



ANEXO N° 12.1

INFORME DE ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE EFECTOS

CARGO N° 12 RES. EX. N°1 / ROL D-018-2019

SCM MINERA LUMINA COPPER CHILE

DOCUMENTO PREPARADO POR

GP *Consultores Ltda.*[®]
Recursos Hídricos y Medio Ambiente

Rev. 0

Marzo 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN Y CONCLUSIONES	3
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. ANTECEDENTES	8
3.1 PROYECTO CASERONES	8
3.1.1 Antecedentes Generales.....	8
3.1.2 Seguimiento del Proyecto.	8
3.2 SECTOR DEPÓSITO DE ARENAS:	9
4. ANÁLISIS CALIDAD DEL AGUA SECTOR DEPÓSITO DE ARENA	12
4.1 EVOLUCIÓN TEMPORAL PARÁMETROS HIDROQUÍMICOS	12
4.2 ACCIONES CORRECTIVAS/PREVENTIVAS QUE SE HAN ADOPTADO EN DEPÓSITO DE ARENAS.....	15
5. ANÁLISIS DE EFECTOS DEL HECHO INFRACCIONAL	16
5.1 Hecho Infraccional:.....	16
5.2 Efectos Identificados:.....	16
6. CONCLUSIONES.....	28
7. APÉNDICES.....	28

1. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Mediante Res. Ex. N°1/Rol D-018-2019, la Superintendencia de Medio Ambiente ha formulado un cargo (Cargo 12) en contra de SCM Minera Lumina Copper Chile (SCM MLCC) por la construcción de la zanja cortafuga, ubicada aguas abajo del Depósito de Arenas, sin cumplir con las condiciones constructivas establecidas durante la evaluación ambiental. Señala que el incumplimiento referido ha tenido como consecuencia la alteración de la calidad del agua del medio acuífero, el que se ha visto afectado con posterioridad de la entrada en operación del depósito de arenas.

En el presente informe se evalúan los efectos en la calidad de las aguas, con el objetivo de analizar las consecuencias señaladas y que se originarían en el cargo formulado.

En el Sector de Quebrada Caserones, el monitoreo en los pozos de alerta temprana se encuentra enfocado a controlar las fugas de aguas de contacto desde el depósito de Arenas. Estos pozos son el CRW-01 y PBC-08.

De acuerdo a lo anterior, se destaca que el proyecto presentado a la autoridad contemplaba la posibilidad de existencia de fugas desde el depósito de Arenas, y por ello, la consideración de la red de monitoreo de detección temprana, y la aplicación de medidas de control. Estas últimas medidas corresponden a la activación de un plan de remediación, asociado a la puesta en marcha de pozos de remediación, los que deben asegurar la extracción del caudal pasante desde el depósito de Arenas, extrayendo (recuperando) el agua subterránea alterada (infiltrada desde el depósito).

A partir de los resultados del monitoreo efectuado en los pozos de Alerta Temprana, desde agosto de 2014 y hasta la actualidad el sector de Caserones se encuentra en etapa de Remediación (etapa REM), comenzándose con bombeos, como medida de contención de aguas infiltradas, desde Diciembre de 2014.

Los resultados de las mediciones de calidad del agua en los puntos de monitoreo considerados para verificar efectividad de las medidas de remediación indica que en el sector de Caserones se observó un incremento en los parámetros indicadores, con un descenso posterior, asociado a las medidas de control implementadas. Si bien el pozo PBC-07 retomó concentraciones similares a las monitoreadas previas a las fugas, el pozo PBC-06B aún presenta concentraciones superiores. Estas concentraciones alteradas, sin embargo, no se evidencian en los pozos del PMR aguas abajo en la cuenca del Ramadillas, lo que indicaría que los efectos de las filtraciones desde el depósito de Arenas estarían contenidos en el sector de Quebrada Caserones. En relación a las aguas superficiales, los resultados de monitoreos no muestran ningún efecto.



GP

Marzo 2019

2. INTRODUCCIÓN

Con fecha 19 de febrero de 2019, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) formula cargos en contra de SCM Minera Lumina Copper Chile (SCM MLCC), mediante la Res. Ex. N°1/Rol D-018-2019. En este contexto, SCM MLCC ha definido presentar un Programa de Cumplimiento (PDC), dentro del cual es requerido hacer entrega de informes de efectos asociados a los hechos, actos u omisiones que constituyen la infracción en que se ha incurrido.

En virtud de lo anterior, el presente informe técnico responde a la necesidad de evaluar los potenciales efectos asociados al **Cargo N°12**, el cual se refiere a: *“Construcción de la zanja cortafuga ubicada aguas abajo del Depósito de Arenas, sin cumplir con las condiciones constructivas establecidas durante la evaluación ambiental, al haberla habilitado solo en el relleno aluvial y sin contar con las inyecciones de lechada de cemento que debían alcanzar la roca de baja permeabilidad”*.

En el considerando 172 de la Res. SMA Ex. N°1/ROL D-018-2019, pág 54, referido a la **Zanja Cortafugas Quebrada Caserones, aguas abajo del Depósito de Arenas** (pág. 53), se señala:

“... es posible sostener que con ocasión del incumplimiento referido, ha tenido como consecuencia la alteración del medio acuífero, el que se ha visto afectado con posterioridad a la entrada en operación del depósito de arenas. En razón de lo anterior, los efectos referenciados en los considerandos 73, 101, 102, 103, 104, 105, 113, 114, 115 y 116 serán atribuidos a esta infracción, en lo que se menciona en dichos considerandos respecto a Quebrada Caserones.”

A continuación se presentan, en forma resumida, los considerandos de la Res. Ex.1/Rol D-018-2019 de la SMA, que se refieren a la alteración de la calidad del recurso hídrico.

Considerando 73 (extractos, no textual):

- Ord.N°56/**2017**, DGA-Atacama: Informa de la mantención del proceso de alteración hidroquímica de los sistemas acuíferos que subyacen a los depósitos de Lamas y Arenas del proyecto minero, superando los umbrales máximos de referencia de aquellos parámetros indicativos fijados en el denominado Plan de Monitoreo Robusto-Calidad.

Considerando 101 (extractos, no textual):

- Ord.N°667/**2017**, DGA-Atacama: Señala que existe una *“...permanente infiltración de aguas contactadas desde las obras mineras acumuladoras de relave del Proyecto Caserones hacia las denominadas Quebrada Caserones y Quebrada La Brea, cuestión que según los antecedentes señalados precedentemente, se ha mantenido hasta a lo menos Julio del año 2017”*.

Considerando 102 (extractos, no textual):

- Ord.N°667/2017, DGA-Atacama: En cuanto al **medio superficial**, señala que “... en las estaciones denominadas LM-5 y LM-27 (ambas ubicadas aguas abajo de la confluencia del río Ramadillas con Quebrada La Brea) se observan tendencias de ascenso significativo de la Conductividad Eléctrica, cuyos registros han variado desde 750 $\mu\text{S/cm}$ en Junio 2014 (fecha próxima al inicio de las operaciones de la planta concentradora del proyecto minero) hasta situarse en torno a 1000 $\mu\text{S/cm}$ en Julio 2017. En este sentido, al revisar las estaciones ubicadas aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Brea con el río Ramadillas, en particular las denominadas LM-10 y LM-25, la tendencia de ascenso señalada precedentemente no se replica, lo cual sugiere la hipótesis de una alteración hidroquímica del medio superficial con origen de carácter antrópico, principalmente debido a los procesos de infiltración provenientes desde la Quebrada La Brea, lugar en donde se emplaza el Depósito de Lamas del Proyecto Caserones”.
- Adicionalmente la DGA-Atacama expone que al revisar los datos de la estación DGA Río Pulido en Vertedero, distante aproximadamente 35 kilómetros aguas abajo, pudieron observar que entre octubre de 2014 y Junio de 2015, se registraron alteraciones significativas de los registros de calidad de aguas, en los parámetros pH, Conductividad Eléctrica y Sulfatos (alcanzando su nivel más alto en 27 años).

Considerando 103 (extractos, no textual):

- Ord.N°667/2017, DGA-Atacama: En cuanto al medio subterráneo, señala que ...en los puntos de monitoreo denominados PBC-06B (pozo de Eficiencia de Remediación en Depósito de Arenas) y POB (pozo de Eficiencia de Remediación en Depósito de Lamas) se observan tendencias de ascenso significativo en la Conductividad Eléctrica (de 1000 $\mu\text{S/cm}$ en Junio 2014 a en torno a los 2000 $\mu\text{S/cm}$ en Julio 2017, con máximos de hasta 2800 $\mu\text{S/cm}$ durante vese período). Lo establece como evidencia de una alteración hidroquímica del medio subterráneo con origen de carácter antrópico.
Además, DGA-Atacama observa que la activación del plan de remediación no ha evitado de forma eficiente el alcance de aguas alteradas hasta el acuífero del río Ramadillas.

Considerando 104 (extractos, no textual):

- SMA señala sobre la información de los considerandos anteriores, que el informe en análisis indica que ... en el pozo de eficiencia de remediación PBC-06B en sector quebrada Caserones, se mantiene la tendencia ascendente en la concentración de sulfatos.

Considerando 105 (extractos, no textual):

- SMA señala que la información de los considerandos anteriores, será considerada en relación a los cargos sobre construcción de la zanja cortafuga ubicada aguas abajo de la quebrada La Brea y Quebrada Caserones –según corresponda-, sin cumplir con las condiciones establecidas en la evaluación ambiental del proyecto.

Considerando 113 (extractos, no textual):

- SMA señala que del análisis de gabinete de División de Fiscalización, concluye que el sistema de control de infiltraciones y el plan de remediación aprobado por la autoridad para la Quebrada Caserones no ha sido efectivo. La concentración de sulfatos aguas abajo del depósito de Arenas, en particular, en el último pozo de eficiencia de remediación en el sector (PBC-06B) presentó un sostenido ascenso desde agosto 2015, llegando a 1682 en noviembre de 2017.

Considerando 114 (extractos, no textual):

- Adicionalmente a lo indicado en el considerando anterior, la SMA releva lo expresado por SCM, en su carta MLCC VPSAC N°26/2018, de 05 de marzo de 2018, que indica “en relación a la quebrada de Caserones, si bien los caudales de infiltración son muy menores y se encuentran dentro de lo proyectado, se ha ido configurando una situación de alteración hidroquímica de las aguas subterráneas en la confluencia de esta quebrada con la cuenca del Río Ramadillas, sin que se haya detectado su propagación aguas abajo”.

Considerando 115 (extractos, no textual):

- Señala que la División de Fiscalización de la SMA realizó un análisis para identificar la evolución en el tiempo de los parámetros Conductividad Eléctrica y Sulfatos, en los últimos pozos de eficiencia de remediación de cada quebrada (La Brea y Caserones) y, por tanto, que dan cuenta de la efectividad del sistema de remediación.
- Presenta gráficos de Conductividad Eléctrica y concentración de Sulfatos, con mediciones hasta Octubre 2018 (Gráficos N°13, 14, 15 y 16 de la Res.Ex., págs. 34 y 35) en las aguas de los pozos POB-06B y PBC-06B.
- Con base en dicha información señala que “... es posible sostener que se está produciendo una alteración del acuífero en el sector del río Ramadillas con ocasión de la operación del Depósito de Lamas y el Depósito de Arenas”.

Considerando 116 (extractos, no textual):

- SMA señala en este considerando que ... “En consecuencia, desde la entrada en operación de la Planta Concentradora, es posible sostener una alteración del medio acuífero de la cuenca del río Ramadillas, asociado tanto a la operación del depósito de lamas, como al depósito de arenas”.

3. ANTECEDENTES

3.1 PROYECTO CASERONES

3.1.1 Antecedentes Generales.

El proyecto Caserones (ver **Figura 3-1**) considera la explotación del yacimiento de cobre homónimo, propiedad de MLCC, el cual tiene como principal objetivo la producción y venta de concentrado de cobre, cátodos de cobre y concentrado de molibdeno como resultado de la explotación a rajo abierto del yacimiento ubicado en el entorno del Cerro Caserones.

El mineral sulfurado extraído de la mina es sometido a una etapa de chancado primario, que se ubica al sur del yacimiento, para posteriormente ser transportado mediante correas hasta una planta concentradora, en la que se realizan las operaciones de molienda y flotación. Los productos de este proceso, concentrado de cobre y concentrado de molibdeno, son filtrados y enviados por camiones hasta su punto de embarque y/o comercialización.

Los relaves del proceso son separados mediante hidrociclones en la fracción gruesa (arenas) y fina (lamas). Las arenas son depositadas en el sector bajo de la Quebrada Caserones (Depósito de Arenas) donde drenan y el agua recuperada es reciclada a la concentradora. Las lamas son espesadas y transportadas gravitacionalmente por una cañería (lamaducto) hasta la Quebrada La Brea, donde se depositan en un embalse (Depósito de Lamas) que cuenta con un muro de enrocado impermeabilizado con una membrana en su cara interior.

De este modo, el proyecto Caserones cuenta con un depósito de lamas en Quebrada La Brea y un depósito de arenas en Quebrada Caserones.

3.1.2 Seguimiento del Proyecto.

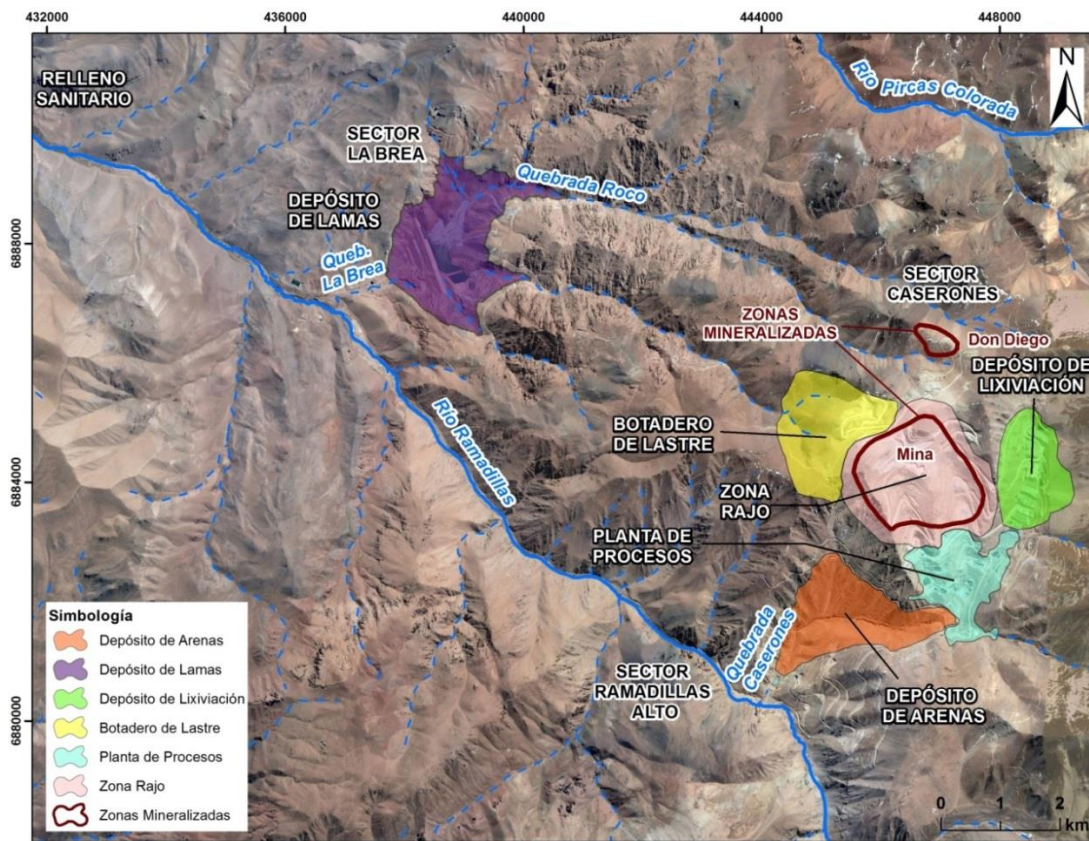
Para realizar un adecuado seguimiento del Proyecto, se ha desarrollado un Plan de Monitoreo Robusto (PMR), cuyo objetivo, en lo relacionado con la calidad del agua, es establecer un plan de seguimiento de la calidad (hidroquímica) de las aguas en el entorno del Proyecto Caserones, para identificar de manera temprana cualquier cambio en su composición y materializar de manera efectiva las medidas de seguimiento y control que correspondan.

El seguimiento se basa en la medición, muestreo y análisis de la calidad (hidroquímica) de aguas superficiales y subterráneas, organizados por áreas asociadas a las instalaciones del proyecto, para generar un registro con la información recogida. Esta información se utiliza para activar las medidas asociadas al PMR en caso de que se adviertan

variaciones significativas en la composición de las aguas. El PMR contempla acciones de monitoreo adicional, investigación del origen del evento y remediación para el control de la calidad del agua.

El informe “Plan de Monitoreo Robusto del Recurso Hídrico – Calidad” (SCM Lumina Copper Chile, Proyecto Caserones, abril 2015), consolida las principales características del Plan de Monitoreo Robusto en el ámbito de la Calidad (PMR_Calidad) e integra las condiciones y exigencias que la DGA solicita que se incorporen en el “Plan”, en cuanto a las mediciones y acciones que se requieren para su ejecución. En el presente informe nos referiremos a este Plan como “PMR_2015-Calidad”.

Figura 3-1: Infraestructura Proyecto Caserones de MLCC.



Fuente: Elaboración Propia

3.2 SECTOR DEPÓSITO DE ARENAS:

El Depósito de Arenas se encuentra ubicado en la Quebrada Caserones, la cual es afluente al río Ramadillas

La infraestructura de monitoreo y remediación comprometida en el punto 5.2 del PMR_2015 – Calidad, corresponde a la siguiente:

Aguas subterráneas: Pozos acondicionados para bombeo de remediación:

- CRW-01 (derechos de agua por 0,3 L/s); además, de Alerta Temprana
- CRW-02 (derechos de agua por 0,5 L/s)
- PBC-06 (derechos de agua por 3,5 L/s)
- PBC-08 (derechos de agua por 0,7 L/s); además, de Alerta Temprana
- PBC-02 (derechos de agua por 1,0 L/s)

Aguas subterráneas: Pozos diseñados para verificar efectividad de las medidas de remediación:

- PBC-07
- POC-06B (Actualmente denominado PBC-06B), salida Qda Caserones
- DA-02 (en sector cuenca río Ramadillas, aguas arriba confluencia Qda Caserones)
- P3-TR (en sector cuenca río Ramadillas, aguas abajo confluencia Qda Caserones)

Aguas superficiales:

- LM-21 (Quebrada Caserones antes confluencia río Ramadillas)
- LM-23 (Río Ramadillas, antes confluencia Quebrada Caserones)
- LM-25 (Río Ramadillas, después confluencia Quebrada Caserones)

De acuerdo con lo señalado en la sección 4.3.1 del PMR_2015 – Calidad, citada en la resolución SMA N°1104 del 28 agosto 2018, se contempla los siguientes casos:

Etapa CB Caso Base, donde la concentración de cada parámetro de la norma NCh 1333 de calidad establecido se mantiene bajo el Umbral de Alerta Temprana (UAT) definido por cada punto de control.

Etapa AT Estado de Alerta, corresponde a la situación en que se produce al menos una de las situaciones siguientes:

- pH sobrepasa el UAT (Umbral de Alerta Temprana),
- SDT sobrepasa el UAT,
- Conductividad Eléctrica sobrepasa el UAT,
- Cu sobrepasa el UAT,
- Sulfato sobrepasa el UAT,
- Fe y SDT sobrepasan el UAT,
- 3 elementos de norma NCh 1333 sobrepasan UAT en pozos de alerta temprana

Etapa REM Activación Plan de Remediación, corresponde a una situación en la que se produce cualquiera de las siguientes situaciones:

- pH sobrepasa el Umbral de Referencia Máxima (ó URM),
- SDT sobrepasa el URM,
- Conductividad Eléctrica sobrepasa el URM,

Cu sobrepasa el URM,
Sulfato sobrepasa el URM,
Fe y SDT sobrepasan el URM,
3 elementos de norma NCh 1333 sobrepasan URM en pozos de alerta temprana

El Plan de Remediación se activará poniendo en marcha los pozos de remediación, asegurando la extracción del caudal pasante desde el depósito. El objetivo es extraer (recuperar) el agua subterránea alterada (infiltrada desde el depósito).

Los Umbrales de Alerta Temprana (UAT) y de Referencia Máxima (URM) para el Sector del Depósito de Arenas (Quebrada Caserones) fueron definidos para las aguas de los pozos CRW-01 y PBC-08. Se presentan en **Tabla 3-1** siguiente:

Tabla 3-1 (a) Umbrales de Alerta Temprana en Quebrada Caserones

Elemento	Unidad	CRW-01	PBC-08
aluminio	mg/l	0,41	3,98
arsénico	mg/l	NA	NA
bario	mg/l	NA	NA
berilio	mg/l	NA	NA
boro	mg/l	NA	NA
cadmio	mg/l	0,0016	NA
cianuro	mg/l	NA	NA
cloruro	mg/l	32,32	10,92
cobalto	mg/l	NA	0,09
cobre	mg/l	0,31	12,19
cromo	mg/l	0,03	0,09
fluoruro	mg/l	0,67	2,82
hierro	mg/l	18,79	59,32
litio	mg/l	NA	0,09
manganeso	mg/l	1,59	3,78
mercurio	mg/l	NA	NA
molibdeno	mg/l	NA	NA
níquel	mg/l	NA	0,11
plata	mg/l	NA	NA
plomo	mg/l	NA	NA
selenio	mg/l	NA	NA
sodio %	%	15,47	15,71
sulfato	mg/l	435,41	895,98
vanadio	mg/l	NA	0,03
zinc	mg/l	0,48	1,97
pH		6.10 - 7.60	6.00 - 7.00
Alcalinidad Total	mg/l	16,66	NA
CE	umho/cm	963	1749
SDT	mg/l	731	1317

Tabla 3-1 (b): Umbrales de Referencia Máxima en Quebrada Caserones

Elemento	Unidad	CRW-01	PBC-08
aluminio	mg/l	0,48	4,3
arsénico	mg/l	0.006*	0.006*
bario	mg/l	0,03	0,01*
berilio	mg/l	0,01*	0,01*
boro	mg/l	0,02	0,02*
cadmio	mg/l	0,002	0,043
cianuro	mg/l	0,05*	0,05*
cloruro	mg/l	35,07	11,98
cobalto	mg/l	0,01*	0,1
cobre	mg/l	0,36	14
cromo	mg/l	0,04	0,1
fluoruro	mg/l	0,75	3,19
hierro	mg/l	20,55	61,8
litio	mg/l	0,02	0,1
manganeso	mg/l	1,78	3,88
mercurio	mg/l	0,001*	0,001*
molibdeno	mg/l	0,01*	0,01*
níquel	mg/l	0,01*	0,12
plata	mg/l	0,01*	0,01*
plomo	mg/l	0,003*	0,003*
selenio	mg/l	0,004*	0,004*
sodio %	%	16,16	16,36
sulfato	mg/l	449,38	938,83
vanadio	mg/l	0,02	0,04
zinc	mg/l	0,58	2,16
pH		5,60 - 8,01	5,70 - 7,30
Alcalinidad Total	mg/l	18,96	0,02*
CE	umho/cm	993	1806
SDT	mg/l	757	1355

Notas: NA: Corresponde al límite de detección; por lo tanto, se aplica directamente la Fase de Remediación.

*: Corresponde al límite de detección.

Fuente: Plan de Monitoreo Robusto – Calidad. SCM Lumina Copper, Proyecto Caserones, abril 2015.

4. ANÁLISIS CALIDAD DEL AGUA SECTOR DEPÓSITO DE ARENA

4.1 EVOLUCIÓN TEMPORAL PARÁMETROS HIDROQUÍMICOS

En el Sector de Quebrada Caserones, el monitoreo en los pozos de alerta temprana se encuentra enfocado a controlar infiltraciones desde el depósito de arenas. Estos pozos son el CRW-01 y PBC-08.

Debido a que las concentraciones definidas para los umbrales de referencia son muy similares (diferencias no significativas) para la Alerta Temprana (UAT) y para la activación de las medidas de Remediación (URM), en este sector se pasa en la práctica directamente a la “Etapa REM Activación Plan de Remediación”. Por ejemplo:

Parámetro SDT.	Umbral de Alerta Temprana:
	SDT = 731 mg/L (97% del URM; pozo CRW-01)
	SDT = 1.317 mg/L (97% del URM; pozo PBC-08)
	Umbral de Referencia Máxima:
	SDT = 757 mg/L (pozo CRW-01)
	SDT = 1.355 mg/L (pozo PBC-08)

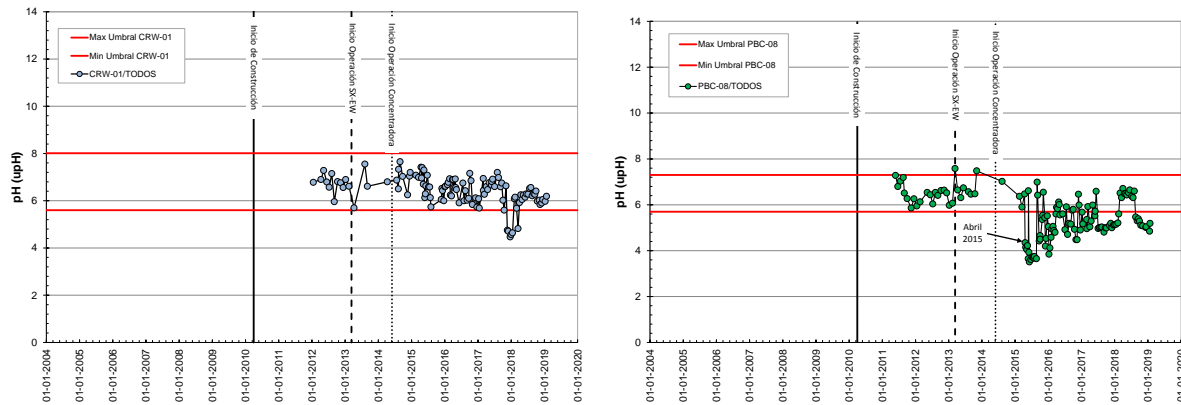
Parámetro Sulfato.	Umbral de Alerta Temprana:
	SO ₄ = 435,41 mg/L (97% del URM; pozo CRW-01)
	SO ₄ = 895,98 mg/L (95% del URM; pozo PBC-08)
	Umbral de Referencia Máxima:
	SO ₄ = 449,38 mg/L (pozo CRW-01)
	SO ₄ = 938,83 mg/L (pozo PBC-08)

El pozo CRW-01 entró directamente a la etapa de Remediación en Agosto de 2014 (de acuerdo a mediciones del parámetro SO₄, ver **Figura 4-5**), etapa en la que ha estado hasta la actualidad.

Respecto del pozo PBC-08, éste se encuentra en etapa de Remediación desde Abril de 2015 y hasta el presente (de acuerdo a mediciones de pH, ver **Figura 4-1**).

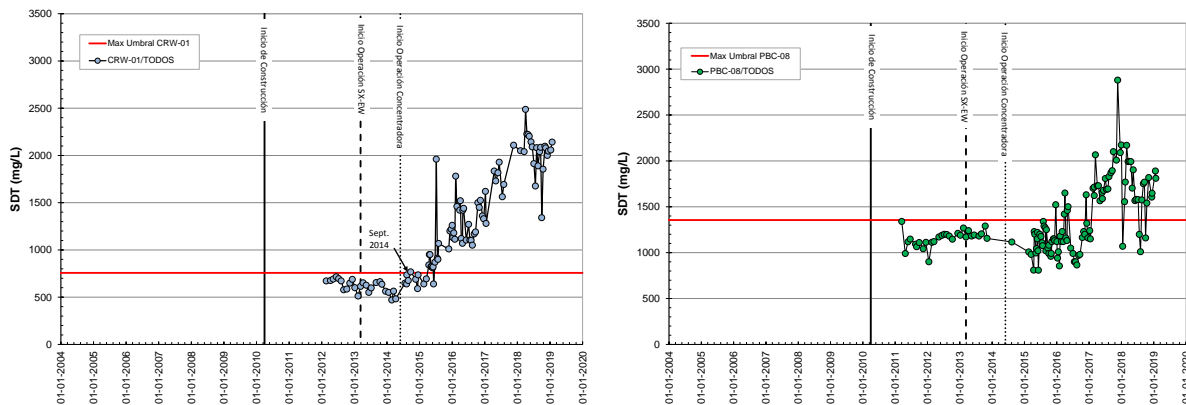
Entonces, desde agosto de 2014 y hasta la actualidad este sector está en etapa de Remediación (etapa REM). Los bombeos de remediación comenzaron en Diciembre de 2014.

Figura 4-1: Parámetro pH (medición terreno).



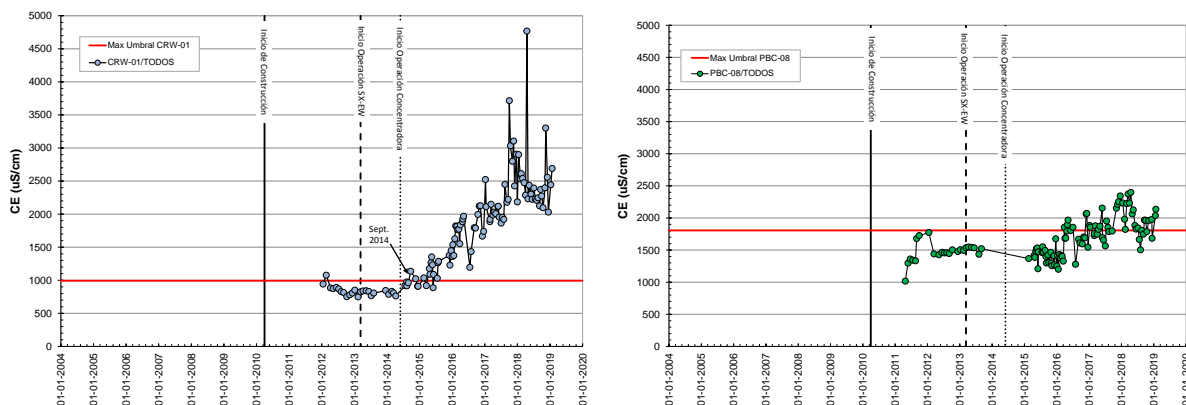
Fuente: Datos MLCC.

Figura 4-2: Parámetro SDT (medición laboratorio).



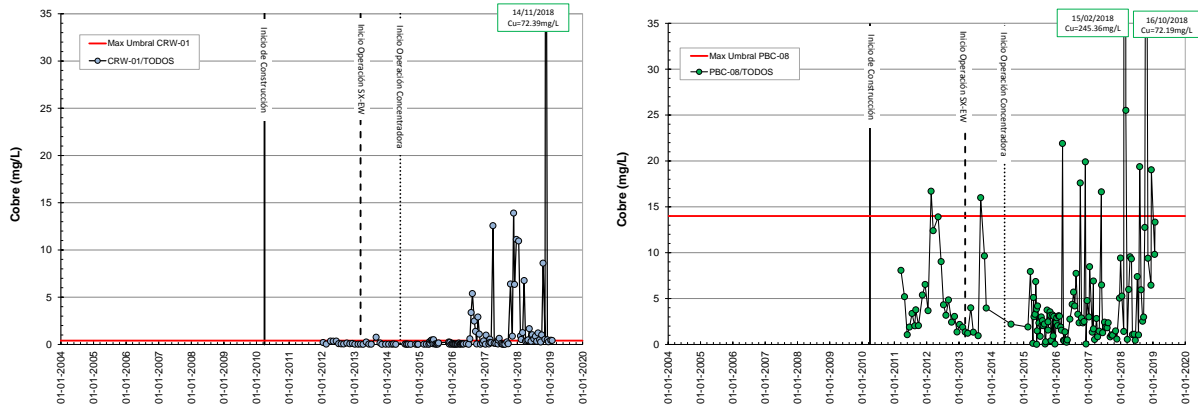
Fuente: Datos MLCC.

Figura 4-3: Parámetro CE (medición terreno).



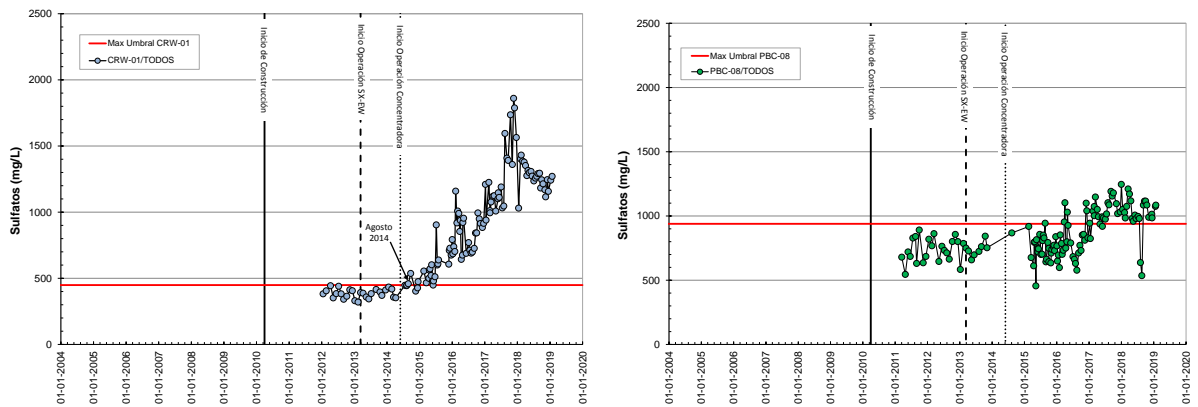
Fuente: Datos MLCC.

Figura 4-4: Parámetro Cobre Total (Cu, medición laboratorio).



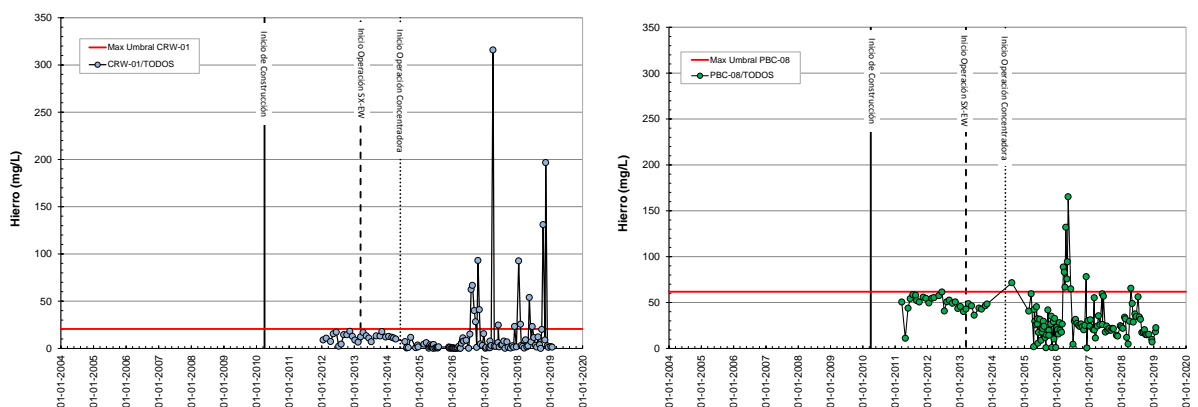
Fuente: Datos MLCC.

Figura 4-5: Parámetro Sulfato (SO_4^{2-} , medición laboratorio).



Fuente: Datos MLCC.

Figura 4-6: Parámetro Hierro Total (Fe, medición laboratorio).



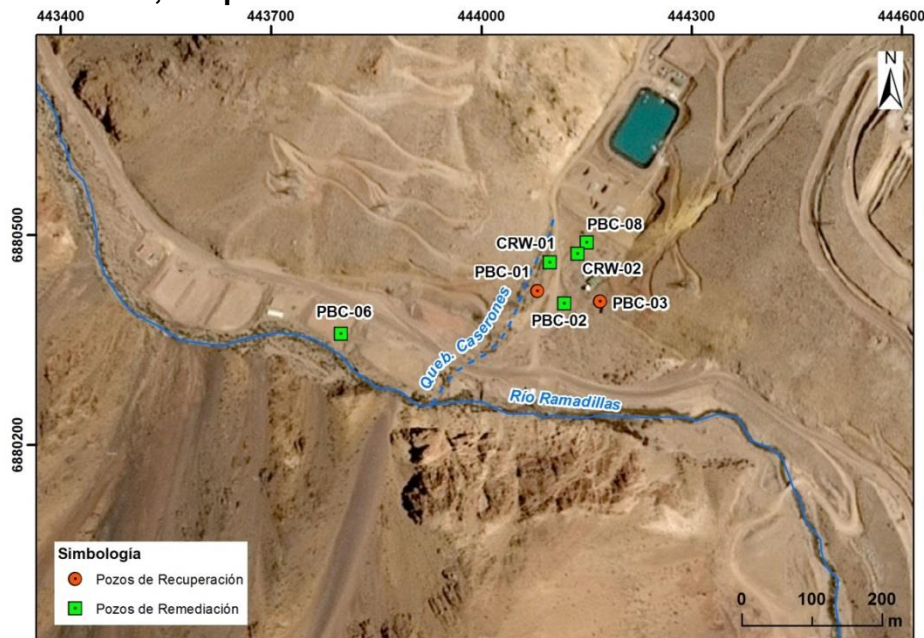
Fuente: Datos MLCC.

4.2 ACCIONES CORRECTIVAS/PREVENTIVAS QUE SE HAN ADOPTADO EN DEPÓSITO DE ARENAS

En el mes de Diciembre de 2014 se da inicio a la operación de los pozos de remediación de la Quebrada Caserones (CRW-01, CRW-02, PBC-02, PBC-06, PBC-08), extrayendo el agua subterránea alterada en calidad desde el sistema acuífero de la parte baja de la quebrada. En la **Figura 4-7** se presenta la ubicación de los pozos de remediación y de recuperación de la zona y, en **Figura 4-8**, se presenta la evolución temporal de los caudales bombeados. Al 31 de diciembre de 2018, se ha extraído un total de 196.873 metros cúbicos de agua desde los pozos Remediación.

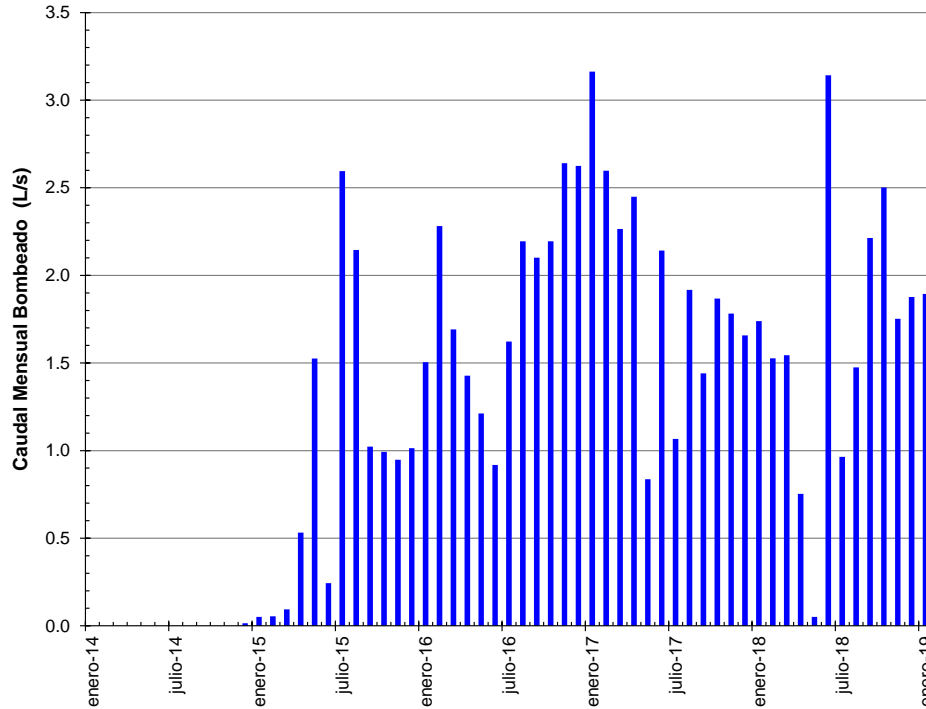
Si bien la barrera de pozos de remediación se ha mantenido operativa desde su activación, y los flujos a gestionar siempre fueron de una envergadura significativamente menor que aquellos que se enfrentaban en la quebrada de La Brea, a partir de mediados de 2017 los resultados de monitoreo en los pozos de eficiencia de remediación constataron que el sistema de remediación estaba siendo superado y requería, al igual como había sido el caso en La Brea, identificar e implementar medidas adicionales para reforzar el control de infiltraciones.

Figura 4-7: Ubicación de los pozos de Remediación y Recuperación en sector Depósito de Arenas, en quebrada Caserones



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-8: Caudales promedio mensual de aguas bombeadas por los pozos de Remediación (bombeos desde pozos CRW-1, CRW-2, PBC-02, PBC-06 y PBC-08) ubicados aguas abajo del depósito de Arenas.



Fuente: MLCC.

5. ANÁLISIS DE EFECTOS DEL HECHO INFRACCIONAL

5.1 Hecho Infraccional:

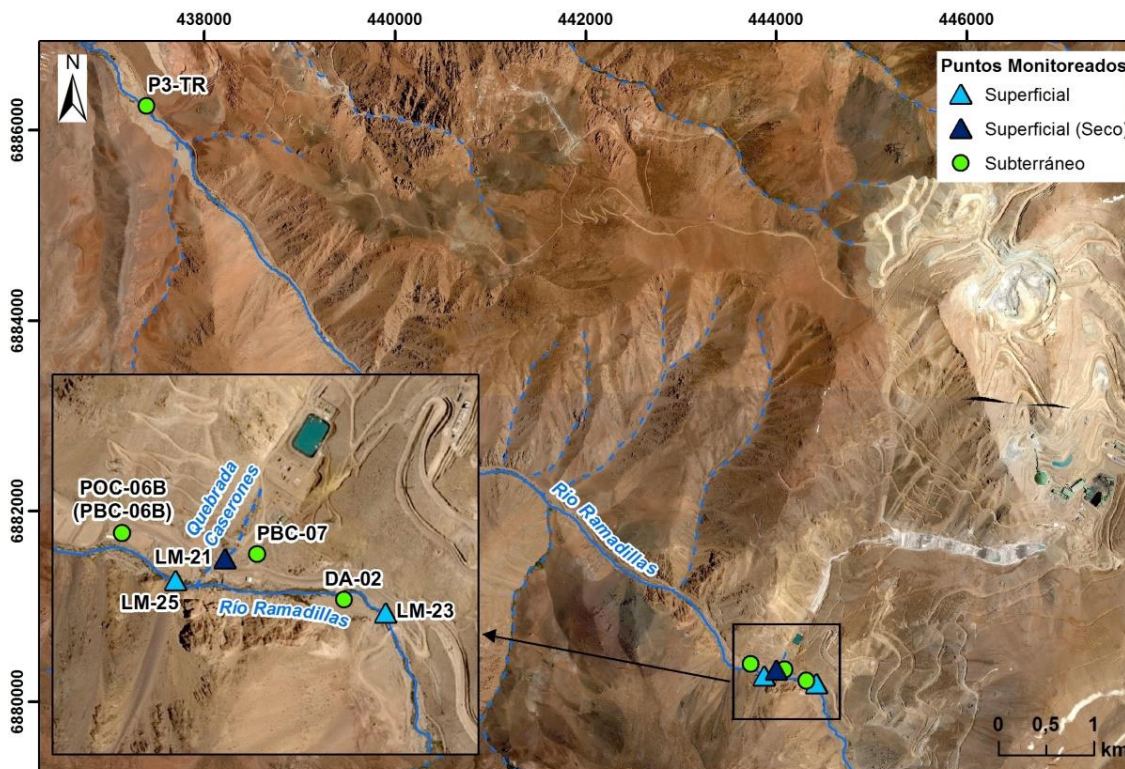
Haber modificado el diseño aprobado ambientalmente de la zanja cortafuga ubicada aguas abajo del depósito de Arenas, produciéndose fugas de aguas infiltradas desde este depósito de Arenas hacia el sistema acuífero.

5.2 Efectos Identificados:

A partir de las filtraciones existentes desde el Depósito de Arenas, se produce un incremento en la concentración de algunos de los parámetros de interés de calidad del agua en los pozos CRW-01 y PBC-08, dándose inicio a la etapa de remediación planteada en el PMR.

Los puntos de monitoreo seleccionados por el PMR_2015-Calidad para verificar la eficacia/eficiencia de las medidas implementadas se muestran en **Figura 5-1**.

Figura 5-1: Puntos de monitoreo seleccionados para verificar la efectividad de las medidas de remediación en la calidad de las aguas, aguas abajo del depósito de Arenas.



Fuente: Elaboración Propia.

El análisis del efecto de las infiltraciones desde el depósito de Arenas (fugas de agua contactadas), tanto en la calidad de las aguas superficiales como subterráneas, se presenta a continuación:

Aguas Subterráneas:

Los pozos diseñados para verificar efectividad de las medidas de remediación, son: PBC-07 y PBC-06B en cuenca de la quebrada Caserones y DA-02 (pozo de observación) y P3-TR en la cuenca del río Ramadillas.

Los parámetros de mayor sensibilidad, de acuerdo a lo visto en las **Figuras 4-1 a 4-6**, son los parámetros pH, Sólidos Disueltos Totales (SDT), Conductividad Específica (CE) y Sulfatos (SO₄).

En **Figuras 5-2 y 5-3** se presenta su evolución temporal en las aguas subterráneas de la cuenca Caserones muestreadas en los pozos PBC-07 y PBC-06B (Nota: se omite presentar la CE ya que ella está directamente relacionada con los SDT, por lo que sus conclusiones serán similares).

En **Figura 5-2** se observa que, en el pozo PBC-07, tanto las mediciones de SDT y SO₄ presentan en noviembre de 2017 sus valores máximos (3.000 y 2.000 mg/L, respectivamente) y posterior a esta fecha las concentraciones empiezan a descender llegando en junio de 2018 a concentraciones próximas a sus valores históricos previos (940 y 480 mg/L, respectivamente). El pH presenta mediciones entre 8,5 y 5,8 upH con una tendencia a valores cercanos a 7 upH. En octubre de 2016 presenta una medición que se escapa de la tendencia histórica, pero al tratarse de una medición aislada no es significativa.

En **Figura 5-3** se observa que las medidas implementadas no han logrado disminuir, hacia valores históricos previos a la etapa REM, las concentraciones de parámetros químicos en las aguas del pozo POC-06B (también denominado PBC-06B). Llegaron a concentraciones de SDT y SO₄ de 2.800 y 1.730 mg/L respectivamente, durante los primeros meses de 2018. Luego de llegar a ese máximo, se observa una tendencia a la estabilización para luego iniciar una disminución con tendencia a estabilizarse en torno a 1.200 mg/L de Sulfatos. El pH presenta mediciones entre 8,5 y 5,8 upH, con una tendencia a valores cercanos a 7 upH. En enero de 2016 presenta una medición que se escapa de la tendencia histórica, pero al tratarse de una medición aislada no es significativa.

En **Figuras 5-4** se presenta la evolución temporal en las aguas subterráneas de la cuenca del Río Ramadillas muestreadas en el pozo P3-TR (ubicado en el valle del río Ramadillas, aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Caserones). (Nota: se omite presentar la CE ya que ella está directamente relacionada con los SDT, por lo que sus conclusiones serán similares). Se observa que la actual situación de la calidad de las aguas es similar a la histórica y no presenta variaciones en la concentración de los parámetros índices/indicadores post y pre inicio de la operación del Depósito de Arenas. Por tanto, no se observa influencia del depósito de Arenas en las aguas subterráneas muestreadas en este pozo ubicado en el valle del Ramadillas.

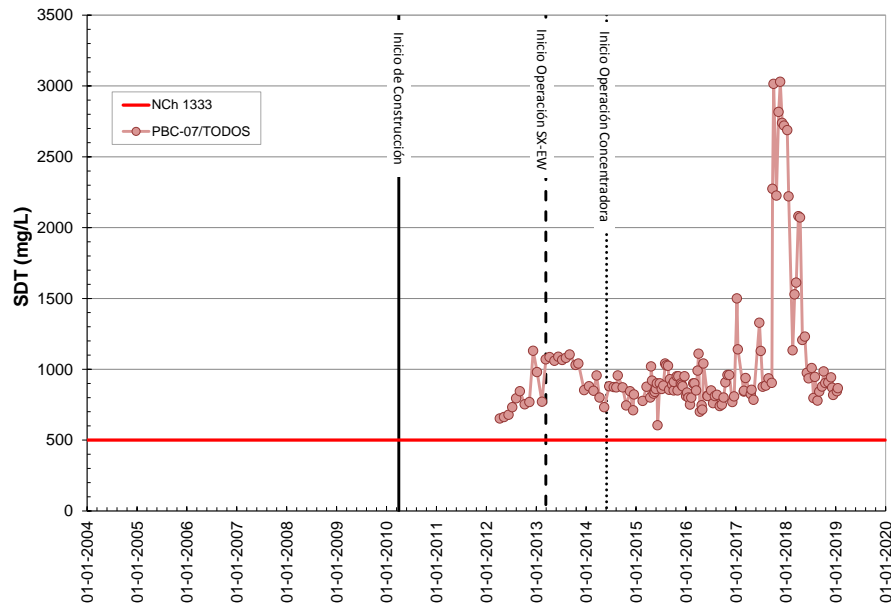
En **Figuras 5-5** se presenta la evolución temporal en las aguas subterráneas de la cuenca del Río Ramadillas muestreadas en el pozo DA-02 (ubicado en el valle del río Ramadillas, aguas Arriba de la confluencia con la Quebrada Caserones). (Nota: se omite presentar la CE ya que ella está directamente relacionada con los SDT, por lo que sus conclusiones serán similares). Se observa que la actual situación de la calidad de las aguas es similar a la histórica y no presenta variaciones en la concentración de los parámetros índices/indicadores post y pre inicio de la operación del Depósito de Arenas.

Aguas Superficiales:

Los puntos de monitoreo seleccionados para verificar efectividad de las medidas de remediación, son: LM-21 (Qda Caserones antes confluencia río Ramadillas), LM-23 (Ramadillas antes confluencia Qda Caserones) y LM-25 (Ramadillas después confluencia Qda Caserones). El punto de monitoreo LM-21 se encuentra seco desde septiembre de 2014, por lo cual no es incluido en este análisis.

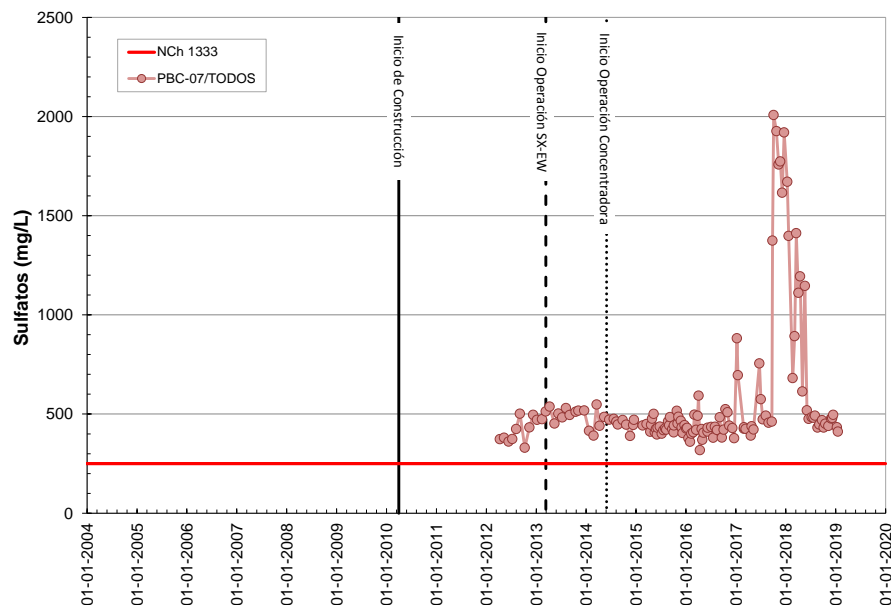
En **Figuras 5-6** se presenta la evolución temporal de las concentraciones de SDT, SO₄ y pH en los puntos LM-23 y LM-25. Se observa que no se presentan variaciones en la concentración de los parámetros índices/indicadores post y pre inicio de la operación del Depósito de Arenas. Por tanto, no se observa influencia directa del depósito de Arenas en las aguas superficiales del río Ramadillas.

Figura 5-2(a): Evolución temporal de los SDT en las aguas del pozo PBC-07. Llega a un máximo en octubre-noviembre de 2017 (3000 mg/L). En Junio 2018 retorna a valores próximos a los históricos previos a la etapa REM (940 mg/L).



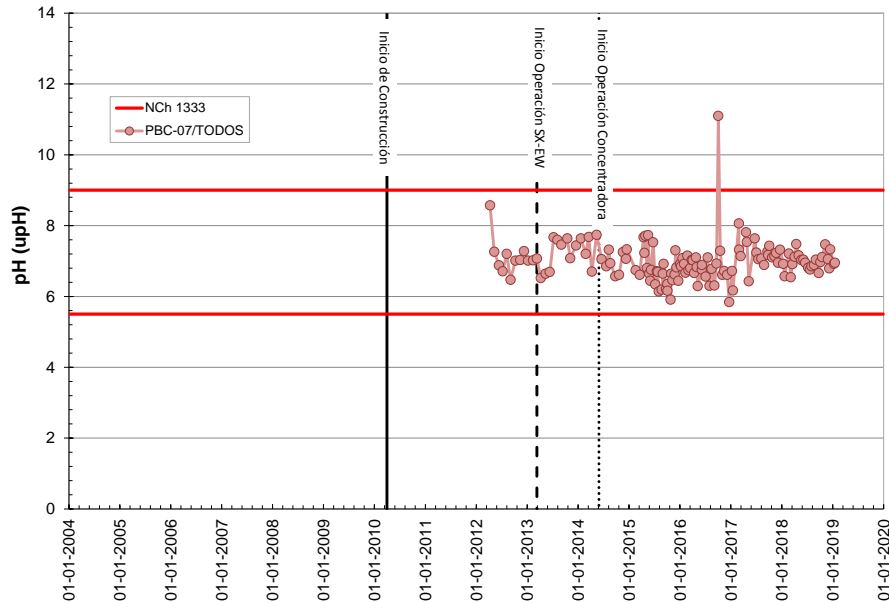
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-2(b): Evolución temporal de los Sulfatos en las aguas del pozo PBC-07. Llega a un máximo en octubre de 2017 (2000 mg/L). En Junio 2018 retorna a valores próximos a los históricos previos a la etapa REM (480 mg/L).



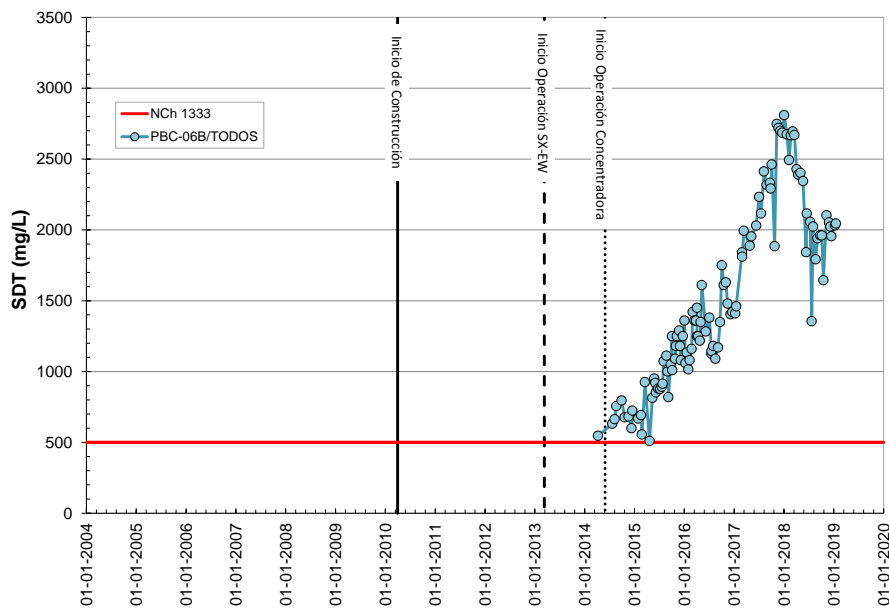
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-2(c): Evolución temporal del pH en pozo PBC-07. Presenta mediciones entre 8,5 y 5,8 upH con una tendencia a valores cercanos a 7 upH. En octubre 2016 presenta una medición que escapa a la tendencia histórica (medición aislada).



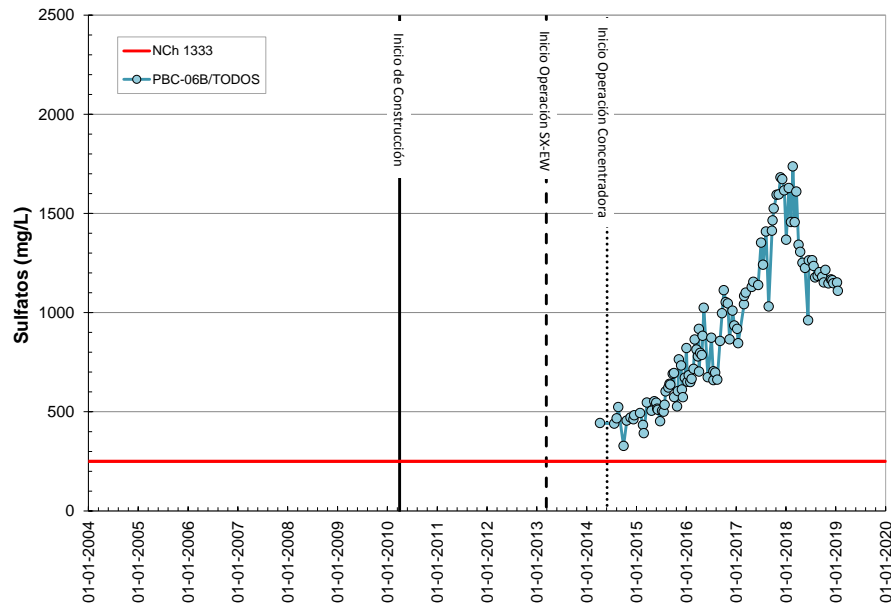
Fuente: Datos de MLCC (pH de terreno).

Figura 5-3(a): Evolución temporal de los SDT en pozo PBC-06B. Llega a un máximo en enero de 2018 (2800 mg/L). En Junio 2018 los valores disminuyen llegando a concentraciones cercanas a 1800 mg/L, superior a históricos previos a etapa REM.



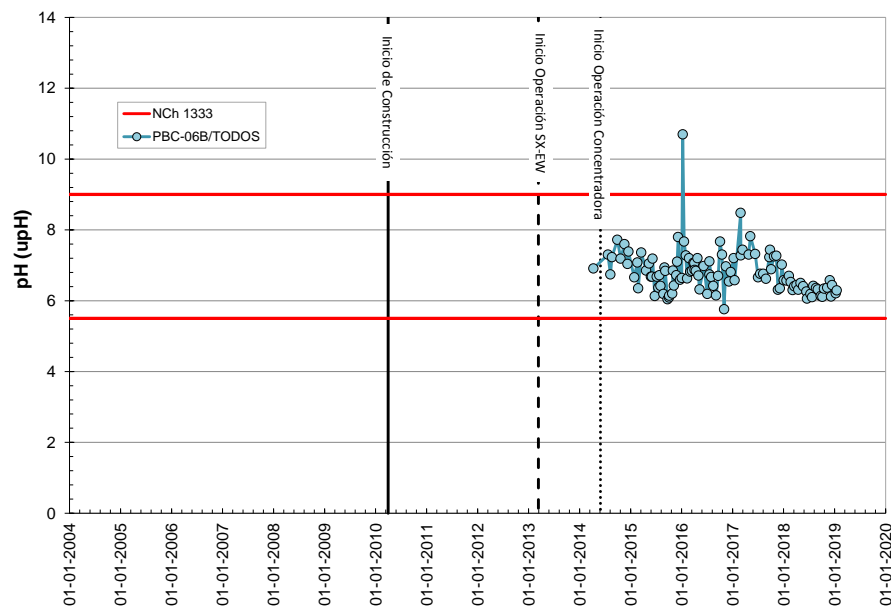
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-3(b): Evolución temporal de Sulfatos en PBC-06B. Alcanza máximo en febrero de 2018 (1730 mg/L). En Junio 2018 los valores disminuyen llegando a un valor cercano a 960 mg/L, superior a valores históricos previos a la etapa REM.



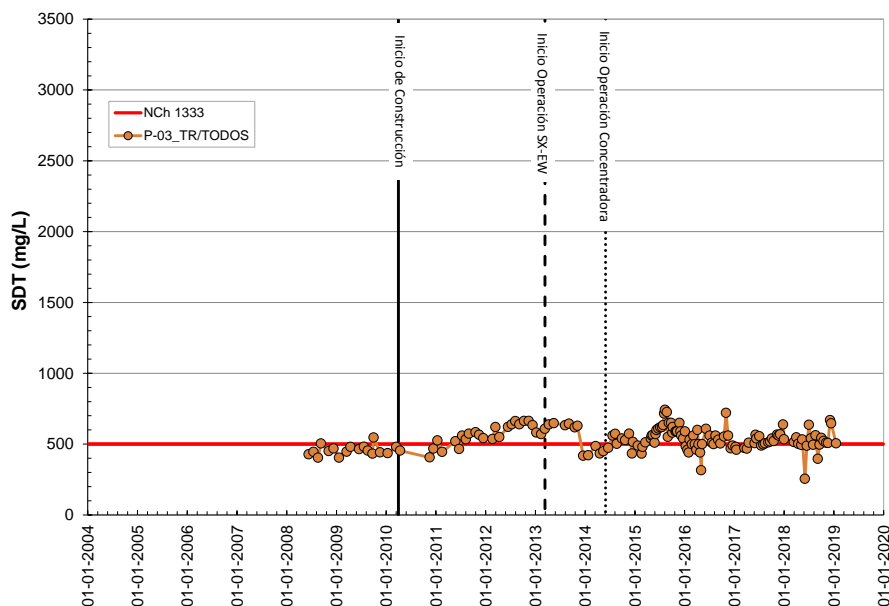
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-3(c): Evolución temporal del pH en pozo PBC-06B. Presenta mediciones entre 8,5 y 5,8 upH, con una tendencia a valores cercanos a 6,9 upH. En enero de 2016 presenta una medición que escapa tendencia histórica (no significativo).



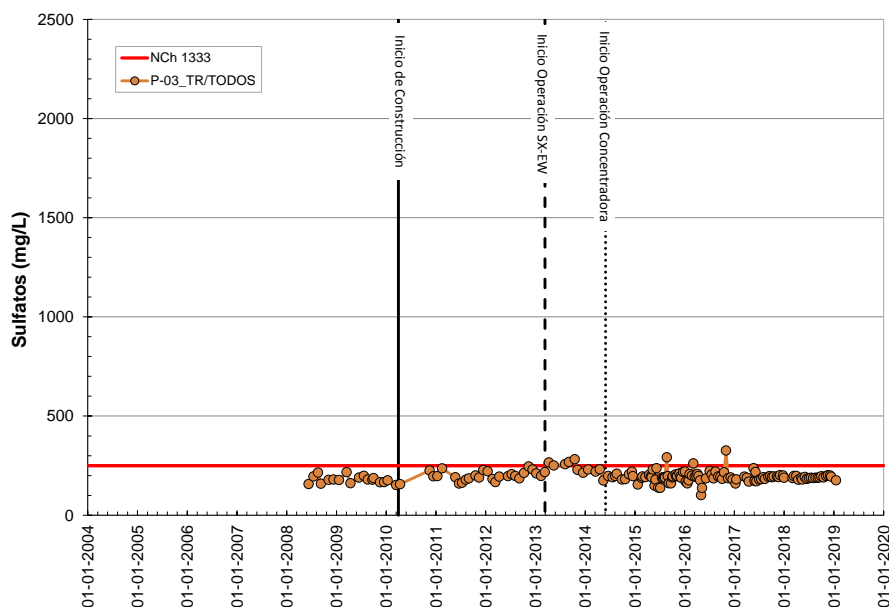
Fuente: Datos de MLCC (pH de terreno).

Figura 5-4(a): Evolución temporal de los SDT en pozo P3-TR. Durante todo el periodo de monitoreo presenta mediciones próximas a los valores históricos previos a la etapa REM (530 mg/L).



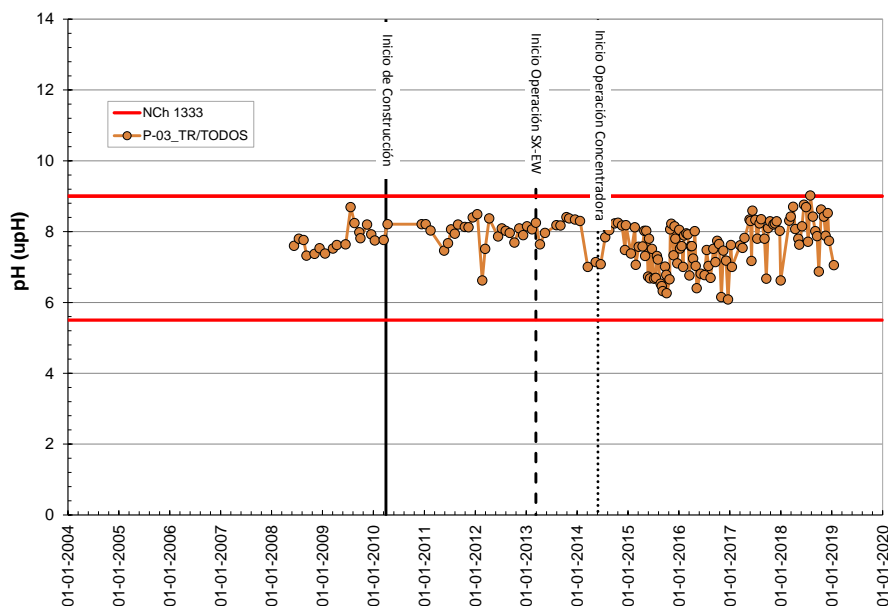
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-4(b): Evolución temporal de los Sulfatos en pozo P3-TR. Durante todo el periodo de monitoreo presenta mediciones próximas a los históricos previos a la etapa REM (195 mg/L).



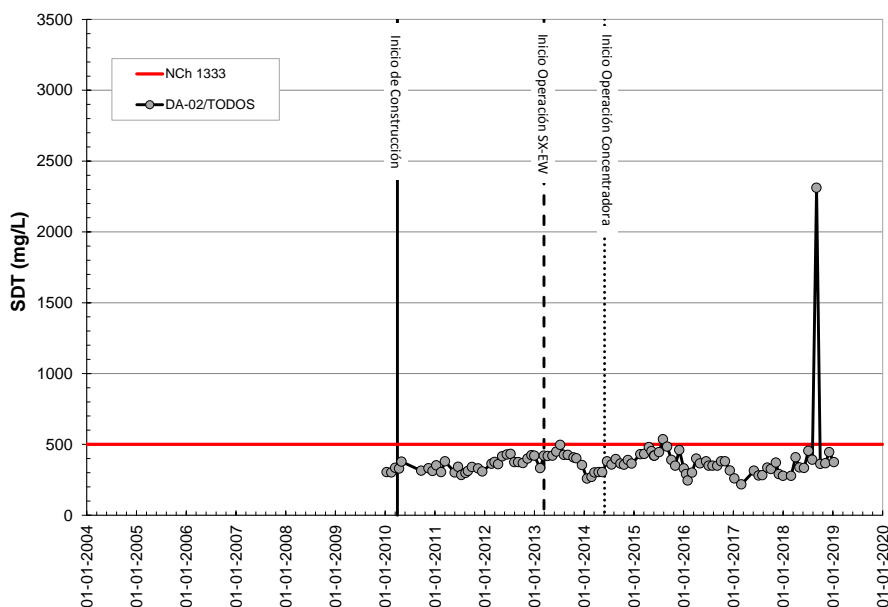
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-4(c): Evolución temporal del pH en pozo P3-TR. Durante todo el periodo de monitoreo presenta mediciones entre 8,7 y 6,0 upH, con una tendencia a valores cercanos a 6,7 upH.



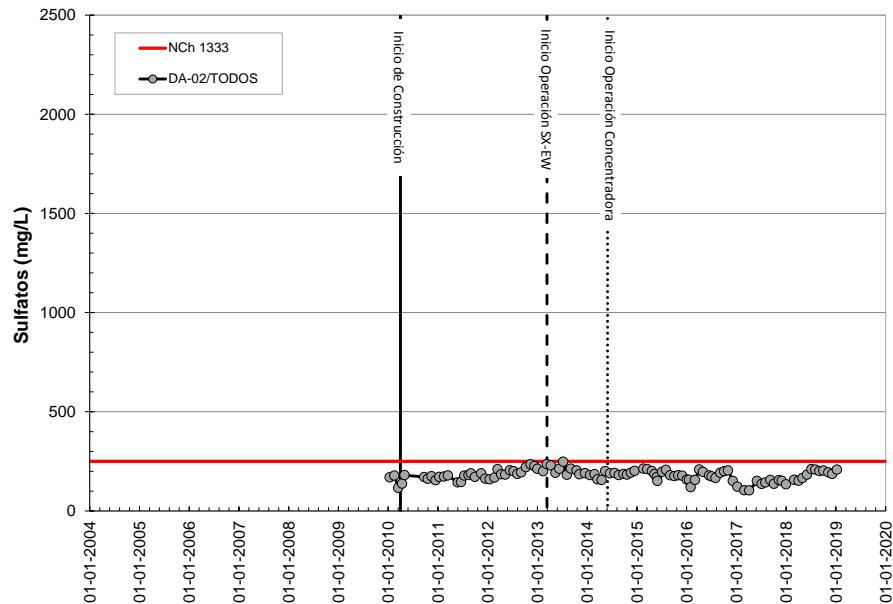
Fuente: Datos de MLCC (pH de terreno).

Figura 5-5(a): Evolución temporal de los SDT en pozo DA-02. Presenta mediciones próximas a los históricos previos a la etapa REM (360 mg/L). En septiembre de 2018 presenta una medición que se escapa de la tendencia histórica (no significativo).



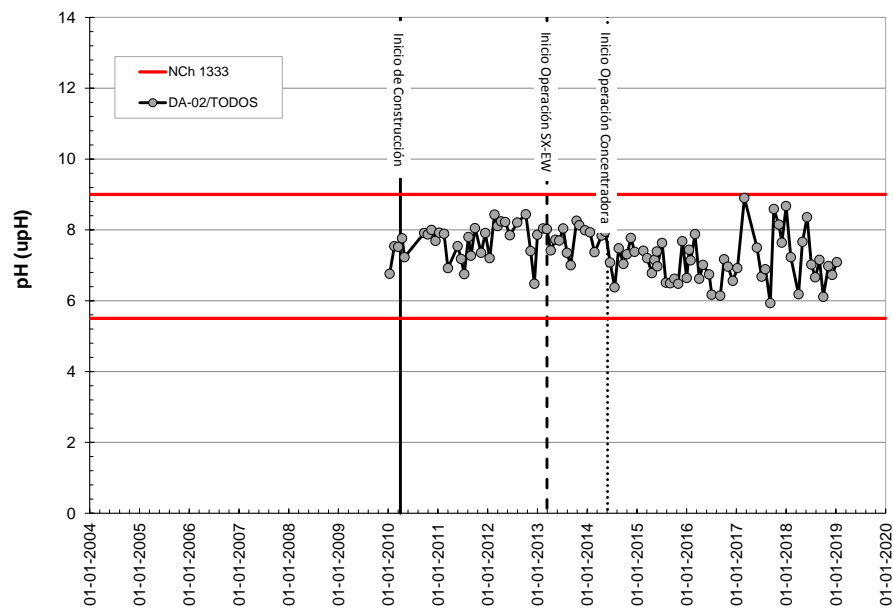
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-5(b): Evolución temporal de los Sulfatos en pozo DA-02. Durante todo el periodo de monitoreo presenta mediciones próximas a los históricos previos a la etapa REM (180 mg/L).



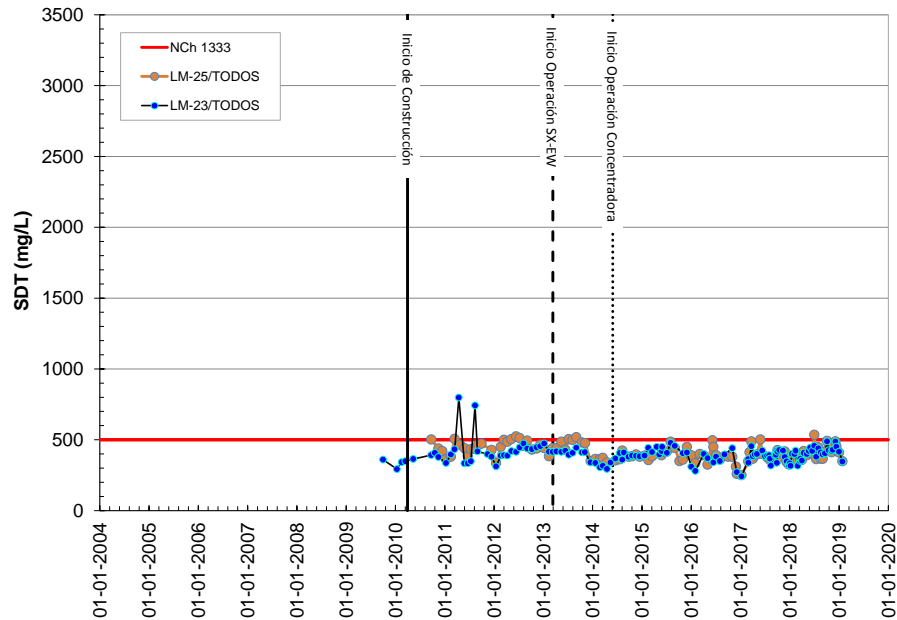
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-5(c): Evolución temporal del pH en DA-02. Durante todo el periodo de monitoreo presenta mediciones entre 8,9 y 5,9 upH, con una tendencia a valores cercanos a 7,4 upH.



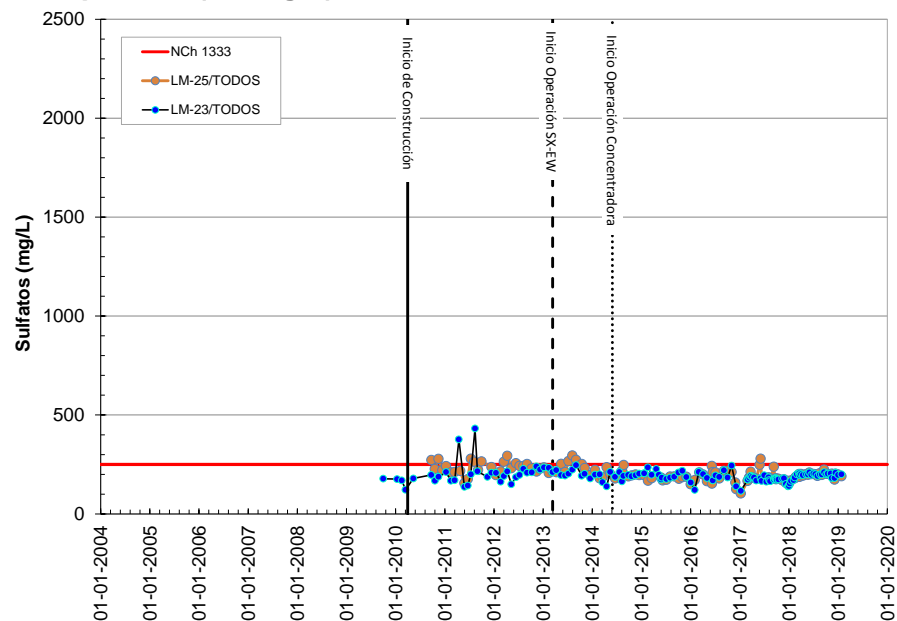
Fuente: Datos de MLCC (pH de terreno).

Figura 5-6(a): Evolución temporal de los SDT río Ramadillas antes y después de confluencia con Qda Caserones, en LM-23 y LM-25, respectivamente. Durante todo el periodo de monitoreo presentan mediciones próximas a los históricos previos a la etapa REM (400mg/L).



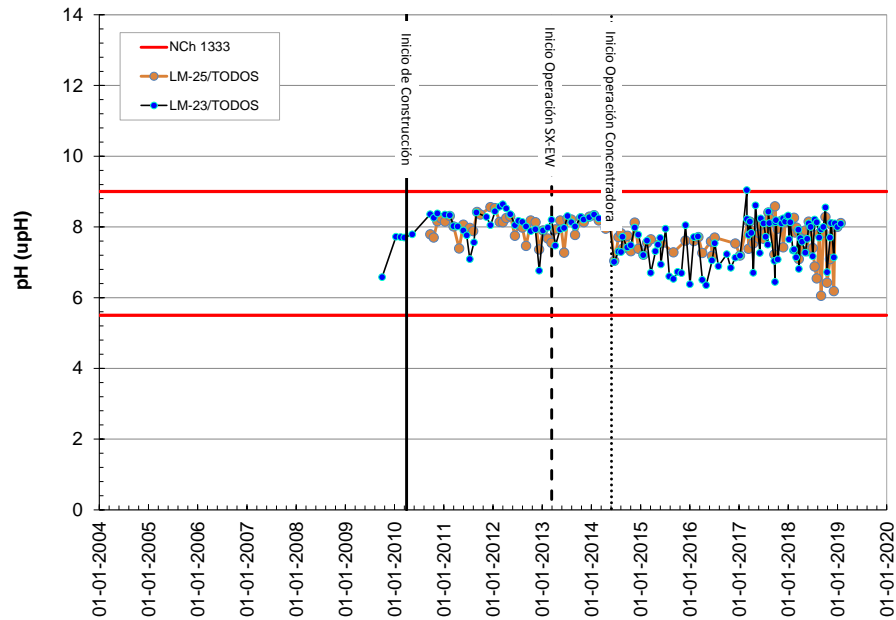
Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-6(b): Evolución temporal de los Sulfatos en río Ramadillas antes y después de confluencia con Qda Caserones, en LM-23 y LM-25, respectivamente. Durante todo el periodo de monitoreo presentan mediciones próximas a los históricos previos a la etapa REM (200mg/L).



Fuente: Datos de MLCC.

Figura 5-6(c): Evolución temporal del pH en río Ramadillas antes de confluencia con Qda Caserones, en LM-23. Durante todo el periodo de monitoreo presenta mediciones entre 9, y 6 upH, con una tendencia a valores cercanos a 7,7 (LM-23) y 7,9 (LM-25) upH.



Fuente: Datos de MLCC (pH de terreno).

6. CONCLUSIONES

Los resultados de las mediciones de calidad del agua en los puntos de monitoreo considerados para verificar efectividad de las medidas de remediación, indica que en el sector de Quebrada Caserones se observó un incremento en los parámetros indicadores, con un descenso posterior, asociado a las medidas de control implementadas. Si bien el pozo PBC-07 retomó concentraciones similares a las monitoreadas previas a las fugas, el pozo PBC-06B aún presenta concentraciones superiores. Estas concentraciones alteradas, sin embargo, no se evidencian en los pozos del PMR aguas abajo en la cuenca del Ramadillas, lo que indicaría que los efectos de las filtraciones desde el depósito de Arenas estarían contenidos en el sector de Quebrada Caserones.

En relación a las aguas superficiales, los resultados de monitoreos no muestran ningún efecto.

7. APÉNDICES

APÉNDICE A: Base de Datos MLCC Caserones. En formato digital.