

Copiapo: Impacto de los depósitos de relaves en el aluvión de Marzo de 2015

Leandro Herrera, Ph.D.

Curso IQ5423-1 Estabilidad Química de Depósitos de Relaves

Departamento de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

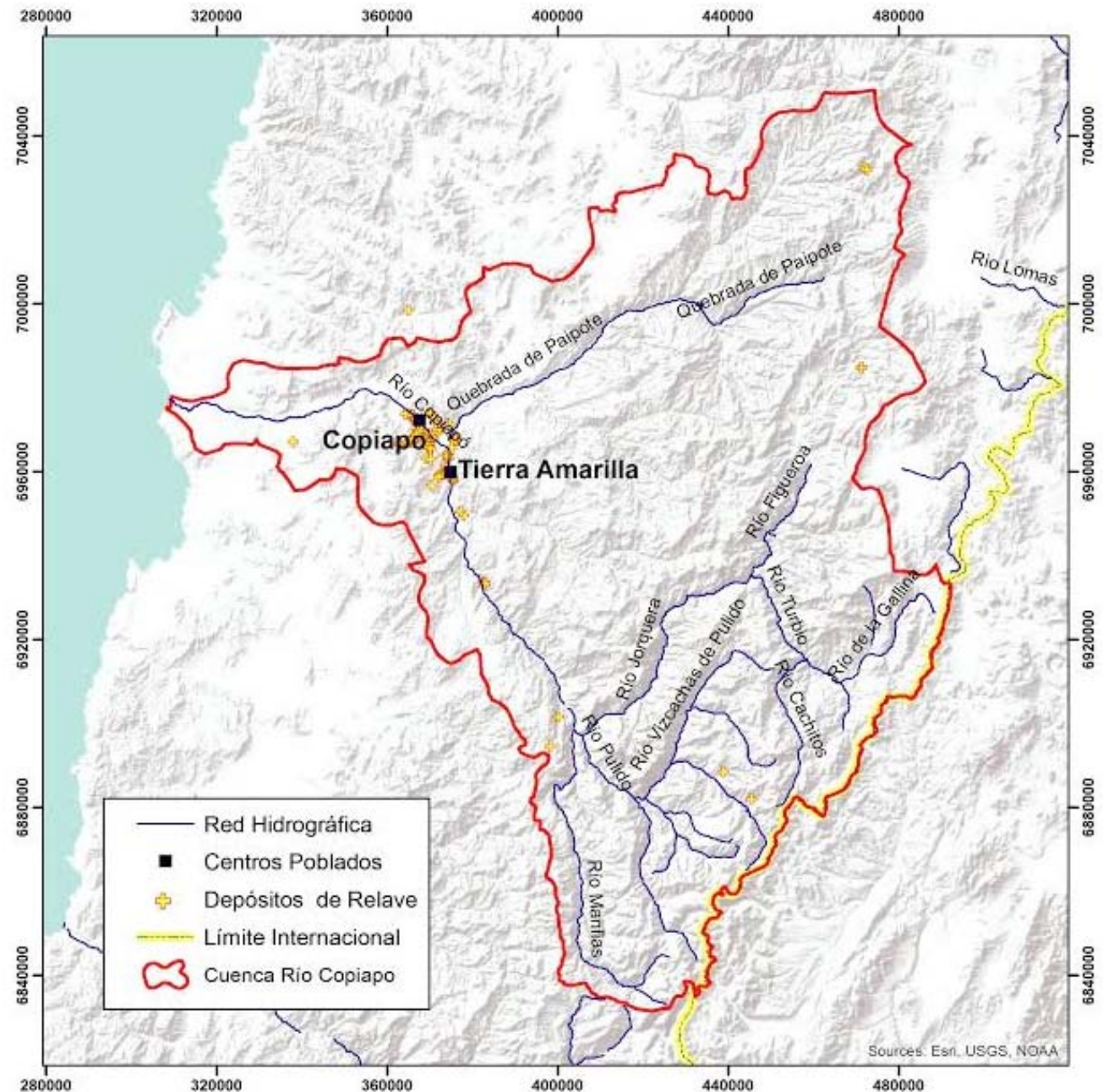
Universidad de Chile

Bases: M.F. Falcón; L. Herrera; S. Edwards; “Analysis of the impact of the March 20’15 flood on the Tailings deposits in the Copiapo Valley”; 4th Seminar on Tailings Management; Tailings 2017; Santiago, 12-14 July 2017

Área de recolección de
lluvias del Valle de
Copiapó.

En esta área se ha
desarrollado la minería
de Oro y de Cobre por
siglos. Los suelos y
sedimentos fluviales
tienen contenidos de
minerales y metales muy
elevados.

Este sitio fue impactado,
el 25 de Marzo de 2015,
por el aluvión de
*Copiapó, Paipote, Tierra
Amarilla y Chañaral.*





o, para ser una

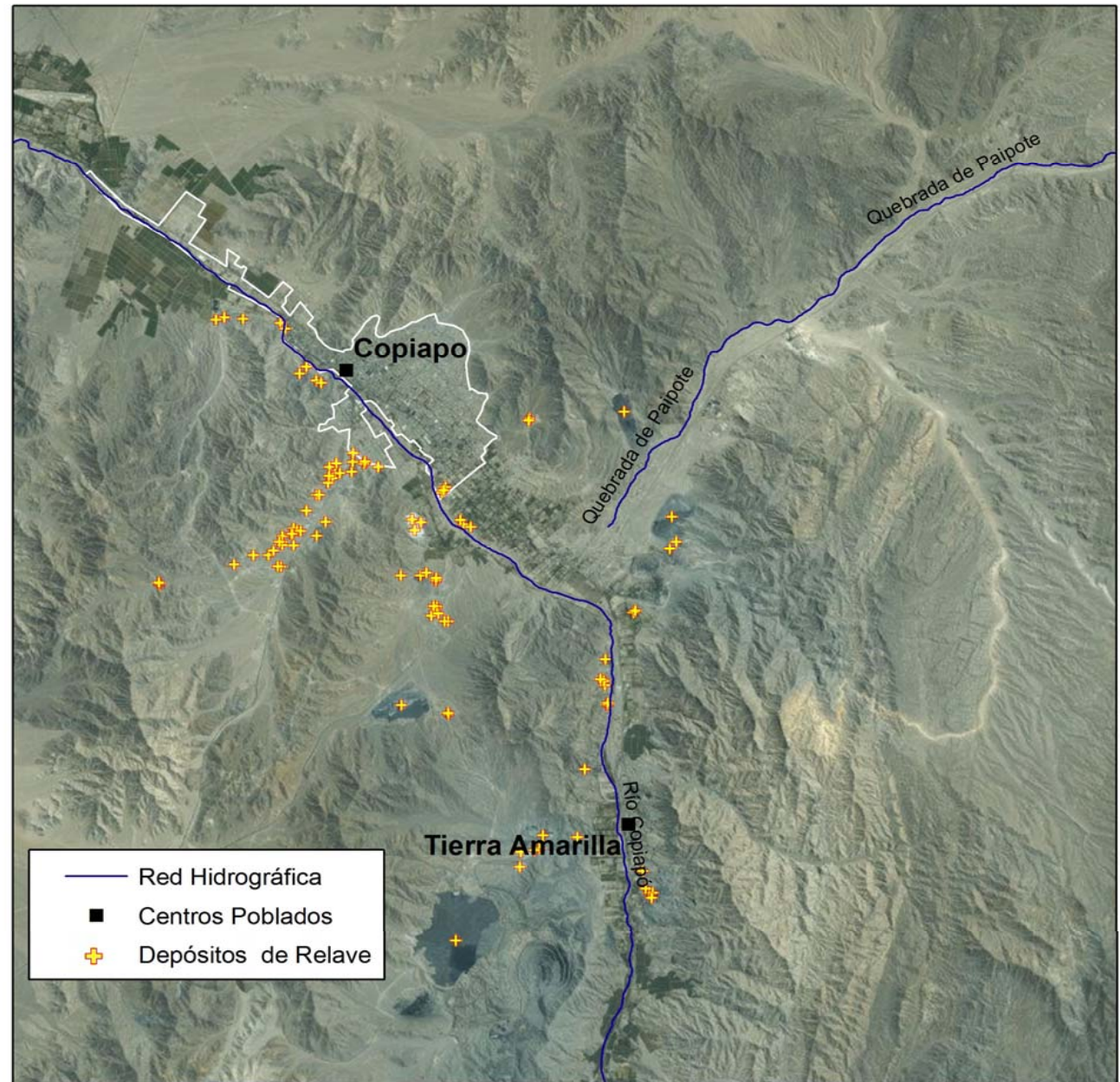


Los relaves en el Valle de Copiapó

- Hemos encontrado, visitado y tomado muestras de 696 depósitos de relaves en Chile.
- De estos, hay 368 en la Región de *Atacama* (provincias Chañaral, Copiapó y Huasco); esta es la región con mayor densidad de Depósitos de Relaves en Chile (y tal vez el mundo)
- El Valle de Copiapó contiene **114** depósitos, de los cuales 23 estaban activos, 84 no activos y 7 estaban abandonados.

La angustia era esperable. Los Depósitos de Relaves están muy cerca, e incluso dentro, de la ciudad (lo mismo ocurre en Tierra Amarilla (ni hablar de Andacollo)).

Los puntos amarillos en la figura corresponden a un depósito cada uno.



Cercanía de l



Camping

Depósito María Isabel, Tierra Amarilla



Preocupación ciudadana

- ¿El aluvión, arrastró solo barro?
- O... ¿eran relaves?
- Los relaves arrastrados ¿eran tóxicos?
- ¿Se rompieron los muros de los Depósitos de Relaves?
- ¿Se rebalsaron muchos Depósitos de Relaves?

Preocupación gubernamental



INFORME MISIÓN DE OBSERVACIÓN A LAS COMUNAS DE COPIAPÓ, TIERRA AMARILLA Y CHAÑARAL

8 al 12 de julio de 2015

El Instituto de Derechos Humanos recibió múltiples denuncias, tanto de ciudadanos, como de organizaciones como *Fundación Relaves*, *Fundación Terram* y la Oficina Ambiental del *Colegio Médico*

Los denunciantes ignoraron la copiosa evidencia de contaminación de todo el Valle de Copiapó, debida a la larga historia minera de la Región de Atacama. Supusieron que todos los minerales y metales acarreados por el aluvión debían venir de Depósitos de Relaves formales.

Rol de SERNAGEOMIN

- El Servicio tomó la responsabilidad de supervisión de los Depósitos de Relave del Valle de Copiapó.
- El sobrevuelo no mostró evidencias de ruptura de paredes ni de rebalse de Depósitos de Relaves
- No había, tampoco, evidencia visible de arrastre de relaves
- En terreno, mientras tanto, se tomaron muestras en puntos en los que había información previa de composición de sedimento fluvial
- Existía, así, información de línea base, obtenida en programas previos de evaluación de sedimentos fluvial del Valle; que corresponde a un programa de Geoquímica del SERNAGEOMIN, escala 1:100.000

Calidad de suelos contaminados en Chile

- Chile
reg

delines para
como



Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health

Table 1. Canadian Soil Quality Guidelines (mg·kg⁻¹).

Substance ^b	Year revised/ released ^a	Agricultural*		Residential/ parkland*		Land Use and Soil
		Coarse	Fine	Coarse	Fine	
Arsenic (inorganic)	1997	12b	750c	12b	500c	
Barium	2003					

- Las le
pro

consensus-1

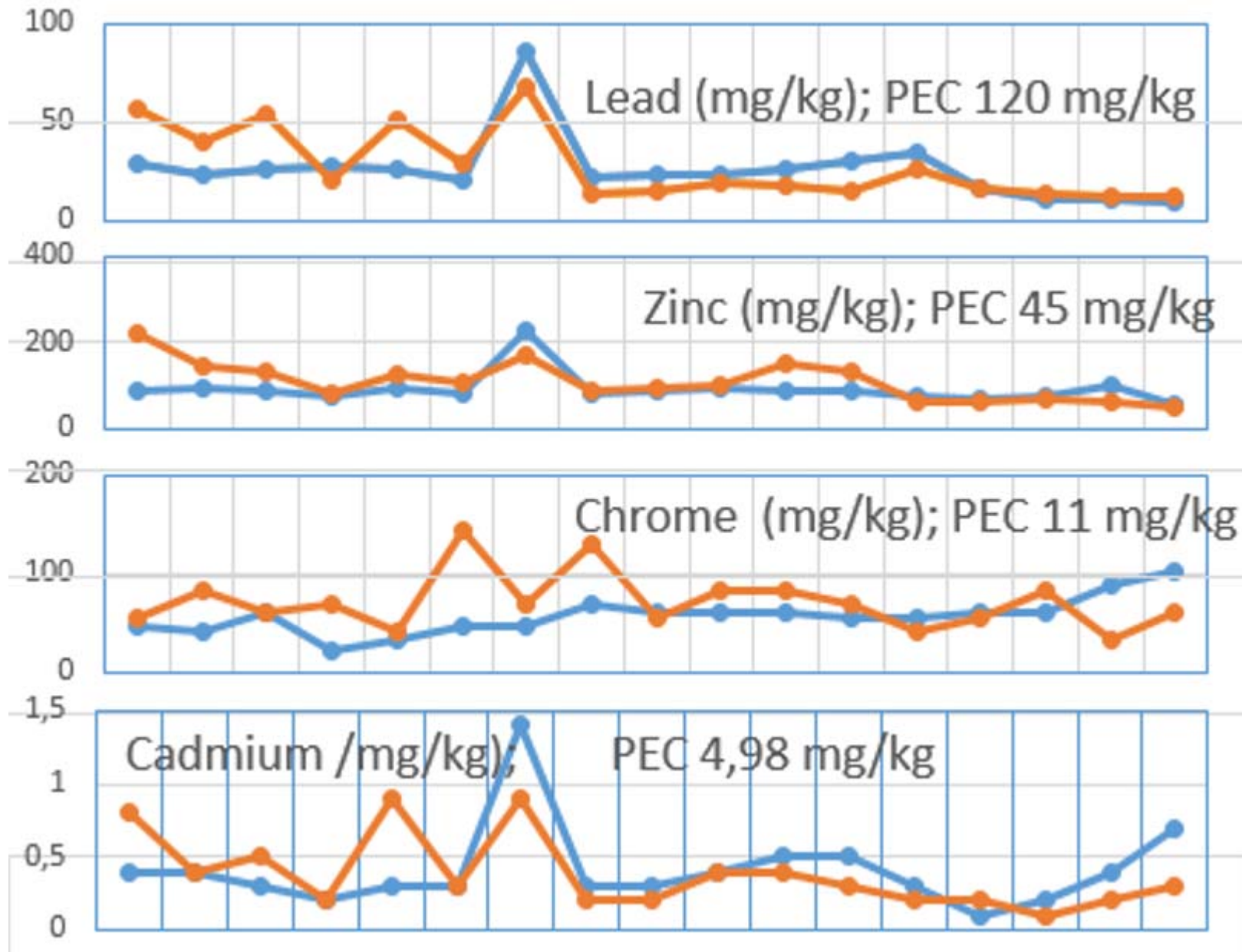
Criterios utilizados

- **USGS Probable Effect Concentration:** concentración en sólidos, de elementos seleccionados que, de ser abandonados, podrían tener efectos negativos en los ecosistemas o en la salud humana
- **Guías canadienses para uso de suelos** según concentración de elementos seleccionados
- Elementos considerados: aquellos que generan preocupación de orden ambiental (**CCA:** Compuestos de Connotación Ambiental, o **ECC:** Environmental concern compounds)

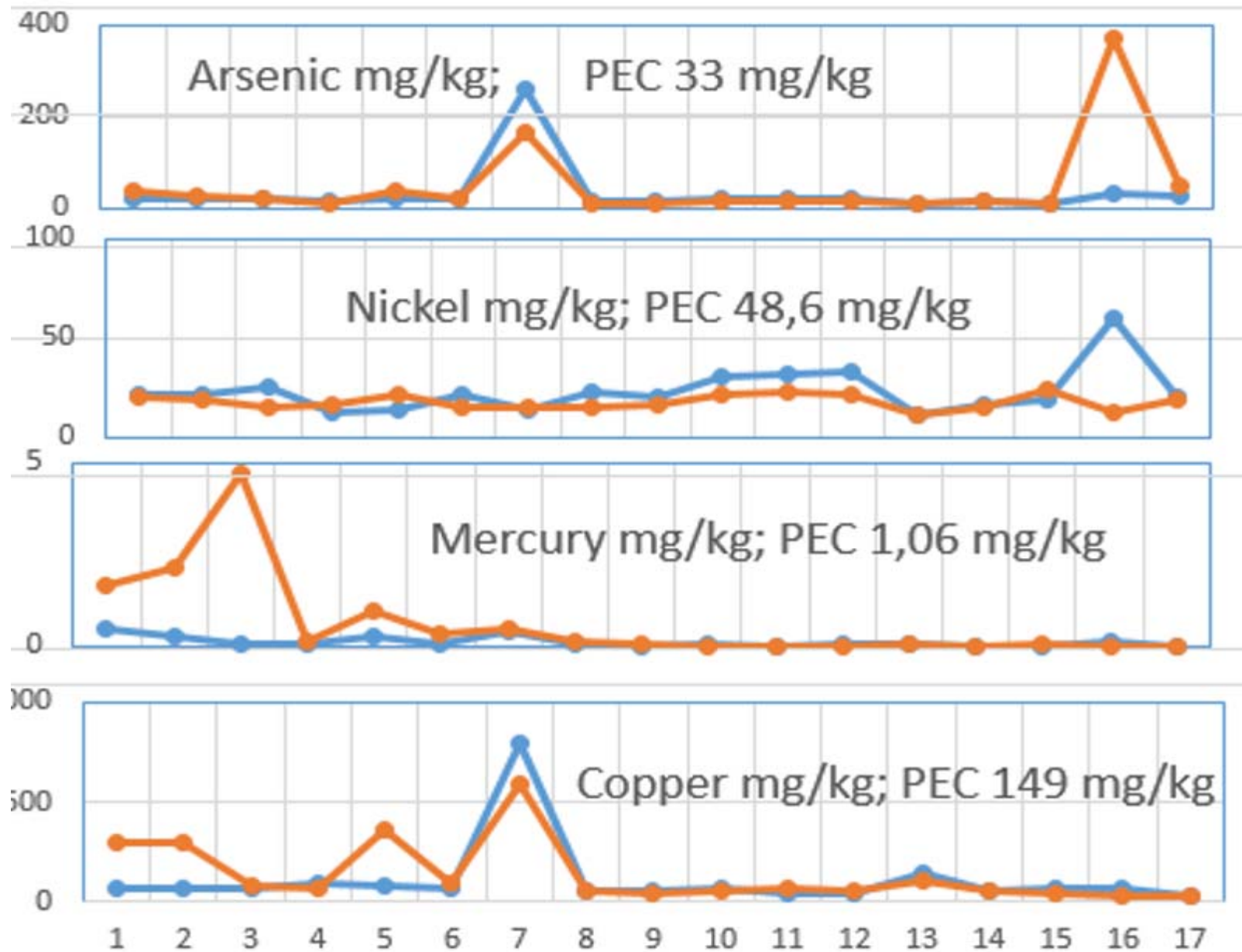
Tabla 1: Para los Compuestos de Connotación Ambiental (CCA) listados, Concentración de Impacto Probable (CIP) y criterios máximos para re-uso de suelos (mg/kg)

CCA ítem	USGS CIP	Criterio de las Guías Canadiences			
		Agriculture	Residential	Commercial	Industrial
Arsenico (inorganico)	33	12	12	12	12
Cadmio	4,98	1,4	10	22	22
Cromo	111	64	64	87	87
Cobre	149	63	63	91	91
Plomo	128	70	140	260	600
Mercurio (inorganico)	1,06	6,6	6,6	24	50
Níquel	48,6	50	50	50	50
Selenio	No Regulado	1	1	2,9	2,9
Uranio	No Regulado	23	23	33	300
Vanadio	No Regulado	130	130	130	130
Cinc	459	200	200	360	360

Algunos CCA **antes (rojo)** y **después (azul)** de la inundación, en puntos del Río Copiapó



Otros CCA **antes (rojo)** y **después (azul)** de la inundación, en puntos del Río Copiapó



El aluvión lavó los sedimentos

- La comparación, punto a punto, con las mediciones pre aluvión, indicó una cierta mejora de los suelos, para algunos compuestos y algunas localizaciones.
- Cuantitativamente, en 10 de los 17 puntos disminuyeron el cromo (-32%), el cobre (-42%), el plomo (-7%), el cinc (-30%) y el mercurio (-83%), e incrementaron el níquel (+ 37%) y el arsénico (+ 9%)
- Como el aluvión provenía de cotas elevadas, el flujo pendiente abajo limpió los suelos elevados, pero pudo contaminar suelos más horizontales, donde podían sedimentar los sólidos arrastrados.

Discriminación de fuente de los CCA

- En ausencia de marcadores, específicamente diseñados, no es fácil determinar si los contenidos metálicos de los sedimentos, provienen o no de los Depósitos de Relaves.
- Se compararon las razones entre concentraciones de especies en los Depósitos de Relave, con aquellas encontradas en sedimentos.
- La lógica es que el entorno no podría privilegiar la permanencia o lavado preferencial de elementos.
- El análisis requeriría muchas muestras de sitios y sólo están disponibles mediciones únicas, que sólo pueden indicar posibilidades, más que certidumbre total.

Concentración promedio de los CCA en los Depósitos de Relaves del Valle de Copiapó y de los sedimentos a lo largo de Río Copiapó, además de los valores de tasa relativa entre relaves y sedimentos, antes y después del aluvión

	Cu ppm	Cr ppm	Ni ppm	Zn ppm	Pb ppm	As ppm	Cd ppm	Hg ppm
Tailings	2562,01	97,05	75,81	245	640,43	749,908	3,488	0,005
Sediments (Pre flood)	137,28	71,23	17,85	109,529	28,31	49,76	0,38	0,63
Sediments Post flood	108,94	57,55	23,44	91,23	26,24	33,92	0,41	0,12
	Tailings over sediment ratio							
PRE flood	18,7	1,4	4,2	2,2	22,6	15,1	9,2	0,008
POST flood	23,5	1,7	3,2	2,7	24,4	22,1	8,5	0,042

Parece claro que los Depósitos de Relaves tienen más de 10 veces mayor concentración de cobre, plomo y arsénico, y menos de 10 veces de cadmio, níquel, cinc y cromo que los sedimentos. Singularmente, en cambio los Depósitos de Relave tienen **MENOS** mercurio que los sedimentos fluviales. Esta observación ratifica que los suelos acumulan contaminación histórica, de tiempos en los que la minería de oro ocupaba mercurio en sus procesos.

Concentraciones medidas en la cubeta del Depósito de Relaves de mayor sospecha, en dos puntos pendiente abajo y en los sedimentos antes y después del aluvión

	Tailings Basin surface	Site 1 post Flood	Site 2 post Flood	Sediment post Flood	Sediment before Flood
Cu (ppm)	3558	1717	1369	63	95
Cr (ppm)	14	21	41	48	144
Ni (ppm)	5	15	15	21	15
Zn (mg/kg)	445	506	374	81	106
Pb (mg/kg)	327	103	65	21	29
As (mg/kg)	144	168	113	19	19
Cd (mg/kg)	3,9	2,2	1,2	0,3	0,3
Hg (mg/kg)	8,21	11,03	9,14	0,03	0,35

Relación de la razón entre concentraciones de CCA respecto de la cubeta, evidenciando que no existe ninguna relaciones sostenida entre los CCA de las muestras de la cubeta y de los sedimentos

	Basin surface	Site 1	Site 2	Post Flood	Before Flood
Cu	1	0,4826	0,3848	0,0177	0,0267
Cr	1	1,5000	2,9286	3,4286	10,2857
Ni	1	3,0000	3,0000	4,2000	3,0000
Zn	1	1,1371	0,8404	0,1820	0,2382
Pb	1	0,3150	0,1988	0,0642	0,0887
As	1	1,1667	0,7847	0,1319	0,1319
Cd	1	0,5641	0,3077	0,0769	0,0769
Hg	1	1,3435	1,1133	0,0037	0,0426

Conclusiones

- En general, el aluvión disminuyó la concentración de CCA en el Valle.
- El resultado observado corresponde a una región donde se ha practicado la minería desde tiempos previos al “descubrimiento”
- El sedimento antes del aluvión correspondía a la historia antigua del Valle.
- El lavado, responde a que ahora llovió.