RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ESTUDIO DE SEDIMENTOS DE FONDO EN EL RIO LOA, 2ª REGION, CHILE.

Sergio Espinoza[1], Thomas Keegan[2], Luca Fanfani[3], Hugo Alonso[1], Leonardo Romero[1] Francisco Droguett[1]

[1] Universidad Católica del Norte, Antofagasta, CHILE [2] Imperial College of Science Technology and Medicine, London, UNITED KINGDO [3] Università degli Studi di Cagliari, Cagliari ITALIA

Resumen

Un muestreo de agua y sedimentos de fondo, fue realizado a lo largo del río Loa en el marco del proyecto INCO CD “WAQUAMINAR” (+).

El análisis granulométrico de sedimentos de fondo indicó en la mayor parte de las muestras una preponderancia de partículas de tamaño limo fino con diámetros inferiores a 0.075 mm.

Los contenidos de algunos elementos químicos en los sedimentos mostraron una relación directa con las concentraciones detectadas en el agua.

En general, tanto en los sedimentos como en el agua se advierte un enriquecimiento paulatino de elementos metálicos aguas abajo, disminuyendo drásticamente después de las confluencias. En el caso del agua, la razón de esta concentración podría estar en la intensa evaporación durante su escurrimiento a lo largo de la pampa. En el caso de los sedimentos se propone la precipitación de hidróxidos ayudado por el ambiente sapropélico.

La mayor concentración de arsénico, elemento contaminante de alta presencia en la región, se han encontrado en los sedimentos del río Salado afluente del Loa, en la proximidad de su nacimiento en los Geisers de El Tatio.

Contrario a lo que pudiera esperarse, los elementos de común ocurrencia en yacimientos minerales de la región, tales como Cu, As, Pb, Zn Mo, no presentan incrementos en las cercanías de Calama y Chuquicamata, sino que por el contrario resultaron, en este muestreo, comparativamente más bajos.

Los sedimentos de fondo del río Loa presentan concentraciones de sustancias químicas no líticas coherentes con el entorno geológico, rico en metales especialmente Cu y As. Sin embargo la granulometría de los sedimentos y el contenido abundante de materia orgánica descompuesta proveniente de algas y vegetales hacen que estos barros puedan, en el caso de ser removidos y puestos en suspensión, contaminar gravemente el agua. En lugares en donde hay acumulaciones artificiales de sedimentos como ocurre en los tranques Sloman y Santa Fe existe un gran peligro potencial de este efecto que puede afectar la cuenca aguas abajo e incluso el litoral, después de la desembocadura.

* WAQUAMINAR (Innovative Strategies for the Preservation of the Water Quality in the Mining Areas of Latin America) Proyecto financiado con los aportes de la Comunidad Económica Europea (INCO-DC: International Cooperation with Developing Countries; Contract number: ERBIC18CT980284).

PRELIMINARY RESULTS OF THE STUDY ON THE LOA RIVER BED SEDIMENTS, II REGION, CHILE

SUMMARY

A sampling campaign of water and sediments was done along the Loa River as part of the initial phase of the project WAQUAMINAR*. The granulometric analysis of the sediments showed mostly fine silt-sized particles with diameters less than 0.075mm. The content of some chemical elements showed a direct relationship with those found in water. The greatest arsenic concentration was found in the sediments of the Salado River, a tributary of the Loa River, close to El Tatio geysers.

In general, both sediment and water show a gradual enrichment of metal elements downstream with a drastic decrease after confluence. In water, the high evaporation rate to which the water is exposed could be the cause of the decrease. The trajectory of the river is through the an arid zone with a high solar radiation. In sediments, the cause of the decrease could be the precipitation of metallic hydroxide in a sapropelic environment.

In this sampling campaign, the elements such as Cu, As, Pb, Zn and Mo of mayor occurrence in mining deposits located in the nearness of the Loa River did not show significant increase in concentration. A higer concentration was expected.

The Loa River sediments show concentrations of non-lithic chemical substance, coherent with the geological environment rich in metals such as Cu and As. However, the sediment granulometrics and the high content of decomposed organic matter from algae and vegetables make that these mud may contaminate the water if they were removed. In places where the sediments is being accumulated as it is the case of the Sloman and Santa Fe dams, there is a high risk that the effect enunciated here may affected the basin downstream, even the coastal in the nearness of the mouth of the river.

Introducción.

El río Loa es el único curso de agua permanente que alcanza el mar y constituye el recurso hídrico de mayor relevancia, en la región de Antofagasta. El Loa proporciona agua a Chuquicamata, Calama, María Elena, Antofagasta y Tocopilla, permitiendo además actividad agrícola en, Caspana, Aiquina, Chiu-Chiu, Calama y Quillagua.

Sus aguas portan concentraciones importantes de sales que varían a lo largo de su recorrido de 440 Km. A partir de su confluencia con el río Salado, cargado de sales, sus aguas se tornan salobres..

Aun cuando casi la totalidad del contenido de sales y minerales que arrastra el Loa tienen un origen natural, se discute una presencia no determinada y poco estudiada de residuos industriales mineros, particularmente relativos a procesos mineros antiguos, sin criterios de preservación ambiental.

En el año 1997 se produjo una gran crecida del río debido a inusuales lluvias torrenciales cordilleranas que ocurren en forma esporádica. Esta crecida arrastró material en suspensión alterando las condiciones fisicoquímicas del agua lo que produjeron la muerte de la fauna fluvial del Loa y gran parte de la fauna marítima por más de 300 Km de costa desde la desembocadura del río hacia el norte, arrastrado por la corriente de Humbodlt.

Sistema hidrográfico del río Loa.

El río Loa drena una hoya hidrográfica estimada en 33.000 Km. cuadrados a lo largo de una trayectoria en forma de herradura, desplazándose a través de un territorio que comprende desde los 21 a los 23 grados de longitud sur. Su caudal varía entre 0.5 y 5m^3/s. . Sus principales afluentes son los ríos San Pedro, Él Salado y San Salvador.

Su curso puede dividirse en tres sectores con sus correspondientes hoyas hidrográficas

1) Loa superior. Nace al pie del volcán Miño (21°15' S : 70°00'W) en el límite entre la Primera y Segunda regiones y corre hacia el sur unos 150 Km. hasta la confluencia con el río Salado al sur del pueblo de Chiu-Chiu. Este sector se caracteriza por tener una importante recarga del tipo primaria o de aguas nuevas, asociada a las precipitaciones que ocurren casi regularmente durante la temporada estival (Diciembre a Marzo).

2) Loa medio. Al sur de la confluencia con el río salado el río Loa toma rumbo oeste, y después de un recorrido de 115Km se reúne con el río San Salvador en Chacance. En este tramo el río tiene una recarga más modesta de renovación primaria y una importante recarga secundaria desde el sector andino en gran parte subterránea, ayudada por fenómenos de tipo kársticos. Esta zona está afectada además por una fuerte evaporación.

3) Loa inferior Desde la confluencia con el San salvador el río toma un rumbo general norte hasta el oasis de Quillagua donde describe un gran arco para dirigirse nuevamente al oeste en busca del Océano a través de un profundo cañón que atraviesa la Cordillera de la Costa y desemboca en el Mar de Chile después de 440Km de recorrido total. En este sector la recarga de tipo primario es muy ocasional.

Aspectos hidrogeoquímicos

Desde un punto de vista geoquímico el río Loa puede dividirse en dos partes, antes y después de recibir las aguas del río Salado. El río Salado que nace en el campo geotérmico de El Tatio transporta un gran contenido de sales disueltas que aumentan notoriamente la salinidad del río aguas abajo a partir de la confluencia con el Loa. El río San Salvador, segundo afluente principal del Loa, presenta una composición química similar al Loa superior.

Estudios hidrológicos realizados sobre las aguas del Loa, con anterioridad a este proyecto, han mostrado que los contenidos de algunas sustancias químicas disueltas aumentan durante su recorrido

En el tramo entre Calama y Quillagua se ha descrito un aumento de la concentración de sustancias químicas, en particular Cl, As y B. Este aumento derivaría de aportes subterráneos provenientes de la Pampa del Tamarugal (Orellana 1984) pero también puede explicarse por el efecto de la intensa evaporación en la pampa, proposición que está siendo estudiada en este proyecto.

En estudios anteriores se informa también de variaciones estacionales de composición química especialmente cloruros. Orellana (1984) encontró salinidades más altas en muestreos realizados en el mes de noviembre que en el mes de junio . Estas variaciones están muy vinculadas al riego en áreas agrícolas, como Calama donde el exceso de agua percola a través de suelos salinos reapareciendo aguas abajo en el cauce con una mayor concentración. (Aloso, Díaz y Valdés 1992).

Muestreo de sedimentos

Entre los días 22 y 23 de mayo de 1999 se realizó un muestreo en 13 puntos considerados adecuados para comprender la geoquímica del sistema, a lo largo del río Loa (Fig 1) obteniéndose 13 muestras de agua y 12 de sedimento.

Las muestras de sedimento fueron analizadas por 27 elementos en los laboratorios del Departamento de Geología del Imperial College, Londres, mientras que otra fracción ha sido estudiada desde el punto de vista granulométrico en el Departamento de Ciencias Geológicas de la en la Universidad Católica del Norte.

El análisis granulométrico de sedimentos de fondo indicó en la mayor parte de las muestras una preponderancia de partículas de tamaño limo fino con diámetros inferiores a 0.075 mm. En la mayoría de los sectores muestreados este material contiene abundante materia orgánica en distintos grados de descomposición que dan al sedimento el aspecto de un barro negruzco.

Analisis quimico de los sedimentos

Las concentraciones de elementos químicos encontradas en los sedimentos de fondo muestran grandes diferencias a lo largo del río. Estas diferencias llegan a un 231,2% de *desviación standard* respecto de la *media* en el caso del As, que se encuentra fuertemente concentrado en las nacientes del río Salado.

En general los sedimentos del Loa tienen altas concentraciones de As, Cu y S con respecto a otros ríos ubicados en otros ambientes mineros estudiados en este proyecto. Estas concentraciones son consistentes con el ambiente geológico del medio.

En la Fig. 2 se encuentran graficados en grupos afines los elementos más significativos.

A partir de estos gráficos puede hacerse las observaciones siguientes:

- En general los contenidos de elementos líticos cambian desde más siálicos a más máficos lo que está de acuerdo con los aportes sedimentarios que va teniendo el río durante su trayectoria. Así la razón Na/K tiende a subir aguas abajo desde la cubierta liparítica andina hasta las andesitas y basaltos de la Cordillera de la Costa.

- Pasado calama los sedimentos acusan un alto contenido de calcio debido probablemente al aporte sedimentario proveniente de la formación calcárea El Loa (Naranjo,J.A.y Paskoff,R, 1981) en tanto que el contenido de metales baja ostensiblemente, lo que puede estar relacionado con el efecto del riego, como ocurre con los metales disueltos en el agua.

- El As encontrado en sedimentos muestra una alta correlación con el As encontrado en el agua.

- Al igual que ocurre con algunos elementos metálicos el agua, estos tienden a aumentar también en los sedimentos aguas abajo. Este una posibilidad que se propone para explicar este efecto es la formación de hidróxidos metálicos favorecidos por un ambiente reductor con presencia de materia orgánica.

Conclusiones

1) Los sedimentos de fondo del Loa consisten en arenas limos y arenas negruzcas con abundante materia orgánica descompuesta.

2) Los contenidos de Cu, As, S, Ca y metales calcófilos son, en los sedimentos de fondo del río Loa, altos con respecto a ríos de otros ambientes geológicos.

3) Algunos elementos metálicos como Pb y As tienden a aumentar en los sedimentos aguas abajo.

4) Se aprecia una notable correlación entre el As detectado en el agua y el encontrado en los sedimentos.

5) En la mayoría de las muestras tomadas, la fracción granulométrica más abundante corresponde a un limo fino cuyas partículas tienen un tamaño inferior a 0.15 mm. Este material ha sido acumulado en los lugares de baja velocidad especialmente en los tranques como Sloman y Santa Fe desde donde puede ser removido durante las crecidas con graves consecuencias ecológicas.

Agradecimientos . Estos resultados preliminares se han obtenido a partir de los trabajos que realiza el proyecto WAQUAMINAR (Innovative strategies for the preservation of water quality in the minig areas of Latin America. Proyecto INCO de la Union Europea.

Referencias

Alonso C., H. 1979 Evolución salina del río Loa. 2º Congreso geológico Chileno, Arica V 2 p 31-48. SERNAGEOMIN

Alonso,H , Díaz,J y Valdés,V. 1992 Deterioro de un río aguas abajo del área regada en un ambiente salino. 2º Congreso Ciencias de la Tierra. . IGM, Santiago de Chile.

Naranjo,J. A. y Paskoff,R. 1981 Estratigrafía de los depósitos cenozoicos de la región de Chiuchiu, Calama. Desierto de Atacama. Rev. Geológica de Chile. Nº 13-14 p 79-85.

Orellana G, M Sonia 1984 Hidroquímica del río Loa, Un prototipo para estudio de hoyas hidrográficas en el norte de Chile. Tesis de Magíster en Ciencias, mención Geoquímica. Universidad Católica del Norte. Antofagasta.

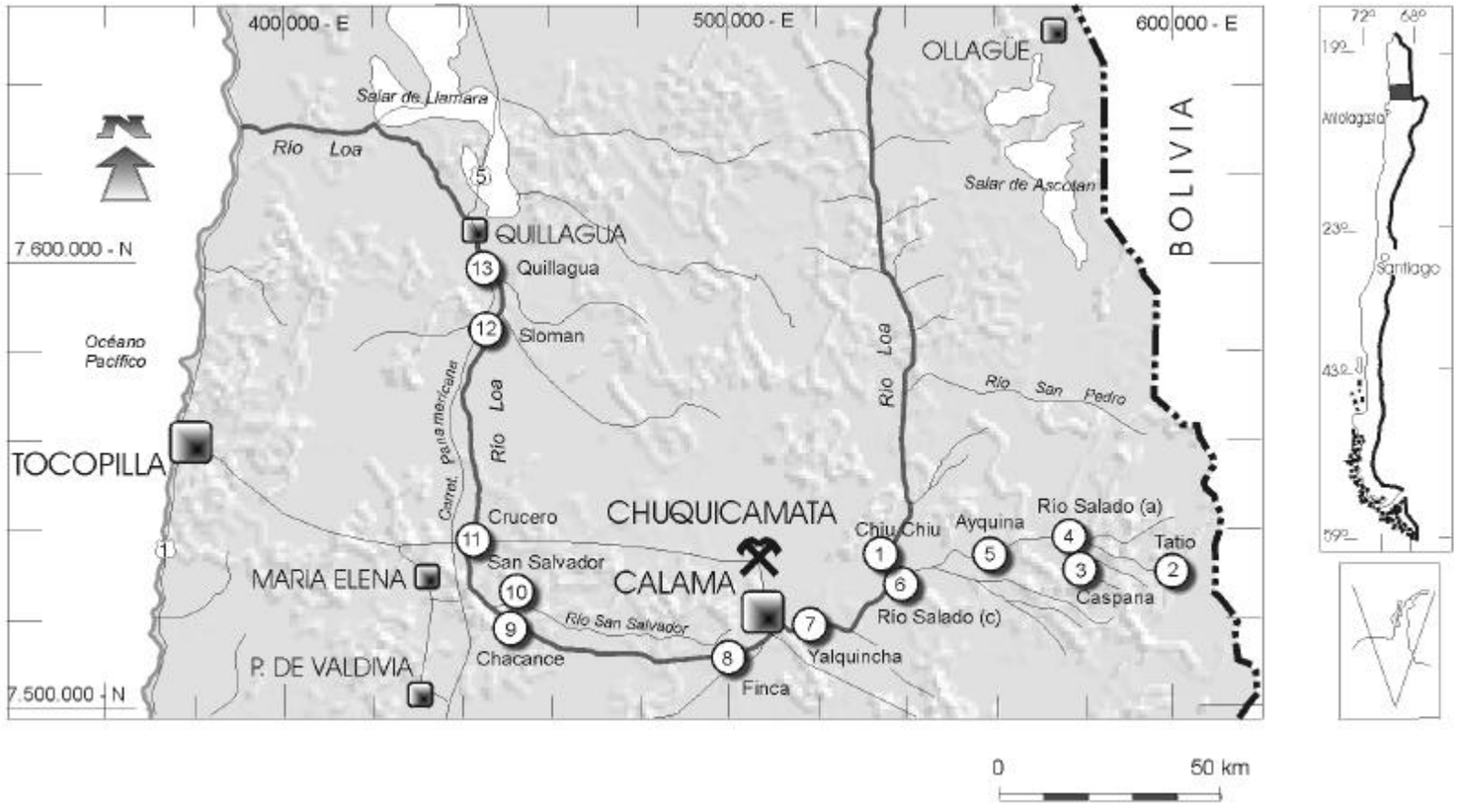
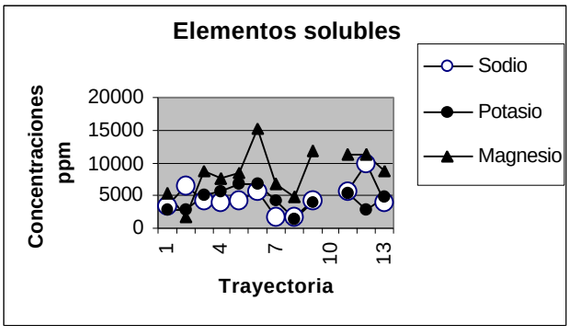
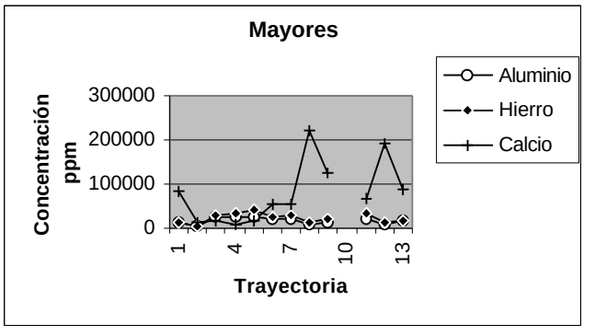
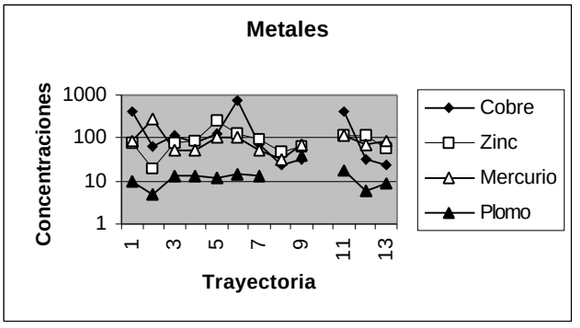
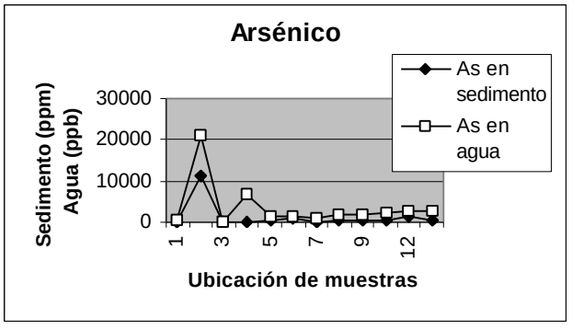


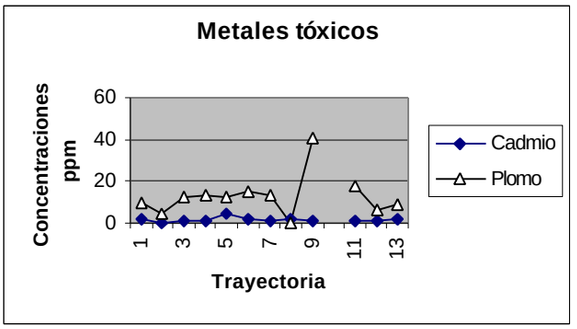
Figura 1 Ubicación de los puntos de muestreo.

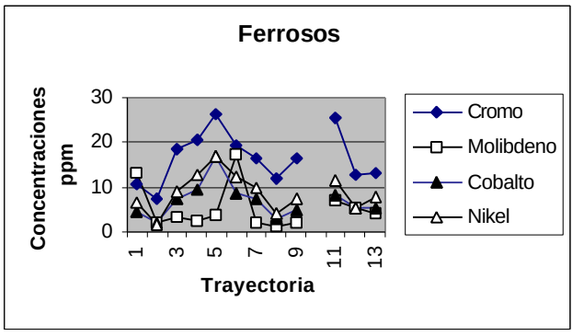












Muestras

1 Alto Loa
2 El tatio
3 Caspana
4 Salado
5 Ayquina
6 Chiu Chiu
7 Yalquincha
8 Finca
9 Chacance
10 Sn salvador
11 Crucero
12 Sloman
13 Quillagua

Fig. 2 VARIACION DE ALGUNOS ELEMENTOS EN SEDIMENTOS DE FONDO DESDE LAS NACIENTES HASTA QUILLAGUA