

ANEXO

1.6

Informe de avances “Evaluación de la calidad actual del agua de la presa El Molinito” Elaborado por el Instituto de Geología, el 05.06.2015. Este Informe fue entregado al Fideicomiso Río Sonora en 2015.



INSTITUTO DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



Informe de avances No. 3

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, Cananea, Sonora"**

Sub-proyecto

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

**Evaluación de la calidad actual del agua de la presa
El Molinito**

Elaborado por:

Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México

05.06.2015

INDICE

	Páginas
INDICE	1 - 2
RESUMEN	3 - 6
INTRODUCCIÓN	7 - 9
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA PRESA EL MOLINITO	10 - 11
INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PRESA EL MOLINITO, CONSIDERANDO LOS DATOS GENERADOS POR LABORATORIOS ABC QUÍMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS	12 - 25
PROSPECCIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM PARA LA VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE SEDIMENTOS Y AGUA DE LA PRESA EL MOLINITO	
Batimetría	26
Calidad de sedimentos de la presa El Molinito	27 - 30
Calidad del agua de la presa El Molinito en diferentes profundidades:	
• Muestreo y análisis de metales	31 - 32
• Concentración soluble	32 - 38
• Concentración total	39 - 45
• Análisis de otros parámetros en campo: oxígeno disuelto, cianobacterias, pH, temperatura y sólidos disueltos	45 - 48
Lista de Anexos	
Anexo I.1 Informe de muestreo de los sedimentos de la Presa El Molinito y del Arroyo La Junta	

Anexo I.2 Cadena de custodia del muestreo de los sedimentos de la Presa El Molinito y del Arroyo La Junta

Anexo I.3 Informe de las concentraciones totales de los Elementos Mayores. Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X, del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Anexo I.4 Informe de las concentraciones totales de los Elementos Traza. Laboratorio de Geoquímica Ambiental del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Anexo II.1 Informe de muestreo de la columna de agua de la Presa El Molinito

Anexo II.2 Cadena de custodia del muestreo de la columna de agua de la Presa El Molinito

Anexo II.3 Informe de las concentraciones totales y solubles los metales y metaloides asociados al derrame de Buena Vista del Cobre, en la columna de agua de la Presa El Molinito. Laboratorio de Espectroscopia atómica del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

El 06 de agosto de 2014 se derramaron, al Arroyo Tinajas del Municipio de Cananea, Sonora, unos 40,000 m³ de solución ácida, 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) y mercurio (Hg).

De estos elementos, el Fe, Al y Mn se asocian a los denominados, en geoquímica, elementos mayores¹; mientras que el Cu, Zn, As, Ni, Cd, Pb y Cr, se asocian a los denominados elementos traza².

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), que está ubicada sobre el Río Sonora, a unos 23 km "aguas arriba" de la ciudad de Hermosillo y que fue construida durante el período de enero de 1990 a agosto de 1991.

Para valorar la calidad del agua de la presa El Molinito y la posible relación con el derrame, de la solución ácida, ocurrido el pasado 06 de agosto de 2014; se realizó el presente estudio, que consistió en: (i) Interpretación de datos de ABC³ y (ii) Prospección hidro-geoquímica del Instituto de Geología, UNAM (IGL-UNAM) para la valoración actual de la calidad de sedimentos y agua de la presa El Molinito.

Entre marzo y abril de 2015, el Instituto de Geología de la UNAM realizaron los trabajos para determinar la profundidad de la columna de agua en la presa El Molinito (batimetría) que permitió planear y ejecutar la toma de muestras de sedimentos del fondo de la presa, así como muestras de aguas en diferentes profundidades. Los principales resultados de la prospección geoquímica son los siguientes:

¹ **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.

² **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.

³ **ABC** es el laboratorio acreditado que ha estado a cargo del muestreo y análisis de los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos) de la sub-cuenca del Río Sonora, para valorar el impacto del derrame del pasado 06 de agosto de 2014 del Represo Tinajas 1, de la empresa Buena Vista del Cobre. En la presa El Molinito, ABC ha realizado un monitoreo de la calidad del agua en tres profundidades (superficie, medio y fondo) y que fueron muestreadas quincenalmente en el periodo entre el 28/10/2014 y 09/04/2015. En este monitoreo se reportan 192 muestras de agua de la Presa El Molinito en diferentes profundidades.

Batimetría

Los resultados indican que en la entrada, a la presa el Molinito, del Río Sonora (parte NE) y del Arroyo La Junta (parte Sur), las profundidades varían entre 1 y 6 m. Hacia el centro de la presa, y hasta la cortina, aumenta la profundidad desde los 12 m hasta casi 18 en la parte más cercana a la cortina.

Sedimentos

- Entre el 27 y 29 de abril de 2015 se colectaron 20 muestras de sedimentos del fondo de la presa El Molinito, los resultados de los análisis indican que éstos se caracterizan por el enriquecimiento de los elementos mayores como aluminio (86,910 mg/kg – 100,887 mg/kg) hierro (39,017 mg/kg – 43,704 mg/kg) y manganeso (790 mg/kg -1,200 mg/kg); que son propios de las rocas de la zona. Los resultados también indican las relativamente bajas concentraciones de los elementos traza como el As (18 – 48 mg/kg), Cr (104 – 142 mg/kg), Cu (50 – 93 mg/kg), Pb (27 – 47 mg/kg) y Zn (85 – 24 mg/kg)
- También se tomaron 6 muestras de sedimentos en la entrada sur de la presa El Molinito, en el denominado Arroyo La Junta; y los resultados indican que el Arroyo La Junta aporta a la Presa el Molinito sedimentos con concentraciones de Al (68,667 – 77,622 mg/kg), Fe (24,097 – 54,140 mg/kg), Mn (434 – 1293 mg/kg), As (20 – 64 mg/kg), Cr (105 – 183 mg/kg), Cu (35 - 138), Pb (11 – 18 mg/kg) y Zn (18 – 59 mg/kg).

Agua

En el periodo comprendido entre el 19 y 20 de mayo de 2015 se tomaron 76 muestras de agua en diferentes profundidades de la Presa El Molinito, con el fin de determinar su calidad actual. Se determinaron concentraciones solubles⁴ y totales⁵ de los metales de interés y asociados al derrame.

⁴ **Concentración soluble:** Para determinar las concentraciones solubles de los metales de interés las muestras de aguas se filtran en campo y luego se les agrega ácido nítrico concentrado para lograr un valor de pH menor a 2.0

⁵ **Concentración total:** Las concentraciones totales incluyen las concentraciones de los metales disueltos en el agua más las concentraciones de éstos en las partículas suspendidas. Para determinar las concentraciones totales, en el campo las muestras de aguas sin filtrar se preservan con ácido nítrico concentrado, para lograr un valor de pH menor a 2.0; con lo cual se disuelven los metales contenidos en el material particulado del agua de los cuerpos de agua estudiados.

Concentración soluble

- En el caso de las concentraciones solubles, NO se superó el límite máximo permisible de la NOM-127⁶ para aluminio (Al), Arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), níquel (Ni), plomo (Pb), antimonio (Sb) y zinc (Zn).
- Solamente, en el caso del manganeso soluble, en el 28.9% (n = 22 muestras) del total de muestras (n = 76) se supera el límite de la NOM-127.

Concentración total

- En el caso de las concentraciones totales en ninguna de las muestras se superó el límite máximo permisible de la NOM-127 para el bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), antimonio (Sb) y Zinc (Zn).
- En el caso de la concentración total del aluminio (Al), arsénico (As) y plomo (Pb) se supera el límite, de la NOM-127, en una sola muestra. Asumiendo que no hay errores de muestreo, preparación de muestras y procedimiento analítico, estos resultados indican que en el 98.7% de las muestras NO se supera el límite de la NOM-127 para el Al, As y Pb.
- En el caso del hierro total, en el 3.9% (n = 3 muestras) se supera el límite de la NOM-127.
- En el caso del manganeso total, en el 35.5% (n = 27 muestras) se supera el límite de la NOM-127.

Las muestras que superan el límite, de la NOM-127, para Mn y Fe, corresponden a muestras tomadas a profundidades mayores de 7.5 m.

Nuestros resultados, en la columna de agua de la presa “El Molinito” son similares y confirman los resultados obtenidos por ABC, que es el laboratorio acreditado que ha estado a cargo del muestreo y análisis de los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos) de la sub-cuenca del Río Sonora, para valorar el impacto del derrame del pasado 06 de agosto de 2014 del Represo Tinajas 1, de la empresa Buena Vista del Cobre

Las concentraciones de Mn solubles (0.285 y 0.824 mg/L) y totales (0.327 y 0.944 mg/L), que superaron el límite de NOM-127, de acuerdo a los

⁶ Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles (mg/L): Al = 0.2, As = 0.025, Ba = 0.7, Cd = 0.005, Cu = 2.0, Cr = 0.05, Fe = 0.3, Mn = 0.15, Hg = 0.001, Pb = 0.01, Zn = 5. En el caso del Sb y Ni que no están regulados en México, se toman los límites de la Organización Mundial de la salud (mg/L): Sb = 0.02 y Ni = 0.02

resultados de nuestro estudio de mayo de 2015, son inferiores a la concentración de Mn determinada en 2006, en el agua de la presa "El Molinito" que varió entre 1.51 y 1.66 mg/L, según lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora⁷.

Así mismo, las concentraciones de Fe total (0.35 y 1.39 mg/L), que superaron el límite de NOM-127, de acuerdo a los resultados de nuestro estudio de mayo de 2015, son inferiores a la concentración de Fe determinada en 2006, en el agua de la presa "El Molinito" que varió entre 1.56 y 1.907 mg/L, según lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora⁷.

Por lo antes mencionado se puede concluir que la calidad del agua de la presa El Molinito no está influenciada por el derrame de Buena Vista del Cobre, ocurrido el pasado 06 de agosto de 2014.

Adicionalmente, es importante resaltar que en la columna de agua de la presa El Molinito se determinaron otros parámetros, cuyos resultados indican lo siguiente:

- La parte superior de la columna de agua (desde la superficie hasta los 7.0 m) se registraron valores de pH entre 8.4 y 9.4, de temperatura entre 22 y 26°C, y la menor concentración de sólidos totales disueltos (210 y 240 mg/L). Esta zona superior corresponde al mayor contenido de oxígeno disuelto (entre 4 y 11 mg/L); que a su vez corresponde a la zona libre metales, tantos solubles como totales.
- Sin embargo, desde aproximadamente 7.0 m hasta la profundidad de la presa, se observa una disminución del pH (pH = 8.4 - 7.6) y de la temperatura (T = 22 - 18°C) y un ligero aumento de los sólidos totales disueltos (STD = 245 - 255 mg/L) y ausencia de oxígeno disuelto; lo que implicaría condiciones anóxicas, que sería una explicación razonable de la presencia de manganeso soluble, a profundidades mayores a 7.5 m, en el agua de la presa El Molinito; en cuyo fondo los sedimentos están enriquecidos con manganeso que, junto al aluminio y hierro son propios de las rocas de la zona.

⁷ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora.

En lo que respecta al objeto que nos ocupa en este estudio (Calidad de las aguas de la presa El Molinito) en el citado estudio se afirma, literalmente, lo siguiente:

- "se observa una *pequeña* acumulación de Hierro de 1.907mg/l en la presa Abelardo Rodríguez Lujan en el monitoreo 1 y 1.560 mg/l en la presa El Molinito en el monitoreo 2"
- "también se observa una *pequeña* acumulación de Manganeso de 1.513 mg/l en la presa Abelardo Rodríguez Lujan en el monitoreo 1 y 1.665 mg/l en la presa El Molinito en el monitoreo 2.

Por otro lado, las mediciones de campo permitieron identificar la presencia de cianobacterias desde la superficie hasta una profundidad máxima de unos 9.0 m. La presencia de estas cianobacterias se debe a la contaminación orgánica proveniente de las descargas de aguas domesticas sin tratamiento y a las actividades agrícolas que aportan los nutrimentos como nitrógeno y fósforo, respectivamente, que requieren las cianobacterias para su desarrollo.

I. INTRODUCCIÓN

El día 06 de agosto de 2014 se derramaron, al Arroyo Tinajas del Municipio de Cananea, Sonora, unos 40,000 m³ 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"⁸ denominado "Tinajas 1", que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Empresa Buenavista del Cobre (BVC), subsidiaria de Grupo México (GM).

La composición química de solución ácida ferro-cuprífera que estaba contenida en el denominado "Represo Tinajas 1", y que se derramó a la Cuenca del Río Sonora, fue determinada por la CONAGUA y se presenta en la Tabla 1.1.

Es importante resaltar que el lixiviado derramado se caracterizó por la ausencia de bario (Ba), antimonio (Sb) y mercurio (Hg).

Concentración de 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 1.1 Composición química del derrame de 40,000 m³ de solución ácida ferro-cuprífera del represo "Tinajas 1"

De acuerdo a información pública de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el derrame alcanzó los siguientes cuerpos de agua

⁸ 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 4.26 de la Norma Oficial NOM-159-SEMARNAT-2011, Que establece los requisitos de protección ambiental de los sistemas de lixiviación de cobre.

superficial: el "arroyo Tinajas" (17.6 km), el Río Bacanuchi (64 km) y el Río Sonora (190 km) (Figura 1.1).

Estos cuerpos de agua pertenecen a la denominada Cuenca del río Sonora (Región hidrológica número 09, Sonora Sur) y específicamente a las sub-cuencas 9Dd (Río Bacanuchi), 9Dc (Río Sonora-Arizpe), 9Db (Río Sonora-Banámichi) (Figura 1.1).

La cuenca del río Sonora cuenta con dos presas principales para el almacenamiento y control de avenidas: Rodolfo Félix Valdez (El Molinito) y Abelardo Rodríguez (Figura 1.1).

El rasgo hidrográfico más notable de la Cuenca es el Río Sonora, que tiene sus orígenes en el parteaguas con el río Bavispe; a una elevación de 2400 m.s.n.m. en la Sierra de Magallanes. El Río Sonora recorre, aproximadamente, 294 km. hasta drenar sus aguas en la presa Rodolfo Félix Valdez (El Molinito). En su recorrido, el Río Sonora conserva una pendiente media de 0.38% y dirección preferencial norte-sur hasta Mazocahui donde cambia al suroeste hasta la Ciudad de Hermosillo. Es importante destacar que a la presa El Molinito, también, drenan corrientes de agua provenientes de la sub-cuenca 9Dj (Arroyo La Junta) localizada hacia el este de la misma (Figura 1.1).

Se realizó el presente estudio con el objetivo de valorar la calidad del agua de la presa El Molinito y la posible relación con el derrame, del Represo Tinajas 1 de BVC, ocurrido el pasado 06 de agosto de 2015.

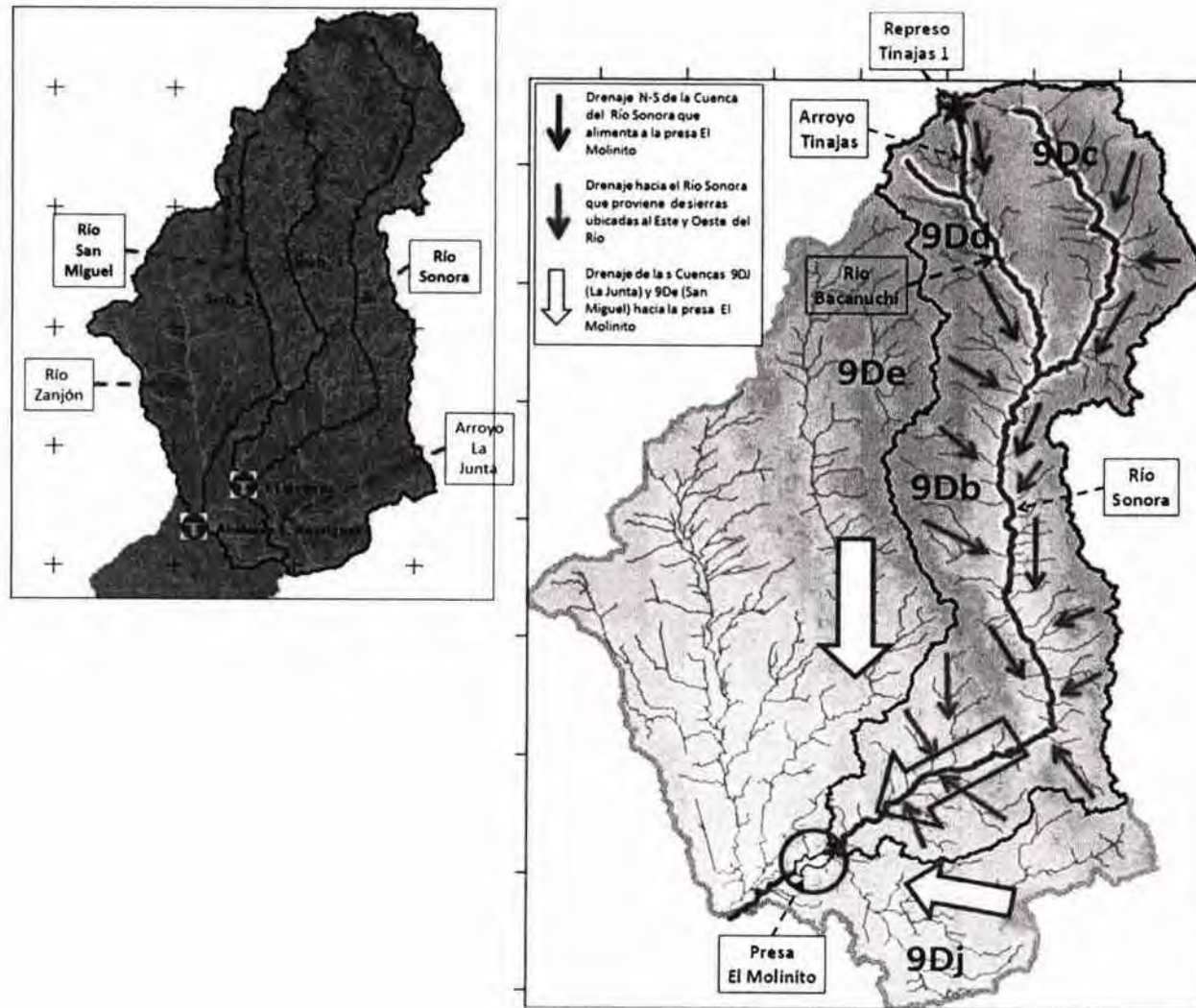


Figura 1.1 Red de drenaje de la Cuenca del Río Sonora y ubicación del Represo "Tinajas 1" de donde se derramaron aproximadamente 40,000 m³ de solución ácida ferro-cuprífera

II. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA PRESA EL MOLINITO

La presa El Molinito está ubicada sobre el río Sonora, a unos 23 km “aguas arriba” de la ciudad de Hermosillo. Se ubica en el polígono delimitado por las siguientes coordenadas UTM (Zona 12 R) 526000 m E – 532000 m E y 3230214 N – 3235000 N

Fue construida durante el período de enero de 1990 a agosto de 1991 con el propósito de controlar las avenidas en el Río Sonora. Originalmente contaba con una capacidad de almacenamiento al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) de 150 millones de m³; sin embargo, actualmente se sabe que su capacidad de almacenamiento ha disminuido a los 130.2 millones de m³.

De acuerdo al estudio realizado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)⁹, la presa El Molinito consiste esencialmente de una cortina de materiales graduados que cierra el cauce y forma un embalse con capacidad de 272 Hm³, una obra de toma del tipo de torre de operación y conducto para descargar un gasto máximo de 326 m³/s, contemplada en la ladera izquierda.

El vaso consiste en rocas ígneas piroclásticas y sedimentarias de origen continental y de plataforma, representadas por riolitas tobas ácidas, basaltos, calizas y conglomerados, que están parcialmente cubiertas en las partes bajas por depósitos de talud y acarreo.

Las rocas que constituyen la boquilla son de origen sedimentario con potentes afloramientos de caliza silicificada de coloración gris oscura en las caras expuestas. En ambas laderas la boquilla presenta simetría geológica y asimetría en el aspecto topográfico. En la zona del cauce aparecen arenas cuarcitas de grano grueso y escasas gravas, que están cubiertas hacia la ladera izquierda por una terraza aluvial de material limpio de espesores variables entre 1.20 y 1.50 m. En la ladera derecha afloran rocas del mismo origen que las correspondientes a la ladera opuesta y conservan sus propiedades petrográficas, no así las estructurales, que han sido afectadas intensamente por un intrusivo granítico. En esta ladera se han inferido una serie de fallas locales que producen altas permeabilidades y baja calidad de la roca hasta llegar a la trituración.

Sobre la calidad química del agua almacenada en la presa El molinito destaca el estudio realizado en 2006 por el Instituto Tecnológico de Sonora¹⁰

⁹ Estudio sobre normas de operación en las presas-acuíferos de la cuenca del Río Sonora, en varias localidades, en varios municipios, en el Estado de Sonora (primera parte). Contrato CEA-ED-PR-EST-05-024. Instituto de Ingeniería, UNAM

¹⁰ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora.

En este estudio se reporta que se realizaron dos campañas de muestreo (Monitoreo 1: Septiembre – Octubre y Monitoreo 2: Noviembre – Diciembre), en diversos sitios de las principales corrientes superficiales de la cuenca del Río Sonora, incluyendo el agua de la Presa El Molinito y de la Presa Abelardo Rodríguez, con el fin de analizar parámetros fisicoquímicos, iones mayores y metales pesados.

En lo que respecta al objeto que nos ocupa en este estudio (Calidad de las aguas de la presa El Molinito) en el citado estudio se afirma, literalmente, lo siguiente:

- “se observa una *pequeña* acumulación de Hierro de 1.907mg/l en la presa Abelardo Rodríguez Lujan en el monitoreo 1 y 1.560 mg/l en la presa El Molinito en el monitoreo 2”
- “también se observa una *pequeña* acumulación de Manganeso de 1.513 mg/l en la presa Abelardo Rodríguez Lujan en el monitoreo 1 y 1.665 mg/l en la presa El Molinito en el monitoreo 2.

III. INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PRESA EL MOLINITO, CONSIDERANDO LOS DATOS GENERADOS POR LABORATORIOS ABC QUÍMICA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS¹¹

3.1 Muestreo sistemático a partir de la contingencia del pasado 06 de agosto de 2104.

En la Tabla 3.1 y Figura 3.1 se presentan los sitios muestreados en la Presa El Molinito.

En Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis se determinaron las concentraciones totales de 13 metales: aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), antimonio (Sb) y zinc (Zn).

Coordenadas		Clave	Descripción
X	Y		
528268	3233152	MET-058	BOQUILLA OREGANO
527570	3232495	MET-059	MOLINITO VASO 1
527510	3231901	MET-060	MOLINITO VASO 2
526649	3231730	MET-061	MOLINITO OBRA DE TOMA

Tabla 3.1. Coordenadas de los sitios de toma de muestras de agua en la Presa El Molinito (Muestra realizado por el laboratorio acreditado ABC)



Figura 3.1. Ubicación de los sitios de toma de muestras de agua en la Presa El Molinito (Muestra realizado por el laboratorio acreditado ABC)

¹¹ ABC es el laboratorio acreditado que ha estado a cargo del muestreo y análisis de los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos) de la sub-cuenca del Río Sonora, para valorar el impacto del derrame del pasado 06 de agosto de 2014 del Represo Tinajas 1, de la empresa Buena Vista del Cobre.

3.2 Resultados analíticos del laboratorio ABC del muestreo de agua en la presa El Molinito a diferentes profundidades (columna de agua)

En esta sección se interpretan datos de un total aproximado de 192 muestras de agua de la Presa El Molinito que se tomaron en tres profundidades (superficie, medio y fondo) y que fueron muestreadas quincenalmente en el periodo entre el 28/10/2014 y 09/04/2015. Así mismo se analizó la muestra compuesta correspondiente.

Se analizaron las concentraciones solubles y totales de los metales de interés¹²

Concentración soluble: Para determinar las concentraciones solubles de los metales de interés las muestras de aguas se filtran en campo y luego se les agrega ácido nítrico concentrado para lograr un valor de pH menor a 2.0.

Concentración total: Las concentraciones totales incluyen las concentraciones de los metales disueltos en el agua más las concentraciones de éstos en las partículas suspendidas. Para determinar las concentraciones totales, en el campo las muestras de aguas sin filtrar se preservan con ácido nítrico concentrado, para lograr un valor de pH menor a 2.0; con lo cual se disuelven los metales contenidos en el material particulado del agua de los cuerpos de agua estudiados.

A) Resultados de la concentración soluble

A.1) Arsénico (As), antimonio (Sb), bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro o(Fe), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn).

En el caso de las concentraciones solubles en ninguna de las muestras se superó el límite máximo permisible de la NOM-127¹³ para arsénico (As), antimonio (Sb), bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro o(Fe), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn).

A.2) Aluminio (Al)

En el caso del aluminio (Al) se supera el límite permisible de la NOM 127 (Límite Al = 0.2 mg/L) en una sola muestra que corresponde a la muestras del fondo

¹² aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), antimonio (Sb) y zinc (Zn).

¹³ Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles (mg/L): Al = 0.2, As = 0.025, Ba = 0.7, Cd = 0.005, Cu = 2.0, Cr = 0.05, Fe = 0.3, Mn = 0.15, Hg = 0.001, Pb = 0.01, Zn = 5. En el caso del Sb y Ni que no están regulados en México, se toman los límites de la Organización Mundial de la salud (mg/L): Sb = 0.02 y Ni = 0.02

(MET.061 profundo (14 m)) con una concentración de Al soluble de 0.422 mg/L, lo que corresponde al 1.9% del total de muestras analizadas (n = 192).

Es importante resaltar que en esta muestra se determinaron valores de pH de 7.57 y los mayores valores de Sólidos totales suspendidos (96 mg/L) y la mayor turbiedad (60 UNT).

Considerando que a este valor de pH, el aluminio debe estar en precipitado y considerando, también, los elevados valores de SST y Turbiedad, se puede concluir que esta concentración "soluble" corresponde a "concentración total"

A.3) Manganeso (Mn)

En el caso del manganeso soluble, en el 10.4% (n = 20 muestras) del total de muestras (n = 192 muestras) se supera el límite de la NOM-127. (Tabla 3.2).

De las muestras que superan el límite de Mn de la NOM-127 (límite Mn = 0.15 mg/L), 13 corresponden a las muestras del fondo de la presa (profundidad mayor a 8.7 m), 3 a la parte media (a más de 6 m de profundidad); y 4 corresponden a las muestras compuestas.

Las muestras que superan el límite de Mn de la NOM-127 corresponden a las últimas fechas de muestreo (24/02/2015, 11/03/2015, 30/03/2015 y 09/04/2015) y en general se localizan en el fondo de la presa (Figura 3.2).

Estas concentraciones solubles de Mn, que superaron el límite de NOM-127, son inferiores a la concentración de Mn determinada en 2006, en el agua de la presa "El Molinito" que fue de 1.66 mg/L, de acuerdo a lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora¹⁴.

¹⁴ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora

Identificación	Fecha Muestreo	Mn soluble, mg/L
Fondo de la presa: a más de 8.7 m de profundidad		
MET - 058 FONDO (8.80m)	11/03/2015	0.270
MET-058 FONDO (8.70m)	09/04/2015	0.235
MET-059 FONDO (11.55m)	24/02/2015	0.205
MET - 059 FONDO (11.80m)	11/03/2015	0.163
MET-059 FONDO (11.60m)	30/03/2015	0.274
MET-059 FONDO (11.70m)	09/04/2015	0.330
MET-060 FONDO (12.55m)	24/02/2015	0.257
MET-060 FONDO (12.40m)	30/03/2015	0.357
MET-060 FONDO (12.50m)	09/04/2015	0.284
MET-061 FONDO (13.55m)	24/02/2015	0.363
MET - 061 FONDO (13.90m)	11/03/2015	0.258
MET-061 FONDO (13.8m)	30/03/2015	0.215
MET-061 FONDO (13.60m)	09/04/2015	0.257
Parte media de la presa: a más de 6.0 m de profundidad		
MET-059 MEDIA (6.05m)	30/03/2015	0.197
MET-059 MEDIO (6.10m)	09/04/2015	0.211
MET-060 MEDIO (6.50m)	09/04/2015	0.160
Muestra Compuesta		
MET-059 COMPUESTA	30/03/2015	0.158
MET-060 COMPUESTA	30/03/2015	0.159
MET-059 COMPUESTA	09/04/2015	0.186
MET-060 COMPUESTA	09/04/2015	0.155

Tabla 3.2 Concentración soluble de manganeso (Mn) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Mn de la NOM-127 (Límite = 0.15 mg/L)

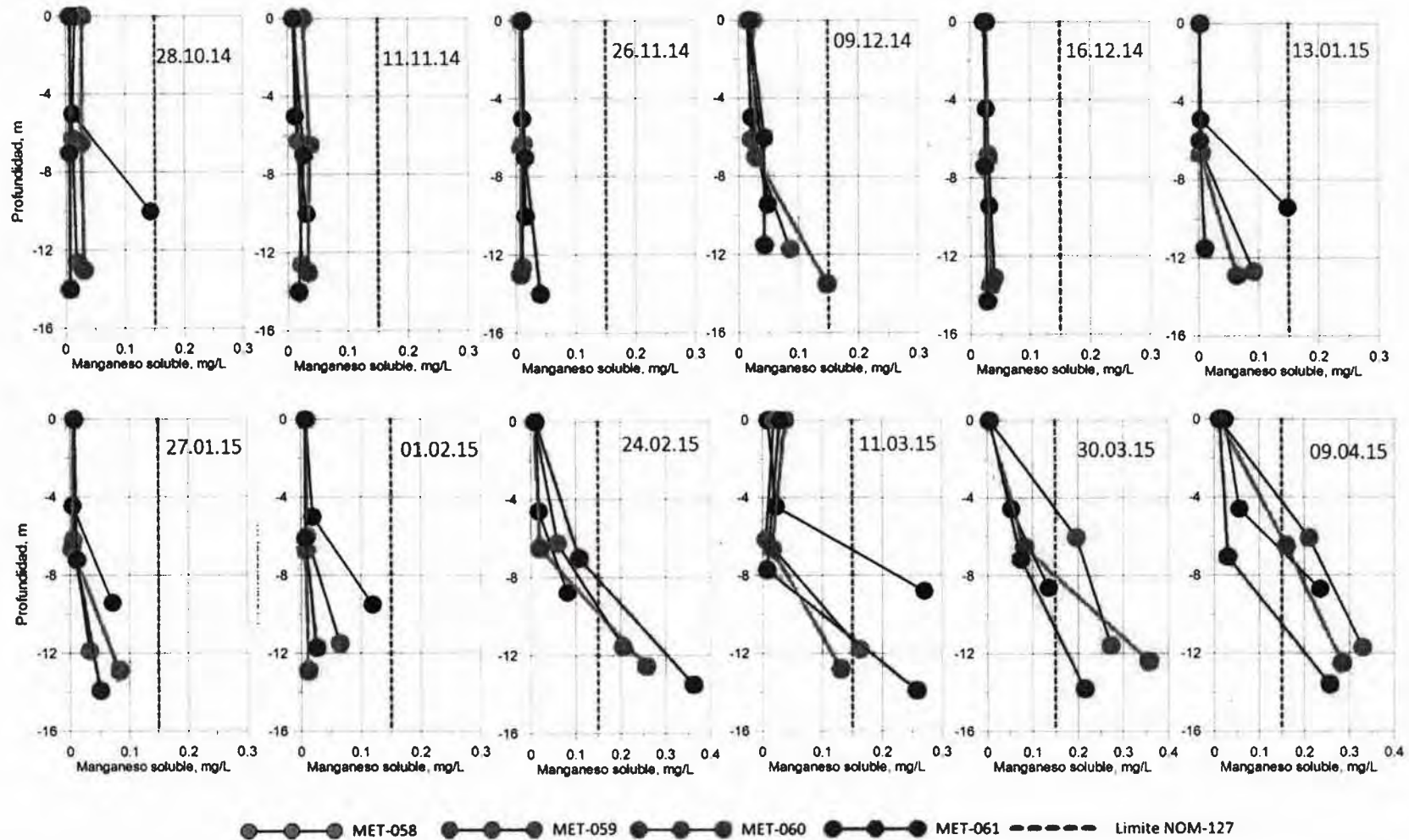


Figura 3.2 Comportamiento de la concentración soluble de manganeso (Mn) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Mn de la NOM-127 (Limite = 0.15 mg/L)

B) Concentración Total

B.1) Bario (Ba), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg) y Zinc (Zn)

En el caso de las concentraciones totales en ninguna de las muestras se superó el límite máximo permisible de la NOM-127¹⁵ para bario (Ba), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg) y zinc (Zn).

B.2) Arsénico

En el caso del arsénico (As) se supera ligeramente límite, de la NOM-127 (límite As = 0.025 mg/L), en una sola muestra tomada el 01/02/2015 (MET-061 fondo, a 11.7 m de profundidad) en la cual se determinó una concentración de As total de 0.027 mg/L.

Asumiendo que no hay errores de muestreo, preparación de muestras y procedimiento analítico, estos resultados indican que en el 99.5% de las muestras no se supera el límite, mientras que en el 0.5% se supera.

B.3) Aluminio (Al)

En el caso del aluminio total, en el 8.8% (n = 17 muestras) se supera el límite de la NOM-127 (Tabla 3.3).

De las muestras que superan el límite de Al de la NOM-127 (límite Al = 0.2 mg/L), 10 corresponden a la muestra del fondo de la presa (profundidad mayor a 9.4 m), 3 a la parte media (a más de 6 m de profundidad) y 4 corresponden a las muestras compuestas

Es importante señalar que no existen datos sobre la concentración soluble de aluminio en el agua de la presa El Molinito, anterior al derrame que permita valorar si estas concentraciones están o no asociadas a dicho derrame.

En la Figura 3.3 se puede observar el comportamiento de las concentraciones de aluminio total. Las muestras que superan el límite de Al de la NOM-127, en general, corresponden a fondo de la presa.

¹⁵ Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles (mg/L): Al = 0.2, As = 0.025, Ba = 0.7, Cd = 0.005, Cu = 2.0, Cr = 0.05, Fe = 0.3, Mn = 0.15, Hg = 0.001, Pb = 0.01, Zn = 5. En el caso del Sb y Ni que no están regulados en México, se toman los límites de la Organización Mundial de la salud (mg/L): Sb = 0.02 y Ni = 0.02

Identificación	Fecha Muestreo	Al total, mg/L
Fondo de la presa: a más de 9.4 m de profundidad		
MET-058-(FONDO 9.40 m)	13/01/2015	0.205
MET - 058 - (FONDO 9.50m)	01/02/2015	0.237
MET-059-PROFUNDO	28/10/2014	0.288
MET-059-PROFUNDA	11/11/2014	0.506
MET-059-(FONDO 12.70 m)	13/01/2015	0.692
MET-060-(FONDO 12.90 m)	13/01/2015	0.300
MET-060-(FONDO 12.9m)	27/01/2015	0.257
MET-061 PROFUNDO (14m)	26/11/2014	0.484
MET-061-(FONDO 11.5 m)	13/01/2015	0.249
MET - 061 - (FONDO 11.70m)	01/02/2015	0.805
Parte media de la presa: a más de 6.0 m de profundidad		
MET-059-MEDIA	11/11/2014	0.226
MET-061-MEDIA	11/11/2014	0.215
MET-060-(MEDIO 6.70 m)	13/01/2015	0.247
Muestra Compuesta		
MET-059-COMPUESTA	11/11/2014	0.201
MET-059-(COMPUESTA)	13/01/2015	0.343
MET-061 COMPUESTA	26/11/2014	0.378
MET - 061 - (COMPUESTO)	01/02/2015	0.432

Tabla 3.3 Concentración total de aluminio (Al) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Al de la NOM-127 (Límite = 0.2 mg/L)

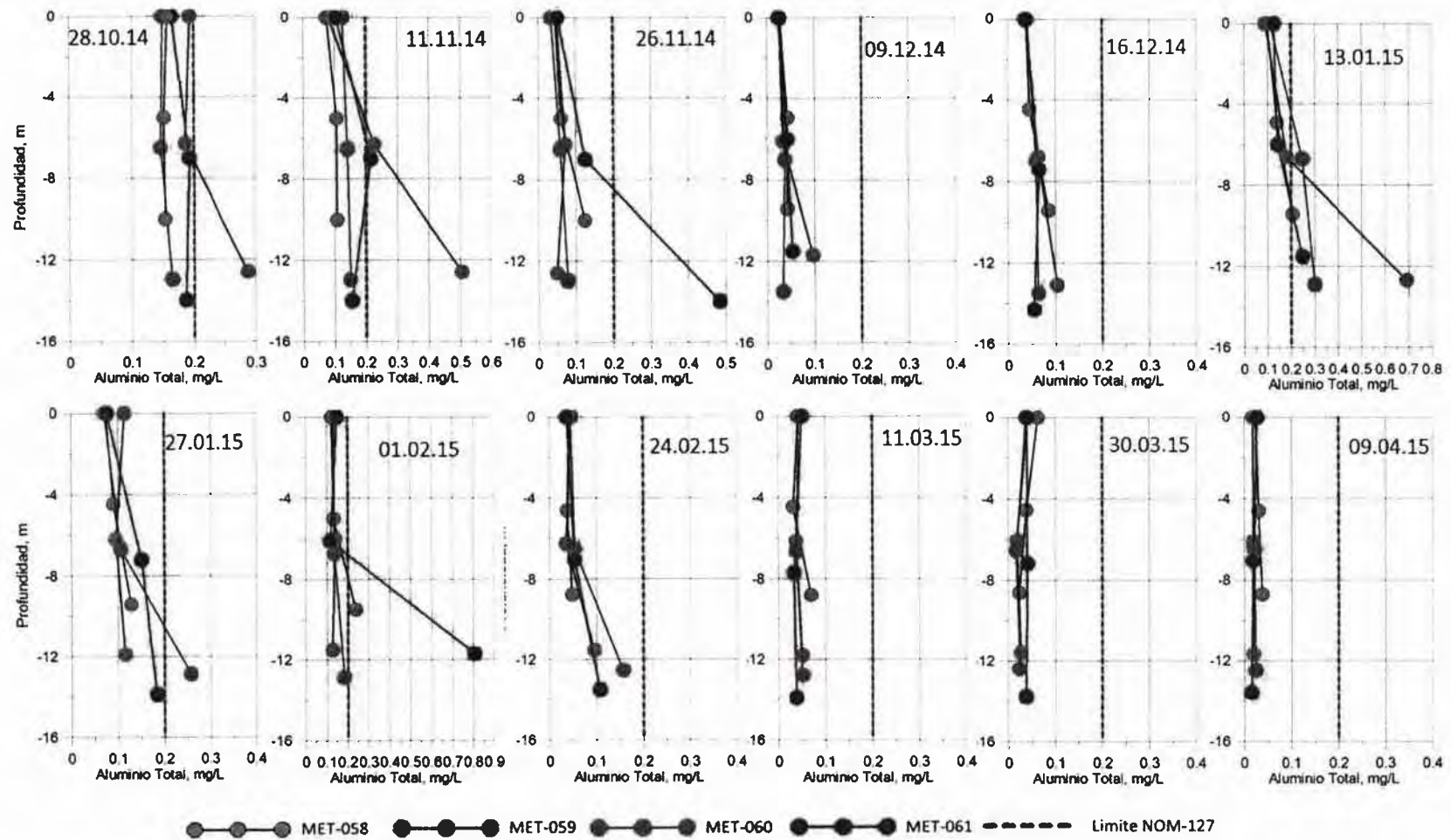


Figura 3.3 Comportamiento de la concentración total de aluminio (Al) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Mn de la NOM-127 (Límite = 0.2 mg/L)

B.4) Hierro (Fe)

En el caso del hierro total, en el 3.1% (n = 6 muestras) se supera el límite de la NOM-127 (Tabla 3.4).

De las muestras que superan el límite de Fe de la NOM-127 (límite AI = 0.3 mg/L), 3 corresponden a la muestra del fondo de la presa (profundidad mayor a 11.7 m), 2 a la parte media (a más de 4.5 m de profundidad) y 1 corresponden a las muestras compuestas

Con excepción de 1 muestras, estas concentraciones de Fe total son inferiores a las determinadas en 2006 (que fue de 1.56 mg/L) de acuerdo a lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora¹⁶.

En la Figura 3.4 se puede observar el comportamiento de las concentraciones de hierro (Fe) total. Las muestras que superan el límite de Fe de la NOM-127, en general, corresponden a fondo de la presa.

Identificación	Fecha Muestreo	Fe total, mg/L
Fondo de la presa: a más de 11.7 m de profundidad		
MET-059-(FONDO 12.70 m)	13/01/2015	0.5614
MET-061 PROFUNDO (14m)	26/11/2014	0.4075
MET - 061 - (FONDO 11.70m)	01/02/2015	0.5273
Parte media de la presa: a más de 4.55 m de profundidad		
MET-058 MEDIA (4.55m)	30/03/2015	1.8663
MET-060 MEDIO (6.50m)	09/04/2015	0.4672
Muestra Compuesta		
MET-061 COMPUESTA	26/11/2014	0.3516

Tabla 3.4 Concentración total de hierro (Fe) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Fe de la NOM-127 (Límite = 0.3 mg/L)

¹⁶ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora

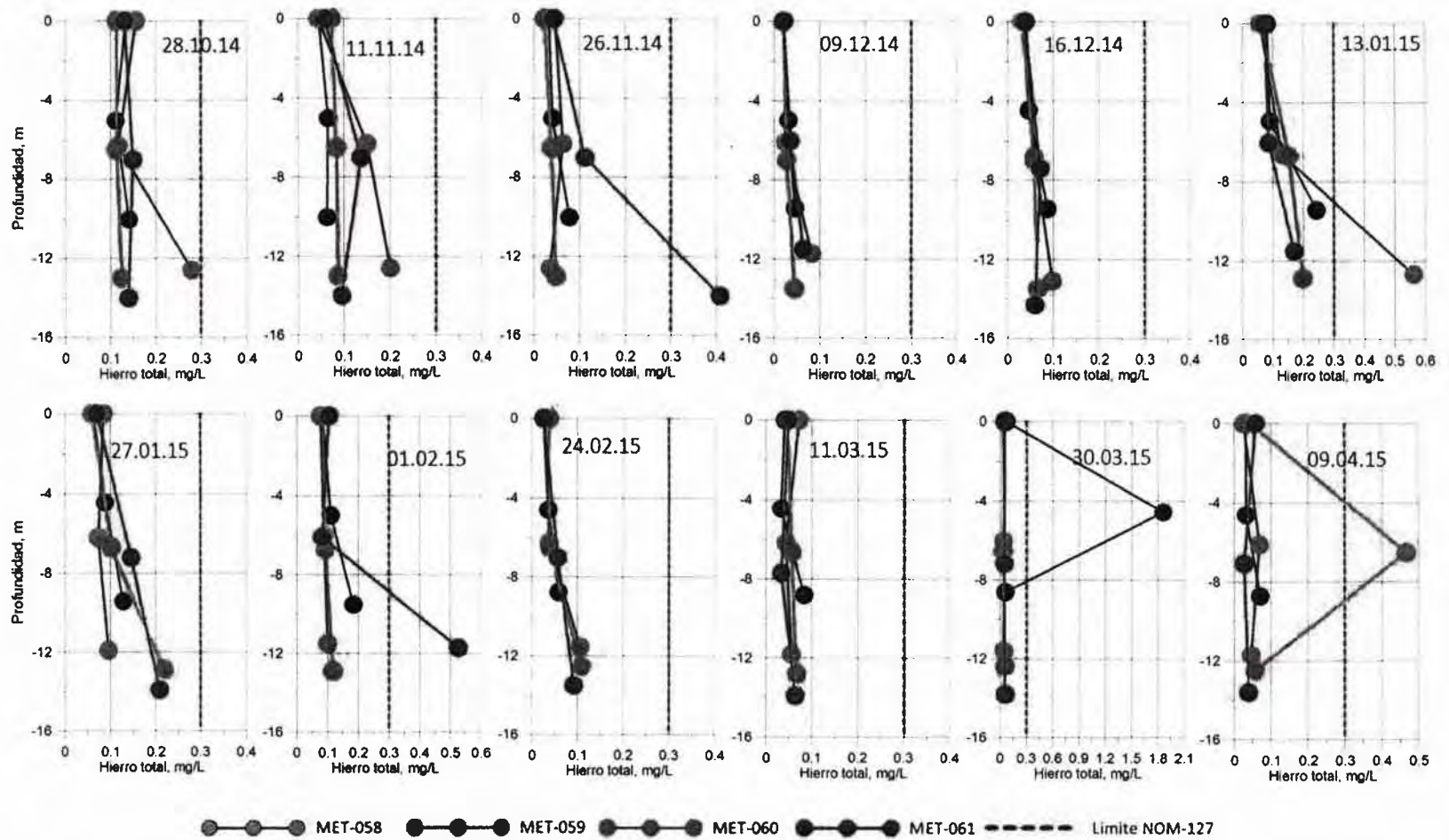


Figura 3.4 Comportamiento de la concentración total de hierro (Fe) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Mn de la NOM-127 (Límite = 0.3 mg/L)

B.5) Manganeso (Mn)

En el caso del manganeso total, en el 19.3% (n = 37 muestras) se supera el límite de la NOM-127 (Tabla 3.5).

De las muestras que superan el límite de Mn de la NOM-127 (límite Mn = 0.15 mg/L), 27 corresponden a la muestra del fondo de la presa (profundidad mayor a 8.7 m), 3 a la parte media (a más de 6.0 m de profundidad) y 7 corresponden a las muestras compuestas

En la Figura 3.5 se puede observar el comportamiento de las concentraciones de manganeso total. Las muestras que superan el límite de Mn de la NOM-127, en general, corresponden a fondo de la presa.

Estas concentraciones solubles de Mn, que superaron el límite de NOM-127, son inferiores a la concentración de Mn determinada en 2006, en el agua de la presa "El Molinito" que fue de 1.66 mg/L, de acuerdo a lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora¹⁷.

B.6) Antimonio (Sb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y plomo (Pb)

En el caso del antimonio (Sb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y plomo (Pb) se superaron los respectivos límites de la NOM-127 en las 16 muestras de los cuatro sitios (MET-058, MET-059, MET-060, MET-061,) en todas las profundidades (superficie, medio y fondo), que se tomaron el 01/02/2015 (Tabla 3.6), que lleva a pensar en un posible error en el muestreo, preparación de muestras y/o procedimiento analítico.

¹⁷ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora

Identificación	Fecha Muestreo	Mn total, mg/L
Fondo de la presa: a más de 8.7 m de profundidad		
MET-058-PROFUNDO	28/10/2014	0.1632
MET-058-(FONDO 9.40 m)	13/01/2015	0.177
MET-058-(FONDO 9.40m)	27/01/2015	0.2394
MET - 058 - (FONDO 9.50m)	01/02/2015	0.2329
MET - 058 FONDO (8.80m)	11/03/2015	0.3038
MET-058 FONDO (8.60m)	30/03/2015	0.16324
MET-058 FONDO (8.70m)	09/04/2015	0.2933
MET-059-(FONDO 12.70 m)	13/01/2015	0.1625
MET-059-(FONDO 11.90m)	27/01/2015	0.1558
MET - 059 - (FONDO 11.5m)	01/02/2015	0.1857
MET-059 FONDO (11.55m)	24/02/2015	0.3606
MET - 059 FONDO (11.80m)	11/03/2015	0.2479
MET-059 FONDO (11.60m)	30/03/2015	0.32624
MET-059 FONDO (11.70m)	09/04/2015	0.3994
MET-060-(FONDO 13.5m)	09/12/2014	0.1825
MET-060-(FONDO 12.9m)	27/01/2015	0.286
MET-060 FONDO (12.55m)	24/02/2015	0.2792
MET - 060 FONDO (12.80m)	11/03/2015	0.2149
MET-060 FONDO (12.40m)	30/03/2015	0.40499
MET-060 FONDO (12.50m)	09/04/2015	0.3577
MET-061 PROFUNDO (14m)	26/11/2014	0.1704
MET-061-(FONDO 13.90m)	27/01/2015	0.1633
MET - 061 - (FONDO 11.70m)	01/02/2015	0.1659
MET-061 FONDO (13.55m)	24/02/2015	0.3846
MET - 061 FONDO (13.90m)	11/03/2015	0.3147
MET-061 FONDO (13.8m)	30/03/2015	0.28794
MET-061 FONDO (13.60m)	09/04/2015	0.3143
Parte media de la presa: a más de 6.0 m de profundidad		
MET-059 MEDIA (6.05m)	30/03/2015	0.235
MET-060 MEDIO (6.50m)	09/04/2015	0.1986
MET-059 MEDIO (6.10m)	09/04/2015	0.2604
Muestra Compuesta		
MET - 058 - (COMPUESTO)	01/02/2015	0.7108
MET-059 COMPUESTA	30/03/2015	0.17988
MET-059 COMPUESTA	09/04/2015	0.2251
MET-060 COMPUESTA	30/03/2015	0.17844
MET-060 COMPUESTA	09/04/2015	0.196
MET-061 COMPUESTA	24/02/2015	0.1651
MET-061 COMPUESTA	09/04/2015	0.1593

Tabla 3.5 Concentración total de manganeso (Mn) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Mn de la NOM-127 (Límite = 0.15 mg/L)

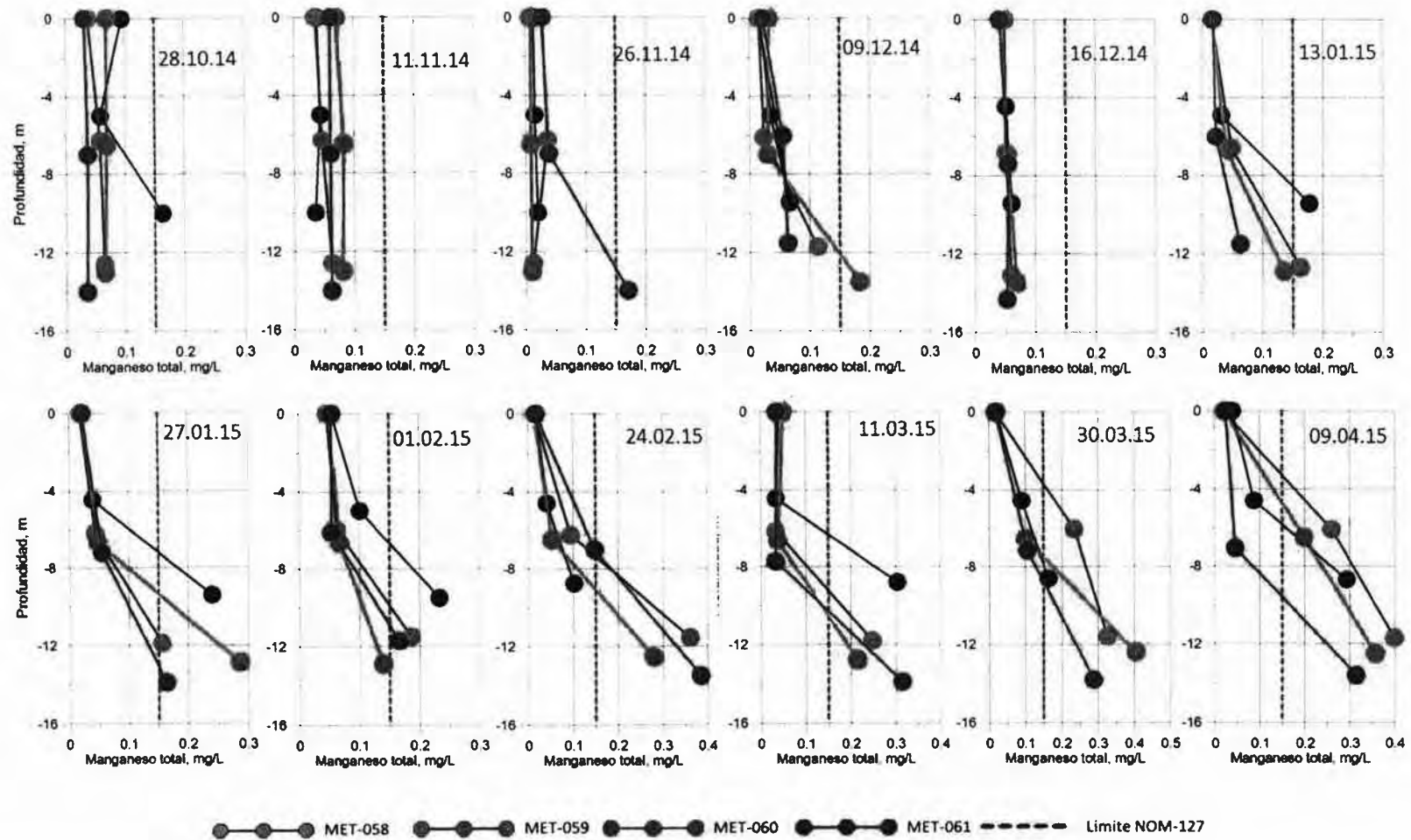


Figura 3.5 Comportamiento de la concentración total de manganeso (Mn) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Mn de la OMS (Límite = 0.15 mg/L)

Orden	Identificación	Fecha Muestreo	Sb total, mg/L	Cd total, mg/L	Ni total, mg/L	Pb total, mg/L
113	MET - 058 - (SUPERFICIAL)	01/02/2015	0.0332	0.0265	0.0252	0.023
114	MET - 058 - (MEDIO 5.0m)	01/02/2015	0.0366	0.0267	0.0254	0.0237
115	MET - 058 - (FONDO 9.50m)	01/02/2015	0.034	0.0267	0.0253	0.0229
116	MET - 058 - (COMPUESTO)	01/02/2015	0.0342	0.0288	0.0409	0.0235
117	MET - 059 - (SUPERFICIAL)	01/02/2015	0.0326	0.0265	0.025	0.0214
118	MET - 059 - (MEDIO 6.0m)	01/02/2015	0.0358	0.0266	0.0252	0.0238
119	MET - 059 - (FONDO 11.5m)	01/02/2015	0.0346	0.0266	0.0256	0.0213
120	MET - 059 - (COMPUESTO)	01/02/2015	0.0348	0.0267	0.0251	0.0219
121	MET - 060 - (SUPERFICIAL)	01/02/2015	0.0346	0.0265	0.0251	0.0227
122	MET - 060 - (MEDIO 6.70m)	01/02/2015	0.0342	0.0266	0.0248	0.0228
123	MET - 060 - (FONDO 12.9m)	01/02/2015	0.0354	0.0267	0.0252	0.0216
124	MET - 060 - (COMPUESTO)	01/02/2015	0.0361	0.0266	0.0251	0.0209
125	MET - 061 - (SUPERFICIAL)	01/02/2015	0.0353	0.0266	0.0253	0.0218
126	MET - 061 - (MEDIO 6.10m)	01/02/2015	0.0357	0.0266	0.0251	0.0229
127	MET - 061 - (FONDO 11.70m)	01/02/2015	0.033	0.0266	0.0259	0.0238
128	MET - 061 - (COMPUESTO)	01/02/2015	0.0349	0.0266	0.0253	0.0224

Nota: Obsérvese que se superaron los respectivos límites de la NOM-127 en las 16 muestras de los cuatro sitios (MET-058, MET-059, MET-060, MET-061,) en todas las profundidades (superficie, medio y fondo), que se tomaron el 01/02/2015 (Tabla 3.6), lo que lleva a pensar en un posible error en el muestreo, preparación de muestras y/o procedimiento analítico.

Tabla 3.6 Concentración total de antimonio (Sb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y plomo (Pb) en los sitios de muestreo de la presa El Molinito, donde se supera el límite permisible de Mn de la NOM-127 (Límite Sb = 0.15 mg/L, Cd = 0.005 mg/L, Ni = 0.02 mg/L y Pb = 0.01 mg/L)

IV. PROSPECCIÓN HIDRO-GEOQUÍMICA DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM PARA LA VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE SEDIMENTOS Y AGUA DE LA PRESA EL MOLINITO

4.1 Batimetría

En marzo de 2015 se realizó la batimetría de la presa El Molinito con el fin de planear los muestreos de sedimentos y agua, en diferentes profundidades.

En la Figura 4.1 se muestra el resultado de la batimetría. Se puede apreciar que en la entrada del Río Sonora (parte NE) y del Arroyo La Junta (parte Sur) Las profundidades varían entre 0 y 6 m. Hacia el centro de la presa, y hasta la cortina, aumenta la profundidad hasta desde los 12 m hasta casi 18 en las parte más cercanas a la cortina. Es importante destacar que parte del extremo NE, por donde entra el Río Sonora, es de reciente inundación.

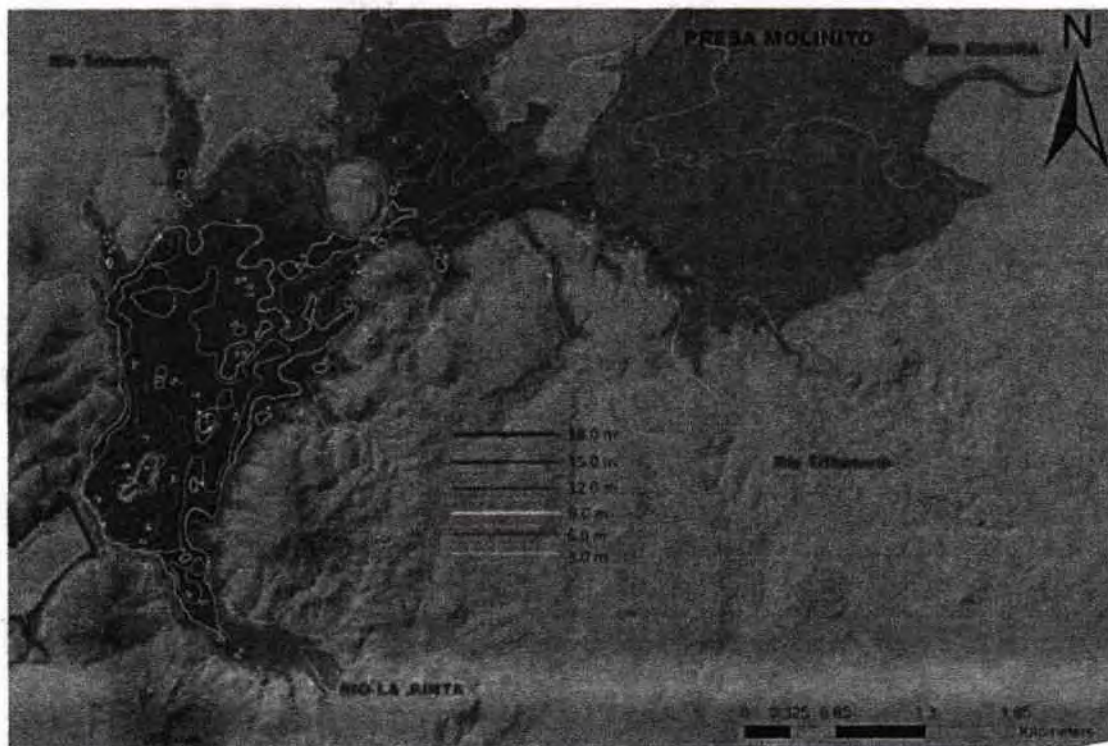


Figura 4.1 Batimetría de la presa El Molinito, Marzo de 2015

4.2 Calidad de sedimentos de la presa El Molinito

4.2.1. Muestreo

En marzo de 2015 se tomaron 20 muestras de sedimentos del fondo de la Presa El Molinito, cuya ubicación se muestra en la Figura 4.2.

Así mismo, se colectaron 6 muestras de sedimentos y 1 de roca en la entrada sur de la presa El Molinito, en el denominado Arroyo La Junta. Las muestras de sedimentos del Arroyo La Junta corresponden a tres zanjas donde se colectaron, en cada una, una muestra superficial (0-5 cm) y una sub-superficial (25 cm).

En el Anexo I.1 y I.2 se presenta el informe de muestreo y la cadena de custodia, respectivamente.

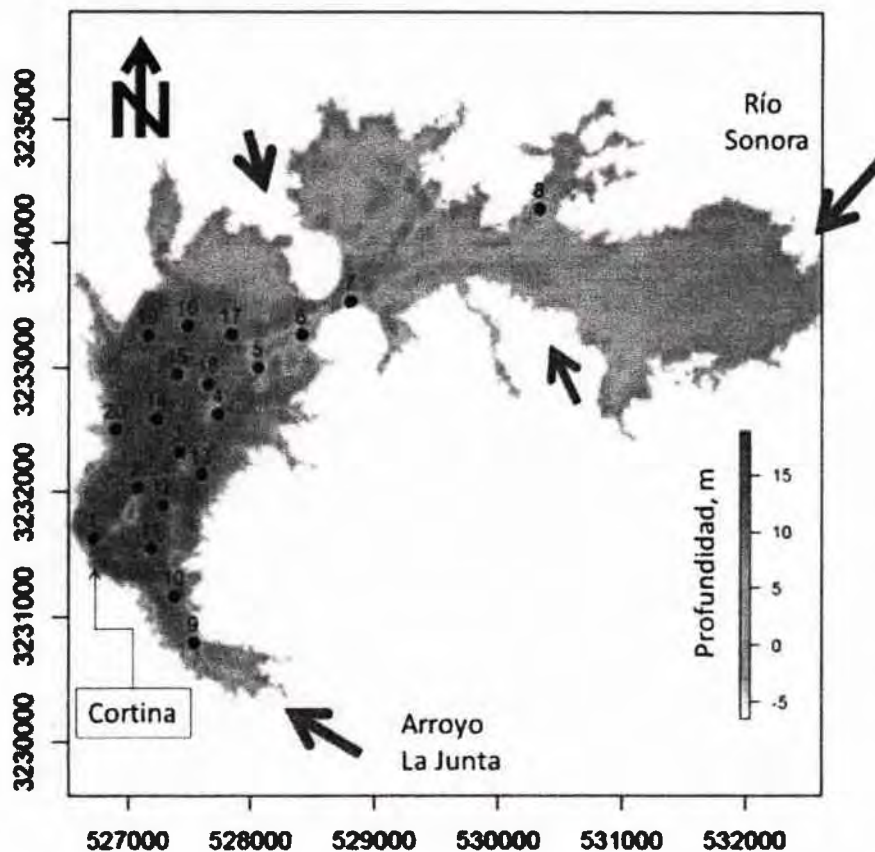


Figura 4.2 Ubicación de sedimentos muestreados en la presa El Molinito

4.2.2 Elementos mayores en los sedimentos de la Presa El Molinito

Se denominan elementos mayores los que están presentes de manera natural en altas concentraciones (> 0.1%) en la corteza terrestre (rocas, suelos, sedimentos) y controlan la cristalización de los minerales petrogenéticos en las rocas.

Los análisis de los elementos mayores se realizaron en el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la UNAM, utilizando la técnica de fluorescencia de rayos x, con un espectrómetro RIGAKU, PRIMUS II.

Los resultados se presentan en la Tabla 4.1a. Como puede observarse los elementos mayoritarios predominantes son Si (50.85 – 54.34 % como SiO₂), Al (16.42 – 19.06 % como Al₂O₃). En menor cantidad se determinaron Ca (2.59 – 5.84% como CaO), Na (0.61 – 0.93 % como Na₂O) y K (2.62 – 3.25% como K₂O). También destaca la presencia de Fe (5.58 – 6.25 % como Fe₂O₃) y Mn (0.10 – 0.16 % como MnO), en concentraciones importantes. En el Anexo I.3 se presenta el informe oficial del laboratorio.

La presencia de estos elementos mayores predominantes es congruente con la mineralogía de las rocas reportadas en el vaso de la Presa El Molino¹⁸: rocas ígneas piroclásticas y sedimentarias de origen continental y de plataforma, representadas por riolitas, tobas ácidas, calizas y conglomerados; lo que apunta a su origen natural.

Sobre el origen natural de los elementos mayores en los sedimentos de la Presa El Molinito se pueden destacar los siguientes argumentos:

- a) Las concentraciones de los elementos mayores de los sedimentos y de una muestra de roca en el Arroyo La Junta (Tabla 4.1b), que drena a la presa El Molinito por la partes sur, son similares a las de los sedimentos del fondo de la presa (Tabla 4.1a)
- b) En los sedimentos del fondo de la Presa El Molinito los valores de conductividad eléctrica (CE) son relativamente bajos y varían entre 123.6 µS/cm y 306.0 µS/cm (Tabla 4.2); que son similares a los valores de CE de las muestras del Arroyo La Junta (51.3 – 526 µS/cm) y muy inferiores a los valores de CE de los sedimentos impactados por el derrame de la solución ácida de la empresa Buena Vista del Cobre. Al respecto es importante destacar que en el Informe de Avances 2, se documentó que los sedimentos impactados por el derrame de la solución ácida de la empresa Buena Vista del Cobre, se caracterizan por valores altos de conductividad eléctrica (promedio = 799 µS/cm, ver Informe de avances 2)

¹⁸ Estudio sobre normas de operación en las presas-acuíferos de la cuenca del Río Sonora, en varias localidades, en varios municipios, en el Estado de Sonora (primera parte). Contrato CEA-ED-PR-EST-05-024. Instituto de Ingeniería, UNAM

MUESTRA	pH	CE [μ S/cm]
Sedimentos Fondo Molinito		
SdMo-01	8.4	160.6
SdMo-02	8.3	193
SdMo-03	8.2	223
SdMo-04	8.3	158.7
SdMo-05	8.1	238
SdMo-06	8.2	260
SdMo-07	8.3	204
SdMo-08	8.2	238
SdMo-09	8.1	277
SdMo-10	8.1	299
SdMo-11	8.2	195.8
SdMo-12	8.3	157
SdMo-13	8	233
SdMo-14	8.4	146
SdMo-15	8.3	146
SdMo-16	8.3	190
SdMo-17	8.1	306
SdMo-18	8.3	169.7
SdMo-19	8.4	123.6
SdMo-20	8.2	192.2
Mínimo	8.0	123.6
Máximo	8.4	306.0
Promedio	8.2	205.5
Sedimentos Tributario La Junta (sur del Molinito)		
Sd-1A 0-5	8.5	53.6
Sd-1A 25	8.6	52.4
Sd-1B 0-5	8.4	96
Sd-1B 25	8.6	51.3
Sd-1C 0-5	8.3	175.3
Sd-1C 25	8.5	51.9
RMo-1 (Roca)	9	526
Mínimo	8.3	51.3
Máximo	9.0	526.0
Promedio	8.6	143.8

Tabla 4.2 Valores de pH en muestras de sedimentos del fondo de la Presa El Molinito y del Arroyo La Junta que drena a la Presa El Molinito por la parte sur

Clave		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Campo	Mapa	mass%									
SdMo-01	1	51.52	0.56	18.15	6.23	0.15	3.00	4.29	0.62	2.86	0.18
SdMo-02	2	51.86	0.57	18.19	6.25	0.15	2.98	4.39	0.63	2.87	0.18
SdMo-03	3	51.19	0.58	17.74	6.05	0.15	2.95	4.83	0.64	2.80	0.18
SdMo-04	4	52.19	0.59	17.89	6.02	0.15	2.96	4.43	0.72	2.86	0.19
SdMo-05	5	51.38	0.60	17.35	5.94	0.13	2.89	4.84	0.74	2.84	0.21
SdMo-06	6	52.65	0.65	17.03	5.59	0.11	2.76	5.46	0.86	2.84	0.19
SdMo-07	7	53.00	0.60	18.19	6.03	0.13	2.93	3.98	0.82	3.04	0.20
SdMo-08	8	53.54	0.55	19.06	6.11	0.14	2.90	2.59	0.89	3.25	0.20
SdMo-09	9	52.35	0.67	16.42	5.89	0.10	2.84	5.84	0.86	2.62	0.22
SdMo-10	10	51.68	0.63	17.09	5.99	0.15	2.86	5.54	0.74	2.73	0.20
SdMo-11	11	51.46	0.56	18.25	6.24	0.16	2.92	4.15	0.61	2.85	0.19
SdMo-12	12	51.32	0.56	18.08	6.12	0.15	2.98	4.40	0.63	2.82	0.18
SdMo-13	13	51.54	0.58	17.93	6.17	0.15	2.91	4.72	0.64	2.84	0.18
SdMo-14	14	52.65	0.58	17.97	6.06	0.15	2.94	4.18	0.72	2.88	0.20
SdMo-15	15	52.31	0.63	17.62	6.00	0.14	2.94	4.56	0.75	2.84	0.20
SdMo-16	16	53.52	0.63	16.92	5.64	0.13	2.87	4.77	0.88	2.78	0.20
SdMo-17	17	54.34	0.70	16.60	5.58	0.11	2.83	5.14	0.93	2.79	0.21
SdMo-18	18	52.46	0.60	18.04	6.03	0.13	2.92	4.05	0.71	2.91	0.22
SdMo-19	19	51.77	0.61	17.21	5.90	0.14	2.86	5.12	0.74	2.78	0.19
SdMo-20	20	50.85	0.56	17.74	5.89	0.14	2.94	5.29	0.65	2.84	0.19
Mínimo		50.85	0.55	16.42	5.58	0.10	2.76	2.59	0.61	2.62	0.18
Máximo		54.34	0.70	19.06	6.25	0.16	3.00	5.84	0.93	3.25	0.22
Promedio		52.18	0.60	17.67	5.99	0.14	2.91	4.63	0.74	2.85	0.20

Tabla 4.1a Elementos mayores en los sedimentos de la Presa El Molinito

Clave		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Campo	Mapa	mass%									
SD-1A-05	ND	64.47	0.57	13.96	4.36	0.07	1.30	4.48	1.85	4.11	0.15
SD-1A-25cm	ND	67.54	0.49	13.93	3.45	0.06	1.06	3.84	1.98	4.46	0.13
SD-1B-05	ND	64.51	0.61	13.35	5.19	0.06	1.21	4.80	1.98	4.35	0.12
SD-1B-25cm	ND	62.79	0.63	14.34	4.19	0.07	1.43	5.78	1.85	4.47	0.13
SD-1C-05	ND	55.18	0.86	14.67	6.18	0.10	2.40	7.13	1.12	3.11	0.21
SD-1C-25cm	ND	63.74	0.65	13.71	4.89	0.08	1.36	5.26	1.89	4.32	0.12
RMO-1	ND	48.32	0.86	12.98	7.74	0.17	3.33	13.13	2.07	3.82	0.34
Mínimo		48.32	0.49	12.98	3.45	0.06	1.06	3.84	1.12	3.11	0.12
Máximo		67.54	0.86	14.67	7.74	0.17	3.33	13.13	2.07	4.47	0.34
Promedio		60.94	0.67	13.85	5.14	0.09	1.73	6.35	1.82	4.09	0.17

Tabla 4.1b Elementos mayores en los sedimentos del Arroyo La Junta que drena a la Presa El Molinito por la parte sur

4.2.3 Elementos traza en los sedimentos de la Presa El Molinito

Se denominan elementos traza (ET) 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.

Los análisis de los elementos traza 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.

Los resultados de los análisis de los análisis se presentan en la Tablas 4.3 y en el Anexo I.4 el reporte oficial del laboratorio. En esta tabla se incluyen los resultados de los elementos mayores aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn), ya reportados en la Tabla 4.1a y b; pero expresados en su forma elemental y en partes por millón (mg/kg).

Estos resultados indican que los sedimentos de la Presa El Molinito se caracterizan por el enriquecimiento de los elementos mayores que son propios de las rocas del sitio; y que las concentraciones de los elementos traza como el As, Cd, Cr, Cu, Pb y Zn son relativamente bajas y están dentro del intervalo de los valores de fondo naturales que se reportaron, en el Informe de Avances 1, para los sedimentos de la cuenca baja del Rio Sonora, considerando la base de datos generada por el Servicio Geológico Mexicano entre 1995 y 2000.

MUESTRA	Al (*)	Fe (*)	Mn (*)	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
	mg/kg								
Sedimentos Fondo Molinito									
SdMo-01	96044	43557	1154	19.2	<LOD	139.7	57.5	38.7	102.9
SdMo-02	96256	43704	1185	20	<LOD	134.9	57	38.8	102.8
SdMo-03	93906	42347	1123	17.9	<LOD	127.5	58.9	36.9	100.3
SdMo-04	94663	42123	1131	19.5	<LOD	128.9	59.6	38.7	104.6
SdMo-05	91826	41549	1038	19.3	<LOD	129.7	63.7	38.2	98.4
SdMo-06	90122	39108	829	20.3	<LOD	128.3	69.7	36.9	99.4
SdMo-07	96288	42165	1014	23.2	<LOD	142.3	79	43.1	108
SdMo-08	100887	42766	1069	26.8	<LOD	126.5	92.9	47.4	124.4
SdMo-09	86910	41164	790	48.2	<LOD	110.3	55.4	26.7	85.2
SdMo-10	90424	41927	1138	28.4	<LOD	109.8	50.2	33.7	100.7
SdMo-11	96595	43613	1200	22.1	<LOD	124.4	55.3	38.8	103
SdMo-12	95684	42829	1146	19.6	<LOD	131.4	56.2	35.8	103
SdMo-13	94885	43172	1123	18.7	<LOD	132.9	63.6	39.3	103
SdMo-14	95092	42354	1169	19.6	<LOD	141	60.6	38	99.1
SdMo-15	93260	41948	1115	18.6	<LOD	133.8	62.5	36.7	101.4
SdMo-16	89540	39451	968	17.9	<LOD	130.9	53.5	36.4	98
SdMo-17	87831	39017	867	18.4	<LOD	129.7	61.5	39.2	97.5
SdMo-18	95494	42200	983	17.6	<LOD	104.2	56.8	35.2	99.9
SdMo-19	91054	41248	1061	18.6	<LOD	130.9	58	36.1	95.3
SdMo-20	93880	41227	1092	17.6	<LOD	140.1	59.4	37.2	101.4
Mínimo	86910	39017	790	18	<LD	104	50	27	85
Máximo	100887	43704	1200	48	<LD	142	93	47	124
Promedio	93532	41873	1060	22	<LD	129	62	38	101
Sedimentos Tributario La Junta (sur del Molinito)									
Sd-1A 0-5	73891	30469	550	29.8	<LOD	107.5	35.3	11	36.7
Sd-1A 25	73700	24097	434	26.4	<LOD	116.7	34.5	13.1	47.8
Sd-1B 0-5	70668	36317	496	41	<LOD	120.5	57.3	18	18
Sd-1B 25	75902	29329	542	40.2	<LOD	104.9	40.4	12.5	37.5
Sd-1C 0-5	77622	43256	782	60.5	<LOD	108.6	59.3	15.6	58.9
Sd-1C 25	72578	34205	635	63.7	<LOD	128.5	44.1	12	27.9
RMo-1	68667	54140	1293	19.6	<LOD	183.4	138.2	<LOD	30.5
Mínimo	68667	24097	434	20	<LD	105	35	11	18
Máximo	77622	54140	1293	64	<LD	183	138	18	59
Promedio	73290	35973	676	40	<LD	124	58	14	37

Tabla 4.3 Concentración de elementos mayores (Al, Fe y Mn) y elementos traza (As, Cd, Cr, Cu, Pb y Zn) en los sedimentos de la Presa El Molinito

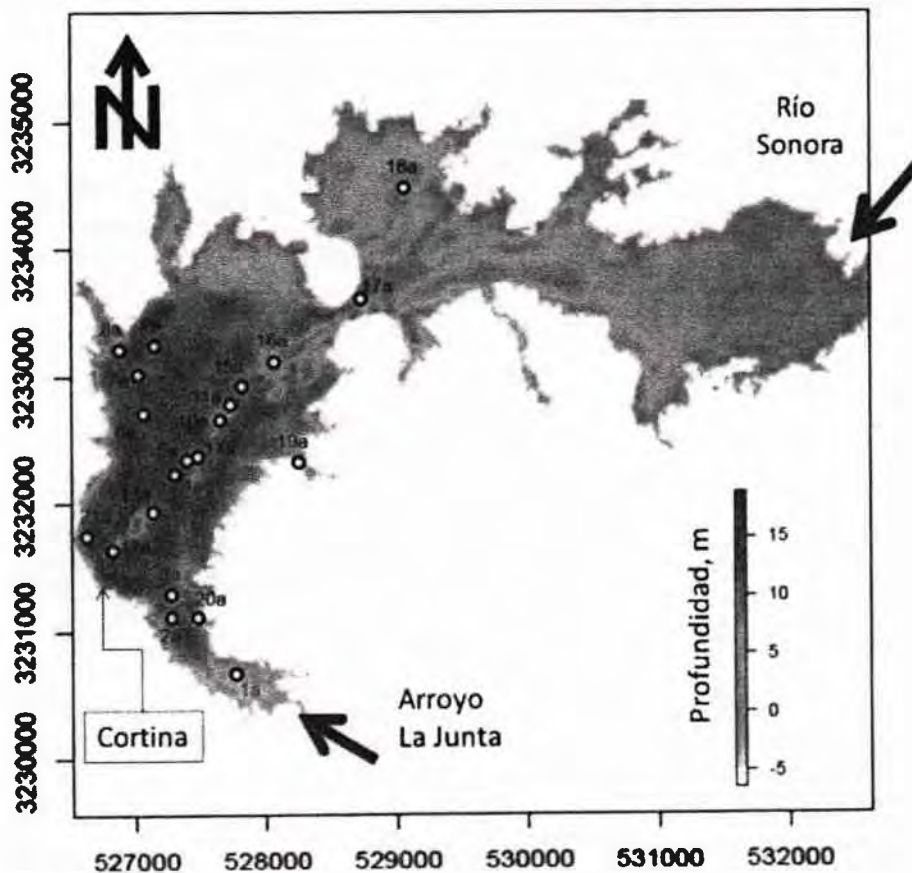
4.3 Calidad del agua de la presa El Molinito en diferentes profundidades

4.3.1 Muestreo y análisis de metales

En el periodo comprendido entre el 18 y 21 de mayo se tomaron 76 muestras de agua en diferentes profundidades de la Presa El Molinito, con el fin de determinar su calidad actual. La ubicación de estas muestras se puede observar en la Figura 4.3.

En el Anexo II.1 y II.2 se presenta el informe de muestreo y la cadena de custodia, respectivamente

Figura 4.3 Ubicación de muestras de agua en la presa El Molinito



Los análisis de los elementos traza se realizaron en el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la UNAM. Las

concentraciones totales y solubles de metales de interés¹⁹ se determinaron utilizando la técnica de Espectrometría de emisión atómica (ICP-OES), con un equipo Perkin Elemer Optima 8300.

A) Concentración soluble

Los resultados de los análisis de los análisis de la concentración soluble se presentan en la Tabla 4.4. El informe oficial del laboratorio se presenta en el Anexo II.3.

A.1) Aluminio (Al), Arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro o(Fe), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), antimonio (Sb) y zinc (Zn).

En el caso de las concentraciones solubles en ninguna de las muestras se superó el límite máximo permisible de la NOM-127²⁰ aluminio (Al), Arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro o(Fe), níquel (Ni), plomo (Pb), antimonio (Sb) y zinc (Zn).

A.2) Manganeso (Mn)

En el caso del manganeso soluble, en el 28.9% (n = 22 muestras) del total de muestras (n = 76) se supera el límite de la NOM-127.

Las muestras que superan el límite de Mn de la NOM-127 (límite Mn = 0.15 mg/L), corresponde a muestras tomadas a profundidades mayores de 7.5 m (Figura 4.4).

Estas concentraciones solubles de Mn en la parte inferior (> 7.5 m de profundidad) de la columna de agua de la presa El Molinito, que superaron el límite de NOM-127, varían entre 0.285 y 0.824 mg/L), las cuales son inferiores a la concentración de Mn determinada en 2006, en el agua de la presa “El Molinito” que fue de 1.66 mg/L, de acuerdo a lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora²¹.

¹⁹ aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), antimonio (Sb) y zinc (Zn)

²⁰ Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles (mg/L): Al = 0.2, As = 0.025, Ba = 0.7, Cd = 0.005, Cu = 2.0, Cr = 0.05, Fe = 0.3, Mn = 0.15, Hg = 0.001, Pb = 0.01, Zn = 5. En el caso del Sb y Ni que no están regulados en México, se toman los límites de la Organización Mundial de la salud (mg/L): Sb = 0.02 y Ni = 0.02

²¹ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora

Cave		profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 1	1a	superficial	<LOD	0.017	0.033	<LOD	<LOD	<LOD	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 1	1a	4.65	0.015	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.004	<LOD	<LOD	<LD	<LD
Molinito 2	2a	Superficial	0.004	0.010	0.052	<LOD	<LOD	0.001	<LOD	0.002	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 2	2a	4.45	<LOD	0.015	0.060	0.001	<LOD	0.009	0.034	<LOD	<LOD	<LOD	0.002	0.009
Molinito 3	3a	Superficial	<LOD	0.015	0.056	0.001	<LOD	0.021	0.127	<LOD	<LOD	0.002	0.002	0.012
Molinito 3	3a	5	<LOD	0.014	0.036	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 3	3a	7.5	<LOD	0.016	0.065	0.001	<LOD	<LOD	0.020	0.133	<LOD	<LOD	0.003	0.005
Molinito 3	3a	7.8	<LOD	0.016	0.085	0.001	<LOD	<LOD	0.099	0.606	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 4	4a	superficial	<LOD	0.014	0.032	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 4	4a	5	<LOD	0.014	0.033	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 4	4a	7.5	<LOD	0.012	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	0.033	0.540	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 4	4a	12.8	0.007	0.017	0.082	0.001	<LD	0.015	0.069	0.525	<LOD	<LOD	0.003	<LD
Molinito 5	5a	superficial	0.014	0.013	0.036	<LOD	<LOD	<LOD	0.004	0.040	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 5	5a	5	<LOD	0.014	0.033	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 5	5a	7.5	<LOD	0.013	0.047	<LOD	<LOD	<LOD	0.005	0.405	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 5	5a	12.8	0.014	0.016	0.081	0.001	<LOD	<LD	0.071	0.521	0.001	<LOD	<LOD	0.009
Molinito 6	6a	superficial	<LOD	0.014	0.027	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 6	6a	5	0.003	0.013	0.060	<LOD	<LOD	0.018	0.015	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 6	6a	7.5	<LOD	0.008	0.084	<LOD	<LOD	<LOD	0.006	0.647	<LOD	<LOD	<LOD	0.004
Molinito 6	6a	12	<LOD	0.015	0.080	0.001	<LOD	<LOD	0.044	0.524	<LOD	0.022	0.001	<LOD
Molinito 7	7a	superficial	<LOD	0.013	0.026	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 7	7a	5	<LOD	0.016	0.057	0.001	<LOD	<LOD	0.022	0.005	<LOD	<LOD	0.001	0.006
Molinito 7	7a	7.5	<LOD	0.017	0.065	0.001	<LOD	<LOD	0.023	0.287	<LOD	<LOD	0.001	0.006
Molinito 7	7a	12	0.027	0.014	0.075	0.001	<LOD	<LOD	0.060	0.540	<LOD	<LOD	0.001	0.005

Límites de detección (LOD), mg/L: Al = 0.0037, As = 0.0019, Ba = 0.0003, Cd = 0.001, Cr = 0.001, Cu = 0.0083, Fe = 0.00031, Mn = 0.0003, Ni = 0.0005, Pb = 0.0014, Sb = 0.0006, Zn = 0.0029.

Tabla 4.4 Concentración soluble de los metales de interés en muestras de aguas de la Presa El Molinito, a diferentes profundidades

Cave		profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 8	8a	superficial	<LOD	0.017	0.038	<LOD	<LOD	<LOD	0.052	0.001	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 8	8a	5	<LOD	0.018	0.044	<LOD	<LOD	<LOD	0.010	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 8	8a	7.5	0.035	0.013	0.079	<LOD	<LOD	0.012	0.190	0.673	<LOD	<LOD	<LOD	0.001
Molinito 8	8a	10.5	0.012	0.009	0.088	<LD	<LD	<LD	0.086	0.598	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	9a	superficial	<LOD	<LOD	0.052	<LOD	<LOD	0.019	0.008	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 9	9a	5	0.003	0.010	0.055	<LOD	<LOD	0.004	0.023	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	9a	7.5	0.007	0.012	0.066	<LOD	<LOD	0.007	0.014	0.054	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	9a	10.5	0.008	0.010	0.082	<LOD	<LOD	0.006	0.064	0.574	<LOD	<LOD	<LOD	0.226
Molinito 10	10a	superficial	0.005	0.011	0.049	<LOD	<LOD	0.005	0.015	0.013	<LOD	<LOD	<LOD	0.060
Molinito 10	10a	5	0.002	0.013	0.061	<LOD	<LOD	0.003	0.007	0.311	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	10a	7.5	0.002	0.012	0.053	<LOD	<LOD	0.006	0.000	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	10a	10	0.002	0.011	0.081	<LOD	<LOD	0.013	0.052	0.590	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	superficial	<LOD	0.015	0.022	<LOD	<LOD	<LOD	0.007	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	5	<LOD	0.015	0.028	<LOD	<LOD	<LOD	0.002	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	7.5	<LOD	0.016	0.031	<LOD	<LOD	<LOD	0.005	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	10.5	<LOD	0.013	0.051	<LOD	<LOD	<LOD	0.036	0.486	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	12a	superficial	<LOD	0.006	0.055	<LOD	<LOD	0.013	0.005	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 12	12a	5	<LOD	0.015	0.030	<LOD	<LOD	<LOD	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	12a	7.5	<LOD	0.017	0.041	<LOD	<LOD	<LOD	0.010	0.285	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	12a	14	<LOD	0.014	0.053	<LOD	<LOD	<LOD	0.031	0.483	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	superficial	<LOD	0.011	0.052	<LOD	<LOD	0.011	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	5	0.002	0.011	0.054	<LOD	<LOD	0.005	0.053	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	7.5	0.006	0.013	0.082	<LOD	<LOD	0.006	0.075	0.824	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	15	0.002	0.011	0.080	<LOD	<LOD	<LOD	0.087	0.578	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD

Tabla 4.4 Concentración solubles de los metales de interés en muestras de aguas de la Presa El Molinito, a diferentes profundidades

(Continuación)

Cave		profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 14	14a	superficial	<LOD	0.009	0.055	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	14a	5	<LOD	0.010	0.061	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	14a	7.5	<LOD	0.011	0.075	<LOD	<LOD	<LOD	0.031	0.568	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	14a	11.5	0.004	0.010	0.078	<LOD	<LOD	0.007	0.082	0.567	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 15	15a	superficial	<LOD	0.016	0.030	<LOD	<LOD	<LOD	0.013	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 15	15a	5	0.003	0.015	0.032	<LOD	<LOD	<LOD	0.009	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 15	15a	7.5	<LOD	0.009	0.061	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 15	15a	8	<LOD	0.008	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.007	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
molinito 16	16a	superficial	0.054	0.005	0.055	<LOD	<LOD	0.020	0.032	0.004	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
molinito 16	16a	5	0.033	0.007	0.057	<LOD	<LOD	0.032	0.054	0.072	<LOD	<LOD	<LOD	0.009
molinito 17	17a	superficial	0.038	0.013	0.048	<LOD	<LD	<LD	0.030	0.005	<LOD	<LOD	<LOD	0.012
molinito 17	17a	5	0.028	0.014	0.057	<LOD	0.002	0.011	0.020	0.003	<LOD	<LOD	<LOD	<LD
molinito 17	17a	6.5	0.020	0.012	0.071	<LOD	<LD	0.012	0.036	0.004	<LOD	<LOD	<LOD	0.020
molinito 18	18a	superficial	<LOD	0.014	0.049	<LOD	0.002	0.009	0.046	0.004	0.005	<LOD	<LOD	<LD
molinito 18	18a	5	0.018	0.014	0.051	<LOD	0.002	<LD	0.026	0.005	0.006	<LOD	<LOD	0.006
molinito 18	18a	8	0.019	0.013	0.169	<LOD	<LOD	<LOD	0.020	0.003	0.005	<LOD	<LOD	0.011
Molinito 19	19a	superficial	0.013	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.013	0.038	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	0.011
Molinito 19	19a	5	0.008	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.012	0.027	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.006
Molinito 19	19a	7.5	0.006	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.011	0.029	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 19	19a	14	<LOD	0.004	0.085	<LOD	<LOD	0.008	0.071	0.552	<LOD	<LOD	<LOD	0.009
Molinito 20	20a	superficial	0.005	<LOD	0.058	<LOD	<LOD	0.059	0.042	0.002	<LOD	<LOD	<LOD	0.021
Molinito 20	20a	5	<LOD	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	0.029	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	0.005
Molinito 20	20a	7.5	<LOD	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.011	0.025	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 20	20a	11.5	<LOD	<LOD	0.058	<LOD	<LOD	<LOD	0.045	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
Molinito 21	21a	superficial	<LOD	0.003	0.051	<LOD	<LOD	0.011	0.026	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 21	21a	5	<LD	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	<LOD	0.026	0.001	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 21	21a	7.5	<LOD	<LOD	0.059	<LOD	<LOD	<LOD	0.018	0.001	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 21	21a	13.5	0.006	0.003	0.075	<LOD	<LOD	<LOD	0.044	0.143	<LOD	<LOD	0.001	<LOD

Tabla 4.4 Concentración solubles de los metales de interés en muestras de aguas de la Presa El Molinito, a diferentes profundidades (Continuación)

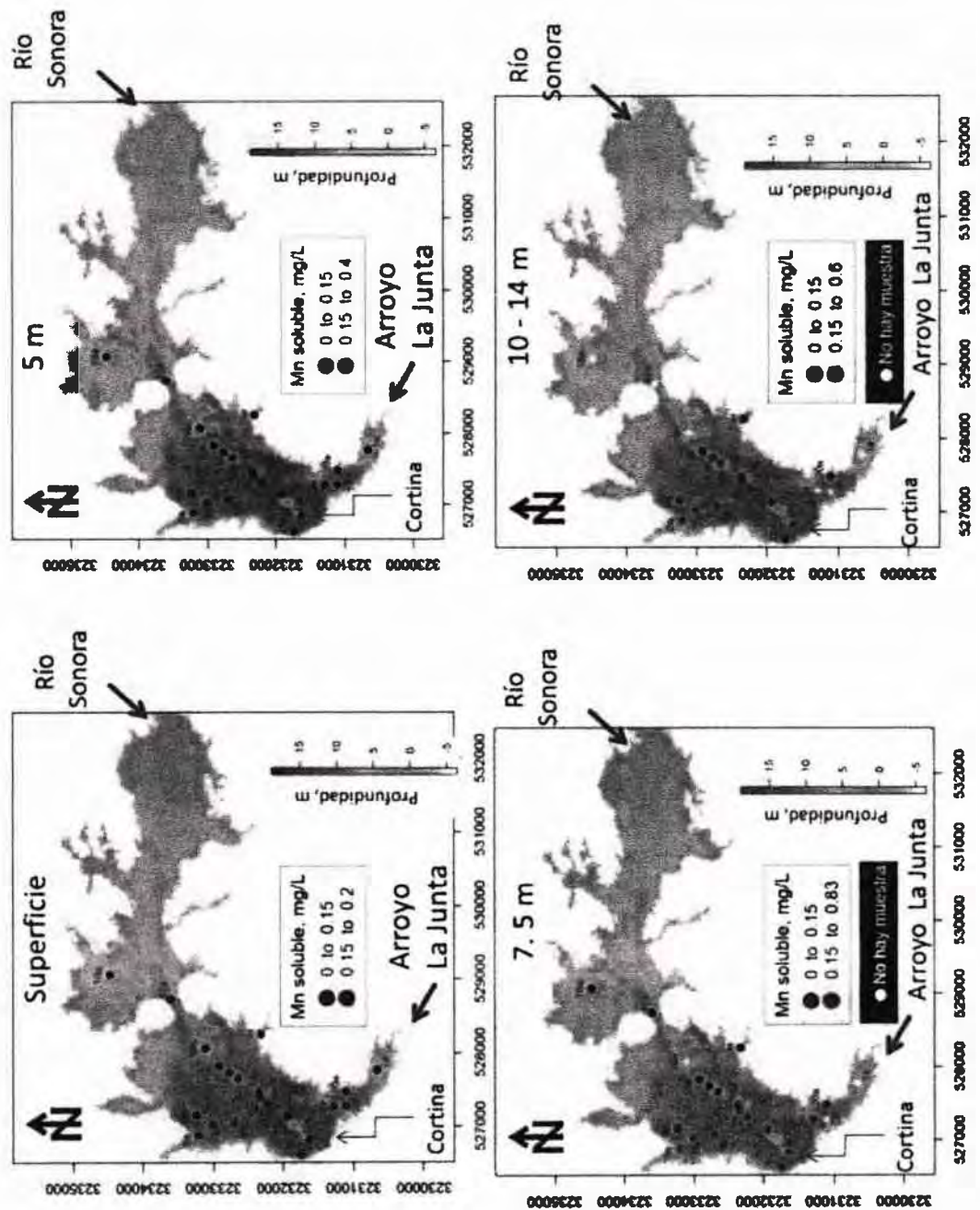


Figura 4.4 Concentración de manganeso soluble en muestras de agua en la presa El Molinito, en diferentes profundidades

B) Concentración Total

Los resultados de los análisis de los análisis de la concentración total se presentan en la Tabla 4.5. El informe oficial del laboratorio se presenta en el Anexo II.3.

B.1) Bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), antimonio (Sb) y Zinc (Zn)

En el caso de las concentraciones totales en ninguna de las muestras se superó el límite máximo permisible de la NOM-127²² para el bario (Ba), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), antimonio (Sb) y Zinc (Zn)

B.2) Aluminio (Al), arsénico (As) y plomo (Pb)

En el caso del aluminio (Al), arsénico (As) y plomo (Pb) se supera el límite, de la NOM-127, en una sola muestra:

Para el caso del Al, en la muestra Molinito 4 (clave mapa 4a) a 12.8 m de profundidad: Al = 0.82 mg/L

Para el caso del As, en la muestra Molinito 7 (clave mapa 7a) a 7.5 m de profundidad: As = 0.05 mg/L

Para el caso del Pb, en la muestra Molinito 14 (clave mapa 14a) a 11.5 m de profundidad: Pb = 0.15 mg/L

Asumiendo que no hay errores de muestreo, preparación de muestras y procedimiento analítico, estos resultados indican que en el 98.7% de las muestras no se supera el límite, respectivamente, para Al, As y Pb y solamente se supera el límite en el 1.3%.

B.3) Hierro (Fe)

En el caso del hierro total, en el 3.9% (n = 3 muestras) se supera el límite de la NOM-127; mientras que para el 96.1% (n = 73 muestras) no se supera el límite de la NOM-127.

²² Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles (mg/L): Al = 0.2, As = 0.025, Ba = 0.7, Cd = 0.005, Cu = 2.0, Cr = 0.05, Fe = 0.3, Mn = 0.15, Hg = 0.001, Pb = 0.01, Zn = 5. En el caso del Sb y Ni que no están regulados en México, se toman los límites de la Organización Mundial de la salud (mg/L): Sb = 0.02 y Ni = 0.02

Los sitios donde se supera el límite de Fe de la NOM-127 corresponden a la muestras Molinito 8a (5 m de profundidad), Molinito 7a (7.5 de profundidad) y Molinito 4a (12.8 m de profundidad), donde se registraron, respectivamente las siguientes concentraciones totales de Fe: 0.35 mg/L, 0.88 mg/L, 1.397

Sin embargo, es importante señalar que estas concentraciones de Fe total son inferiores a las determinadas en 2006 (que fue de 1.56 mg/L) de acuerdo a lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora²³.

B.4) Manganeso (Mn)

En el caso del manganeso total, en el 35.5% (n = 27 muestras) se supera el límite de la NOM-127. Las muestras que superan el límite de Mn de la NOM-127 (límite NOM-17 para Mn = 0.15 mg/L), a muestras tomadas a profundidades mayores a la 5.0 m donde se registraron concentraciones totales de Mn entre 0.327 y 0.944 mg/L (Figura 4.5)

Como ya se ha mencionado, las concentraciones totales incluyen las concentraciones de los metales disueltos en el agua más las concentraciones de éstos en las partículas suspendidas, las cuales aumentan en profundidad si consideramos el enriquecimiento natural de Mn en los sedimentos del fondo de la Presa El Molinito (Fig. 4.6).

Estas concentraciones totales de Mn, que superaron el límite de NOM-127, en los sedimentos de presa El Molinito y que varían entre 0.327 y 0.944 mg/L, son inferiores a la concentración de Mn determinada en 2006, en el agua de la presa "El Molinito" que fue de 1.66 mg/L, de acuerdo a lo reportado en el informe de ITSON para la Comisión Estatal del Agua en Sonora²⁴.

²³ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora

²⁴ Monitoreo de la calidad del agua subterránea en la cuenca alta y media del Río Sonora en varias localidades, de varios municipios, en el estado de Sonora. Instituto Tecnológico de Sonora. 30 de junio de 2006. Ciudad Obregón, Sonora

Clave		Profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 1	1a	superficial	0.015	0.019	0.035	<LOD	<LOD	<LOD	0.037	0.039	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 1	1a	4.65	0.015	0.015	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.021	0.004	<LOD	<LOD	<LD	<LD
Molinito 2	2a	Superficial	0.007	0.015	0.060	0.001	<LOD	0.017	0.061	0.034	<LOD	<LOD	0.002	0.006
Molinito 2	2a	4.45	0.020	0.016	0.063	0.001	<LOD	0.016	0.034	0.079	<LOD	<LOD	0.001	0.010
Molinito 3	3a	Superficial	0.018	0.015	0.061	0.001	<LOD	0.023	0.094	0.033	<LOD	<LOD	0.002	0.006
Molinito 3	3a	5	0.026	0.016	0.062	0.001	<LOD	0.019	0.033	0.072	<LOD	<LOD	0.001	0.016
Molinito 3	3a	7.5	0.022	0.017	0.088	0.001	0.006	0.053	0.199	0.801	0.005	0.003	0.001	0.024
Molinito 3	3a	7.8	0.041	0.015	0.086	0.001	<LOD	<LOD	0.148	0.613	<LOD	<LOD	0.001	0.006
Molinito 4	4a	superficial	0.013	0.015	0.058	0.001	<LOD	0.018	0.046	0.045	<LOD	<LOD	0.001	0.012
Molinito 4	4a	5	0.022	0.016	0.059	0.001	<LOD	<LOD	0.051	0.068	<LOD	<LOD	0.001	0.004
Molinito 4	4a	7.5	0.008	0.017	0.090	0.001	<LOD	0.031	0.225	0.645	<LOD	0.003	0.001	0.022
Molinito 4	4a	12.8	0.819	0.016	0.100	0.001	<LD	0.015	1.397	0.547	<LOD	0.003	0.001	0.060
Molinito 5	5a	superficial	0.114	0.015	0.061	0.001	<LD	0.040	0.079	0.040	<LOD	<LOD	0.001	0.023
Molinito 5	5a	5	0.029	0.016	0.058	0.001	<LD	<LOD	0.034	0.060	<LD	0.004	0.002	<LOD
Molinito 5	5a	7.5	0.017	0.016	0.101	0.001	<LOD	<LOD	0.056	0.734	<LD	<LD	0.001	<LOD
Molinito 5	5a	12.8	0.041	0.015	0.086	0.001	<LOD	<LD	0.086	0.532	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 6	6a	superficial	0.009	0.016	0.050	0.001	<LOD	0.020	0.057	0.030	<LOD	<LOD	0.002	0.011
Molinito 6	6a	5	0.010	0.017	0.058	0.001	<LOD	<LOD	0.030	0.049	<LOD	<LOD	0.001	0.003
Molinito 6	6a	7.5	0.007	0.016	0.096	0.001	<LOD	0.012	0.059	0.824	<LOD	<LOD	0.001	0.004
Molinito 6	6a	12	0.013	0.017	0.083	0.001	<LOD	<LOD	0.084	0.524	<LOD	<LOD	0.002	0.003
Molinito 7	7a	superficial	0.008	0.016	0.049	0.001	<LOD	0.012	0.060	0.024	<LOD	0.002	0.001	0.003
Molinito 7	7a	5	0.011	0.017	0.057	0.001	<LOD	<LOD	0.037	0.049	<LOD	<LOD	0.001	0.003
Molinito 7	7a	7.5	0.142	0.050	0.066	0.001	<LOD	0.003	0.880	0.435	<LOD	0.006	0.003	0.004
Molinito 7	7a	12	0.197	0.016	0.075	0.001	<LOD	<LOD	0.193	0.545	<LOD	<LOD	0.001	0.005

Límites de detección (LOD), mg/L: Al = 0.0037, As = 0.0019, Ba = 0.0003, Cd = 0.001, Cr = 0.001, Cu = 0.0083, Fe = 0.00031, Mn = 0.0003, Ni = 0.0005, Pb = 0.0014, Sb = 0.0006, Zn = 0.0029.

Tabla 4.4 Concentración total de los metales de interés en muestras de aguas de la Presa El Molinito, a diferentes profundidades

Clave		Profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 8	8a	superficial	0.005	0.016	0.038	<LOD	<LOD	<LOD	0.129	0.026	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 8	8a	5	<LOD	0.016	0.044	<LOD	<LOD	<LOD	0.350	0.058	<LOD	<LOD	0.002	<LOD
Molinito 8	8a	7.5	0.009	0.019	0.089	<LOD	<LOD	<LOD	0.089	0.594	<LOD	0.008	<LOD	<LOD
Molinito 8	8a	10.5	0.012	0.013	0.088	<LOD	<LOD	0.007	0.081	0.602	<LOD	<LOD	<LOD	0.000
Molinito 9	9a	superficial	<LOD	<LOD	0.053	<LOD	<LOD	0.019	0.022	0.005	<LOD	<LOD	0.002	<LOD
Molinito 9	9a	5	0.021	0.013	0.061	<LOD	<LOD	0.007	0.077	0.076	<LOD	0.006	<LOD	0.005
Molinito 9	9a	7.5	0.013	0.012	0.122	<LOD	<LOD	0.005	0.033	0.572	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	9a	10.5	0.009	0.012	0.085	<LOD	<LOD	0.005	0.067	0.587	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	10a	superficial	0.011	0.011	0.051	<LOD	<LOD	0.005	0.017	0.038	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	10a	5	0.007	0.013	0.102	<LOD	<LOD	0.006	0.041	0.944	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	10a	7.5	0.022	0.012	0.056	<LOD	<LOD	0.006	0.029	0.063	<LOD	0.006	<LOD	<LOD
Molinito 10	10a	10	0.008	0.012	0.080	<LOD	<LOD	0.004	0.086	0.589	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	superficial	0.011	0.017	0.023	<LOD	<LOD	<LOD	0.018	0.034	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	5	0.004	0.016	0.031	<LOD	<LOD	<LOD	0.014	0.053	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	7.5	0.005	0.019	0.077	<LOD	<LOD	<LOD	0.036	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	11a	10.5	0.106	0.017	0.057	<LOD	<LOD	<LOD	0.119	0.497	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	12a	superficial	<LOD	0.006	0.058	<LOD	<LOD	0.012	0.011	0.021	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 12	12a	5	0.006	0.016	0.032	<LOD	<LOD	<LOD	0.042	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	12a	7.5	0.011	0.016	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	0.047	0.600	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	12a	14	0.083	0.015	0.054	<LOD	<LOD	<LOD	0.089	0.484	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	superficial	<LOD	0.012	0.052	<LOD	<LOD	0.011	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	5	0.014	0.012	0.057	<LOD	<LOD	0.008	0.053	0.063	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	7.5	0.004	0.012	0.082	<LOD	<LOD	0.023	0.128	0.824	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	13a	15	0.050	0.011	0.082	<LOD	<LOD	<LOD	0.115	0.582	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD

Tabla 4.4 Concentración total de los metales de interés en muestras de aguas de la Presa El Molinito, a diferentes profundidades (Continuación)

Clave		Profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 14	14a	superficial	0.013	0.011	0.055	<LOD	<LOD	0.034	0.091	0.045	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	14a	5	0.008	0.012	0.055	<LOD	<LOD	0.036	0.023	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	14a	7.5	0.011	0.011	0.080	<LOD	<LOD	<LOD	0.062	0.651	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	14a	11.5	0.015	0.012	0.081	<LOD	<LOD	0.073	0.157	0.578	<LOD	0.149	<LOD	0.039
Molinito 15	15a	superficial	0.007	0.018	0.030	<LOD	<LOD	<LOD	0.017	0.039	<LOD	<LOD	0.004	<LOD
Molinito 15	15a	5	0.019	0.017	0.035	<LOD	<LOD	<LOD	0.020	0.040	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 15	15a	7.5	0.010	0.016	0.039	<LOD	<LOD	<LOD	0.024	0.106	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 15	15a	8	0.001	0.017	0.149	<LOD	<LOD	<LOD	0.029	0.406	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
molinito 16	16a	superficial	0.054	0.005	0.060	<LOD	<LOD	0.020	0.032	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
molinito 16	16a	5	0.033	0.007	0.057	<LOD	<LOD	0.045	0.054	0.075	<LOD	<LOD	<LOD	0.009
molinito 17	17a	superficial	0.038	0.016	0.052	<LOD	0.003	0.013	0.093	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	0.012
molinito 17	17a	5	0.028	0.015	0.060	<LOD	0.003	0.011	0.041	0.098	<LOD	<LOD	<LOD	0.005
molinito 17	17a	6.5	0.031	0.016	0.094	<LOD	0.003	0.012	0.054	0.327	<LOD	<LOD	<LOD	0.020
molinito 18	18a	superficial	<LOD	0.016	0.052	<LOD	0.029	0.011	0.075	0.009	0.015	<LOD	<LOD	<LD
molinito 18	18a	5	0.018	0.015	0.051	<LOD	0.003	<LD	0.026	0.021	0.006	<LOD	<LOD	0.006
molinito 18	18a	8	0.019	0.014	0.302	<LOD	0.003	<LD	0.020	0.030	0.007	<LOD	<LOD	0.013
Molinito 19	19a	superficial	0.013	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.015	0.038	0.042	<LOD	<LOD	<LOD	0.011
Molinito 19	19a	5	0.011	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.012	0.027	0.055	<LOD	<LOD	<LOD	0.005
Molinito 19	19a	7.5	0.010	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.012	0.030	0.057	<LOD	<LOD	0.002	0.004
Molinito 19	19a	14	0.013	0.005	0.084	<LOD	<LOD	0.013	0.092	0.539	<LOD	<LOD	0.001	0.008
Molinito 20	20a	superficial	0.014	<LOD	0.075	<LOD	<LOD	0.123	0.042	0.041	0.002	<LOD	<LOD	0.032
Molinito 20	20a	5	0.012	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	0.037	0.062	<LOD	<LOD	0.001	0.007
Molinito 20	20a	7.5	0.010	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.012	0.030	0.061	<LOD	<LOD	0.002	0.005
Molinito 20	20a	11.5	0.016	<LOD	0.059	<LOD	<LOD	<LOD	0.200	0.079	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
Molinito 21	21a	superficial	0.009	0.004	0.053	<LOD	<LOD	0.012	0.029	0.038	<LOD	<LOD	0.002	0.005
Molinito 21	21a	5	0.017	<LOD	0.055	<LOD	<LOD	0.013	0.031	0.048	<LOD	<LOD	<LOD	0.006
Molinito 21	21a	7.5	0.013	<LOD	0.062	<LOD	<LOD	<LOD	0.035	0.143	<LOD	<LOD	0.001	0.005
Molinito 21	21a	13.5	0.013	0.004	0.091	<LOD	<LOD	0.012	0.113	0.849	<LOD	<LOD	0.002	0.015

Tabla 4.4 Concentración total de los metales de interés en muestras de agua de la Presa El Molinito, a diferentes profundidades
(Continuación)

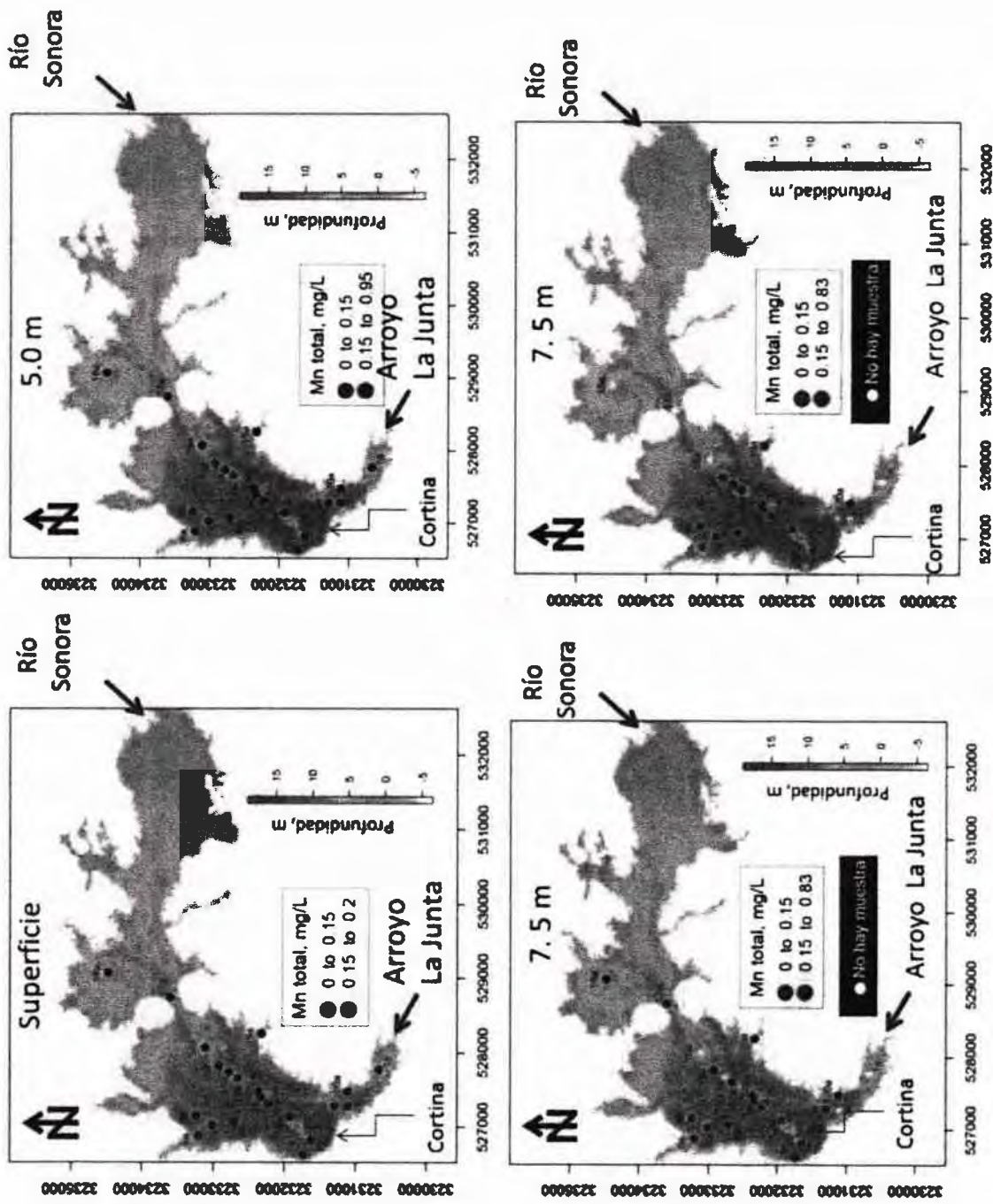


Figura 4.5 Concentración de manganeso soluble en muestras de agua en la presa El Molinito, en diferentes profundidades

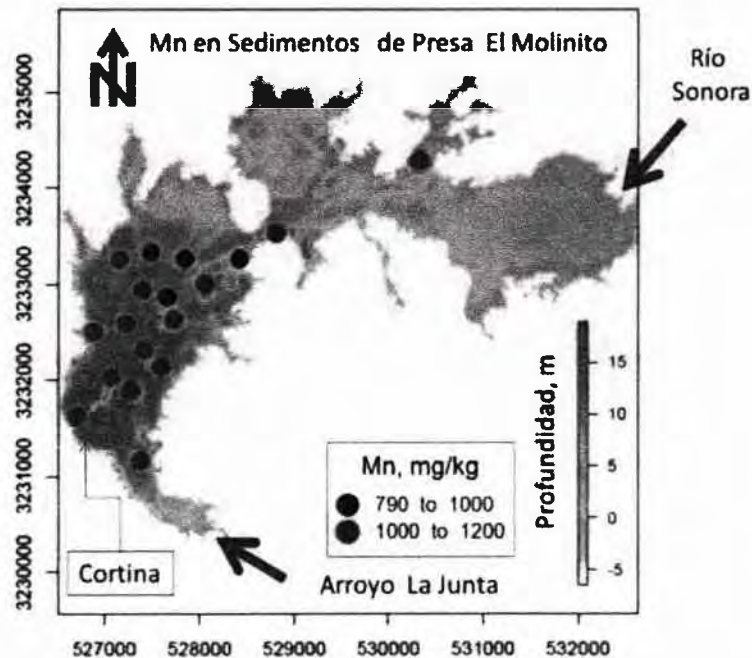


Figura 4.6 Concentración de manganeso total en sedimentos de la Presas El Molinito

4.3.2 Análisis de otros parámetros determinado en campo: oxígeno disuelto, cianobacterias, pH, temperatura y sólidos disueltos.

En los sitios que se muestran en la Figura 4.7 se determinaron, en campo, oxígeno disuelto, cianobacterias, pH, temperatura y sólidos disueltos.

En la Figura 4.8 se puede observar el comportamiento de estos parámetros. Este comportamiento indica que aproximadamente desde la superficie y hasta los 7.0 m de profundidad los valores de pH varían entre 8.4 y 9.4, la temperatura entre 22 y 26°C y los sólidos totales disueltos entre 210 y 240 mg/L. Así mismo, desde aproximadamente 7.0 m hasta la profundidad de la presa, se observa una disminución del pH (pH = 8.4 - 7.6) y de la temperatura (T = 22 - 18°C) y un ligero aumento de los sólidos totales disueltos (STD = 245 - 255 mg/L).

La parte superior de la columna de agua (desde la superficie hasta los 7.0 m) donde se registraron valores de pH entre 8.4 y 9.4, de temperatura entre 22 y 26°C, y la menor concentración de sólidos totales disueltos (210 y 240 mg/L) corresponde a la zona con mayor contenido de oxígeno disuelto (entre 4 y 11 mg/L), que a su vez corresponde a la zona libre metales, tanto solubles como totales (ver sección 4.3 de este documento).

Sin embargo, las mediciones de campo permitieron identificar la presencia de cianobacterias desde la superficie hasta una profundidad de unos 9.0 m en los perfiles P2, P5, P7, P9 y P10, mientras que en los perfiles P1, P3, P4, P6 y P8 la presencia de cianobacterias se observó desde la superficie hasta aproximadamente 4.0 m de profundidad.

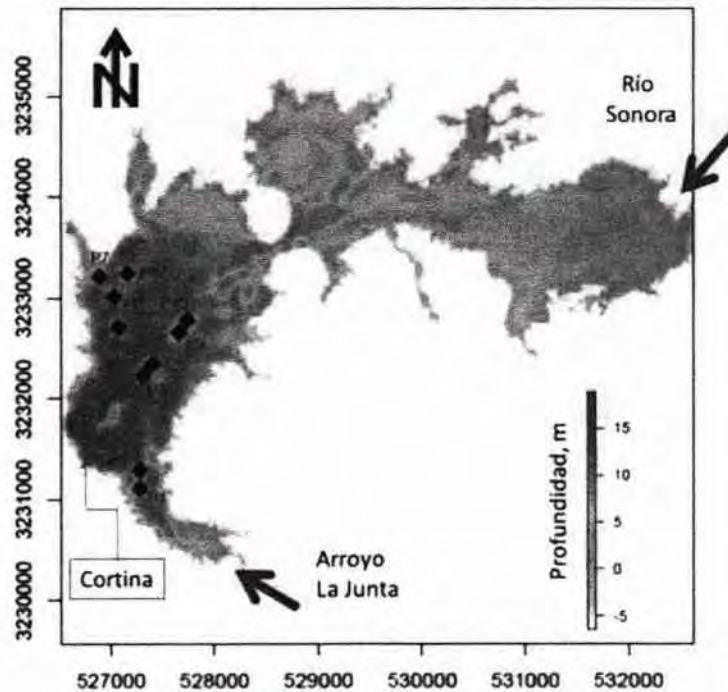


Figura 4.7 Ubicación de los sitios donde se determinaron, en campo, parámetros como pH, temperatura, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y cianobacterias; en la columna de agua de la Presas El Molinito

La presencia de cianobacterias se debe principalmente a la contaminación orgánica proveniente de las descargas de aguas domésticas sin tratamiento y a las actividades agrícolas que aportan los nutrientes como nitrógeno y fósforo, respectivamente, que requieren las cianobacterias para su proliferación.

Se deben realizar estudios más detallados sobre las cianobacterias presentes en la columna de aguas de la presa El Molinito ya que algunas cepas de cianobacterias sintetizan metabolitos secundarios que tienen efectos tóxicos sobre la biota. Estos metabolitos tóxicos, denominados genéricamente cianotoxinas, comprenden un variado grupo de moléculas de diferentes características, que son básicamente neurotoxinas, dermatotoxinas, gastrotoxinas y hepatotoxinas.

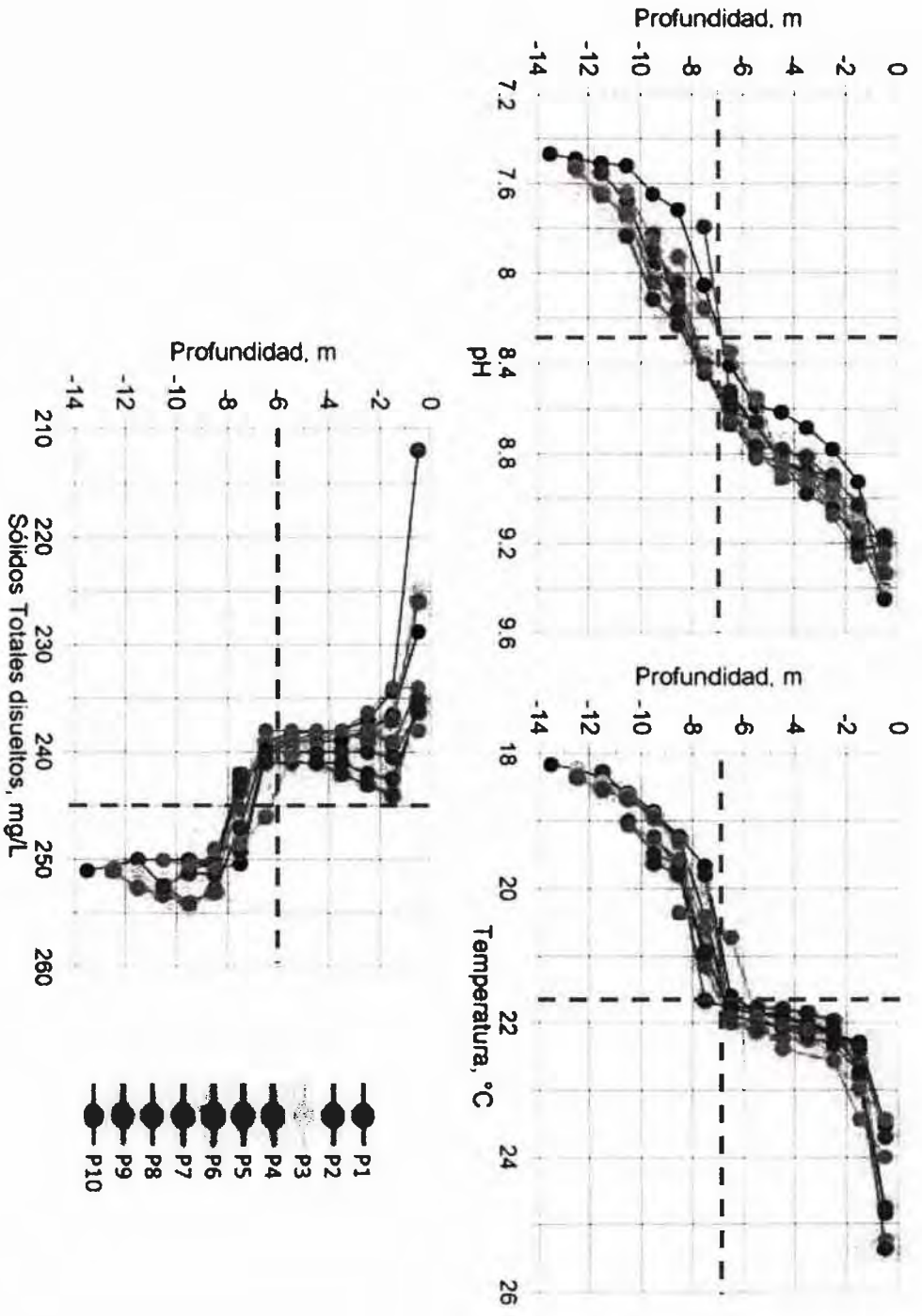


Figura 4.8 Comportamiento del pH, temperatura, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y en la columna de agua de la Presa El Molinito

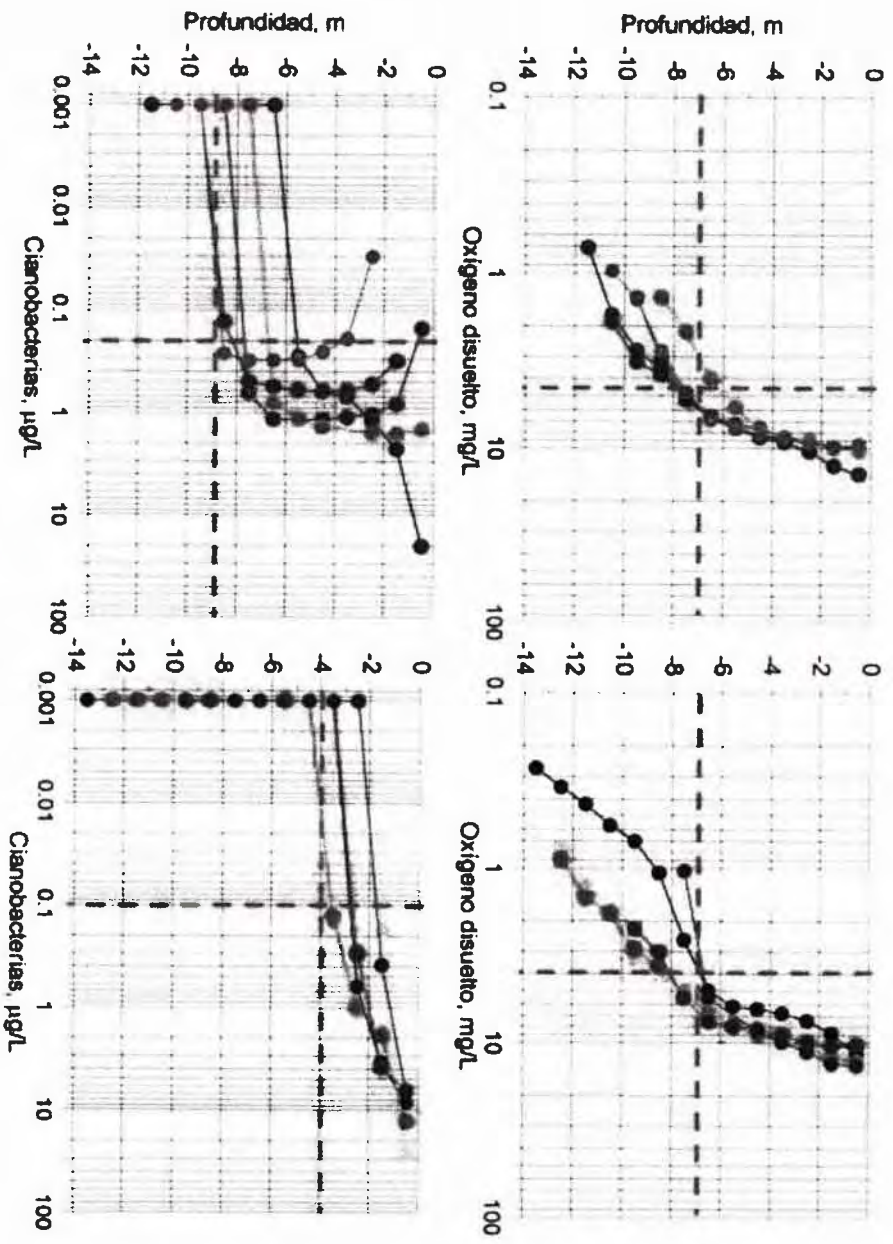


Figura 4.8 Comportamiento del pH, temperatura, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y en la columna de agua de la Presa El Molinito (Continuación)

Anexo I.1 Informe de muestreo de los sedimentos de la Presa El Molinito y del Arroyo La Junta



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



INFORME DE MUESTREO

MUESTREO DE SEDIMENTOS PRESA MOLINITO, SONORA

2015

PROYECTO

RIO SONORA

Fecha que se realizó el muestreo.

27 al 29 de abril 2015

Responsable de muestreo

Ines Ramos Bautista



1. Participantes

Participantes	
Dr. Alexander Correa Metrio	Muestreador
Dr. Agustín Robles Morua	Muestreador
M. en C. Juan Felipe Franco	Muestreador
Q.I. Ines Ramos Bautista	Muestreador

1. Muestreo

Se tomaron un total de 27 muestras asociadas a:

- 20 Muestras de sedimentos de la presa el molinito
- 6 Muestras de sedimentos cause tributario presa molinito
- 1 Muestras de roca tributario presa molinito

1.1 Sedimentos presa molinito

Se tomaron 20 muestras de sedimentos del fondo de la presa el molinito con la ayuda de una draga de acero inoxidable como se muestra en la siguiente fotografía.

Foto 1. Preparación para la toma de muestras de sedimentos en presa molinito





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



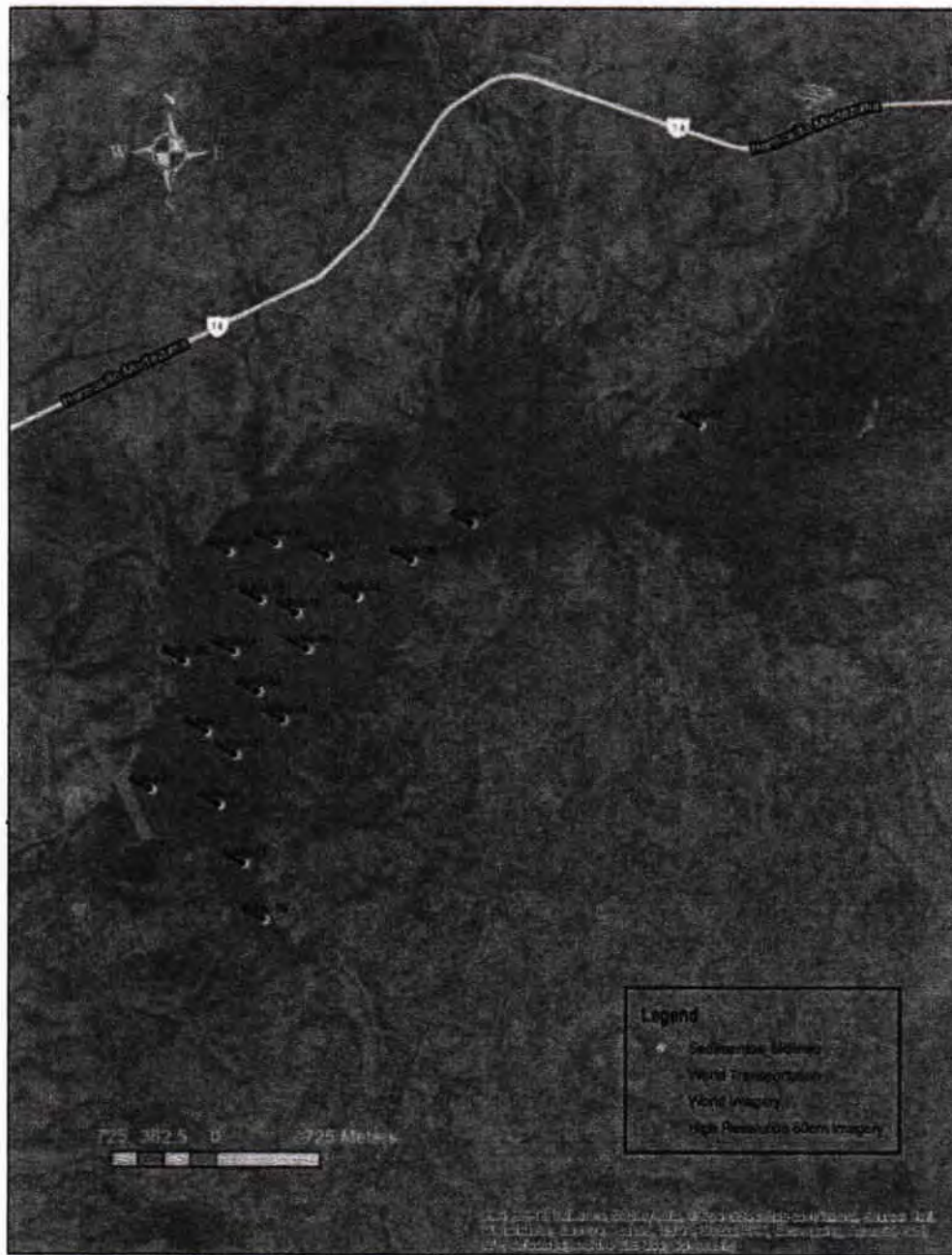
En la tabla 1. Se encuentra la relación de muestras y su ubicación en coordenadas WGS_1984_UTM_Zone_12N

Tabla 1. Coordenadas de los sitios de muestreo en la presa molinito

ID Muestra	X	Y	Fecha
SdMo-01	526707	3231647	28/03/2015
SdMo-02	577071	3232062	28/03/2015
SdMo-03	527417	3232352	28/03/2015
SdMo-04	527741	3232664	28/03/2015
SdMo-05	528071	3233042	28/03/2015
SdMo-06	528436	3233309	28/03/2015
SdMo-07	528835	3233584	28/03/2015
SdMo-08	530377	3234342	28/03/2015
SdMo-09	527539	3230801	28/03/2015
SdMo-10	527380	3231175	29/03/2015
SdMo-11	527187	3231567	29/03/2015
SdMo-12	527279	3231916	29/03/2015
SdMo-13	527600	3232171	29/03/2015
SdMo-14	527231	3232622	29/03/2015
SdMo-15	527404	3232984	29/03/2015
SdMo-16	527488	3233382	29/03/2015
SdMo-17	527850	3233312	29/03/2015
SdMo-18	527659	3232907	29/03/2015
SdMo-19	527161	3233303	29/03/2015
SdMo-20	526889	3232538	29/03/2015



Figura 1. Localización de sitios de muestreo de sedimentos en presa el Molinito





1.2 Sedimentos del arroyo la Junta Tributario de la presa el molinito

Se tomaron un total de 6 muestras de sedimentos en un transecto en el cauce del arroyo la Junta. Se excavaron tres pequeñas zanjas: una al centro y dos en ambas márgenes. Encada una de estas zanjas se tomaron 2 muestras: una superficial (0 – 5 cm) y otra sub-superficial (25 cm).

Adicionalmente, se tomó una muestra de roca (RMo-1) en la orilla del arroyo.

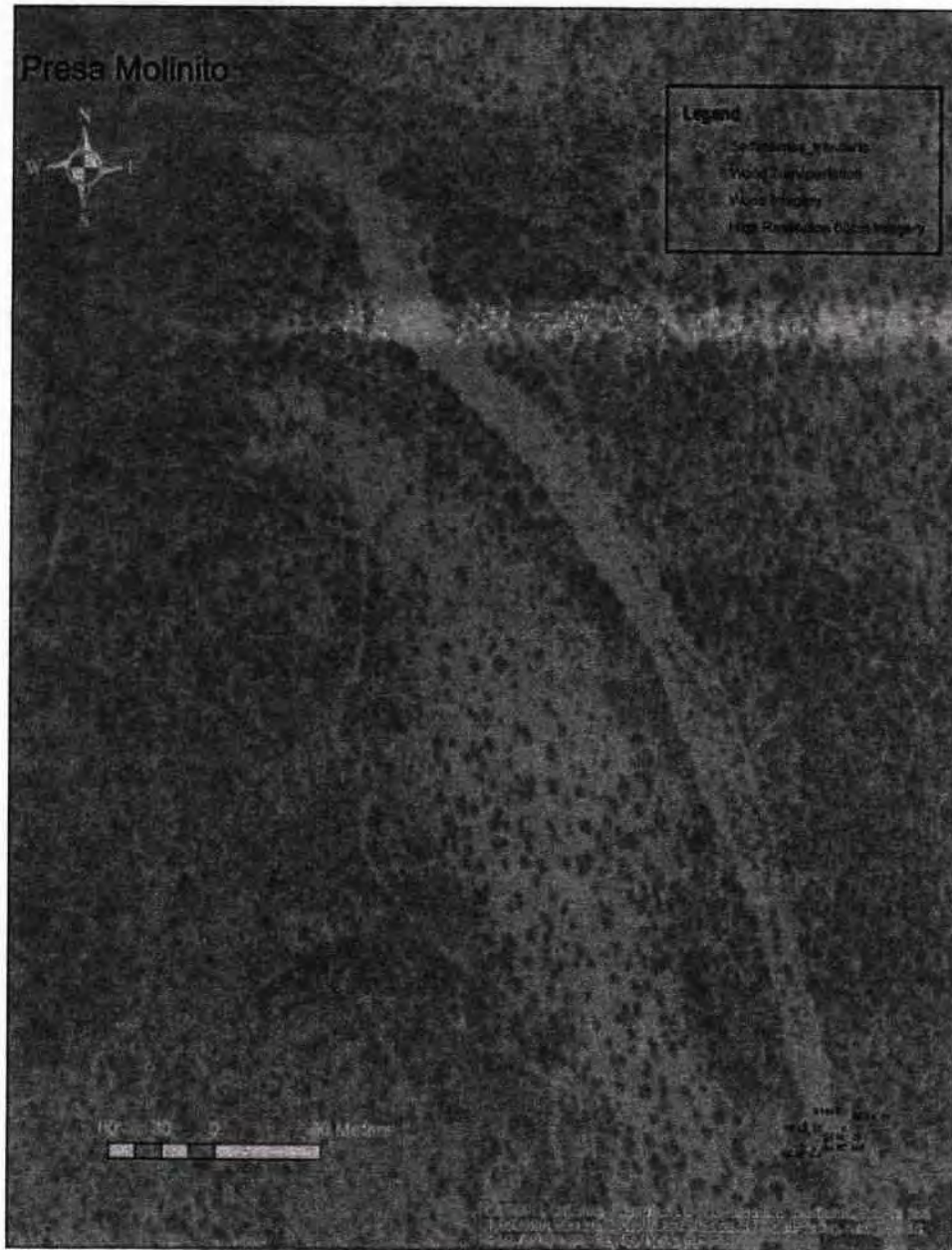
Las coordenadas de los sitios de muestreo se presentan en la Tabla 2 y su ubicación se puede observar en la Fig. 2.

Tabla 2. Coordenadas de los sitios de muestreo "Tributario Molinito"

ID/Muestra	X	Y
Sd-1A 0-5	528363	3230091
Sd-1A 25	528363	3230091
Sd-1B 0-5	528353	3230084
Sd-1B 25	528353	3230084
Sd-1C 0-5	528347	3230079
Sd-1C 25	528347	3230079
RMo-1	528341	3230093



Figura 2. Localización de los sitios de muestreo "Tributario Molinito"



2. Análisis requeridos





Tabla 3. Relación de análisis que se realizarán en las muestras

Sedimentos y roca	pH y Conductividad eléctrica (CE)
	Concentración total de elementos traza por FRX Portátil (NITTON FXL 950)
	Concentración total de elementos mayores por FRX Convencional

3. Memoria fotográfica del muestreo





3.1 Muestras de los sedimentos del fondo de la Presa del Molinito

ID Muestra	Foto Muestra
SdMo-01	
SdMo-02	



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







ID Muestra	Foto Muestra
SdMo-03	
SdMo-04	
SdMo-05	
SdMo-06	



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







ID Muestra	Foto Muestra
SdMo-07	
SdMo-08	
SdMo-09	
SdMo-10	



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







ID Muestra	Foto Muestra
SdMo-11	
SdMo-12	
SdMo-13	
SdMo-14	



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





ID Muestra	Foto Muestra
SdMo-15	
SdMo-16	
SdMo-17	
SdMo-18	





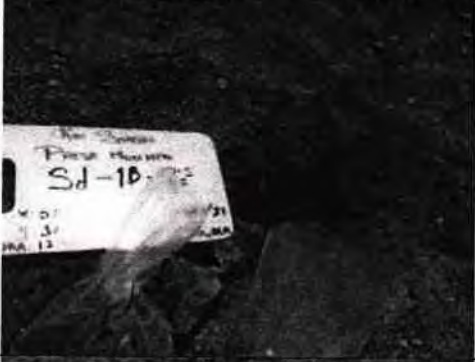
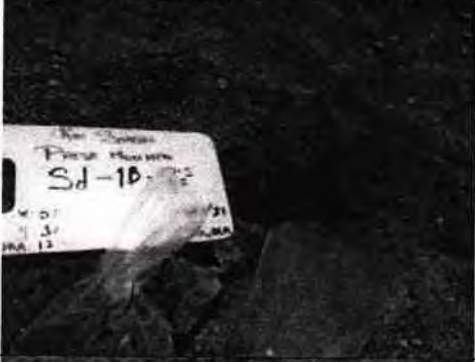


Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía
Universidad Nacional Autónoma de México
Geoquímica Ambiental



ID Muestra	Foto Muestra	
SdMo-19		
SdMo-20		




3.2 Muestras de los sedimentos del Arroyo la Junta


ID/Muestra	Foto de la muestra	Foto Panorámica
Sd-1A 0-5		
Sd-1A 25		
Sd-1B 0-5		
Sd-1B 25		
Sd-1C 0-5		
Sd-1C 25		



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




ID/Muestra	Foto de la muestra	Foto Panorámica
RMO-1		

Realizo:

Ines Ramos Bautista



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



ID/Muestra	Foto de la muestra	Foto Panorámica
RMo-1		

Realizo:

Ines Ramos Bautista

Anexo 1.2 Cadena de custodia del muestreo de los sedimentos de la Presa El Molinito y del Arroyo La Junta



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 CO₂
- 5 Concentración total de elementos mayores FRX (Rigaku)
- 6 Concentración total de elementos Traza FRX (Niton)
- 7 Otro

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

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. 4510	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	

Proyecto: Rio Sonora
Identificación del sitio: Presa Molinito y Tributario La Junta

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox.) recibida	Clave Laboratorio	Ensayos							Determinación de metales y metaloides 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	SdMo-16	29/03/2015	08:20	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
2	SdMo-17	29/03/2015	08:45	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
3	SdMo-18	29/03/2015	08:55	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
4	SdMo-19	29/03/2015	09:25	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
5	SdMo-20	29/03/2015	09:40	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
6	Sd-1A 0-5	27/03/2015	12:30	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
7	Sd-1A 25	27/03/2015	12:35	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
8	Sd-1B 0-5	27/03/2015	12:40	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
9	Sd-1B 25	27/03/2015	12:40	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
10	Sd-1C 0-5	27/03/2015	12:51	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
11	Sd-1C 25	27/03/2015	12:51	Sedimento	500g				x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
12	RMo-1	27/03/2015	13:00	Roca	500g				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: Ines Ramos	Fecha: 0-05-15	Empresa: Geobase	Entrega 2	Nombre: [Firma]	Fecha: 18-05-15	Empresa: Lab ICP-UEC	Entrega 3	Nombre:	Fecha:	Empresa:
	Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:		Nombre:	Fecha:	Empresa:
Recibe 1	Nombre: [Firma]	Fecha: 4-05-15	Empresa: Lab. Geoquim. Amb.	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 I.3 Informe de las concentraciones totales de los Elementos Mayores. Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X, del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE GEOLOGIA
APARTADO POSTAL 70-296 CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D. F.

Departamento de Geoquímica
Mayo 22, 2015
LFRX7315

Dr. Francisco Romero/Quím. Fabiola Vega
Departamento de Geoquímica,
Instituto de Geología, UNAM
Presente.

A continuación me permito detallar el análisis de las 27 muestras que recientemente nos envió para su análisis por fluorescencia de rayos X.

		SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	PXC	SUMA
Anal.time	Unit	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%
22:25:59	SDM-01	51.522	0.563	18.148	6.227	0.149	3.004	4.292	0.623	2.855	0.184	12.26	99.827
22:50:39	SDM-02	51.86	0.573	18.188	6.248	0.153	2.98	4.394	0.628	2.869	0.182	11.75	99.825
23:15:19	SDM-03	51.189	0.578	17.744	6.054	0.145	2.953	4.834	0.637	2.796	0.179	12.72	99.829
23:40:00	SDM-04	52.191	0.592	17.887	6.022	0.146	2.959	4.43	0.72	2.864	0.193	11.82	99.824
00:04:41	SDM-05	51.379	0.604	17.351	5.94	0.134	2.894	4.842	0.736	2.841	0.211	12.89	99.822
00:29:23	SDM-06	52.649	0.654	17.029	5.591	0.107	2.756	5.462	0.863	2.84	0.185	11.68	99.816
00:54:02	SDM-07	53	0.604	18.194	6.028	0.131	2.93	3.976	0.816	3.035	0.196	10.91	99.82
01:18:44	SDM-08	53.535	0.546	19.063	6.114	0.138	2.903	2.593	0.89	3.246	0.204	10.58	99.812
01:43:23	SDM-09	52.348	0.674	16.422	5.885	0.102	2.841	5.844	0.859	2.615	0.218	12	99.808
02:08:04	SDM-10	51.683	0.627	17.086	5.994	0.147	2.862	5.544	0.735	2.725	0.203	12.21	99.816
03:22:04	SDM-11	51.458	0.559	18.252	6.235	0.155	2.916	4.147	0.613	2.847	0.188	12.46	99.83
03:46:42	SDM-12	51.321	0.563	18.08	6.123	0.148	2.982	4.398	0.63	2.824	0.184	12.58	99.833
04:11:23	SDM-13	51.54	0.578	17.929	6.172	0.145	2.91	4.722	0.639	2.839	0.184	12.17	99.828
04:36:00	SDM-14	52.653	0.581	17.968	6.055	0.151	2.944	4.18	0.721	2.878	0.202	11.49	99.823
05:00:41	SDM-15	52.308	0.627	17.622	5.997	0.144	2.936	4.562	0.748	2.84	0.197	11.84	99.821
02:32:43	SDM-16	53.518	0.633	16.919	5.64	0.125	2.872	4.772	0.877	2.78	0.203	11.48	99.819
05:25:21	SDM-17	54.342	0.695	16.596	5.578	0.112	2.83	5.14	0.926	2.79	0.211	10.59	99.81
02:57:23	SDM-18	52.458	0.604	18.044	6.033	0.127	2.921	4.054	0.712	2.908	0.22	11.74	99.821
05:50:03	SDM-19	51.772	0.606	17.205	5.897	0.137	2.858	5.122	0.743	2.778	0.185	12.52	99.823
06:14:43	SDM-20	50.852	0.556	17.739	5.894	0.141	2.941	5.294	0.653	2.84	0.192	12.73	99.832
06:39:25	SD-1A-05	64.474	0.571	13.962	4.356	0.071	1.304	4.483	1.85	4.109	0.152	4.41	99.742
07:04:05	SD-1A-25cm	67.539	0.487	13.926	3.445	0.056	1.06	3.843	1.975	4.456	0.134	2.85	99.771
07:28:45	SD-1B-05	64.507	0.608	13.353	5.192	0.064	1.205	4.797	1.975	4.345	0.117	3.6	99.763
07:53:28	SD-1B-25cm	62.794	0.631	14.342	4.193	0.07	1.428	5.778	1.854	4.471	0.125	4.06	99.746
08:18:07	SD-1C-05	55.176	0.863	14.667	6.184	0.101	2.401	7.128	1.115	3.112	0.212	8.79	99.749
08:42:48	SD-1C-25cm	63.74	0.653	13.714	4.89	0.082	1.355	5.264	1.891	4.317	0.124	3.73	99.76
09:07:26	RMO-1	48.322	0.862	12.975	7.74	0.167	3.331	13.133	2.067	3.818	0.341	6.74	99.496

Los elementos mayoritarios se midieron en perla usando 10% de muestra y 90% de $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{LiBO}_2$, como fundente. El agente liberante utilizado fue LiI , del cual se adicionaron 50 microlitros de una solución con 250g/L.

La pérdida por calcinación (PXC), se determinó calentando 1g de muestra a 950°C durante 2 horas, y midiendo la diferencia de masa.

Sin más por el momento, quedo de usted,

A t e n t a m e n t e,



Quím. Rufino Lozano Santa Cruz
Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X-LUGIS

Ccp. Dr. José Luis Arce Saldaña. Jefe del Departamento de Geoquímica. IGLUNAM



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE GEOLOGIA
APARTADO POSTAL 70-296 CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D. F.

Departamento de Geoquímica
Mayo 22, 2015
LFRX7315

Dr. Francisco Romero/Quím. Fabiola Vega
Departamento de Geoquímica,
Instituto de Geología, UNAM
Presente.

A continuación me permito detallar el análisis de las 27 muestras que recientemente nos envió para su análisis por fluorescencia de rayos X.

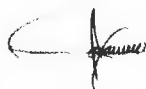
		SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	PXC	SUMA
Anal.time	Unit	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%	mass%
22:25:59	SDM-01	51.522	0.563	18.148	6.227	0.149	3.004	4.292	0.623	2.855	0.184	12.26	99.827
22:50:39	SDM-02	51.86	0.573	18.188	6.248	0.153	2.98	4.394	0.628	2.869	0.182	11.75	99.825
23:15:19	SDM-03	51.189	0.578	17.744	6.054	0.145	2.953	4.834	0.637	2.796	0.179	12.72	99.829
23:40:00	SDM-04	52.191	0.592	17.887	6.022	0.146	2.959	4.43	0.72	2.864	0.193	11.82	99.824
00:04:41	SDM-05	51.379	0.604	17.351	5.94	0.134	2.894	4.842	0.736	2.841	0.211	12.89	99.822
00:29:23	SDM-06	52.649	0.654	17.029	5.591	0.107	2.756	5.462	0.863	2.84	0.185	11.68	99.816
00:54:02	SDM-07	53	0.604	18.194	6.028	0.131	2.93	3.976	0.816	3.035	0.196	10.91	99.82
01:18:44	SDM-08	53.535	0.546	19.063	6.114	0.138	2.903	2.593	0.89	3.246	0.204	10.58	99.812
01:43:23	SDM-09	52.348	0.674	16.422	5.885	0.102	2.841	5.844	0.859	2.615	0.218	12	99.808
02:08:04	SDM-10	51.683	0.627	17.086	5.994	0.147	2.862	5.544	0.735	2.725	0.203	12.21	99.816
03:22:04	SDM-11	51.458	0.559	18.252	6.235	0.155	2.916	4.147	0.613	2.847	0.188	12.46	99.83
03:46:42	SDM-12	51.321	0.563	18.08	6.123	0.148	2.982	4.398	0.63	2.824	0.184	12.58	99.833
04:11:23	SDM-13	51.54	0.578	17.929	6.172	0.145	2.91	4.722	0.639	2.839	0.184	12.17	99.828
04:36:00	SDM-14	52.653	0.581	17.968	6.055	0.151	2.944	4.18	0.721	2.878	0.202	11.49	99.823
05:00:41	SDM-15	52.308	0.627	17.622	5.997	0.144	2.936	4.562	0.748	2.84	0.197	11.84	99.821
02:32:43	SDM-16	53.518	0.633	16.919	5.64	0.125	2.872	4.772	0.877	2.78	0.203	11.48	99.819
05:25:21	SDM-17	54.342	0.695	16.596	5.578	0.112	2.83	5.14	0.926	2.79	0.211	10.59	99.81
02:57:23	SDM-18	52.458	0.604	18.044	6.033	0.127	2.921	4.054	0.712	2.908	0.22	11.74	99.821
05:50:03	SDM-19	51.772	0.606	17.205	5.897	0.137	2.858	5.122	0.743	2.778	0.185	12.52	99.823
06:14:43	SDM-20	50.852	0.556	17.739	5.894	0.141	2.941	5.294	0.653	2.84	0.192	12.73	99.832
06:39:25	SD-1A-05	64.474	0.571	13.962	4.356	0.071	1.304	4.483	1.85	4.109	0.152	4.41	99.742
07:04:05	SD-1A-25cm	67.539	0.487	13.926	3.445	0.056	1.06	3.843	1.975	4.456	0.134	2.85	99.771
07:28:45	SD-1B-05	64.507	0.608	13.353	5.192	0.064	1.205	4.797	1.975	4.345	0.117	3.6	99.763
07:53:28	SD-1B-25cm	62.794	0.631	14.342	4.193	0.07	1.428	5.778	1.854	4.471	0.125	4.06	99.746
08:18:07	SD-1C-05	55.176	0.863	14.667	6.184	0.101	2.401	7.128	1.115	3.112	0.212	8.79	99.749
08:42:48	SD-1C-25cm	63.74	0.653	13.714	4.89	0.082	1.355	5.264	1.891	4.317	0.124	3.73	99.76
09:07:26	RMO-1	48.322	0.862	12.975	7.74	0.167	3.331	13.133	2.067	3.818	0.341	6.74	99.496

Los elementos mayoritarios se midieron en perla usando 10% de muestra y 90% de $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{LiBO}_2$, como fundente. El agente liberante utilizado fue LiI , del cual se adicionaron 50 microlitros de una solución con 250g/L.

La pérdida por calcinación (PXC), se determinó calentando 1g de muestra a 950°C durante 2 horas, y midiendo la diferencia de masa.

Sin más por el momento, quedo de usted,

A t e n t a m e n t e,



Quím. Rufino Lozano Santa Cruz
Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X-LUGIS

Ccp. Dr. José Luis Arce Saldaña. Jefe del Departamento de Geoquímica. IGLUNAM

**Anexo I.4 Informe de las concentraciones totales de los Elementos Traza.
Laboratorio de Geoquímica Ambiental del Laboratorio Nacional de Geoquímica y
Mineralogía del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de
México.**



INFORME DE RESULTADOS
MOLINITO CANANEA, SONORA
20 de abril del 2015

Información de las muestras

Se analizaron 27 muestras de sedimentos de fondo del Molinito y sedimentos del tributario La junta en Cananea, Sonora.

Las muestras se recibieron en bolsas de plástico de 25X10 cm, etiquetadas como SdMo-1 a la SdMo-20, Sd-1 A, B y C y Rsd-1 así como 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 27 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.



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



Listado de recepción de muestras:

ID Muestra	X	Y
Sedimentos Fondo Molinito		
SdMo-01	526707	3231647
SdMo-02	577071	3232062
SdMo-03	527417	3232352
SdMo-04	527741	3232664
SdMo-05	528071	3233042
SdMo-06	528436	3233309
SdMo-07	528835	3233584
SdMo-08	530377	3234342
SdMo-09	527539	3230801
SdMo-10	527380	3231175
SdMo-11	527187	3231567
SdMo-12	527279	3231916
SdMo-13	527600	3232171
SdMo-14	527231	3232622
SdMo-15	527404	3232984
SdMo-16	527488	3233382
SdMo-17	527850	3233312
SdMo-18	527659	3232907
SdMo-19	527161	3233303
SdMo-20	526889	3232538
Sedimentos Tributario La Junta (sur del Molinito)		
Sd-1A 0-5	528363	3230091
Sd-1A 25	528363	3230091
Sd-1B 0-5	528353	3230084
Sd-1B 25	528353	3230084
Sd-1C 0-5	528347	3230079
Sd-1C 25	528347	3230079
RMo-1	528341	3230093



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



Resultados de pH y CE:

MUESTRA	pH	CE [uS/cm]
Sedimentos Fondo Molinito		
SdMo-01	8.4	160.6
SdMo-02	8.3	193.0
SdMo-03	8.2	223.0
SdMo-04	8.3	158.7
SdMo-05	8.1	238.0
SdMo-06	8.2	260.0
SdMo-07	8.3	204.0
SdMo-08	8.2	238.0
SdMo-09	8.1	277.0
SdMo-10	8.1	299.0
SdMo-11	8.2	195.8
SdMo-12	8.3	157.0
SdMo-13	8.0	233.0
SdMo-14	8.4	146.0
SdMo-15	8.3	146.0
SdMo-16	8.3	190.0
SdMo-17	8.1	306.0
SdMo-18	8.3	169.7
SdMo-19	8.4	123.6
SdMo-20	8.2	192.2
Sedimentos Tributario La Junta (sur del Molinito)		
Sd-1A 0-5	8.5	53.6
Sd-1A 25	8.6	52.4
Sd-1B 0-5	8.4	96.0
Sd-1B 25	8.6	51.3
Sd-1C 0-5	8.3	175.3
Sd-1C 25	8.5	51.9
RMo-1	9.0	526.0



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



Resultados de FRX :

Sedimentos Fondo Molinito								
MUESTRA	As		Ba		Cr		Cu	
	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	2		23		6		7	
SdMo-01	19.2	5.09	<LOD	NA	139.7	2.72	57.5	5.64
SdMo-02	20.0	3.91	<LOD	NA	134.9	2.05	57.0	4.91
SdMo-03	17.9	8.46	<LOD	NA	127.5	4.57	58.9	6.65
SdMo-04	19.5	5.44	<LOD	NA	128.9	3.06	59.6	4.83
SdMo-05	19.3	7.34	75.9	6.2	129.7	5.83	63.7	4.35
SdMo-06	20.3	2.09	75.9	2.2	128.3	4.12	69.7	2.82
SdMo-07	23.2	7.74	<LOD	NA	142.3	1.24	79.0	0.83
SdMo-08	26.8	4.06	<LOD	NA	126.5	2.31	92.9	2.84
SdMo-09	48.2	4.75	<LOD	NA	110.3	2.96	55.4	2.35
SdMo-10	28.4	4.68	<LOD	NA	109.8	1.78	50.2	7.58
SdMo-11	22.1	4.35	<LOD	NA	124.4	2.18	55.3	3.33
SdMo-12	19.6	4.36	<LOD	NA	131.4	5.15	56.2	1.61
SdMo-13	18.7	7.50	<LOD	NA	132.9	2.55	63.6	9.34
SdMo-14	19.6	3.24	<LOD	NA	141.0	3.09	60.6	6.34
SdMo-15	18.6	1.37	<LOD	NA	133.8	2.84	62.5	9.76
SdMo-16	17.9	1.81	133.7	6.3	130.9	2.00	53.5	13.90
SdMo-17	18.4	3.97	<LOD	NA	129.7	2.16	61.5	5.03
SdMo-18	17.6	3.80	<LOD	NA	104.2	4.30	56.8	4.31
SdMo-19	18.6	2.80	<LOD	NA	130.9	3.29	58.0	1.11
SdMo-20	17.6	7.11	<LOD	NA	140.1	2.68	59.4	7.21
Sedimentos Tributario La Junta (sur del Molinito)								
Sd-1A 0-5	29.8	0.51	<LOD	NA	107.5	2.01	35.3	3.54
Sd-1A 25	26.4	4.19	265.9	5.1	116.7	4.32	34.5	11.77
Sd-1B 0-5	41.0	2.04	358.8	4.6	120.5	3.32	57.3	5.71
Sd-1B 25	40.2	2.65	<LOD	NA	104.9	3.25	40.4	7.70
Sd-1C 0-5	60.5	1.56	<LOD	NA	108.6	3.33	59.3	3.68
Sd-1C 25	63.7	2.23	<LOD	NA	128.5	4.58	44.1	4.89
RMo-1	19.6	5.11	771.4	6.1	183.4	2.82	138.2	2.95

NA= No aplica

<LOD= Debajo del límite de detección.



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



Sedimentos Fondo Molinito								
MUESTRA	Fe		Mn		Pb		Zn	
	%	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV	mg/kg	%CV
LD	0.003		30		3		5	
SdMo-01	2.6	0.28	710.6	1.33	38.7	4.27	102.9	3.32
SdMo-02	2.6	0.23	751.5	0.83	38.8	2.98	102.8	5.39
SdMo-03	2.5	0.43	653.9	4.35	36.9	2.87	100.3	1.12
SdMo-04	2.6	0.45	670.9	2.10	38.7	1.35	104.6	2.52
SdMo-05	2.4	0.57	590.7	1.79	38.2	4.84	98.4	1.15
SdMo-06	2.4	0.25	545.6	1.23	36.9	1.95	99.4	1.14
SdMo-07	2.5	0.54	606.6	2.87	43.1	7.30	108.0	3.07
SdMo-08	2.6	0.30	610.9	1.66	47.4	6.16	124.4	2.04
SdMo-09	2.4	0.10	477.7	1.29	26.7	1.12	85.2	4.28
SdMo-10	2.7	0.41	729.1	1.49	33.7	3.59	100.7	2.47
SdMo-11	2.6	0.43	723.5	3.48	38.8	3.57	103.0	2.32
SdMo-12	2.5	0.40	685.2	1.94	35.8	2.71	103.0	2.17
SdMo-13	2.5	0.48	666.0	1.70	39.3	3.71	103.0	2.72
SdMo-14	2.5	0.20	657.3	1.68	38.0	3.06	99.1	2.24
SdMo-15	2.6	0.13	648.0	2.31	36.7	1.79	101.4	3.48
SdMo-16	2.4	0.91	615.0	2.73	36.4	3.11	98.0	2.25
SdMo-17	2.5	0.54	746.5	0.96	39.2	5.27	97.5	3.03
SdMo-18	2.4	0.15	530.9	2.97	35.2	2.51	99.9	0.48
SdMo-19	2.5	0.04	659.5	2.94	36.1	3.09	95.3	2.04
SdMo-20	2.4	0.33	638.7	4.64	37.2	2.58	101.4	0.93
Sedimentos Tributario La Junta (sur del Molinito)								
Sd-1A 0-5	1.2	0.67	252.0	4.64	11.0	7.63	36.7	3.97
Sd-1A 25	1.0	0.42	252.0	3.70	13.1	8.79	47.8	4.32
Sd-1B 0-5	4.5	0.14	420.8	4.04	18.0	3.99	18.0	12.94
Sd-1B 25	2.4	0.25	372.0	0.22	12.5	4.79	37.5	1.30
Sd-1C 0-5	2.4	0.29	455.3	5.89	15.6	4.63	58.9	4.02
Sd-1C 25	1.5	0.44	355.9	9.63	12.0	15.06	27.9	3.01
RMo-1	2.9	0.34	857.3	2.50	<LOD	NA	30.5	2.74

NA= No aplica

<LOD= Debajo del límite 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 reportando también el % del coeficiente de variación (CV) de las mediciones (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 115% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

Estándares	%Exactitud							
	As	Ba	Cu	Cr	Fe	Mn	Pb	Zn
TILL-4	96.5	100.3	94.8	115.8	110.3	79.7	94.2	NA
NIST-2710a	110.1	NA	115.1	103.5	109.8	84.9	80.7	98.05

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 reportando también el % del coeficiente de variación (CV) de las mediciones (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 115% lo cual indica un buen desempeño del método de análisis.

Estándares	%Exactitud							
	As	Ba	Cu	Cr	Fe	Mn	Pb	Zn
TILL-4	96.5	100.3	94.8	115.8	110.3	79.7	94.2	NA
NIST-2710a	110.1	NA	115.1	103.5	109.8	84.9	80.7	98.05

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

QFB. Fabiola Vega García



INFORME DE RESULTADOS
MOLINITO CANANEA, SONORA

Información de las muestras

Se analizaron 27 muestras de sedimentos de fondo del Molinito y sedimentos del tributario La junta en Cananea, Sonora.

Las muestras se recibieron en bolsas de plástico de 25X10 cm, etiquetadas como SdMo-1 a la SdMo-20, Sd-1 A, B y C y Rsd-1 así como un listado de coordenadas y observaciones adjunto.

Información de los análisis

En las 27 muestras se determinaron elementos traza por Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-OES) en un equipo Pekín Elmer serie 8300

Las muestras fueron digeridas por el método EPA 3051, los resultados se reportan en mg/kg.
modo de inyección : Camara ciclónica.

Limites de deteccion :

Los limites considerados son para modo de inyección cámara ciclónica y están reportados en mg/l.

LD mg/L	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
	0.08	0.07	0.01	0.02	0.003	0.122	0.01	0.007	0.01	0.03	0.1	0.007

<LOD= Bajo el limite de detección



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



Listado de recepción de muestras:

ID Muestra	X	Y
Sedimentos Fondo Molinito		
SdMo-01	526707	3231647
SdMo-02	577071	3232062
SdMo-03	527417	3232352
SdMo-04	527741	3232664
SdMo-05	528071	3233042
SdMo-06	528436	3233309
SdMo-07	528835	3233584
SdMo-08	530377	3234342
SdMo-09	527539	3230801
SdMo-10	527380	3231175
SdMo-11	527187	3231567
SdMo-12	527279	3231916
SdMo-13	527600	3232171
SdMo-14	527231	3232622
SdMo-15	527404	3232984
SdMo-16	527488	3233382
SdMo-17	527850	3233312
SdMo-18	527659	3232907
SdMo-19	527161	3233303
SdMo-20	526889	3232538
Sedimentos Tributario La Junta (sur del Molinito)		
Sd-1A 0-5	528363	3230091
Sd-1A 25	528363	3230091
Sd-1B 0-5	528353	3230084
Sd-1B 25	528353	3230084
Sd-1C 0-5	528347	3230079
Sd-1C 25	528347	3230079
RMo-1	528341	3230093



Resultados de ICP

Muestra	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu
mg/Kg						
SdMO-01	70615.035	11.173	335.039	3.700	29.221	37.879
SdMO-02	69564.591	12.776	337.471	3.551	29.053	39.502
SdMO-03	69873.765	12.181	338.993	3.509	28.007	38.801
SdMO-04	67889.084	11.578	332.830	3.591	28.019	43.152
SdMO-05	64171.886	14.057	330.911	3.545	26.971	46.389
SdMO-06	58681.765	10.720	349.636	3.391	25.166	49.411
SdMO-07	66586.223	18.596	334.410	3.753	25.223	57.617
SdMO-08	72727.540	21.195	354.216	3.972	23.897	157.592
SdMO-09	48934.783	42.949	208.240	3.416	24.457	40.632
SdMO-10	59326.836	20.887	279.718	3.417	26.917	40.423
SdMO-11	71627.800	16.288	325.572	3.770	28.324	40.616
SdMO-12	70482.802	13.514	337.824	3.623	28.078	37.814
SdMO-13	69242.480	14.325	334.629	3.649	27.461	40.348
SdMO-14	67810.106	13.136	330.016	3.547	29.792	37.877
SdMO-15	65325.042	11.243	329.546	3.344	28.138	38.267
SdMO-16	52177.030	12.207	293.478	3.326	29.333	30.572
SdMO-17	47065.216	9.661	286.848	3.440	27.838	29.235
SdMO-18	61503.504	12.314	302.648	3.722	27.347	43.327
SdMO-19	63930.681	12.014	336.049	3.592	28.102	37.451
SdMO-20	66941.385	13.175	312.267	3.539	28.371	38.953
RMO-1	12136.540	13.796	175.536	3.921	107.705	135.357
Sd-1A 0-5	18046.212	34.823	116.264	2.574	10.150	10.441
Sd-1A 25	16327.294	36.280	104.274	2.108	7.865	7.059
Sd-1B 0-5	14356.576	53.048	84.354	3.828	18.079	20.442
Sd-1B 25	14736.370	68.455	90.663	2.596	12.288	21.392
Sd-1C 0-5	26347.538	62.252	126.208	3.468	23.886	33.851
Sd-1C 25	13933.263	61.421	88.175	3.256	14.179	22.920

NA= No aplica

<LOD= Debajo del límite de detección.



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



Muestra	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
	mg/Kg					
SdMO-01	30759.611	851.731	25.708	32.864	<LOD	123.376
SdMO-02	30771.912	874.391	25.844	33.944	<LOD	120.118
SdMO-03	30690.417	843.042	23.848	31.428	<LOD	115.454
SdMO-04	30727.620	856.763	24.580	33.508	<LOD	121.489
SdMO-05	30516.488	782.456	24.062	31.124	<LOD	117.631
SdMO-06	28748.557	621.365	20.451	32.090	<LOD	113.340
SdMO-07	30855.733	768.470	22.989	36.114	<LOD	126.425
SdMO-08	31938.557	833.519	23.823	42.675	<LOD	147.231
SdMO-09	28639.815	550.201	18.398	23.272	<LOD	97.754
SdMO-10	29816.080	811.818	21.235	27.407	<LOD	107.028
SdMO-11	31553.423	911.947	24.611	32.925	<LOD	121.392
SdMO-12	30579.854	852.134	24.570	32.636	<LOD	119.064
SdMO-13	29886.067	807.678	22.960	32.866	<LOD	115.619
SdMO-14	30120.359	859.759	26.765	31.622	<LOD	112.291
SdMO-15	30426.133	836.449	24.209	30.916	<LOD	112.469
SdMO-16	28590.748	724.763	26.935	26.608	<LOD	98.310
SdMO-17	27804.632	625.002	25.191	24.748	<LOD	91.604
SdMO-18	29645.654	718.282	24.958	33.308	<LOD	116.537
SdMO-19	29570.365	790.586	23.647	30.560	<LOD	107.853
SdMO-20	29064.415	789.154	23.806	32.492	<LOD	114.216
RMO-1	31999.863	636.304	50.722	3.283	<LOD	49.250
Sd-1A 0-5	20537.995	304.053	7.080	12.246	<LOD	52.261
Sd-1A 25	16751.181	241.759	5.869	9.869	<LOD	49.374
Sd-1B 0-5	32907.919	318.113	8.478	12.955	<LOD	49.095
Sd-1B 25	20268.881	308.642	7.681	10.797	<LOD	48.169
Sd-1C 0-5	29656.696	442.909	13.452	15.652	<LOD	79.282
Sd-1C 25	27401.847	421.780	9.012	14.454	<LOD	49.722

NA= No aplica

<LOD= Debajo del límite de detección.



CONTROL DE CALIDAD

En el caso de los análisis determinados por ICP-OES la concentración de cada elemento fue determinada por triplicado, el valor reportado es el promedio de las tres determinaciones, la desviación estándar relativa (RSD) de las mediciones fue menor al 10%.

Para determinar la exactitud se utilizaron estándares de control analítico de concentraciones conocidas (5 y 50 ppm) los cuales fueron analizados como muestra para determinar su concentración por medio de curvas de calibración preparadas, indicando un buen desempeño del método de análisis.

% exactitud	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
50 ppm	104.53	99.20	103.23	98.16	100.53	103.22	101.55	101.08	99.88	99.89	98.52	97.39
5 ppm	98.59	96.91	106.21	109.68	106.30	98.50	107.83	105.81	105.39	103.84	99.70	108.07

Sin mas por al momento quedo a sus ordenes.

Analizó:

QFB. Fabiola Vega García

Revisó:

M en C Luis Gerardo Martínez Jardines

M en C Alicia Santana Silva

Anexo II.1 Informe de muestreo de la columna de agua de la Presa El Molinito



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



INFORME DE MUESTREO

COLUMNA DE AGUA PRESA EL MOLINITO, SONORA
2015

PROYECTO
RIO SONORA

Fecha que se realizó el muestreo.

19 y 20 de mayo 2015

Responsable de muestreo

Dr. Alexander Correa Metrio

Q.I. Ines Ramos Bautista



1. Participantes

Participantes	
Dr. Alexander correa Metríó	Responsable de Muestreo
Dr. Agustín Robles Morua	Muestreador
M. en C. Nidia Rojas	Muestreador
Q.I. Ines Ramos Bautista	Responsable de Muestreo
Biol. Josahandi	Muestreador
Tec. Víctor Montaña Jiménez	Muestreador

2. Muestreo

Se tomaron un total de 76 muestras de agua en 21 sitios de la Presa "El Molinito", ubicada en el estado de Sonora, cerca del poblado Molino de Camou. Cada muestra de agua se tomó por duplicado para determinar las concentraciones solubles¹ y totales², de los metales de interés.

En la Tabla 1 se presenta las coordenadas (WGS_1984_UTM_Zone_12N) de los 21 sitios muestreados de la Presa El Molinito, y en la Tabla 2 se presentan las diferentes profundidades a las cuales se colectaron las muestras de la columna de agua en cada uno de los sitios de muestreo.

En la Figura 1 se muestra la distribución de los sitios muestreados.

¹ **Concentración soluble:** Para determinar las concentraciones solubles de los metales de interés las muestras de aguas se filtraron en campo y luego se les agregó ácido nítrico concentrado para lograr un valor de pH menor a 2.0

² **Concentración total:** Las concentraciones totales incluyen las concentraciones de los metales disueltos en el agua más las concentraciones de éstos en las partículas suspendidas. Para determinar las concentraciones totales, en el campo las muestras de aguas sin filtrar se preservan con ácido nítrico concentrado, para lograr un valor de pH menor a 2.0; con lo cual se disuelven los metales contenidos en el material particulado del agua de los cuerpos de agua estudiados.



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



Tabla 1. Coordenadas de los sitios de muestreo

ID/Muestra	X	Y
Molinito 1	527785	3230661
Molinito 2	527281	3231100
Molinito 3	527280	3231279
Molinito 4	527310	3232212
Molinito 5	527405	3232323
Molinito 6	527066	3232683
Molinito 7	527023	3232987
Molinito 8	526877	3233181
Molinito 9	527154	3233214
Molinito 10	527668	3232633
Molinito 11	527749	3232752
Molinito 12	526819	3231620
Molinito 13	527139	3231918
Molinito 14	527490	3232348
Molinito 15	527840	3232896
Molinito 16	528091	3233085
Molinito 17	528777	3233576
Molinito 18	529120	3234441
Molinito 19	528283	3232304
Molinito 20	527484	3231100
Molinito 21	526613	3231728



Figura 1. Distribución de los sitios de muestreo de agua de la Presa el Molinito

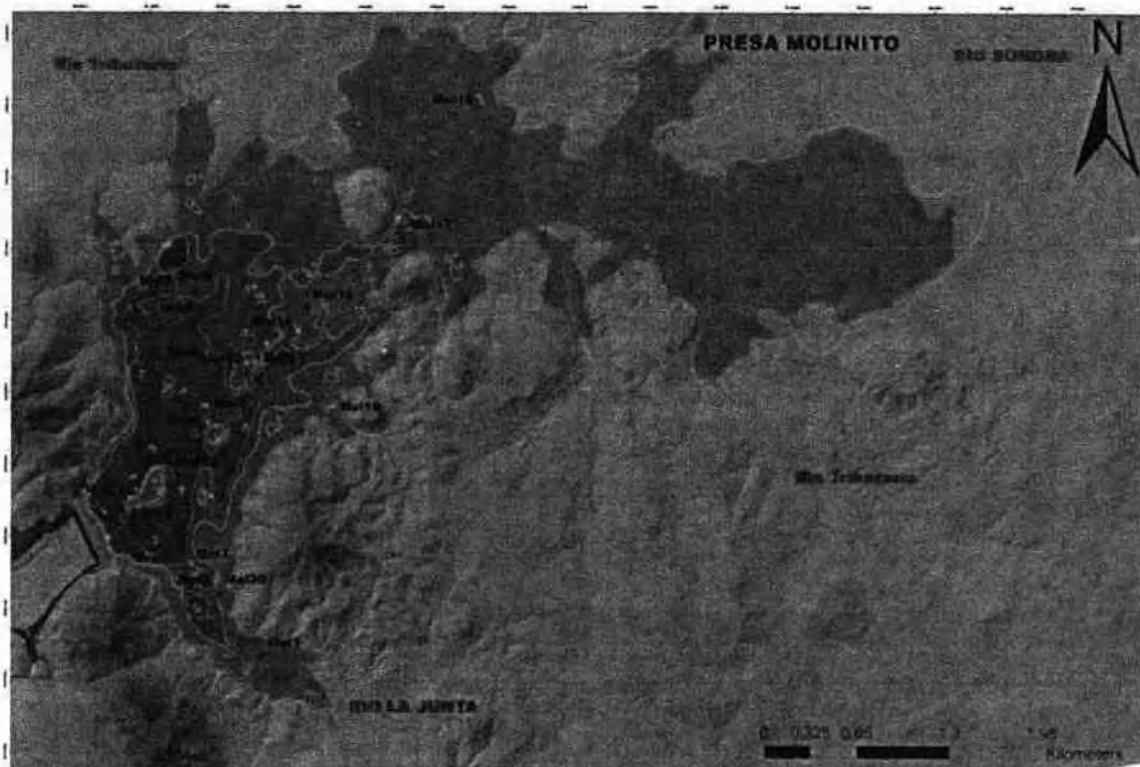


Tabla 2 Relación de muestras de acuerdo a las diferentes profundidades a las cuales se colectaron las muestras de la columna de agua, en cada uno de los sitios de muestreo de la Presa El Molinito

Número	ID/Muestra	Profundidad, m	
1	Molinito 1	a	superficial
2	Molinito 1	b	4.65
3	Molinito 2	a	Superficial
4	Molinito 2	b	4.45
5	Molinito 3	a	Superficial
6	Molinito 3	b	5
7	Molinito 3	c	7.5
8	Molinito 3	d	7.8
9	Molinito 4	a	superficial
10	Molinito 4	b	5
11	Molinito 4	c	7.5
12	Molinito 4	d	12.8



Tabla 2 Relación de muestras de acuerdo a las diferentes profundidades a las cuales se colectaron las muestras de la columna de agua, en cada uno de los sitios de muestreo de la Presa El Molinito (Continuación)

Número	ID/Muestra		Profundidad, m
13	Molinito 5	a	superficial
14	Molinito 5	b	5
15	Molinito 5	c	7.5
16	Molinito 5	d	12.8
17	Molinito 6	a	superficial
18	Molinito 6	b	5
19	Molinito 6	c	7.5
20	Molinito 6	d	12
21	Molinito 7	a	superficial
22	Molinito 7	b	5
23	Molinito 7	c	7.5
24	Molinito 7	d	12
25	Molinito 8	a	superficial
26	Molinito 8	b	5
27	Molinito 8	c	7.5
28	Molinito 8	d	10.5
29	Molinito 9	a	superficial
30	Molinito 9	b	5
31	Molinito 9	d	7.5
32	Molinito 9	c	10.5
33	Molinito 10	a	superficial
34	Molinito 10	b	5
35	Molinito 10	c	7.5
36	Molinito 10	d	10
37	Molinito 11	a	superficial
38	Molinito 11	b	5
39	Molinito 11	c	7.5
40	Molinito 11	d	10.5
41	Molinito 12	a	superficial
42	Molinito 12	b	5
43	Molinito 12	c	7.5
44	Molinito 12	d	14



Tabla 2 Relación de muestras de acuerdo a las diferentes profundidades a las cuales se colectaron las muestras de la columna de agua, en cada uno de los sitios de muestreo de la Presa El Molinito (Continuación)

Número	ID/Muestra		Profundidad, m
45	Molinito 13	a	superficial
46	Molinito 13	b	5
47	Molinito 13	c	7.5
48	Molinito 13	d	15
49	Molinito 14	a	superficial
50	Molinito 14	b	5
51	Molinito 14	c	7.5
52	Molinito 14	d	11.5
53	Molinito 15	a	superficial
54	Molinito 15	b	5
55	Molinito 15	c	7.5
56	Molinito 15	d	8
57	molinito 16	a	superficial
58	molinito 16	b	5
59	molinito 17	a	superficial
60	molinito 17	b	5
61	molinito 17	c	6.5
62	molinito 18	a	superficial
63	molinito 18	b	5
64	molinito 18	c	8
65	Molinito 19	a	superficial
66	Molinito 19	b	5
67	Molinito 19	c	7.5
68	Molinito 19	d	14
69	Molinito 20	a	superficial
70	Molinito 20	b	5
71	Molinito 20	c	7.5
72	Molinito 20	d	11.5
73	Molinito 21	a	superficial
74	Molinito 21	b	5
75	Molinito 21	c	7.5
76	Molinito 21	d	13.5

Nota: Cada muestra de agua se tomó por duplicado para determinar las concentraciones solubles y totales, de los metales de interés.

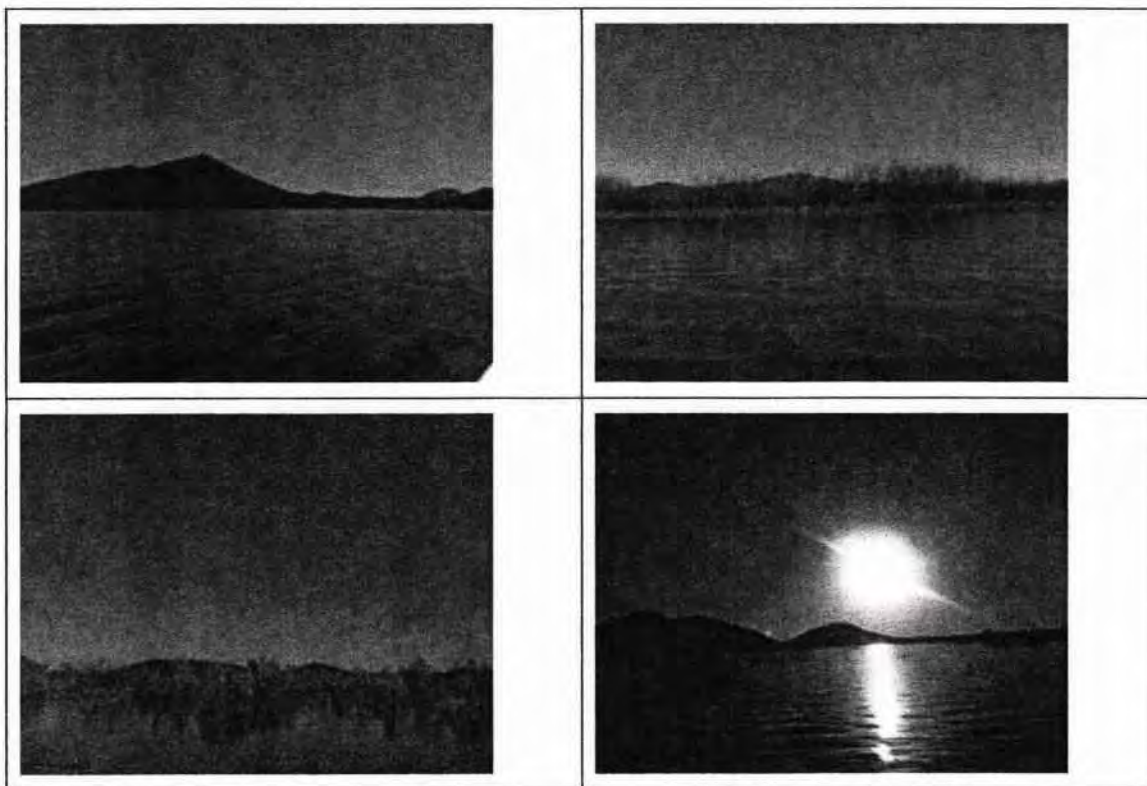


3. Análisis requeridos

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

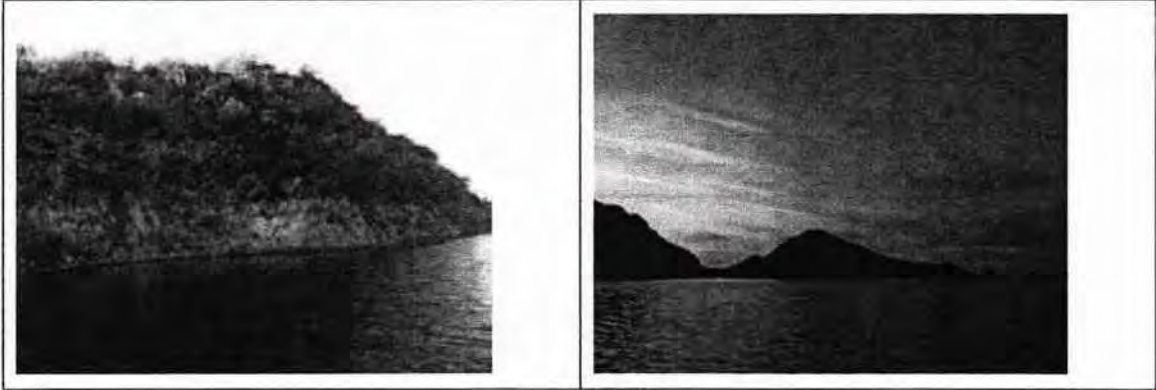
Matriz	Parámetros
Agua	Concentración total de Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb y Zn
	Concentración soluble de Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb y Zn

4. Fotografías de la Presa el Molinito en el periodo de muestreo





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



Realizo

Q.I. Ines Ramos



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



Realizo

Q.I. Ines Ramos

**Anexo II.2 Cadena de custodia del muestreo de la columna de agua de la Presa
El Molinito**



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 pH y CE en matrices Líquidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices líquidas
- 4 Concentración de bicarbonatos
- 5 Iones mayores Cl (Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺ y K⁺) (F, Cl, NO₃⁻, SO₄⁻²)
- 5 Concentración de elementos Solubles (ICP)
- 6 Concentración de elementos Totales (ICP)

HOJA 2 DE 5

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente

2 Normal

No. Orden de trabajo

No. Orden de muestreo

Nombre y firma del cliente*: Dr. Francisco Romero

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: Rio Sonora

Identificación del sitio Presa molinito

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox. ml) recibida	Preservacion		Ensayos						Determinación de elemental por ICP										Contenedores*				
		Fecha	Hora			Filtrada	pH ≤ 2	1	2	3	4	5	6	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	V	P	O
1	Mol 6 a (5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Mol 6 b (7.5 m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	Mol 6 c (12m Fondo) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	Mol 7 a (Superficial) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	Mol 7 b (5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	Mol 7 c (7.5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7	Mol 7 d (12m Fondo) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8	Mol 8 a (Superficial) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9	Mol 8 b (5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10	Mol 8 c (7.5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11	Mol 8 d (10.5m Fondo) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12	Mol 9 a (Superficial) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	Mol 9 b (5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14	Mol 9 c (7.5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15	Mol 9 d (10.5m) S	19/05/2015		Agua	125ml	x	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): *Vicente Paredes*

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:

Para analisis de elementos solubles por ICP

A la clave de capmpo se le agrego una letra S para indicar

para que analisis estaban preservadas las muestras

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre:			Entrega 2	Nombre:			Entrega 3	Nombre:		
	Fecha:	Empresa:	Fecha:		Empresa:	Fecha:	Empresa:		Fecha:	Empresa:	
<i>Vicente Paredes</i>	21-05-15	Geobasa	<i>Lucy Tadeo</i>	25-05-15	Lab Geo-UES						
<i>Fabio...</i>	21-05-15	Lab. Geoq. Ambiental									

V. Vidrio, P Polietileno, 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 pH y CE en matrices Líquidas
- 3 Digestión ácida por microondas en matrices líquidas
- 4 Concentración de bicarbonatos
- 5 Iones mayores Cl (Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺ y K⁺) (F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)
- 5 Concentración de elementos Solubles (ICP)
- 6 Concentración de elementos Totales (ICP)

HOJA 2 DE 5

Rev 01

No. de Cotización

Prioridad

1 Urgente

2 Normal

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:

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.

Dirección:
C.P.

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

Atención:
Teléfono:

e-mail: fmrch@geologia.unam.mx

e-mail:

Proyecto: Río Sonora

Identificación del sitio Presa molinito

No.	Identificación de la muestra	Muestreo		Matriz	Cantidad (aprox. ml) recibida	Preservacion		Ensayos						Determinación de elemental por ICP										Contenedores*							
		Fecha	Hora			Filtrada	pH ≤ 2	1	2	3	4	5	6	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	V	P	O			
1	Mol 6 b (5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
2	Mol 6 c (7.5 m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
3	Mol 6 d (12m Fondo) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
4	Mol 7 a (Superficial) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
5	Mol 7 b (5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
6	Mol 7 c (7.5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
7	Mol 7 d (12m Fondo) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
8	Mol 8 a (Superficial) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
9	Mol 8 b (5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
10	Mol 8 c (7.5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
11	Mol 8 d (10.5m Fondo) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
12	Mol 9 a (Superficial) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
13	Mol 9 b (5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
14	Mol 9 c (7.5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
15	Mol 9 d (10.5m) T	19/05/2015		Agua	125ml		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): *[Handwritten signature]*

Empresa: Instituto de Geología UNAM (Laboratorio geoquímica Ambiental)

Observaciones:

Para analisis de elementos totales por ICP

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

Se le agrego una letra T para indicar la preservacion de la muestra para totales

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

Registro de la cadena de custodia de las muestras

Entrega 1	Nombre:			Entrega 2	Nombre:			Entrega 3	Nombre:			*V. Vidrio, P* Polietileno, O* otro (Especificar)
	Fecha:	Empresa:	Fecha:		Empresa:	Fecha:	Empresa:		Fecha:	Empresa:		
	<i>[Handwritten]</i>	21-05-15	Geología		<i>[Handwritten]</i>	25-05-15	Lab ICP-UES					
Recibe 1	<i>[Handwritten]</i>	21-05-15	Geog. Amb									

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

Anexo II.3 Informe de las concentraciones totales y solubles los metales y metaloides asociados al derrame de Buena Vista del Cobre, en la columna de agua de la Presa El Molinito. Laboratorio de Espectroscopia atómica del Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.



INFORME DE RESULTADOS
Mayo 2015

DATOS DEL SOLICITANTE

Dr. Francisco Martin Romero

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se analizaron 152 muestras de agua, de las cuales 76 se analizaron para analitos solubles y 76 muestras para analitos totales.

Las muestras se prepararon por digestión ácida asistida por microondas de acuerdo al método EPA 3015^a.

Las muestras destinadas para realizar mediciones de analitos solubles fueron filtradas en campo por membranas de 0.45 micras y posteriormente preservadas con ácido nítrico. Las muestras destinadas a la medición de analitos totales fueron preservadas en campo con ácido nítrico.

INFORMACION DE LOS ANALISIS

Las muestras fueron analizadas en un equipo Perkin-Elmer ICP-OES Optima 8300 DV siguiendo el método EPA 6010C.



Límites de detección:

Los límites de detección del método del método analítico están dados en mg/L y se presentan a continuación:

Límites de detección (mg/L)											
Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
0.0037	0.0019	0.0004	0.0010	0.0010	0.0083	0.0031	0.0003	0.0005	0.0014	0.0006	0.0029

RESULTADOS:

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos por ICP-OES, en ellas se encontraran los términos LOD y <LOD que significan:

LOD= Límite de detección (Limit of detection)

<LOD= Menor al límite de detección



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 1			Resultados analitos solubles											
Clave	Profundidad		Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	m		mg/L											
Molinito 1	a	superficial	<LOD	0.017	0.033	<LOD	<LOD	<LOD	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 1	b	4.65	0.015	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.004	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 2	a	Superficial	0.004	0.01	0.052	<LOD	<LOD	0.001	<LOD	0.002	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 2	b	4.45	<LOD	0.015	0.06	0.001	<LOD	0.009	0.034	<LOD	<LOD	<LOD	0.002	0.009
Molinito 3	a	Superficial	<LOD	0.015	0.056	0.001	<LOD	0.021	0.127	<LOD	<LOD	0.002	0.002	0.012
Molinito 3	b	5	<LOD	0.014	0.036	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 3	c	7.5	<LOD	0.016	0.065	0.001	<LOD	<LOD	0.02	0.133	<LOD	<LOD	0.003	0.005
Molinito 3	d	7.8	<LOD	0.016	0.085	0.001	<LOD	<LOD	0.099	0.606	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 4	a	superficial	<LOD	0.014	0.032	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 4	b	5	<LOD	0.014	0.033	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 4	c	7.5	<LOD	0.012	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	0.033	0.54	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 4	d	12.8	0.007	0.017	0.082	0.001	<LOD	0.015	0.069	0.525	<LOD	<LOD	0.003	<LOD
Molinito 5	a	superficial	0.014	0.013	0.036	<LOD	<LOD	<LOD	0.004	0.04	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 5	b	5	<LOD	0.014	0.033	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 5	c	7.5	<LOD	0.013	0.047	<LOD	<LOD	<LOD	0.005	0.405	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 5	d	12.8	0.014	0.016	0.081	0.001	<LOD	<LOD	0.071	0.521	0.001	<LOD	<LOD	0.009
Molinito 6	a	superficial	<LOD	0.014	0.027	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 6	b	5	0.003	0.013	0.06	<LOD	<LOD	0.018	0.015	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 6	c	7.5	<LOD	0.008	0.084	<LOD	<LOD	<LOD	0.006	0.647	<LOD	<LOD	<LOD	0.004
Molinito 6	d	12	<LOD	0.015	0.08	0.001	<LOD	<LOD	0.044	0.524	<LOD	0.022	0.001	<LOD



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 2			Resultados analitos solubles											
Clave		profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 7	a	superficial	<LOD	0.013	0.026	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 7	b	5	<LOD	0.016	0.057	0.001	<LOD	<LOD	0.022	0.005	<LOD	<LOD	0.001	0.006
Molinito 7	c	7.5	<LOD	0.017	0.065	0.001	<LOD	<LOD	0.023	0.287	<LOD	<LOD	0.001	0.006
Molinito 7	d	12	0.027	0.014	0.075	0.001	<LOD	<LOD	0.06	0.54	<LOD	<LOD	0.001	0.005
Molinito 8	a	superficial	<LOD	0.017	0.038	<LOD	<LOD	<LOD	0.052	0.001	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 8	b	5	<LOD	0.018	0.044	<LOD	<LOD	<LOD	0.01	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 8	c	7.5	0.035	0.013	0.079	<LOD	<LOD	0.012	0.19	0.673	<LOD	<LOD	<LOD	0.001
Molinito 8	d	10.5	0.012	0.009	0.088	<LOD	<LOD	<LOD	0.086	0.598	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	a	superficial	<LOD	<LOD	0.052	<LOD	<LOD	0.019	0.008	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 9	b	5	0.003	0.01	0.055	<LOD	<LOD	0.004	0.023	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	c	7.5	0.007	0.012	0.066	<LOD	<LOD	0.007	0.014	0.054	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	d	10.5	0.008	0.01	0.082	<LOD	<LOD	0.006	0.064	0.574	<LOD	<LOD	<LOD	0.226
Molinito 10	a	superficial	0.005	0.011	0.049	<LOD	<LOD	0.005	0.015	0.013	<LOD	<LOD	<LOD	0.06
Molinito 10	b	5	0.002	0.013	0.061	<LOD	<LOD	0.003	0.007	0.311	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	c	7.5	0.002	0.012	0.053	<LOD	<LOD	0.006	0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	d	10	0.002	0.011	0.081	<LOD	<LOD	0.013	0.052	0.59	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	a	superficial	<LOD	0.015	0.022	<LOD	<LOD	<LOD	0.007	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	b	5	<LOD	0.015	0.028	<LOD	<LOD	<LOD	0.002	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	c	7.5	<LOD	0.016	0.031	<LOD	<LOD	<LOD	0.005	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	d	10.5	<LOD	0.013	0.051	<LOD	<LOD	<LOD	0.036	0.486	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 3			Resultados analitos solubles											
Clave		profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 12	a	superficial	<LOD	0.006	0.055	<LOD	<LOD	0.013	0.005	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 12	b	5	<LOD	0.015	0.03	<LOD	<LOD	<LOD	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	c	7.5	<LOD	0.017	0.041	<LOD	<LOD	<LOD	0.01	0.285	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	d	14	<LOD	0.014	0.053	<LOD	<LOD	<LOD	0.031	0.483	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	a	superficial	<LOD	0.011	0.052	<LOD	<LOD	0.011	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	b	5	0.002	0.011	0.054	<LOD	<LOD	0.005	0.053	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	c	7.5	0.006	0.013	0.082	<LOD	<LOD	0.006	0.075	0.824	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	d	15	0.002	0.011	0.08	<LOD	<LOD	<LOD	0.087	0.578	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	a	superficial	<LOD	0.009	0.055	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	b	5	<LOD	0.01	0.061	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	c	7.5	<LOD	0.011	0.075	<LOD	<LOD	<LOD	0.031	0.568	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	d	11.5	0.004	0.01	0.078	<LOD	<LOD	0.007	0.082	0.567	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 15	a	superficial	<LOD	0.016	0.03	<LOD	<LOD	<LOD	0.013	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 15	b	5	0.003	0.015	0.032	<LOD	<LOD	<LOD	0.009	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 15	c	7.5	<LOD	0.009	0.061	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 15	d	8	<LOD	0.008	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.007	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
molinito 16	a	superficial	0.054	0.005	0.055	<LOD	<LOD	0.02	0.032	0.004	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
molinito 16	b	5	0.033	0.007	0.057	<LOD	<LOD	0.032	0.054	0.072	<LOD	<LOD	<LOD	0.009
molinito 17	a	superficial	0.038	0.013	0.048	<LOD	<LOD	<LOD	0.03	0.005	<LOD	<LOD	<LOD	0.012
molinito 17	b	5	0.028	0.014	0.057	<LOD	0.002	0.011	0.02	0.003	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 4			Resultados analitos solubles											
Clave		profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
molinito 17	c	6.5	0.02	0.012	0.071	<LOD	<LOD	0.012	0.036	0.004	<LOD	<LOD	<LOD	0.02
molinito 18	a	superficial	<LOD	0.014	0.049	<LOD	0.002	0.009	0.046	0.004	0.005	<LOD	<LOD	<LOD
molinito 18	b	5	0.018	0.014	0.051	<LOD	0.002	<LOD	0.026	0.005	0.006	<LOD	<LOD	0.006
molinito 18	c	8	0.019	0.013	0.169	<LOD	<LOD	<LOD	0.02	0.003	0.005	<LOD	<LOD	0.011
Molinito 19	a	superficial	0.013	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.013	0.038	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	0.011
Molinito 19	b	5	0.008	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.012	0.027	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.006
Molinito 19	c	7.5	0.006	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.011	0.029	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 19	d	14	<LOD	0.004	0.085	<LOD	<LOD	0.008	0.071	0.552	<LOD	<LOD	<LOD	0.009
Molinito 20	a	superficial	0.005	<LOD	0.058	<LOD	<LOD	0.059	0.042	0.002	<LOD	<LOD	<LOD	0.021
Molinito 20	b	5	<LOD	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	0.029	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	0.005
Molinito 20	c	7.5	<LOD	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.011	0.025	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 20	d	11.5	<LOD	<LOD	0.058	<LOD	<LOD	<LOD	0.045	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
Molinito 21	a	superficial	<LOD	0.003	0.051	<LOD	<LOD	0.011	0.026	<LOD	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 21	b	5	<LOD	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	<LOD	0.026	0.001	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 21	c	7.5	<LOD	<LOD	0.059	<LOD	<LOD	<LOD	0.018	0.001	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 21	d	13.5	0.006	0.003	0.075	<LOD	<LOD	<LOD	0.044	0.143	<LOD	<LOD	0.001	<LOD



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 5			Resultados analitos totales											
Clave		Profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 1	a	superficial	0.015	0.019	0.035	<LOD	<LOD	<LOD	0.037	0.039	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 1	b	4.65	0.015	0.015	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.021	0.004	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 2	a	Superficial	0.007	0.015	0.06	0.001	<LOD	0.017	0.061	0.034	<LOD	<LOD	0.002	0.006
Molinito 2	b	4.45	0.02	0.016	0.063	0.001	<LOD	0.016	0.034	0.079	<LOD	<LOD	0.001	0.01
Molinito 3	a	Superficial	0.018	0.015	0.061	0.001	<LOD	0.023	0.094	0.033	<LOD	<LOD	0.002	0.006
Molinito 3	b	5	0.026	0.016	0.062	0.001	<LOD	0.019	0.033	0.072	<LOD	<LOD	0.001	0.016
Molinito 3	c	7.5	0.022	0.017	0.088	0.001	0.006	0.053	0.199	0.801	0.005	0.003	0.001	0.024
Molinito 3	d	7.8	0.041	0.015	0.086	0.001	<LOD	<LOD	0.148	0.613	<LOD	<LOD	0.001	0.006
Molinito 4	a	superficial	0.013	0.015	0.058	0.001	<LOD	0.018	0.046	0.045	<LOD	<LOD	0.001	0.012
Molinito 4	b	5	0.022	0.016	0.059	0.001	<LOD	<LOD	0.051	0.068	<LOD	<LOD	0.001	0.004
Molinito 4	c	7.5	0.008	0.017	0.09	0.001	<LOD	0.031	0.225	0.645	<LOD	0.003	0.001	0.022
Molinito 4	d	12.8	0.819	0.016	0.1	0.001	<LOD	0.015	1.397	0.547	<LOD	0.003	0.001	0.06
Molinito 5	a	superficial	0.114	0.015	0.061	0.001	<LOD	0.04	0.079	0.04	<LOD	<LOD	0.001	0.023
Molinito 5	b	5	0.029	0.016	0.058	0.001	<LOD	<LOD	0.034	0.06	<LOD	0.004	0.002	<LOD
Molinito 5	c	7.5	0.017	0.016	0.101	0.001	<LOD	<LOD	0.056	0.734	<LOD	<L=D	0.001	<LOD
Molinito 5	d	12.8	0.041	0.015	0.086	0.001	<LOD	<LOD	0.086	0.532	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 6	a	superficial	0.009	0.016	0.05	0.001	<LOD	0.02	0.057	0.03	<LOD	<LOD	0.002	0.011
Molinito 6	b	5	0.01	0.017	0.058	0.001	<LOD	<LOD	0.03	0.049	<LOD	<LOD	0.001	0.003
Molinito 6	c	7.5	0.007	0.016	0.096	0.001	<LOD	0.012	0.059	0.824	<LOD	<LOD	0.001	0.004
Molinito 6	d	12	0.013	0.017	0.083	0.001	<LOD	<LOD	0.084	0.524	<LOD	<LOD	0.002	0.003



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 6			Resultados analitos totales											
Clave		Profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 7	a	superficial	0.008	0.016	0.049	0.001	<LOD	0.012	0.06	0.024	<LOD	0.002	0.001	0.003
Molinito 7	b	5	0.011	0.017	0.057	0.001	<LOD	<LOD	0.037	0.049	<LOD	<LOD	0.001	0.003
Molinito 7	c	7.5	0.142	0.05	0.066	0.001	<LOD	0.003	0.88	0.435	<LOD	0.006	0.003	0.004
Molinito 7	d	12	0.197	0.016	0.075	0.001	<LOD	<LOD	0.193	0.545	<LOD	<LOD	0.001	0.005
Molinito 8	a	superficial	0.005	0.016	0.038	<LOD	<LOD	<LOD	0.129	0.026	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 8	b	5	<LOD	0.016	0.044	<LOD	<LOD	<LOD	0.35	0.058	<LOD	<LOD	0.002	<LOD
Molinito 8	c	7.5	0.009	0.019	0.089	<LOD	<LOD	<LOD	0.089	0.594	<LOD	0.008	<LOD	<LOD
Molinito 8	d	10.5	0.012	0.013	0.088	<LOD	<LOD	0.007	0.081	0.602	<LOD	<LOD	<LOD	0
Molinito 9	a	superficial	<LOD	<LOD	0.053	<LOD	<LOD	0.019	0.022	0.005	<LOD	<LOD	0.002	<LOD
Molinito 9	b	5	0.021	0.013	0.061	<LOD	<LOD	0.007	0.077	0.076	<LOD	0.006	<LOD	0.005
Molinito 9	c	7.5	0.013	0.012	0.122	<LOD	<LOD	0.005	0.033	0.572	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 9	d	10.5	0.009	0.012	0.085	<LOD	<LOD	0.005	0.067	0.587	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	a	superficial	0.011	0.011	0.051	<LOD	<LOD	0.005	0.017	0.038	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	b	5	0.007	0.013	0.102	<LOD	<LOD	0.006	0.041	0.944	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 10	c	7.5	0.022	0.012	0.056	<LOD	<LOD	0.006	0.029	0.063	<LOD	0.006	<LOD	<LOD
Molinito 10	d	10	0.008	0.012	0.08	<LOD	<LOD	0.004	0.086	0.589	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	a	superficial	0.011	0.017	0.023	<LOD	<LOD	<LOD	0.018	0.034	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	b	5	0.004	0.016	0.031	<LOD	<LOD	<LOD	0.014	0.053	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	c	7.5	0.005	0.019	0.077	<LOD	<LOD	<LOD	0.036	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 11	d	10.5	0.106	0.017	0.057	<LOD	<LOD	<LOD	0.119	0.497	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 7			Resultados analitos totales											
Clave		Profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
Molinito 12	a	superficial	<LOD	0.006	0.058	<LOD	<LOD	0.012	0.011	0.021	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 12	b	5	0.006	0.016	0.032	<LOD	<LOD	<LOD	0.042	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	c	7.5	0.011	0.016	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	0.047	0.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 12	d	14	0.083	0.015	0.054	<LOD	<LOD	<LOD	0.089	0.484	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	a	superficial	<LOD	0.012	0.052	<LOD	<LOD	0.011	0.006	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	b	5	0.014	0.012	0.057	<LOD	<LOD	0.008	0.053	0.063	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	c	7.5	0.004	0.012	0.082	<LOD	<LOD	0.023	0.128	0.824	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 13	d	15	0.05	0.011	0.082	<LOD	<LOD	<LOD	0.115	0.582	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	a	superficial	0.013	0.011	0.055	<LOD	<LOD	0.034	0.091	0.045	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	b	5	0.008	0.012	0.055	<LOD	<LOD	0.036	0.023	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	c	7.5	0.011	0.011	0.08	<LOD	<LOD	<LOD	0.062	0.651	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 14	d	11.5	0.015	0.012	0.081	<LOD	<LOD	0.073	0.157	0.578	<LOD	0.149	<LOD	0.039
Molinito 15	a	superficial	0.007	0.018	0.03	<LOD	<LOD	<LOD	0.017	0.039	<LOD	<LOD	0.004	<LOD
Molinito 15	b	5	0.019	0.017	0.035	<LOD	<LOD	<LOD	0.02	0.04	<LOD	<LOD	0.001	<LOD
Molinito 15	c	7.5	0.01	0.016	0.039	<LOD	<LOD	<LOD	0.024	0.106	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Molinito 15	d	8	0.001	0.017	0.149	<LOD	<LOD	<LOD	0.029	0.406	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
molinito 16	a	superficial	0.054	0.005	0.06	<LOD	<LOD	0.02	0.032	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
molinito 16	b	5	0.033	0.007	0.057	<LOD	<LOD	0.045	0.054	0.075	<LOD	<LOD	<LOD	0.009
molinito 17	a	superficial	0.038	0.016	0.052	<LOD	0.003	0.013	0.093	0.065	<LOD	<LOD	<LOD	0.012
molinito 17	b	5	0.028	0.015	0.06	<LOD	0.003	0.011	0.041	0.098	<LOD	<LOD	<LOD	0.005



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Edafología
Laboratorio de Espectroscopia Atómica



Tabla 8			Resultados analitos totales											
Clave		Profundidad	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Campo	Mapa	m	mg/L											
molinito 17	c	6.5	0.031	0.016	0.094	<LOD	0.003	0.012	0.054	0.327	<LOD	<LOD	<LOD	0.02
molinito 18	a	superficial	<LOD	0.016	0.052	<LOD	0.029	0.011	0.075	0.009	0.015	<LOD	<LOD	<LOD
molinito 18	b	5	0.018	0.015	0.051	<LOD	0.003	<LOD	0.026	0.021	0.006	<LOD	<LOD	0.006
molinito 18	c	8	0.019	0.014	0.302	<LOD	0.003	<LOD	0.02	0.03	0.007	<LOD	<LOD	0.013
Molinito 19	a	superficial	0.013	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.015	0.038	0.042	<LOD	<LOD	<LOD	0.011
Molinito 19	b	5	0.011	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.012	0.027	0.055	<LOD	<LOD	<LOD	0.005
Molinito 19	c	7.5	0.01	<LOD	0.054	<LOD	<LOD	0.012	0.03	0.057	<LOD	<LOD	0.002	0.004
Molinito 19	d	14	0.013	0.005	0.084	<LOD	<LOD	0.013	0.092	0.539	<LOD	<LOD	0.001	0.008
Molinito 20	a	superficial	0.014	<LOD	0.075	<LOD	<LOD	0.123	0.042	0.041	0.002	<LOD	<LOD	0.032
Molinito 20	b	5	0.012	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	<LOD	0.037	0.062	<LOD	<LOD	0.001	0.007
Molinito 20	c	7.5	0.01	<LOD	0.056	<LOD	<LOD	0.012	0.03	0.061	<LOD	<LOD	0.002	0.005
Molinito 20	d	11.5	0.016	<LOD	0.059	<LOD	<LOD	<LOD	0.2	0.079	<LOD	<LOD	<LOD	0.008
Molinito 21	a	superficial	0.009	0.004	0.053	<LOD	<LOD	0.012	0.029	0.038	<LOD	<LOD	0.002	0.005
Molinito 21	b	5	0.017	<LOD	0.055	<LOD	<LOD	0.013	0.031	0.048	<LOD	<LOD	<LOD	0.006
Molinito 21	c	7.5	0.013	<LOD	0.062	<LOD	<LOD	<LOD	0.035	0.143	<LOD	<LOD	0.001	0.005
Molinito 21	d	13.5	0.013	0.004	0.091	<LOD	<LOD	0.012	0.113	0.849	<LOD	<LOD	0.002	0.015



CONTROL DE CALIDAD

Para determinar la exactitud en ICP-OES se utilizó un estándar de control analítico de concentración conocida (0.25 ppm para ICP-OES) el cual fue analizado como muestra, la concentración del control de calidad debe encontrarse entre el 80 y el 120% para considerarse un buen desempeño del método de análisis.

Elemento	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
Conc(mg/L)	0.260	0.239	0.249	0.249	0.254	0.257	0.260	0.245	0.256	0.260	0.265	0.248
Recobro(%)	103.912	95.794	99.656	99.566	101.773	102.855	103.992	97.838	102.545	103.936	106.022	99.082

Analizó:

M. en C. Javier Tadeo León