
IIT1E 25	23.48	4.07	552.53	2.23	113.13	2.92	93.73	3.48
IIT1E 50	28.77	7.50	582.86	5.08	113.99	3.64	126.89	0.59
IIT1F 0-5	28.96	1.50	571.00	1.04	135.62	3.05	180.51	2.10
IIT1F 25	29.91	5.62	642.92	1.92	106.87	4.12	158.40	5.20
IIT1F 50	32.70	5.05	681.17	1.90	129.04	2.24	191.46	3.48
IIT1G 0-5	30.64	0.58	542.79	2.82	135.55	2.90	236.14	0.85
IIT1G 25	22.43	9.48	561.98	0.71	117.22	4.41	85.25	1.08
IIT1G 50	21.76	6.93	675.11	0.78	119.32	4.48	102.79	5.21
IIT1H 0-5	30.20	3.28	165.67	5.56	131.60	3.60	543.13	1.29
IIT1H 25	30.75	3.89	494.50	2.00	130.88	2.57	166.90	1.39
IIT1H 50	23.36	8.20	582.52	2.73	128.17	2.97	129.65	0.64
IIT1I 0-5	31.93	9.85	462.37	3.19	116.74	3.17	160.05	0.45
IIT1I 25	22.35	3.42	461.02	3.62	124.90	2.14	86.00	6.07
IIT1I 50	15.72	15.24	326.98	3.33	104.77	3.87	63.96	4.17

clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IIT1A 0-5	2.83	0.07	1055.22	1.83	101.56	1.05	186.02	1.09
IIT1A 25	2.71	0.69	1078.74	0.48	86.17	3.85	192.84	1.66
IIT1A 50	2.49	0.57	830.74	1.98	51.25	4.58	149.08	2.55
IIT1B 0-5	2.54	0.64	1004.47	1.46	100.05	3.84	190.73	3.24
IIT1B 25	2.78	0.44	1120.05	2.51	79.66	2.30	172.96	2.44
IIT1B 50	2.81	0.75	1239.05	0.73	92.48	1.36	182.13	1.78



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**



clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IIT1C 0-5	3.40	0.37	1282.31	0.80	98.08	2.45	209.19	1.59
IIT1C 25	2.47	0.13	1007.92	2.35	83.20	2.27	169.28	1.48
IIT1C 50	2.78	0.18	1012.17	1.82	94.70	1.62	187.37	1.03
IIT1D 0-5	3.90	0.77	1110.69	2.57	96.25	1.31	177.69	0.85
IIT1D 25	1.52	0.55	349.22	3.02	37.32	1.78	132.14	1.39
IIT1D 50	3.01	0.37	465.24	1.92	90.93	2.06	160.39	1.98
IIT1E 0-5	2.92	0.11	2359.81	0.35	82.36	3.78	134.44	2.18
IIT1E 25	2.14	0.12	665.71	3.06	60.24	2.53	144.07	1.01
IIT1E 50	2.52	1.27	752.47	5.19	110.77	3.29	153.09	2.38
IIT1F 0-5	3.20	0.28	1249.26	1.54	78.48	3.78	182.66	2.16
IIT1F 25	2.89	0.20	509.32	5.52	84.13	2.05	166.95	2.04
IIT1F 50	3.29	0.46	804.58	1.40	106.08	1.12	172.26	0.99
IIT1G 0-5	3.41	0.30	906.80	2.09	55.61	3.15	122.56	5.02
IIT1G 25	2.79	0.78	753.00	0.30	46.98	3.28	104.36	5.51
IIT1G 50	2.39	0.52	645.17	0.40	53.61	2.63	121.04	0.77
IIT1H 0-5	2.13	0.47	1239.99	2.17	93.33	2.09	242.04	1.97
IIT1H 25	2.62	0.38	1131.64	0.48	79.53	3.03	188.25	3.76
IIT1H 50	3.05	0.29	1007.19	2.10	104.00	2.70	160.34	1.92
IIT1I 0-5	3.08	0.36	1084.11	0.16	82.93	3.17	161.61	0.95
IIT1I 25	2.74	0.32	744.47	1.92	58.40	4.09	162.25	0.63
IIT1I 50	1.93	0.69	489.79	3.35	46.21	3.78	98.65	3.01

**IIT2**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IIT2A 5	32.06	6.29	318.50	3.17	124.00	4.01	129.68	2.58
IIT2A 25	25.16	3.99	422.81	3.36	114.65	2.08	68.54	7.64
IIT2A 50	26.80	6.88	287.17	2.24	127.38	1.15	83.63	5.68
IIT2B 0-5	25.55	8.13	338.06	2.24	123.56	1.20	132.13	2.01
IIT2B 25	23.38	5.56	261.46	1.34	118.27	1.85	82.04	4.10
IIT2B 50	26.81	5.90	275.57	4.11	114.85	1.10	91.56	4.22
IIT2C 0-5	17.18	6.95	191.61	5.14	125.02	2.70	63.23	1.78
IIT2C 25	22.06	4.98	428.99	4.58	111.98	5.72	78.69	4.03
IIT2C 50	19.25	8.61	488.81	2.39	115.30	1.22	56.69	4.08
IIT2D 0-5	24.50	4.58	405.16	0.74	125.59	1.85	129.02	3.21
IIT2D 25	19.32	8.46	549.00	2.34	120.73	3.36	111.70	1.76
IIT2D 50	23.44	5.93	652.47	0.91	128.68	1.50	99.39	5.49



laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IIT2E 5	24.53	6.56	686.78	1.42	121.89	1.35	92.67	2.16
IIT2E 25	26.80	11.48	775.27	1.24	128.77	4.56	111.70	5.17
IIT2E 50	41.11	2.79	807.65	0.80	128.63	1.44	127.75	1.09
IIT2F 5	26.66	7.11	575.51	0.89	130.25	3.32	123.53	2.38
IIT2F 25	30.98	3.82	520.41	0.44	124.37	1.58	126.49	1.11
IIT2F 50	42.07	4.90	579.71	2.89	134.05	2.05	197.43	0.49
IIT2G 5	19.57	6.40	605.66	2.38	123.50	1.19	77.43	3.24
IIT2G 25	23.90	6.95	379.98	1.61	128.25	0.80	89.34	2.31
IIT2G 50	21.84	4.66	452.81	2.53	111.75	5.29	95.73	8.36
IIT2H 5	23.23	7.82	543.92	3.92	120.37	2.29	101.30	1.90
IIT2H 25	20.46	7.36	383.78	2.96	133.42	2.58	91.55	5.71
IIT2H 50	20.94	3.44	434.37	2.83	112.87	3.92	79.55	3.35
IIT2I-5	25.18	7.78	378.12	1.94	118.64	0.55	189.49	3.54
IIT2I-25	23.35	4.70	230.11	2.72	122.32	5.10	111.10	2.01
IIT2I 50	26.12	5.01	293.27	7.32	127.85	1.23	117.04	1.15

clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IIT2A 5	2.87	0.19	881.22	1.91	56.02	0.66	113.30	2.48
IIT2A 25	2.55	0.16	512.20	4.86	40.76	0.82	92.50	1.52
IIT2A 50	2.86	0.16	636.50	5.08	45.71	5.51	102.28	0.30
IIT2B 0-5	2.42	0.87	782.35	2.72	46.09	7.47	98.27	0.94
IIT2B 25	2.93	0.35	609.90	2.76	49.71	3.10	98.96	2.65
IIT2B 50	2.85	0.75	710.43	5.44	44.08	3.71	107.73	1.53
IIT2C 0-5	1.96	0.05	565.96	3.15	37.10	3.76	85.81	2.72
IIT2C 25	2.30	0.27	715.13	1.22	44.33	1.48	100.19	1.55
IIT2C 50	2.25	0.47	569.70	0.16	34.72	1.58	78.13	2.82
IIT2D 0-5	2.16	0.63	710.59	2.06	51.89	3.26	126.07	1.92
IIT2D 25	2.03	0.08	430.40	6.94	29.52	1.04	86.42	1.02
IIT2D 50	2.76	0.18	836.38	0.92	39.56	4.33	114.23	4.21
IIT2E 5	2.98	0.11	797.71	0.97	56.75	1.75	111.16	1.12
IIT2E 25	3.79	0.19	1168.58	2.37	55.09	3.48	114.99	2.11
IIT2E 50	2.66	0.54	333.91	2.57	56.49	1.22	88.37	1.53
IIT2F 5	2.98	0.27	913.43	1.20	56.54	3.93	126.85	0.78
IIT2F 25	3.05	0.64	772.21	3.65	59.52	4.46	147.71	1.22
IIT2F 50	3.23	0.24	1289.39	3.29	79.06	2.67	122.15	1.14



**laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Geoquímica Ambiental**



clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IIT2G 5	2.33	0.62	879.67	3.28	56.92	1.97	133.17	2.13
IIT2G 25	3.12	0.38	1424.42	0.72	83.26	1.20	159.23	4.16
IIT2G 50	2.65	0.43	900.63	2.92	64.65	3.21	156.39	2.40
IIT2H 5	2.42	0.27	829.53	2.48	65.34	4.65	151.95	1.93
IIT2H 25	2.65	0.51	922.39	0.65	64.45	2.17	155.93	2.16
IIT2H 50	2.50	0.44	885.59	1.73	61.26	0.94	149.12	1.30
IIT2I-5	2.42	0.59	1008.72	2.85	81.37	1.48	192.24	1.03
IIT2I-25	2.59	0.57	906.22	1.69	74.40	2.04	171.08	7.40
IIT2I 50	2.96	0.32	1101.93	2.13	79.95	2.66	217.07	0.70

**IIT3**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
IIT3A 5	27.09	4.00	354.17	1.52	129.66	2.94	179.44	1.89
IIT3A 25	30.25	4.92	591.92	0.41	117.87	0.87	180.16	1.46
IIT3A 50	34.25	1.58	476.62	3.70	112.00	2.27	159.56	2.02
IIT3B 5	29.70	2.66	442.84	2.47	121.68	3.10	95.82	0.67
IIT3B 25	21.02	8.27	665.23	3.21	110.21	1.21	82.33	3.86
IIT3B 50	26.63	9.85	671.92	1.39	106.98	1.54	87.32	2.12
IIT3C 5	21.61	6.43	662.84	2.50	158.12	1.66	77.32	7.57
IIT3C 25	29.79	2.74	672.08	1.88	118.61	3.50	98.40	1.87
IIT3C 50	23.23	1.04	691.48	0.87	124.59	1.42	96.84	3.13
IIT3D 5	20.92	8.15	586.28	1.55	107.06	3.37	136.97	1.56
IIT3D 25	23.72	4.22	698.84	2.22	112.62	0.61	235.78	1.42
IIT3D 50	24.28	8.62	660.58	3.32	127.26	2.30	68.64	1.85
IIT3E 5	23.55	8.50	804.98	2.49	117.57	1.46	279.49	1.87
IIT3E 25	23.35	7.40	752.05	1.47	121.00	1.45	195.29	2.34
IIT3E 50	30.86	5.88	638.76	1.87	147.42	1.68	264.74	1.17
IIT3F 5	25.98	5.84	809.35	0.77	115.52	0.86	151.55	2.22
IIT3F 5	38.20	1.37	689.69	1.78	109.38	1.87	98.22	6.28
IIT3F 5	25.04	1.87	707.50	1.97	125.46	2.61	275.18	0.60
IIT3G 0-5	34.52	1.19	702.06	2.94	109.14	2.93	117.51	0.45
IIT3G 25	32.79	4.13	595.30	3.49	112.44	2.17	86.09	5.48
IIT3G 50	26.66	9.27	569.79	1.67	117.02	2.49	77.03	4.82
IIT3H 0-5	23.72	4.48	546.52	1.55	132.79	0.79	99.94	2.38
IIT3H 25	25.27	7.23	536.27	3.67	122.34	1.26	97.63	2.80
IIT3H 50	29.19	5.69	460.11	3.50	116.19	3.19	93.53	5.17
IIT3I 0-5	27.80	3.19	478.81	0.74	129.14	1.36	154.78	1.24
IIT3I 25	28.62	5.37	551.86	0.67	119.05	3.80	105.50	3.49
IIT3I 50	26.84	8.41	523.18	1.73	142.49	3.07	104.72	3.21



laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
 Universidad Nacional Autónoma de México  
 Geoquímica Ambiental



clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IT3A 5	2.31	0.27	661.13	0.67	57.77	3.05	96.82	3.94
IT3A 25	2.65	0.05	670.36	1.77	66.36	1.16	112.44	1.85
IT3A 50	2.84	0.29	800.81	2.03	68.13	1.33	130.11	0.95
IT3B 5	1.89	0.54	934.07	0.76	81.76	2.04	112.79	1.93
IT3B 25	2.20	0.33	534.31	3.96	48.82	2.97	98.08	3.88
IT3B 50	2.52	0.35	722.23	0.57	52.31	4.30	93.37	3.48
IT3C 5	2.49	0.51	808.62	0.39	35.97	5.53	82.99	5.27
IT3C 25	2.30	0.15	597.64	1.34	59.52	0.98	109.04	2.32
IT3C 50	2.13	0.73	479.02	4.77	48.67	1.89	107.06	1.38

clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
IT3D 5	1.81	0.68	348.13	3.28	28.34	7.95	83.21	3.37
IT3D 25	2.13	0.51	555.91	3.76	39.71	4.03	135.81	2.93
IT3D 50	2.13	0.26	564.64	1.61	41.69	3.92	89.81	2.76
IT3E 5	2.48	0.29	572.36	2.00	42.61	7.04	105.79	4.84
IT3E 25	2.20	0.19	413.27	1.43	37.95	3.58	93.78	1.41
IT3E 50	3.90	0.06	1145.79	2.89	49.80	0.54	118.21	2.44
IT3F 5	2.36	0.18	636.98	3.38	46.98	4.51	122.99	1.60
IT3F 5	1.92	0.05	411.29	0.06	43.11	1.60	70.46	2.53
IT3F 5	2.52	0.32	813.29	4.14	55.03	1.18	145.63	1.39
IT3G 0-5	2.71	0.33	941.33	1.61	69.04	2.70	133.86	0.61
IT3G 25	2.68	0.29	1010.44	3.57	104.60	2.06	129.75	2.46
IT3G 50	2.65	0.56	845.55	0.98	63.33	2.74	119.14	2.34
IT3H 0-5	2.68	0.16	791.51	0.53	53.42	2.06	111.89	3.51
IT3H 25	2.74	0.32	889.43	3.50	69.51	4.09	141.17	1.50
IT3H 50	3.07	0.31	980.83	1.21	66.16	4.85	153.01	2.50
IT3I 0-5	2.84	0.93	781.30	1.90	69.91	1.47	139.82	1.81
IT3I 25	3.12	0.28	1072.26	1.66	80.00	3.35	168.83	2.10
IT3I 50	3.12	0.09	1081.14	3.00	76.12	1.45	164.60	2.15

NA= No aplica

<LOD= Debajo del limite de detección.



## CONTROL DE CALIDAD

### **Precisión**

Para la precisión de los análisis de FRX las mediciones se determinaron por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, el %CV determinado por las tres determinaciones fue menor al 10%.

### **Exactitud**

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 80 y el 111% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	96.00	80.40	120.25	96.12	81.49	83.75	89.54

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	111.24	96.76	97.61	91.63	95.47	100.23

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

**Analizó:**

**QFB. Fabiola Vega García**



## CONTROL DE CALIDAD

### Precisión

Para la precisión de los análisis de FRX las mediciones se determinaron por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, el %CV determinado por las tres determinaciones fue menor al 10%.

### Exactitud

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 80 y el 111% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	96.00	80.40	120.25	96.12	81.49	83.75	89.54

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	111.24	96.76	97.61	91.63	95.47	100.23

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

**QFB. Fabiola Vega García**

**Anexo II.3 Informe de resultados ( pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos de Río Bacanuchi. LANGEM. IGL-UNAM**



**INFORME DE RESULTADOS**  
**TRNASECTOS RIO BACANUCHI**  
**13 de abril de 2015**

**Información de las muestras**

Se analizaron 75 muestras de 3 zonas de Bacanuchi Cananea, Sonora.

Las muestras se recibieron en bolsas de plástico de 25X10 cm, etiquetadas como B1, B2 Y B3 de la A asta la I con 3 profundidades representadas en cm cada una, y un listado de coordenadas y observaciones adjunto.

**Información de los análisis**

En el laboratorio de Geoquímica Ambiental las muestras fueron homogeneizadas y tamizadas por **malla N° 10** para su análisis de pH, Conductividad eléctrica y FRX.

En las 75 muestras se determinaron los siguientes análisis:

pH se realizaron con un potenciómetro Hanna Instruments, HI-98185 y se siguió el método estandarizado 9045 de la US-EPA (1995).

Conductividad eléctrica (CE) se realizaron con un conductímetro OAKTON Con 700.

Fluorescencia de rayos X. El análisis se realizó con un equipo de Fluorescencia de Rayos X, NITTON FXL 950 de Thermo Scientific. La determinación fue realizada por triplicado con un tiempo de medición de 90s en el modo de suelo y 31 s en el modo de mina para Fe. Los elementos cuantificados en cada determinación se reportan en mg/kg (ppm) para el modo de suelo y en g/100g suelo (%) para el modo de mina.



**Listado de recepción de muestras**

Clave	Coordenadas		Clave	Coordenadas		Clave	Coordenadas	
	x	y		x	y		x	y
B1A 0-5	564144	3402195	B2A 5	572849	3384627	B3A 5	580281	3361231
B1A 25	564144	3402195	B2A 25	572849	3384627	B3A 25	580281	3361231
B1A 50	564144	3402195	B2A 50	572849	3384627	B3A 50	580281	3361231
B1B 0-5	564185	3402260	B2B 5	572861	3384703	B3B 5	580329	3361277
B1B 25	564185	3402260	B2B 25	572861	3384703	B3B 25	580329	3361277
B1B 50	564185	3402260	B2B 50	572861	3384703	B3B 50	580329	3361277
B1C 0-5	564225	3402297	B2C 5	572908	3384733	B3C 5	580369	3361319
B1C 25	564225	3402297	B2C 25	572908	3384733	B3C 25	580369	3361319
B1C 50	564225	3402297	B2C 50	572908	3384733	B3C 50	580369	3361319
B1D 0-5	564237	3402305	B2D 5	572919	3384744	B3D 5	580381	3361325
B1D 25	564237	3402305	B2D 25	572919	3384744	B3D 25	No aplica	
B1D 50	564237	3402305	B2D 50	572919	3384744	B3D 50	No aplica	
B1E 5	564242	3402312	B2E 5	572927	3384761	B3E 5	580396	3361336
B1E 25	564242	3402312	B2E 25	572927	3384761	B3E 25	No aplica	
B1E 50	564242	3402312	B2E 50	572927	3384761	B3E 50	No aplica	
B1F 5	564246	3402320	B2F 5	572933	3384765	B3F 5	580408	3361341
B1F 25	564246	3402320	B2F 25	572933	3384765	B3F 25	No aplica	
B1F 50	564246	3402320	B2F 50	572933	3384765	B3F 50	No aplica	
B1G 5	564254	3402325	B2G 5	572942	3384773	B3H 5	580461	3361383
B1G 25	564254	3402325	B2G 25	572942	3384773	B3H 25	580461	3361383
B1G 50	564254	3402325	B2G 50	572942	3384773	B3H 50	580461	3361383
B1H 5	564275	3402357	B2H 5	572973	3384801	B3G 5	580418	3361350
B1H 25	564275	3402357	B2H 25	572973	3384801	B3G 25	580418	3361350
B1H 50	564275	3402357	B2H 50	572973	3384801	B3G 50	580418	3361350
B1I 5	564305	3402401	B2I 5	573009	3384832	B3I 5	580514	3361426
B1I 25	564305	3402401	B2I 25	573009	3384832	B3I 25	580514	3361426
B1I 50	564305	3402401	B2I 50	573009	3384832	B3I 50	580514	3361426



**Resultados de pH y CE :**

Clave	pH	CE (µS/cm)	Clave	pH	CE (µS/cm)	Clave	pH	CE (µS/cm)
B1A 0-5	7.2	32.3	B2A 5	7.5	216.0	B3A 5cm	8.3	82.7
B1A 25	7.5	43.6	B2A 25	8.2	119.6	B3A 25cm	8.3	61.3
B1A 50	8.1	78.2	B2A 50	8.3	115.4	B3A 50cm	8.1	50.8
B1B 0-5	7.2	33.6	B2B 5	8.0	152.2	B3B 5cm	8.2	80.0
B1B 25	7.1	48.5	B2B 25	8.2	93.8	B3B 25cm	8.3	81.1
B1B 50	8.4	69.5	B2B 50	7.5	196.7	B3B 50cm	8.5	81.2
B1C 0-5	7.5	65.7	B2C 5	6.9	32.5	B3C 5cm	7.9	117.7
B1C 25	8.0	43.2	B2C 25	7.6	38.7	B3C 25cm	8.2	91.9
B1C 50	8.0	49.9	B2C 50	7.5	29.7	B3C 50cm	8.3	100.7
B1D 0-5	7.2	24.4	B2D 5cm	7.6	406.0	B3D 5cm	8.1	78.3
B1D 25	8.0	54.3	B2D 25cm	7.8	249.0	B3D 25 cm	no aplica*	
B1D 50	8.2	46.6	B2D 50cm	8.0	456.0	B3D 50 cm		
B1E 5	8.1	46.1	B2E 5cm	8.1	68.4	B3E 5cm	8.3	56.4
B1E 25	7.9	25.4	B2E 25cm	8.0	69.0	B3E 25 cm	No aplica*	
B1E 50	7.6	27.8	B2E 50cm	8.2	63.5	B3E 50 cm		
B1F 5	8.1	45.5	B2F 0-5cm	8.0	34.6	B3F 5cm	8.0	61.5
B1F 25	7.5	37.6	B2F 25cm	7.9	54.1	B3F 25 cm	no aplica*	
B1F 50	7.4	48.3	B2F 50cm	7.8	91.7	B3F 50 cm		
B1G 5	8.0	48.6	B2G 5cm	7.7	62.9	B3H 5cm	7.5	37.6
B1G 25	7.7	98.0	B2G 25cm	7.4	118.8	B3H 25cm	7.7	56.4
B1G 50	8.0	99.1	B2G 50cm	8.1	90.5	B3H 50cm	7.8	38.1
B1H 5	7.7	252.0	B2H 5cm	8.2	70.7	B3G 5cm	8.4	34.0
B1H 25	7.5	687.0	B2H 25cm	8.2	97.8	B3G 25cm	8.2	32.9
B1H 50	7.7	775.0	B2H 50cm	8.4	91.3	B3G 50cm	8.0	38.6
B1I 5	7.3	65.0	B2I 0-5cm	8.1	75.2	B3I 5 cm	7.9	53.8
B1I 25	7.8	166.4	B2I 25cm	8.0	83.4	B3I 25cm	8.0	82.8
B1I 50	7.8	109.3	B2I 50cm	8.1	69.5	B3I 50 cm	7.9	53.4

\* No aplica presencia de agua a esta profundidad.



**RESULTADOS DE FRX:**

**Bacanuchi (B1)**

Clave	As		Ba		Cr		Cu		Fe		Mn		Pb		Zn	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7		0.003		30		3		5	
B1A 0-5	16.84	7.88	501.46	4.39	148.59	0.74	86.05	3.61	2.54	0.30	674.07	2.54	48.07	1.23	104.42	1.63
B1A 25	18.97	9.23	496.42	1.88	139.01	3.03	63.79	9.06	2.92	0.15	739.74	2.59	32.63	2.74	85.80	4.87
B1A 50	19.74	1.57	613.46	3.70	128.84	2.95	63.27	2.68	2.96	0.11	681.36	4.04	37.58	3.42	92.28	0.36
B1B 0-5	24.31	7.15	541.26	4.25	130.65	2.07	95.61	3.50	2.98	0.19	825.82	1.01	53.92	0.85	117.93	1.34
B1B 25	20.65	6.12	483.35	4.32	134.44	1.69	59.21	7.81	2.63	0.27	705.44	1.80	31.59	4.56	88.88	1.94
B1B 50	22.88	8.24	572.90	1.96	144.15	1.47	67.67	1.40	2.87	0.13	810.55	1.96	51.08	8.08	117.15	2.59
B1C 0-5	22.14	3.41	592.68	4.35	151.39	5.90	74.43	2.23	2.26	0.48	856.17	0.78	80.03	2.60	99.78	2.07
B1C 25	20.51	2.85	603.14	3.27	114.13	3.04	73.19	4.12	2.90	0.28	718.92	1.11	51.44	4.26	108.26	3.07
B1C 50	18.52	4.26	608.64	2.04	146.97	0.45	51.19	2.18	2.94	0.12	602.36	0.70	23.55	4.09	63.24	5.53
B1D 0-5	15.68	6.34	790.18	3.14	118.51	3.10	90.02	1.51	2.73	0.29	468.51	3.78	23.79	7.08	67.61	2.28
B1D 25	22.70	8.73	598.57	2.22	175.97	1.50	80.78	2.10	3.37	0.23	735.89	1.60	44.12	2.51	86.38	3.03
B1D 50	23.18	7.77	555.51	1.63	143.15	2.24	71.22	1.48	2.77	0.49	570.87	2.72	44.23	6.97	83.21	3.88
B1E 5	19.75	9.03	886.91	3.08	135.26	2.95	150.40	4.30	2.38	0.12	1740.03	0.52	44.03	6.85	132.64	3.13
B1E 25	19.02	3.31	849.99	1.45	110.54	3.65	117.83	4.58	2.35	0.54	484.47	4.52	24.20	6.44	82.25	4.21
B1E 50	26.24	5.25	874.56	2.01	116.40	1.39	145.70	5.21	2.06	0.19	574.52	3.73	26.49	4.42	96.19	2.88
B1F 5	15.30	4.21	781.45	1.58	108.84	2.72	137.29	2.15	2.38	0.58	723.03	3.51	51.09	2.71	122.66	0.78
B1F 25	26.39	6.10	898.89	1.22	106.70	6.08	217.87	1.04	2.93	0.90	748.58	4.19	42.70	6.03	106.04	3.06
B1F 50	34.03	2.51	727.97	2.11	144.40	0.62	128.29	4.75	3.77	0.63	716.83	0.65	61.99	4.21	99.51	2.66
B1G 5	25.49	7.07	622.31	2.69	137.94	1.29	113.07	3.97	2.72	0.29	667.73	0.88	52.03	3.57	111.36	3.89
B1G 25	25.13	4.23	530.20	1.74	136.76	2.51	98.50	1.30	2.40	0.42	652.29	0.95	52.94	2.71	106.55	3.66
B1G 50	28.60	1.55	558.72	3.44	116.81	6.52	93.26	1.25	2.61	0.51	750.97	1.45	64.50	2.20	113.51	3.61
B1H 5	23.10	4.88	439.76	4.60	98.25	3.03	76.05	3.49	2.47	1.07	691.42	4.14	51.49	4.95	110.70	5.87
B1H 25	30.11	2.84	393.80	6.89	129.74	2.75	115.71	2.71	2.71	0.30	883.18	2.63	86.50	2.51	160.41	3.18
B1H 50	27.49	4.48	463.70	1.72	133.22	3.18	94.19	4.36	2.37	0.12	801.68	3.37	65.67	2.45	142.03	2.92
B1I 5	25.12	3.03	781.45	1.58	133.29	4.17	103.01	2.94	2.58	0.52	758.65	0.71	66.46	3.96	145.55	1.74
B1I 25	34.15	9.09	310.52	5.32	124.32	2.59	138.68	3.37	2.90	0.12	950.00	3.05	104.38	3.08	181.75	1.35
B1I 50	31.83	3.97	438.53	1.59	117.82	2.89	101.27	3.70	2.44	0.36	821.65	4.02	74.16	3.75	142.49	1.24

<LOD -bajo el limite de detección

NA- no aplica



**Bacanuchi (B2)**

Clave	As		Ba		Cr		Cu		Fe		Mn		Pb		Zn	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7		0.003		30		3		5	
B2A 5	17.54	7.36	312.12	2.04	120.08	2.05	70.04	5.01	1.70	0.37	515.80	5.40	20.97	6.33	87.91	5.62
B2A 25	15.08	3.54	357.63	6.07	124.20	4.10	47.33	4.49	1.34	1.04	382.17	0.18	19.42	2.71	71.24	5.37
B2A 50	18.57	8.50	468.58	2.81	109.63	2.07	50.47	4.97	1.73	0.23	520.24	2.28	24.87	9.34	95.04	0.64
B2B 5	23.31	6.31	368.76	6.74	119.89	1.75	49.53	2.86	2.12	0.54	559.01	2.53	21.19	10.17	84.43	5.52
B2B 25	22.29	4.98	521.96	3.59	115.51	2.77	52.65	9.63	2.52	0.37	510.59	4.60	25.66	6.36	56.15	0.32
B2B 50	24.03	5.60	566.20	0.15	94.18	1.38	51.80	8.51	2.38	0.29	535.76	1.04	27.20	4.79	64.19	4.41
B2C 5	21.28	4.12	416.22	3.50	132.88	1.86	81.78	3.60	4.62	0.46	855.66	2.16	33.90	3.51	56.30	5.32
B2C 25	17.63	5.88	513.92	6.36	109.65	3.11	52.76	12.09	1.80	0.62	444.28	5.75	18.99	4.80	40.56	6.75
B2C 50	21.74	7.62	689.38	2.18	115.21	4.20	54.84	9.24	3.27	3.40	510.59	2.11	23.56	5.03	58.79	1.93
B2D 5	23.01	2.17	587.67	5.54	93.19	6.48	70.98	7.42	2.66	0.23	592.86	0.92	35.94	3.61	82.27	3.78
B2D 25	21.93	11.74	608.54	2.07	128.18	1.84	71.56	2.34	3.43	0.52	532.74	2.63	30.13	10.09	62.58	5.88
B2D 50	21.47	2.47	519.55	1.03	110.89	0.81	58.06	3.79	2.19	0.39	604.74	1.03	23.99	5.29	53.46	6.29
B2E 5	34.46	4.91	677.76	3.10	107.47	3.26	48.43	6.90	2.07	0.14	394.63	3.38	19.01	6.58	47.42	7.51
B2E 25	19.76	7.80	711.41	2.06	106.54	0.38	59.40	5.29	2.94	0.46	465.56	4.77	25.74	2.10	48.65	3.16
B2E 50	15.10	13.21	665.49	0.70	178.31	3.36	58.15	4.06	2.50	0.54	383.13	3.45	22.38	2.46	46.54	6.01
B2F 5	22.53	6.27	756.08	0.75	110.23	1.59	87.29	3.37	3.84	0.05	661.16	2.89	45.84	3.15	83.73	1.44
B2F 25	18.00	5.57	668.32	2.93	131.34	0.78	73.88	1.97	3.25	0.05	519.27	3.09	37.46	3.84	59.14	3.99
B2F 50	18.27	2.52	642.19	1.46	90.07	0.34	63.85	1.66	2.16	0.29	423.55	2.13	23.47	7.03	57.26	9.33
B2G 5	19.67	9.00	529.83	3.12	107.79	4.12	68.44	5.44	2.29	0.25	490.59	4.98	26.62	1.79	64.38	3.96
B2G 25	20.42	5.96	518.11	2.58	115.68	2.81	77.35	4.55	2.63	0.34	626.82	1.99	35.65	1.64	78.53	2.90
B2G 50	22.94	5.47	505.85	2.54	137.88	2.78	97.61	1.97	2.64	0.42	574.29	3.00	33.39	4.15	78.89	4.14
B2H 5	22.19	3.19	440.50	2.26	116.22	1.03	53.46	8.69	2.19	0.20	577.83	2.18	30.65	3.61	73.29	3.75
B2H 25	24.93	4.31	461.94	3.34	118.00	1.13	54.25	4.46	2.43	0.14	627.43	0.33	29.76	7.32	79.31	4.38
B2H 50	27.23	3.99	427.76	2.31	112.45	2.78	53.93	5.98	2.39	0.20	703.45	3.28	25.69	4.24	77.13	2.39
B2I 5	19.22	6.34	415.91	1.80	121.90	3.59	52.87	7.61	2.20	0.45	447.75	6.51	24.09	0.93	64.56	3.46
B2I 25	23.38	6.02	380.60	2.14	129.15	2.62	55.22	2.05	2.41	0.26	486.29	3.23	29.79	5.66	69.49	2.62
B2I 50	19.99	3.91	431.09	4.30	122.76	3.09	51.12	6.12	2.46	0.11	485.85	1.18	30.01	1.40	65.17	2.38

<LOD -bajo el límite de detección

NA- no aplica



Bacanuchi (B3)

Clave	As		Ba		Cr		Cu		Fe		Mn		Pb		Zn	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7		0.003		30		3		5	
B3A 5	15.27	10.08	522.30	1.40	130.32	3.48	45.75	2.21	2.44	0.62	392.27	4.18	14.72	8.14	42.52	6.47
B3A 25	14.78	9.65	527.67	1.80	123.74	0.81	45.38	0.55	2.56	0.33	394.06	4.12	15.25	10.50	43.49	6.93
B3A 50	16.32	4.99	678.65	1.61	132.24	1.81	47.44	9.12	4.17	0.55	566.79	4.40	16.44	6.31	34.94	8.39
B3B 5	14.23	7.79	536.61	3.38	105.49	3.07	40.90	1.55	2.25	0.18	409.25	1.47	14.80	2.22	45.29	6.14
B3B 25	14.30	9.87	582.41	3.70	106.50	2.95	41.50	10.84	2.19	0.52	356.80	7.72	16.26	9.90	45.12	10.81
B3B 50	18.01	7.22	546.34	4.14	113.33	3.56	40.24	6.42	2.34	0.51	429.15	2.05	13.98	1.20	43.10	3.76
B3C 5	15.77	5.88	526.05	3.47	123.70	0.68	46.55	4.66	2.08	0.35	392.41	4.00	15.18	1.78	47.38	2.91
B3C 25	20.15	4.25	436.13	3.69	107.53	1.46	43.58	5.02	2.22	0.57	371.10	2.01	17.23	10.17	46.86	8.90
B3C 50	19.34	3.71	502.37	6.23	102.15	1.52	47.71	10.05	2.43	0.30	466.46	2.21	18.35	3.22	51.68	6.81
B3D 5	21.01	3.33	888.00	2.09	137.17	4.03	52.16	7.25	5.59	0.23	751.20	1.17	17.53	2.37	40.12	3.90
B3E 5	16.06	14.94	690.80	3.75	101.82	3.45	49.27	5.97	2.77	0.29	460.54	1.45	15.14	15.19	49.10	3.59
B3F 5	12.07	10.77	655.20	1.85	105.18	2.92	46.82	5.57	1.79	0.27	340.48	1.77	14.18	16.58	39.14	4.05
B3H 5	16.25	6.81	746.92	2.58	143.67	1.51	64.21	1.37	3.00	0.25	543.64	3.78	16.81	3.93	51.12	3.17
B3H 25	18.36	11.51	627.24	0.42	139.69	3.33	61.79	6.50	3.93	0.11	556.02	0.88	20.38	7.38	52.20	4.44
B3H 50	21.81	4.08	599.27	2.00	133.00	3.83	61.61	7.80	3.27	0.19	480.97	2.76	20.00	5.73	51.23	4.04
B3G 5	24.61	3.10	385.56	2.87	159.25	1.79	57.25	6.89	1.40	0.17	187.55	9.72	10.40	5.43	72.27	7.05
B3G 25	11.29	7.09	426.45	3.76	114.85	1.63	35.36	7.32	1.26	0.51	236.83	2.18	11.87	1.31	39.36	2.45
B3G 50	18.79	4.24	402.56	2.78	137.23	1.76	62.70	4.74	4.05	0.25	559.82	4.79	16.94	4.62	52.68	5.13
B3I 5	17.20	7.38	746.92	2.58	133.32	0.67	72.34	5.86	2.80	0.52	471.00	5.78	13.62	8.47	57.64	0.90
B3I 25	17.35	2.22	627.24	0.42	119.98	0.84	60.59	2.97	2.95	0.44	518.04	3.07	20.35	7.62	50.57	2.26
B3I 50	21.43	8.21	599.27	2.00	129.70	3.08	53.15	6.59	3.51	0.16	509.51	4.89	17.39	8.52	45.74	4.08

<LOD -bajo el limite de detección

NA- no aplica

**CONTROL DE CALIDAD**

**Precisión**

Para la precisión de los análisis de FRX las mediciones se determinaron por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, el %CV determinado por las tres determinaciones fue menor al 10%.



### Exactitud

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 81 y el 116% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	101.03	91.05	91.55	86.93	94.06	95.03

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	97.03	90.57	115.32	96.79	81.97	76.33	96.42

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

QFB. Fabiola Vega García



## Exactitud

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 81 y el 116% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	101.03	91.05	91.55	86.93	94.06	95.03

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	97.03	90.57	115.32	96.79	81.97	76.33	96.42

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

**QFB. Fabiola Vega García**

**Anexo II.3 Informe de resultados ( pH, conductividad eléctrica y concentraciones totales de elementos traza) del muestreo de transectos del Río Sonora y Arroyo San Francisco. LANGEM. IGL-UNAM**



**INFORME DE RESULTADOS**  
**TRANSECTOS RIO SONORAY ARROYO SAN FRANCISCO**  
**1 de Abril de 2015**

**Información de las muestras**

Se analizaron 77 muestras de 3 zonas diferentes correspondientes a Arizpe, Aconchi y San Francisco en Sonora.

Las muestras se recibieron en bolsas de plástico de 25X10 cm, etiquetadas como S1 para Arizpe, S2 para Aconchi y S3 para San Francisco cada una con A,B,C,D,E,G,H e I con 3 profundidades cada una un listado de coordenadas y observaciones adjunto.

**Información de los análisis**

En el laboratorio de Geoquímica Ambiental las muestras fueron homogeneizadas y tamizadas por malla N° 10 para su análisis de pH, Conductividad eléctrica y FRX.

En las 77 muestras se determinaron los siguientes análisis:

pH; se realizaron con un potenciómetro Hanna Instruments, HI-98185 y se siguió el método estandarizado 9045 de la US-EPA (1995).

Conductividad eléctrica (CE) se realizaron con un conductímetro OAKTON Con 700.

Fluorescencia de rayos X. El análisis se realizó con un equipo de Fluorescencia de Rayos X, NITTON FXL 950 de Thermo Scientific. La determinación fue realizada por triplicado con un tiempo de medición de 90s en el modo de suelo y 31 s en el modo de mina para Fe. Los elementos cuantificados en cada determinación se reportan en mg/kg (ppm) para el modo de suelo y en g/100g suelo (%) para el modo de mina.



**Listado de recepción de muestras**

**ARIZPE**

No	clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	y
1	S1A 5	5	580837	3356585
2	S1A.25	25	580837	3356585
3	S1A.50	50	580837	3356585
4	S1B 0-5	5	580873	3356560
5	S1B 25	25	580873	3356560
6	S1B 40	40	580873	3356560
7	S1C 0-5	5	580913	3356543
8	S1C 25	25	580913	3356543
9	S1C 50	50	580913	3356543
10	S1D 0-5	5	580923	3356535
11	S1D 30	30	580923	3356535
12	S1E 0-5	5	580938	3356529
13	S1E 25	25	580938	3356529
14	S1E 50	50	580938	3356529
15	S1F 0-5	5	580953	3356523
16	S1G 0-5	5	580877	3356453
17	S1G 25	25	580877	3356453
18	S1G 50	50	580877	3356453
19	S1H 0-5	5	580905	3356446
20	S1H 25	25	580905	3356446
21	S1H 50	50	580905	3356446
22	S1I 0-5	2	580954	3356422
23	S1I 25	25	580954	3356422
24	S1I 50	50	580954	3356422



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



ACONCHI

No	Clave	Profundidad	Coordenadas	
		cm	x	Y
1	S2A 0-5	5	574412	3298668
2	S2A .25	25	574412	3298668
3	S2A 50	50	574412	3298668
4	S2A 100	100	574412	3298668
5	S2B 0-5	5	574461	3298695
6	S2B .25	25	574461	3298695
7	S2B 50	50	574461	3298695
8	S2C 0-5	5	574502	3298723
9	S2C 25	25	574502	3298723
10	S2C 50	50	574502	3298723
11	S2C 100	100	574502	3298723
12	S2D 0-5	5	574509	3298729
13	S2D 22	22	574509	3298729
14	S2E 0-5	5	574520	3298737
15	S2E 15-20	20	574520	3298737
16	S2F 0-5	5	574524	3298742
17	S2F 15	15	574524	3298742
18	S2G 0-5	5	574531	3298745
19	S2G 25	25	574531	3298745
20	S2G 50	50	574531	3298745
21	S2H 0-5	5	574546	3298754
22	S2H 25	25	574546	3298754
23	S2H 50	50	574546	3298754
24	S2I 0-5	5	574583	3298762
25	S2I 25	25	574583	3298762
26	S2I 50	50	574583	3298762



### SAN FRANCISCO

No	clave	profundidad	X	Y
		cm		
1	S3A-100.0-5	5	535006	3235131
2	S3A-100.25	25	535006	3235131
3	S3A-100.50	50	535006	3235131
4	S3B-50.0-5	5	534932	3235096
5	S3B-50.25	25	534932	3235096
6	S3B-50.50	50	534932	3235096
7	S3C-10.0-5	5	534894	3235082
8	S3C-10.25	25	534894	3235082
9	S3C-10.50	50	534894	3235082
10	S3D.0-5	5	534888	3235069
11	S3D.25	25	534888	3235069
12	S3D.50	50	534888	3235069
13	S3E.0-5	5	534867	3235061
14	S3E.25	25	534867	3235061
15	S3E.50	50	534867	3235061
16	S3F-10.0-5	5	534852	3235047
17	S3F-10.25	25	534852	3235047
18	S3F-10.50	50	534852	3235047
19	S3G-50.0-5	5	534843	3235048
20	S3G-50.25	25	534843	3235048
21	S3G-50.50	50	534843	3235048
22	S3H-100.0-5	5	534805	3235029
23	S3H-100.25	25	534805	3235029
24	S3H-100.50	50	534805	3235029
25	S3I-100.0-5	5	534747	3235026
26	S3I-100.25	25	534747	3235026
27	S3I-100.50	50	534747	3235026



Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental



**Resultados de pH y CE :**

Clave	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clave	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clave	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
S1A 5	7.9	41.6	S2A 0-5	7.7	121.3	S3A-100.0-5	8.1	1341.0
S1A.25	8.0	37.7	S2A .25	8.1	161.4	S3A-100.25	9.0	3170.0
S1A.50	8.1	43.1	S2A 50	8.1	257.0	S3A-100.50	9.3	2650.0
S1B 0-5	8.4	46.7	S2A 100	7.9	116.9	S3B-50.0-5	7.8	87.3
S1B 25	8.1	28.2	S2B 0-5	8.1	86.4	S3B-50.25	9.9	766.0
S1B 40	8.1	52.8	S2B .25	8.3	46.7	S3B-50.50	9.9	1037.0
S1C 0-5	8.1	32.3	S2B 50	8.0	65.8	S3C-10.0-5	8.2	102.1
S1C 25	8.0	29.7	S2C 0-5	8.5	49.8	S3C-10.25	8.1	111.1
S1C 50	8.2	53.6	S2C 25	7.9	33.0	S3C-10.50	8.3	109.3
S1D 0-5	8.1	41.1	S2C 50	8.0	80.5	S3D.0-5	8.3	51.7
S1D 30	8.4	46.7	S2C 100	8.1	37.2	S3D.25	8.5	49.8
S1E 0-5	8.2	72.1	S2D 0-5	8.1	189.5	S3D.50	6.9	58.2
S1E 25	8.1	56.1	S2D 22	7.9	64.9	S3E.0-5	8.5	52.1
S1E 50	8.1	65.3	S2E 0-5	8.4	67.2	S3E.25	8.5	50.5
S1F 0-5	8.2	128.2	S2E 15-20	8.5	66.5	S3E.50	8.4	48.2
S1G 0-5	8.3	35.5	S2F 0-5	8.2	65.9	S3F-10.0-5	8.5	72.8
S1G 25	8.4	61.7	S2F 15	8.4	62.9	S3F-10.25	8.6	56.9
S1G 50	8.6	61.7	S2G 0-5	8.2	339.0	S3F-10.50	7.8	42.6
S1H 0-5	8.5	45.6	S2G 25	7.9	95.6	S3G-50.0-5	8.1	116.6
S1H 25	8.4	116.6	S2G 50	8.5	172.2	S3G-50.25	7.9	77.5
S1H 50	8.4	111.9	S2H 0-5	7.9	101.4	S3G-50.50	8.2	69.5
S1I 0-5	8.4	100.3	S2H 25	8.3	64.9	S3H-100.0-5	8.3	85.5
S1I 25	8.3	90.2	S2H 50	8.3	102.1	S3H-100.25	8.3	80.3
S1I 50	8.4	123.0	S2I 0-5	7.5	96.4	S3H-100.50	8.3	52.7
			S2I 25	7.8	79.8	S3I-100.0-5	8.4	102.2
			S2I 50	7.4	39.5	S3I-100.25	8.6	44.2
						S3I-100.50	8.4	40.8



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**



**Resultados de FRX:**

**ARIZPE.**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
SIA 5	13.97	8.89	666.45	3.28	120.39	3.10	52.39	5.56
SIA.25	13.97	5.51	635.76	3.68	118.70	1.66	51.06	5.19
SIA.50	20.15	7.30	706.34	1.32	123.46	2.93	55.69	3.59
SIB 0-5	12.71	7.68	581.77	2.64	137.09	1.24	62.07	5.47
SIB 25	18.21	3.95	673.65	3.71	130.50	1.53	60.04	4.61
SIB 40	18.72	5.60	655.77	1.41	132.20	0.54	58.34	4.26
SIC 0-5	14.81	1.52	657.76	3.32	128.08	1.49	48.17	6.26
SIC 25	13.71	5.49	829.11	0.90	138.27	4.42	59.38	1.43
SIC 50	16.10	7.46	698.80	1.47	112.54	3.13	48.13	8.30
SID 0-5	15.68	7.87	773.84	2.18	119.72	2.32	56.97	6.87
SID 30	14.16	3.90	645.34	1.94	116.12	0.56	63.63	2.71
SIE 0-5	12.56	4.62	663.21	2.20	110.01	1.38	44.57	5.94
SIE 25	13.18	7.60	714.59	0.37	99.78	3.12	48.32	2.24
SIE 50	11.29	6.26	640.23	2.01	133.92	2.89	51.56	4.00
SIF 0-5	14.24	8.44	679.61	2.24	114.77	3.56	49.92	9.41
SIG 0-5	12.30	8.36	653.01	1.44	114.42	0.71	42.76	9.62
SIG 25	17.18	5.64	483.22	3.03	128.53	0.16	89.34	3.41
SIG 50	15.77	4.30	521.84	1.21	125.15	2.21	85.91	2.93
SIH 0-5	25.43	6.20	626.78	2.53	105.30	2.10	51.49	3.22
SIH 25	21.19	6.98	543.33	1.53	112.05	2.38	78.14	2.22
SIH 50	18.42	3.03	490.34	6.78	123.83	2.62	71.60	1.34
SII 0-5	22.63	2.09	513.18	3.28	118.61	6.42	56.16	6.76
SII 25	22.39	6.31	481.11	0.58	105.67	3.38	53.84	2.65
SII 50	23.66	4.86	384.47	1.33	118.50	6.94	46.31	7.17

**NA= No aplica**

**<LOD= Debajo del limite de detección.**



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**



clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
S1A 5	2.07	0.32	375.83	1.40	15.71	7.66	43.13	3.84
S1A.25	2.27	0.54	360.24	3.25	16.58	8.99	43.69	7.14
S1A.50	2.45	0.38	386.80	1.91	18.97	3.24	46.76	4.45
S1B 0-5	2.44	0.41	602.82	0.91	22.13	6.33	59.16	1.60
S1B 25	3.00	0.25	381.34	3.52	17.74	2.27	39.52	5.84
S1B 40	3.93	0.28	512.01	2.06	17.28	5.65	42.93	2.63
S1C 0-5	1.83	0.32	324.91	7.04	16.17	3.85	39.55	2.69
S1C 25	4.82	0.49	581.74	6.00	19.55	8.86	36.40	2.58
S1C 50	2.01	0.49	412.33	2.46	16.89	7.85	47.16	2.76
S1D 0-5	3.16	0.13	440.90	3.63	15.56	4.95	41.52	5.73
S1D 30	1.68	0.31	282.33	4.51	18.78	5.89	40.44	1.72
S1E 0-5	1.33	0.13	277.48	3.03	16.44	6.94	38.39	0.39
S1E 25	1.75	0.71	380.65	4.26	17.32	3.39	44.71	4.65
S1E 50	1.85	0.40	287.59	6.53	15.91	7.61	33.53	0.65
S1F 0-5	2.24	0.22	356.72	6.33	17.03	9.58	42.59	5.84
S1G 0-5	1.35	0.43	332.25	3.89	16.64	9.32	49.24	4.45
S1G 25	2.33	0.42	510.85	1.71	23.37	10.38	63.82	5.24
S1G 50	2.28	0.39	447.14	5.04	20.31	6.07	58.20	3.87
S1H 0-5	1.47	0.26	332.52	0.23	18.02	1.44	43.37	4.37
S1H 25	2.49	0.30	569.23	2.59	25.14	9.50	70.47	2.59
S1H 50	2.45	0.19	470.79	5.94	25.25	3.86	63.32	5.18
S1I 0-5	2.43	0.30	647.90	0.88	24.10	4.67	80.24	2.18
S1I 25	2.39	0.50	640.99	1.97	22.72	0.65	79.33	1.87
S1I 50	2.39	0.09	650.72	2.64	22.55	2.72	78.31	1.95

**ACONCHI.**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
S2A 0-5	18.53	8.96	489.55	4.40	124.65	1.76	59.35	4.23
S2A 25	21.67	7.44	424.18	4.75	95.72	0.62	61.38	7.12
S2A 50	18.59	9.79	299.23	0.82	103.89	2.89	38.86	3.37
S2A 100	25.50	5.77	222.93	4.07	101.55	3.82	74.92	2.85
S2B 0-5	18.69	4.27	580.22	2.48	136.05	2.64	64.00	2.37
S2B 25	14.40	7.98	618.58	4.32	108.33	3.26	41.25	1.60
S2B 50	14.52	8.41	629.88	2.72	128.23	2.86	44.20	9.27



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**



clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
S2C 0-5	17.92	4.42	609.23	1.59	136.21	2.90	54.53	5.24
S2C 25	14.57	3.49	521.71	3.30	111.71	3.33	38.94	5.12
S2C 50	13.32	3.40	329.49	4.08	121.32	1.54	41.37	8.93
S2C 100	13.49	1.21	611.07	1.46	114.13	0.85	33.86	6.82
S2D 0-5	16.94	4.01	696.45	1.03	116.54	2.18	42.66	6.70
S2D 22	13.25	3.47	512.85	4.36	122.62	3.04	41.66	3.52
S2E 0-5	12.92	5.53	669.18	1.25	109.60	1.44	41.71	3.44
S2E 15-20	7.42	10.77	597.37	3.55	140.08	2.29	30.41	6.35
S2F 0-5	20.69	10.28	716.32	1.18	115.53	3.85	39.97	4.23
S2F 15	18.30	0.62	581.51	1.93	115.10	1.10	53.98	3.21
S2G 0-5	15.67	7.63	401.57	2.04	115.43	1.75	60.69	2.72
S2G 25	17.68	3.69	426.56	1.52	108.18	2.46	45.79	1.74
S2G 50	17.28	1.87	459.42	1.58	126.93	2.67	46.81	4.16
S2H 0-5	15.12	9.50	378.86	3.90	117.77	3.80	52.87	3.78
S2H 25	22.01	0.48	532.04	1.16	137.94	2.86	63.63	6.67
S2H 50	21.76	2.64	398.15	0.88	131.93	2.24	58.82	1.00
S2I 0-5	8.06	9.92	499.06	2.24	115.42	1.36	37.40	9.65
S2I 25	8.39	9.12	472.80	3.38	107.69	1.97	38.17	4.19
S2I 50	7.83	9.40	375.65	2.57	98.58	2.85	33.86	8.07

clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
S2A 0-5	2.22	0.31	473.91	3.69	32.30	3.85	69.18	0.95
S2A 25	2.32	0.32	721.14	3.75	73.48	5.63	151.62	1.93
S2A 50	1.91	0.47	467.57	6.62	26.81	5.37	61.39	1.66
S2A 100	2.33	0.32	808.68	2.08	43.33	8.30	108.99	0.16
S2B 0-5	2.08	0.14	470.20	3.96	33.49	3.92	80.77	3.01
S2B 25	2.57	0.29	453.61	2.52	19.11	5.81	37.80	6.37
S2B 50	2.67	0.30	500.22	2.94	18.06	4.03	44.51	1.92
S2C 0-5	2.81	0.21	466.40	1.03	20.91	3.52	54.28	6.23
S2C 25	1.77	0.12	605.07	1.27	17.70	5.27	47.79	7.14
S2C 50	1.72	0.83	507.46	3.04	27.53	3.21	72.51	2.60
S2C 100	1.42	0.46	264.15	3.76	20.01	7.29	33.56	5.72
S2D 0-5	1.74	0.34	365.72	4.04	18.60	9.36	48.27	1.52
S2D 22	2.96	0.28	395.61	5.25	19.77	6.61	42.08	2.43
S2E 0-5	1.73	0.17	338.39	2.72	15.98	1.68	37.63	2.73
S2E 15-20	0.77	0.25	224.86	2.90	16.90	2.74	24.26	8.05
S2F 0-5	1.61	0.57	429.27	5.91	60.03	2.99	88.89	4.89
S2F 15	2.41	0.14	382.26	4.51	18.82	8.37	51.27	1.79



**Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Geoquímica Ambiental**



clave	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
S2G 0-5	2.09	0.58	562.23	1.05	31.82	5.34	94.58	1.06
S2G 25	2.00	0.72	505.94	5.24	29.34	1.00	68.60	7.15
S2G 50	1.96	0.45	403.92	2.86	23.25	4.42	50.83	2.05
S2H 0-5	2.13	0.14	550.62	5.12	25.22	8.58	90.47	3.30
S2H 25	2.41	0.43	509.34	1.58	31.06	12.60	76.95	1.10
S2H 50	2.32	0.24	581.32	4.08	36.30	1.71	88.24	2.45
S2I 0-5	1.70	0.45	420.10	1.88	16.21	8.68	47.53	1.98
S2I 25	1.88	0.41	479.78	2.89	14.40	3.04	45.63	3.25
S2I 50	2.02	0.26	399.58	2.37	12.92	0.71	43.89	6.35

NA= No aplica

<LOD= Debajo del límite de detección

**SAN FRANCISCO-**

clave	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
S3A-100.0-5	10.99	4.89	517.98	2.67	104.91	1.55	36.31	1.60
S3A-100.25	12.88	7.63	415.09	1.58	134.41	2.05	42.08	2.48
S3A-100.50	12.88	8.40	353.19	3.79	115.11	0.69	43.74	4.16
S3B-50.0-5	8.90	8.35	421.28	1.68	122.22	2.25	37.25	8.99
S3B-50.25	14.65	5.16	477.21	2.87	114.54	7.18	45.36	5.18
S3B-50.50	15.98	8.73	370.91	2.77	90.50	6.30	34.70	3.29
S3C-10.0-5	10.63	4.79	619.84	1.46	129.62	1.15	39.22	2.59
S3C-10.25	10.92	10.04	503.57	2.33	113.44	4.53	37.63	6.95
S3C-10.50	9.65	5.29	629.58	2.36	105.03	3.25	35.05	5.89
S3D.0-5	3.30	8.80	824.93	3.30	100.69	2.81	25.81	8.58
S3D.25	5.92	6.93	761.38	1.79	102.25	1.61	24.28	10.98
S3D.50	8.30	4.08	651.74	3.02	120.66	3.39	30.81	5.15
S3E.0-5	7.31	1.06	798.84	2.92	112.22	3.38	27.00	5.31
S3E.25	8.66	8.50	877.10	1.07	137.81	2.39	37.44	4.31
S3E.50	6.81	5.09	816.88	1.77	102.02	2.79	34.49	10.13
S3F-10.0-5	10.14	6.28	639.33	2.99	107.97	4.70	32.59	7.83
S3F-10.25	4.31	20.53	979.40	0.26	93.27	1.43	20.17	1.05
S3F-10.50	8.89	11.61	719.66	0.63	125.22	2.02	36.61	5.80



## CONTROL DE CALIDAD

### Precisión

Para la precisión de los análisis de FRX las mediciones se determinaron por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, el %CV determinado por las tres determinaciones fue menor al 10%.

### Exactitud

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 81 y el 101% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	101.48	93.77	93.91	90.67	96.45	98.05

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	96.26	100.90	111.52	94.56	81.48	86.16	92.75

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

QFB. Fabiola Vega García



## CONTROL DE CALIDAD

### Precisión

Para la precisión de los análisis de FRX las mediciones se determinaron por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, el %CV determinado por las tres determinaciones fue menor al 10%.

### Exactitud

Para determinar la exactitud en FRX se utilizaron estándares certificados (TILL-4 y NIST-2710a) como control analítico los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración las concentraciones se encontraron entre el 81 y el 101% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

MONTANA 2710a	As	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
%Exactitud	101.48	93.77	93.91	90.67	96.45	98.05

TILL 4	As	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
%Exactitud	96.26	100.90	111.52	94.56	81.48	86.16	92.75

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

**QFB. Fabiola Vega García**