

The logo consists of the letters 'EA' in a bold, blue, sans-serif font, enclosed within a white square.

ENTORNO ACADÉMICO

The logo features a stylized gear or circular emblem with a central element, followed by the text 'ITESCA' in a bold, sans-serif font.

ITESCA[®]
Instituto Tecnológico
Superior de Cajeme

Año 10, Número 11, JUN de 2013
ISSN: 1870 - 5316
www.itesca.edu.mx

foto portada: http://www.vmxstcoalmeximo.com/sonora/san_carlos



Editorial

La ingeniería ambiental juega hoy en día un papel preponderante en el desarrollo de la humanidad, ya que el propio desarrollo de esta profesión conlleva la realización de acciones y propuestas cuyos objetivos son el mejoramiento del medio ambiente así como la conservación de los recursos naturales y su aprovechamiento mediante esquemas de sustentabilidad.

En este contexto, el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme realizó en coordinación con la Universidad Estatal de Sonora y la Delegación Federal de SEMARNAT en el Estado, el Congreso de Ingeniería Ambiental del Noroeste, con el objetivo de dar a conocer y difundir los avances en investigación científica e innovación tecnológica para informar sobre la importancia de la ingeniería ambiental en el desarrollo sustentable.

Avances que se muestran en la presente edición de Entorno Académico, un medio indispensable de

difusión del conocimiento, que además permite tender puentes entre la comunidad académica con los principales actores de los sectores productivos -social, público y privado- y que a través del diálogo y la discusión de tópicos relacionados con la Ingeniería, las

Ciencias Sociales y las Ciencias Exactas, coadyuva a mejorar los índices de desarrollo humano y bienestar social de las diferentes regiones.

En el marco del congreso se realizó además el Encuentro Regional del Noroeste de las y los Jóvenes frente al Cambio Climático, Sonora 2014, en el cual se brindó la oportunidad a la región noroeste de un encuentro y participación de los jóvenes para el impulso de las soluciones al cambio climático y reforzar el trabajo en acciones estratégicas para la adaptación, mitigación y comunicación en este importante tema.

Estamos seguros que esta nueva oportunidad que nos brindan de conocer el trabajo en materia ambiental, sustentabilidad e innovación que realizan los académicos e investigadores de las distintas Instituciones de Educación Superior, contribuirá al establecimiento de redes de colaboración y apoyo mutuo en beneficio de todos.

*Respetuosamente,
"Casa Abierta al Tiempo y a las Ideas"*

*M.I. Paulino Antonio Sánchez López
Director General, del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme*

Índice:

AGUA	1
Remoción de Fósforo mediante coraza de molusco (<i>Chione cancellata</i>): alternativa económica de remediación	2
Preparación y aplicación de membranas compuestas a partir de 2, 6 metil m-fenilendiamina y cloruro de Trimesoilo	6
Dinámica 2d-interfase salobre: estudio de caso	16
Tendencia del índice de aridez como indicador del cambio climático en el norte de México	22
Estudio cinético de la redisolución de cobre en medio acuoso; a partir de sedimentos de un efluente natural- utilizando un diseño de experimentos factorial 2 ³	28
Ahorro del agua y nitrógeno: una estrategia sustentable para la producción de forrajes en- Zonas semiáridas en la comarca lagunera	38
Diagnóstico y Predicción de la calidad del agua en la cuenca cerrada Laguna de Bustillos, Cuauhtémoc Chihuahua	46
Modelación geoquímica de fases minerales de plomo en aguas de la cuenca del río Sonora	54
AIRE	63
Calidad del aire respecto de PST durante el periodo 2009-2011 en la ciudad de Hermosillo, Son.	64
Microanálisis de corrosión atmosférica vs bajo rendimiento operativo de equipos en la industria Electrónica	70
Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y crítica a la NOM-025-SSA1-2003	80
GESTIÓN AMBIENTAL	81
Procesamiento textil de la fibra de pelo de perro french poodle al 100% y en mezclas con fibras naturales y sintéticas	82
Consideraciones para la Gestión del desarrollo rural Sustentable	91
RECURSOS NATURALES	101
El proceso de eutrofización y su potencial desarrollo en lagunas costeras del Estado de Sonora, México	102
La percepción de los usuarios como criterio de evaluación de la aptitud recreativa de playas	109
Comparación de la distribución y estructura de manglar en el varadero, acapulco, Gro.	116
Determinación preliminar del caudal ecológico del sistema de presas en la cuenca del Río Yaqui	127
Análisis del comportamiento físico-químico del agua en la bahía de Guaymas, Sonora, México	138
RESIDUOS	140
Diagnóstico de generación y manejo integral de residuos sólidos urbanos en instituciones de Educación Superior a través de grupos ambientales Institucionales	141
Remoción del herbicida 2,4-d utilizando humedales construidos de flujo subsuperficial a escala piloto	152
Propuesta para el aprovechamiento del pet en la Universidad Tecnológica de Tehuacán	162
Tiraderos acielo abierto en localidades del municipio de Tecoaapa, Guerrero, México.	169
SALUD AMBIENTAL	176
Ecotoxicología de elementos traza en lagunas costeras	177
RESÚMENES	187
Aportes para el manejo integrado del recurso hídrico: estudio de caso microcuenca de la quebrada san cristóbal. Localidad de usaquén, bogotá d.C.	188
Pruebas de resistencia al cloro de membranas compuestas preparadas a partir de 2,4,6 trimetil mfenilendiamina y cloruro de triemesoilo	190
Medición de la eficiencia de remoción de nutrientes fósforo y nitrógeno de la planta de tratamiento de aguas residuales de Tobarito y Marte R Gómez	192
Estudio de la dinámica de dos fases aceite-agua en un yacimiento petrolero mediante simulaciones numéricas	194
Concentración y distribución de PST en la Ciudad de Hermosillo, durante el periodo 2009-2011	195
Consideración del uso de ecotecnias y participación ciudadana en la planeación urbana	196
Dinámica un contaminante a través de un medio poroso mediante simulaciones incluyendo fenómenos de sorción	197
Estudio de un contaminante a través de una biopelícula mediante simulaciones numéricas	198
Monitoreo de insectos y construcción del índice BMWP de calidad del agua en la Laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México	199
Magnetismo ambiental para la evaluación de la contaminación en la zona costera del Noroeste de Sinaloa frente a la cuenca de Farallón	201
Estudio de pertinencia mineralógica-magnética para el desarrollo del Noroeste de México: estudio piloto	202
Estudio de la dinámica de un contaminante a través de un medio poroso mediante método de elemento finito	204
Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la Ciudad de Acapulco, Guerrero, México	205
Estudio cinético de la redisolución de cobre en medio acuoso; a partir de sedimentos de un efluente natural utilizando un diseño de experimentos factorial 2 ³	207
Estrategias y alternativas para el manejo de residuos sólidos urbanos en el Cetus no. 90 de Acapulco, Guerrero, México	209
Morbi-mortalidad asociada a la exposición crónica a radiación ultravioleta (ruv) solar en dos ciudades del estado de Sonora, México	210



AGUA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CAJEME

División de Ingeniería Ambiental

Congreso de Ingeniería Ambiental del Noroeste

Cd. Obregón, Sonora, 7 a 11 de abril 2014

MODELACIÓN GEOQUÍMICA DE FASES MINERALES DE PLOMO EN AGUAS DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA

**Armendáriz O. M. M.^{1,4}, González E. R.², Ramírez V. O.^{3,4},
Zazueta E. G.^{3,4} y Devora I. G. E.²**

¹Universidad Estatal de Sonora. ²Instituto Tecnológico de Sonora. ³Instituto Nacional de Investigación de Forestal Agrícolas y Pecuarias. ⁴Programa Educativo de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales del Instituto Tecnológico de Sonora.

Universidad Estatal de Sonora. Unidad Académica Benito Juárez. Calle Fraternidad S/N Villa Juárez, Municipio Benito Juárez. Tel/Fax: (643)4350028/4350493. mcthe@hotmail.com

Modalidad: Oral (X) Área: Agua (X)

RESUMEN: El plomo al disolverse en agua puede ser transportado, y así ser acumulativo en el cuerpo humano. Aún en concentraciones pequeñas provoca enfermedades graves. Por otra parte, para estudiar las reacciones agua-roca que controlan la formación de depósitos minerales metálicos o la disolución de los mismos, pueden utilizarse modelos geoquímicos, los cuales se basan en principios químicos y termodinámicos. El presente trabajo tiene por objetivo determinar las fases minerales que fijan la composición química del plomo en aguas de la cuenca del río Sonora, mediante un modelo geoquímico con datos experimentales de campo y con la finalidad de generar información que establezca la relación que existe entre esta composición y la actividad minera de la región. Para este estudio se tomaron 196 muestras durante el periodo de agosto-septiembre y noviembre-diciembre del 2005; correspondiente a épocas de lluvia y estiaje respectivamente, tanto en aguas subterráneas como superficiales. Se determinaron parámetros físico-químicos de las muestras y se utilizó el modelo geoquímico WATEQ 4F. Se modelaron 58 muestras que presentaron concentraciones de Pb por arriba de la NOM-127-SSA1-2000. El modelo arrojó 24 fases minerales negativas, siendo la fase mineral de Minium ($Pb^{+2}2Pb^{+4}O_4$), la que presenta el índice de saturación más elevado en todas las muestras. Los resultados indican que las fases minerales de Minium, Pb_2O_3 , Platanerita y Pb metal, presentan índices de saturación muy alejados del equilibrio termodinámico, lo que representa una solubilidad potencial alta, específicamente para el Pb metal, ya que es utilizado en la soldadura de tuberías de uso común en redes de agua potable. Es evidente que la actividad minera de la parte norte de la cuenca, esta impactando principalmente a los acuíferos, mientras que en la parte sur, los acuíferos son impactados por la infiltración de aguas superficiales contaminadas.

Introducción

El plomo al disolverse puede ser transportado por el agua, en esas condiciones es acumulativo en el cuerpo humano e incluso en concentraciones pequeñas provoca enfermedades graves (Perry *et al.*, 2002). Por otra parte, para estudiar las reacciones agua-roca que controlan la formación de depósitos minerales metálicos o la disolución de los mismos, pueden utilizarse modelos geoquímicos, los cuales se basan en principios químicos y termodinámicos (González *et al.*, 1998). Estos modelos requieren como datos de entrada, una serie de análisis físico-químico de agua y como resultado dan información sobre la distribución de las especies acuosas y el índice de saturación con respecto a las fases sólidas posibles de acuerdo a la composición química de la solución (Marin *et al.*, 1994). El índice de saturación expresa la interacción agua-roca en cuanto a la capacidad termodinámica para disolver las fases minerales o precipitar solutos en ambientes acuáticos.

Objetivo

El objetivo de esta investigación fue determinar las fases minerales que determinan la composición química del plomo en el agua del río Sonora, mediante un modelo geoquímico con datos experimentales en campo con la finalidad de generar información que fije la relación que existe entre esta composición y la actividad minera, que se realiza en la parte alta y media de la cuenca del río Sonora.

Metodología

La región estudiada fue la cuenca del Río Sonora que se localiza dentro del Estado de Sonora, cubriendo una superficie de 28,885 km², colinda al Sur con la cuenca del Río Mátape, al Norte con el Río San Pedro, al Noreste con la cuenca del Río Yaqui y al Noroeste con la cuenca del Río Concepción.

Se tomaron 196 muestras durante el periodo de agosto-septiembre y noviembre-diciembre del 2005; en época de lluvias y en estiaje respectivamente, tanto en aguas subterráneas como superficiales.

El método analítico para la determinación de metales totales Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Cd, Pb, Cr, Tl y Mo fue el de digestión-vía húmeda y para el Se y As fue el Método 3111, indicado en el manual de métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (Díaz, 1992); los datos para Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Cd, Pb, Cr fueron corroborados mediante el método de determinación de metales por espectrometría de absorción atómica de flama, así como el Método 3114 B, Método manual de generación

de hidruros/espectrometría de absorción atómica.

Se modelaron solo las muestras que presentaron resultados con concentraciones de Pb por arriba del límite establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000 (SSA, 2000).

El modelo geoquímico utilizado fue el de WATEQ 4F, elaborado por el U.S. Geological Survey (Rollins, 1988). Los datos para alimentar el modelo fueron: la temperatura en la que se tomo la muestra, densidad del agua, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, la conductividad, Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4 , HCO_3 , Fe, CO_3 , F, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb y As.

Resultados y Discusión

Solo se modelaron 58 muestras, ya que se encontraron con niveles de Pb no permisibles para consumo humano. En agua superficial en época de lluvias fueron modeladas 3 muestras, en agua subterránea en época de lluvias 31 muestras, en agua superficial en época de estiaje 2 muestras y en agua subterránea en época de estiaje 22 muestras.

Resultados de la modelación geoquímica de muestras de agua superficial en época de lluvias

Solo tres muestras la 31, 105 y 108 con 0.05, 0.03 y 0.02 ppm de Pb, respectivamente, sobrepasan los límites permisibles de la norma NOM-127-SSA1-2000 (SSA, 2000), la cual establece que 0.01 ppm es el límite de concentración máxima permisible para consumo humano (Figura 1).

Es muy probable que las lluvias realicen un proceso de dilución por lo que la concentración de plomo se reduzca y solo dos muestras en la parte media de la cuenca y una en su parte alta alcancen los niveles que sobrepasan la norma.

El modelo arrojó 24 fases minerales negativas, siendo la fase mineral de Minium ($\text{Pb}^{+2}\text{Pb}^{+4}\text{O}_4$), la que presenta el índice de saturación más elevado con -37.553, -35.681 y -32.579 en las muestras 105, 31 y 108 respectivamente, a esta, le sigue la fase mineral de platanerita (PbO_2) con -22.287, -21.659 y -21.634 encontradas en las muestras 105, 31 y 108 respectivamente, la fase mineral de Pb plomo también fue una de las fases minerales con alto índice de saturación y sus valores oscilan entre -18.352 y -18.434 en las muestras 105 y 108 respectivamente, esto indica que tienen gran capacidad de disolverse; la Cerusita (PbCO_3) tiene un índice de saturación de -1.071, -1.169 y 1.289 en las muestras 105, 108 y 31 respectivamente y también poseen la

capacidad de disolverse solo que a menor escala; ya que, están muy próximas al equilibrio.

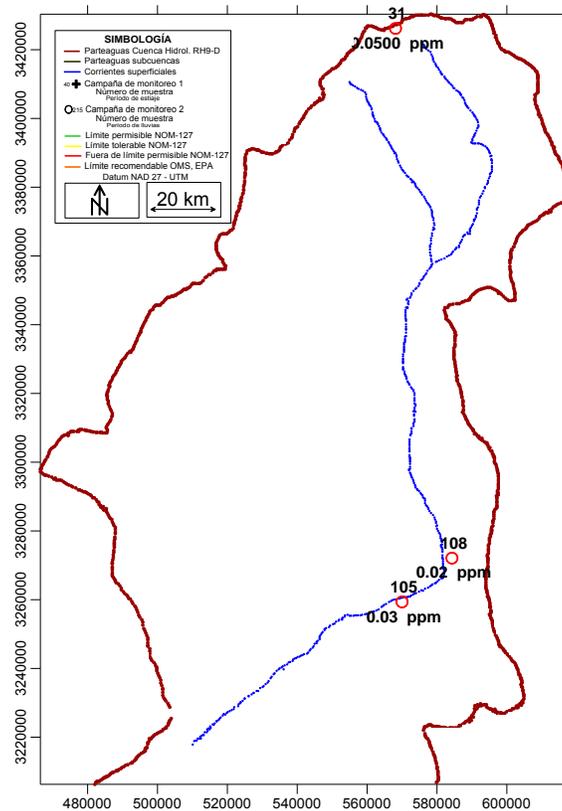


Figura 1.- Localización de muestras de agua superficial época de lluvias con concentración de Pb fuera de norma

Hay que considerar que si el agua que representan estas muestras, se hiciera pasar por tuberías de agua potable, y que en casas habitación e industrias normalmente es de cobre, la soldadura que en ellas se utiliza para acoplar una tubería con otra, según Lane Ruseell (1995) está formada por estaño-plomo, misma que sería fácilmente disuelta por el mineral Pb metal y pasaría a ion Pb que es toxico; ya que, presenta un índice de saturación muy alejado del equilibrio de -18.434.

Resultados de muestras de agua subterránea en época de lluvias

Las concentraciones de Pb en las 31 muestras que sobrepasaron los límites permisibles de la norma NOM-127-SSA1-2000 (SSA, 2000), oscilan desde 0.015 ppm en las muestras 33, 34 Y 35 correspondientes de la zona minera localizada al norte de la cuenca, hasta 0.112 ppm de la muestra 161 correspondiente de la parte baja de la cuenca.

Las muestras de aguas subterráneas localizadas al norte de la cuenca pueden tener infiltraciones desde los jales y represos de la zona minera hasta el acuífero.

Las muestras localizadas, al sur de la cuenca con Pb fuera de norma pueden tener relación con la contaminación del agua del río registradas en las muestras 108 y 105 (Figura 2).

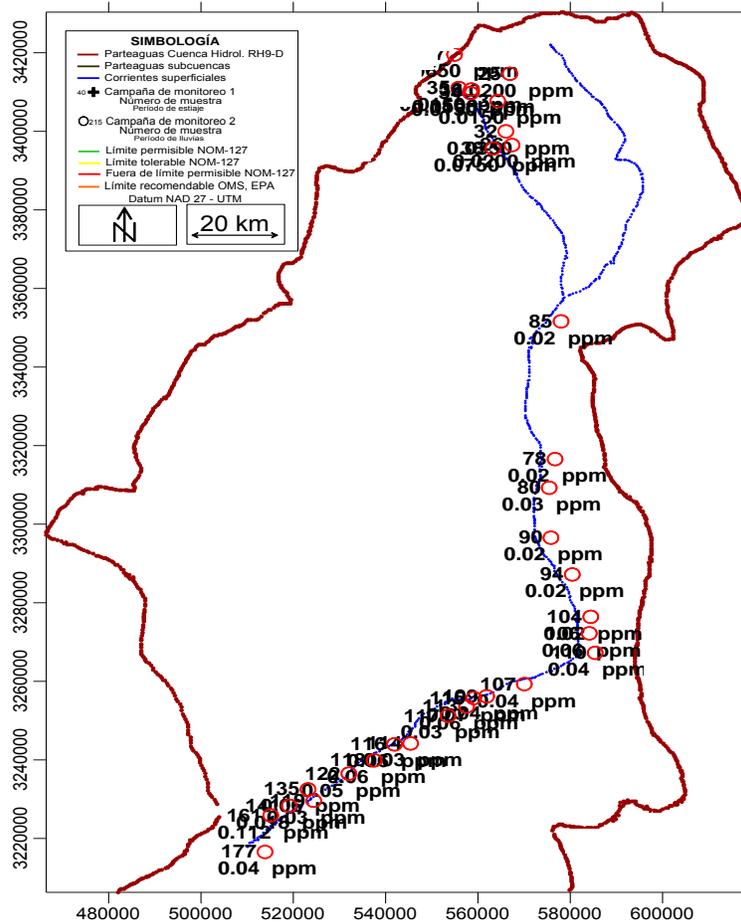


Figura 2.- Localización de muestras de aguas subterráneas en época de lluvias con resultados de Pb fuera de norma.

Todas las muestras presentan un comportamiento similar en cuanto a la fase mineral que le corresponde, no obstante el Minium ($Pb^{+2}2Pb^{+4}O_4$) es el que posee mayor cantidad -73.563 en la muestra 141. La fase mineral que posee menor capacidad para disolverse se presentó en la fase mineral de Cerusita ($PbCO_3$) con valores que van desde -0.453 y -1.697 en las muestras 161 y 25 respectivamente.

Por otra parte; la fase mineral de Pb metal presenta un alto grado de inestabilidad; ya que, tiene un elevado índice de saturación (-18.59) lo que indica que si el agua de estas muestras se hicieran pasar por una tubería convencional de agua potable disolvería con

gran facilidad el Pb que se encuentra en la soldadura de la tubería, incrementando en mayor medida la concentración de plomo en la muestra.

Resultados de la modelación geoquímica de muestras de agua superficial en época de estiaje.

En agua superficial en época de estiaje se encontraron solo 2 muestras que sobrepasan los límites permisibles de la norma NOM-127-SSA1-2000 (SSA, 2000, con valores de 2.849 ppm en la muestra 205 localizada en la parte alta de la cuenca en donde existe una intensa actividad minera y en la muestra 331 con una concentración de 0.08 ppm (Figura 3).

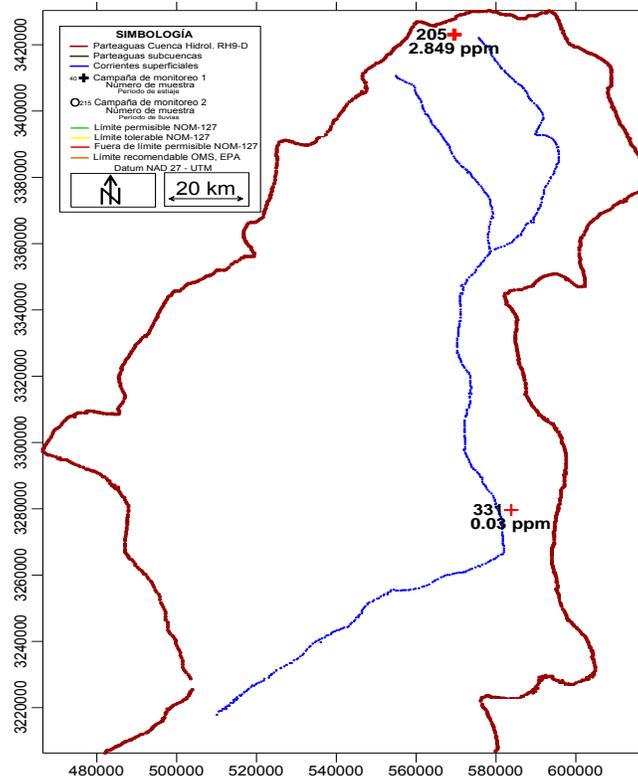


Figura 3.- Localización de muestras de aguas superficiales en época de estiaje con resultados de Pb fuera de norma.

En la fase mineral de minium ($Pb^{+2}2Pb^{+4}O_4$) se presenta el índice de saturación más negativo teniendo valores que oscilan entre los -35.82 y -23.761 en las muestras 331 y 205 respectivamente, la fase mineral de Cerusita ($PbCO_3$) tiene que se encuentran muy cerca del equilibrio -0.943 y -1.058 en las muestras 205 y 331 respectivamente, esto indica que tiene poca capacidad de disolverse.

Resultados de muestras de agua subterránea en época de estiaje

En 22 muestras se encontraron niveles superiores a 0.1 ppm de Pb, los cuales están fuera de la norma NOM-127-SSA1-2000 (SSA, 2000), la localización de éstos sitios de muestreo y sus niveles de concentración se reportan en la figura 4.

Las muestras presentan valores de índices de saturación similares, sin embargo, la fase mineral con mayor inestabilidad es el Minium que tiene valores desde -30.883 hasta -36.751 en las muestras 300 y 345 respectivamente; la Cerusita fue la fase mineral que posee menor capacidad de disolverse y sus valores están entre -0.772 y -1.167 presentándolos las muestras 325 y 237 respectivamente.

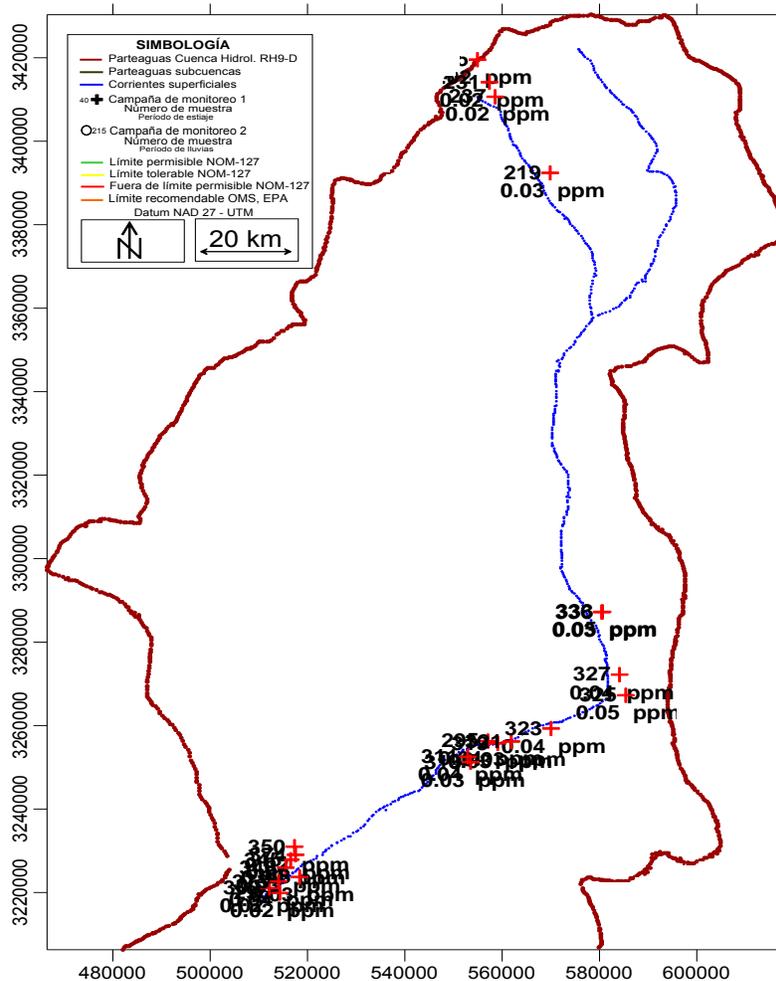


Figura 4.- Localización de muestras de aguas subterráneas en época de estiaje con las concentraciones de Pb fuera de norma.

Respecto al Pb metal, existe el mismo riesgo de contaminación del agua potable antes mencionado en las tuberías de cobre interconectadas con soldadura de estaño-plomo.

Conclusiones

El hecho de que 3 muestras de 10 colectadas en época de lluvia, esté contaminada por Pb demuestra que el periodo de lluvias juegan un papel de dilución del Pb. Ya que en la parte media de donde fue tomada esa muestra, indica que este Pb fue arrastrado desde la parte alta hasta esta zona, donde alcanza la máxima concentración. Por otra parte algunas fases minerales como el Minium, Pb_2O_3 , Platanerita y Pb metal, presentan índices de saturación muy alejados del equilibrio termodinámico, lo que representa una solubilidad potencial alta, específicamente para el Pb metal, ya que es utilizado en la soldadura de tuberías de uso común en redes de agua potable.

En épocas de lluvias los resultados arrojados indican que 10 de 38 muestras tomadas de la parte alta de la cuenca, están contaminadas, 12 de las 21 muestras de la parte media presentan contaminación por Pb y 9 de las 31 también sobre pasan los límites permisibles de la norma NOM-127-SSA1-2000 (SSA, 2000); esto en aguas subterráneas. La zona norte contaminada puede tener relación con las actividades mineras, mientras que la zona sur puede tener relación con el agua superficial. También se presenta un alto potencial de solubilidad en las fases minerales de Minium, Pb_2O_3 , Platanerita y Pb metal.

Los resultados demuestran que en 4 de 38 muestras de agua subterránea en la zona de explotación minera están contaminadas por Pb en épocas de estiaje, 10 de 21 muestras de la parte media de la cuenca y así mismo, 8 de 19 de la parte baja; esto indica que es en esta época en la cual los minerales se depositan y se concentran en el agua, ya que la falta de infiltración del agua de lluvias reduce el efecto de dilución. Los resultados de la modelación mantienen el mismo comportamiento respecto a las fases minerales y los índices de saturación.

En época de estiaje, de las 11 muestras colectadas 2 presentan contaminación por Pb, esto en aguas superficiales; lo indica que los minerales se concentran en el agua, ya que hay una falta de dilución por la poca precipitación que existe. Por otra parte, los resultados de la modelación indican que son el Minium, Pb_2O_3 , Platanerita y Pb metal, los que presentan índices de saturación muy elevados, lo que representa un alto potencial de solubilidad.

Es evidente que en la parte norte, la actividad minera esta impactando principalmente a los acuíferos, mientras que en la parte sur, los acuíferos son impactados por las aguas superficiales contaminadas. También la precipitación juega un papel importante en el comportamiento del plomo, ya que la presencia de lluvias diluye la concentración de plomo tanto en el río como en los acuíferos.

Por lo anterior, la actividad minera esta impactando la calidad del agua en la cuenca alta y media siendo las fases minerales de Minium, Pb_2O_3 , Platanerita y Pb metal, las que al presentar un índice de saturación muy alejado del equilibrio son los que están aportando los iones de plomo al agua.

Bibliografía

DIAZ DE SANTOS, 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, APHA-AWWA-WPCF, Ed McGrawHill. México. 265 p.

GONZALEZ R., A. G. CANALES, L. E. MARIN. 1998. Hidrogeoquímica y mineralogía de un estrato del acuífero del valle del Yaqui. ITSON-DIEP 2(7): 55-64.

L. ROLLINS 1988. WATEQ4F 1.02 vesion of watq, a computer program for calculation chemical equilibrium of natural water. U.S. Geological Survey. Water Resources Investigation 76-13. Reston, VA, USA. 70 p.

MARIN L. E., E. PRIETO, G. VELAZQUEZ (1994). Aplicación de la modelación geoquímica a la ingeniería hidráulica. Ingeniería Hidráulica en México. 9(1):63-69.

PERRY D., COHN, PH.D., M.P.H., MICHAEL COX M.P.H. Y PAUL S. BERGER, P.H.D., (2002). Calidad Y Tratamiento Del Agua. Aspectos De La Calidad Del Agua. Salud Y Estética. Ed. McGraw-Hill. España. Pag. 68.

SECRETARIA DE SALUD, (2000). MODIFICACION A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION. Publicada el 20 de octubre de 2000 en el Diario Oficial de la Federación. México, D. F.

Agradecimientos a:

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por las becas de posgrado No. 276161 y 488561
- Comisión Estatal de Agua (CEA) del Estado de Sonora, por el apoyo al económico al proyecto No. CEA-ED-PR-EST-05-013 otorgado al Instituto Tecnológico de Sonora.