



INSTITUTO DE
GEOLÓGIA Y
RECURSOS
MINERALES



INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS DATOS MULTIELEMENTO DE SEDIMENTOS DE CORRIENTE DE LA CARTA ANTOFALLA (1:250.000)

Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)
TUREL, Andrea (DRGM)

Buenos Aires 2016



Interpretación geoquímica de los datos multielemento de sedimentos de corriente de la Carta Antofalla

Andrea Turel, diciembre 2016

1) Introducción

La presente interpretación se basa en los datos geoquímicos multielemento obtenidos a partir del reanálisis de la fracción -80 de muestras de sedimento de corriente obtenidas durante el desarrollo del Plan NOA Geológico- Minero (Ferpozzi et al, 1998). Ver **Mapa de sitios de muestreo geoquímico y mapa geológico**

Se aplicó el análisis factorial como método para la reducción de variables y la definición de los componentes principales (factores), así como se generaron mapas de índices de mineralización de metales base, preciosos y de cocientes de tierras raras.

En los mapas donde se representan factores litológicos, se utiliza como base el Mapa Geológico y se destacan con líneas de contorno los valores más altos de la variable representada; de manera discriminada, en los mapas de índices y de factores de mineralización se contornea el rango 90 percentil – valor máximo y se representan sobre la grilla continua de la misma variable.

2) Análisis factorial

A partir del análisis de los estadísticos descriptivos, tablas de frecuencia, histogramas y gráficos del tipo q-q para cada variable, se han detectado los “outliers”, los cuales han sido reemplazados en la base de datos por el valor máximo inmediatamente inferior de la tabla de frecuencias. Los valores reportados por debajo del límite de detección por el laboratorio de análisis químicos, han sido reemplazados por la mitad del valor absoluto. La distribución de cada variable ha sido analizada a los efectos de su normalización; la transformación de tipo logarítmica decimal fue la seleccionada en los casos correspondientes.

Se definieron 8 factores, los cuales en conjunto explican el 74,4 % de la varianza total explicada (VTE), algunos de los cuales han podido ser interpretados. Ag, Be, Bi y Br han sido paulatinamente excluidos del AF por el propio procesamiento.

Componente	Varianza total explicada								
	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	10,455	27,512	27,512	10,455	27,512	27,512	7,571	19,925	19,925
2	5,992	15,789	43,281	5,992	15,789	43,281	7,445	19,592	39,516
3	3,543	9,323	52,604	3,543	9,323	52,604	2,674	7,036	46,553
4	2,191	5,766	58,370	2,191	5,766	58,370	2,560	6,736	53,289
5	1,764	4,641	63,012	1,764	4,641	63,012	2,541	6,687	59,976
6	1,671	4,398	67,410	1,671	4,398	67,410	2,056	5,410	65,385
7	1,389	3,654	71,064	1,389	3,654	71,064	1,916	5,042	70,427
8	1,276	3,357	74,422	1,276	3,357	74,422	1,518	3,995	74,422
9	,960	2,527	76,949						
10	,898	2,364	79,313						
11	,866	2,224	81,537						

Matriz de componentes rotados^a

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
LOG10_Ce	,918	,115	,136				,158	
LOG10_La	,918	,111	,168	-,126			,151	
Sm	,913	,209			,117		,141	
Nd	,881							
Eu	,856	,179				,147	,172	
Th	,701		,269			-,141	,510	
P	,634	,209	-,192		-,300		-,410	,128
LOG10_Hf	,625	,577			,201		,113	
Y	,514	,272	,211	,252	,221	-,165	-,263	,379
LOG10_V	,192	,884	-,206	,213				
Mg		,882			-,187	-,124		
Ni		,865						
Sc	,300	,853		,161				
LOG10_Cr		,847	-,107					-,116
LOG10_Fe	,378	,844	-,164					
LOG10_Ti	,366	,813			-,143	-,267		
LOG10_Mn		,756	,271		-,261	,202	-,157	,112
LOG10_Zn		,668	,384	,168		,442	-,142	,131
LOG10_Cs			,758	,335		,246	,112	
LOG10_Rb	,254	-,116	,676		,137		,167	
K	,289	-,472	,611	-,146	,281		-,102	
LOG10_Al	,513	,101	,541		-,150		-,220	
LOG10_As		,113		,830			,186	
Na	,308		,236	-,673	-,122	,121	,287	-,161
LOG10_Sb		,141	,302	,648	,256	,202	,281	-,162
LOG10_Cu	,316	,304	,117	,578		,227	-,230	
LOG10_Sr	,105	,203	-,212		-,838	,167		-,142
LOG10_Ca		,345			-,712			
LOG10_Yb	,523	,244	,108		,614	,219		,148
Lu	,528	,184			,599	,227	,103	,183
LOG10_Ba	,398			-,180		,744	,131	-,144
LOG10_Cd	-,145			,289		,683		,177
LOG10_Pb		-,219	,381	,276		,514	,123	
U	,347		,228				,678	,122
LOG10_Mo	,224		-,177	,152		,164	,458	,123
LOG10_Tb				-,119				,656
LOG10_Au		-,121		,211				,648
LOG10_Ta	,175	,155					,400	,470

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 12 iteraciones.

Interpretación de Factores

Se ha realizado en base al Mapa Geológico (Seggiaro et al, 2002) y a las manifestaciones tomadas de Zappettini, 1999 y Cardó et al, 2004.

Factor 1: Ce, La, Sm, Nd, Eu, Th, P, Hf, Y (Yb, Lu, Al). VTE: 19,9 %

Factor litológico. Mapa 1. Magmatismo ácido a mesosilícico

Granitos ordovícicos, volcanitas del Mioceno medio a superior, lavas e ignimbritas dacíticas a andesíticas, ignimbritas pliocenas, dacitas del Mioceno superior, CVS Cortaderas Chicas (Ordovícico) y pórfiros, brechas, lavas ácidas e ignimbritas del Pérmico superior.

Granitoides del Ordovícico inferior con alteración caolín- sericítica. Presencia de titanita y apatita acicular

Factor 2: V, Mg, Ni, Sc, Cr, Fe, Ti, Mn, Zn (Hf, -K). VTE: 19,6 %

Factor litológico. Mapa 2. Magmatismo mesosilícico a básico

Basaltos pleistocenos, volcanitas del Mioceno inferior, lavas andesíticas e intrusitos ordovícicos intercalados en el CVS Cortaderas Chicas; volcanitas del Mioceno superior (mesosilícicas a básicas); volcanitas del Plioceno inferior; lavas andesíticas y cuerpos intrusitos básicos (gabros) intercalados en CVS Cortaderas Chicas en Calalaste. Lavas andesíticas del Mioceno medio- superior

Gran representación de este Factor en Ferpozzi et al (2000).

Factor 3: Cs, Rb, K, Al (Zn, Pb). VTE: 7,0 %

Factor de alteración hidrotermal- mineralización: Mapa 3.

Distrito Antofalla Este (Cu, Ag, Pb, Zn). Sericitización, Alteración potásica, filica, propilitica. Coincidencia con área La Frontera. Areniscas, cuarcitas, pelitas, grauvacas del CVS Cortaderas Chicas. Domos y lavadomos riolíticos a riolácíticos del Mioceno superior. Monzogranito- sienogranito (Ord). Lavas ácidas del Pérmico superior.

Factor 4: As, -Na, Sb, Cu. VTE: 6,7 %

Factor de mineralización. Mapa 4.

Coincidencia con las áreas conocidas "La Frontera" (Epitermal de Baja sulfuración Ag- Au) en secuencias volcánicas félsicas terciarias y Antofalla Este (Ag, Zn, Pb, Cu en tobos, dacitas e ignimbritas Mioc. Sup- Plioceno Inferior). Destaca la zona del Cerro Agua de la Falda (Volcanismo Mioceno sup- Plioceno inferior)

Factor 5: -Sr, -Ca, Yb, Lu VTE: 6,6 %

Factor litológico. Mapa 5.

Secuencias sedimentarias y volcano- sedimentarias del Pérmico inferior (Fm. Patquía) y del CVS Cortaderas Chicas, Ordovícico, en Sierras de la Quebrada Honda y de Calalaste; sedimentitas y volcanitas intercaladas (secuencias jurásicas y paleógenas), volcanitas del Mioceno superior, y sectores con basaltos pleistocenos

Factor 6: Ba, Cd, Pb (Zn). VTE: 5,4 %

Factor de mineralización. Mapa 6.

Surgen anomalías puntuales relacionadas con el Distrito Antofalla Este, al sur del Cerro Patos, en la Quebrada Honda, en la Vega del Río Grande, Cerros Chascha y Bola y alrededores de Tebenquicho Chico. En general estas anomalías se vinculan con el volcanismo Mioceno medio a superior.

Factor 7: U, Mo (Th, -P, Ta). VTE: 5,0 %

Factor litológico. Mapa 7.

Granitoides del Ordovícico inferior, Fm Sijes (SE del Cerro La Aguada), domos y lavadomos riolíticos y riolíticos (Cerro Botijuela), lavas e ignimbritas ácidas a mesocilícicas del Mioceno medio a superior, dacitas del Mioceno superior en cercañas de Aguas Calientes y de Tebenquicho.

Factor 8: Tb, Au, Ta. VTE: 3,9 %

Factor litológico (?). Mapa 8.

Destaca áreas con predominio de la Fm Vizcachera. Se destaca en todos los terrenos del Paleozoico inferior (Depósitos de talud, ofiolitas y depósitos de intraarco)

3) Mapas de Índices de Mineralización:

A partir de la estandarización de las variables utilizadas, han sido confeccionados los siguientes mapas de Índices de Mineralización (extraídos de Amor et al (1998) y Smith et al (1983 y 1987), citados en Grunsky (2010)

Mapa 9. Porphyry Copper Index: **PCI: Cu + Mo + Au**

Mapa 10. Epithermal Precious Metal Index: **EPMI: Au + As + Sb + Ag**

Mapa 11. Base Metal Index: **BMI: Pb + Zn + Ba + Cu**

Mapa 12. Chalcophile Index 4: **Chi4: Cu + Pb + Zn + As + Sb + Bi + Cd + Mo + Ag**

Mapa 13: **BMI2: Base Metal Index 2: Pb + Zn + Ba + Cu + Cd + Ag**

Mapa 14: **SEDEX: Pb + Zn + Cu + Mn + Ba + Ca + Cd + Mo**

4) Conclusiones

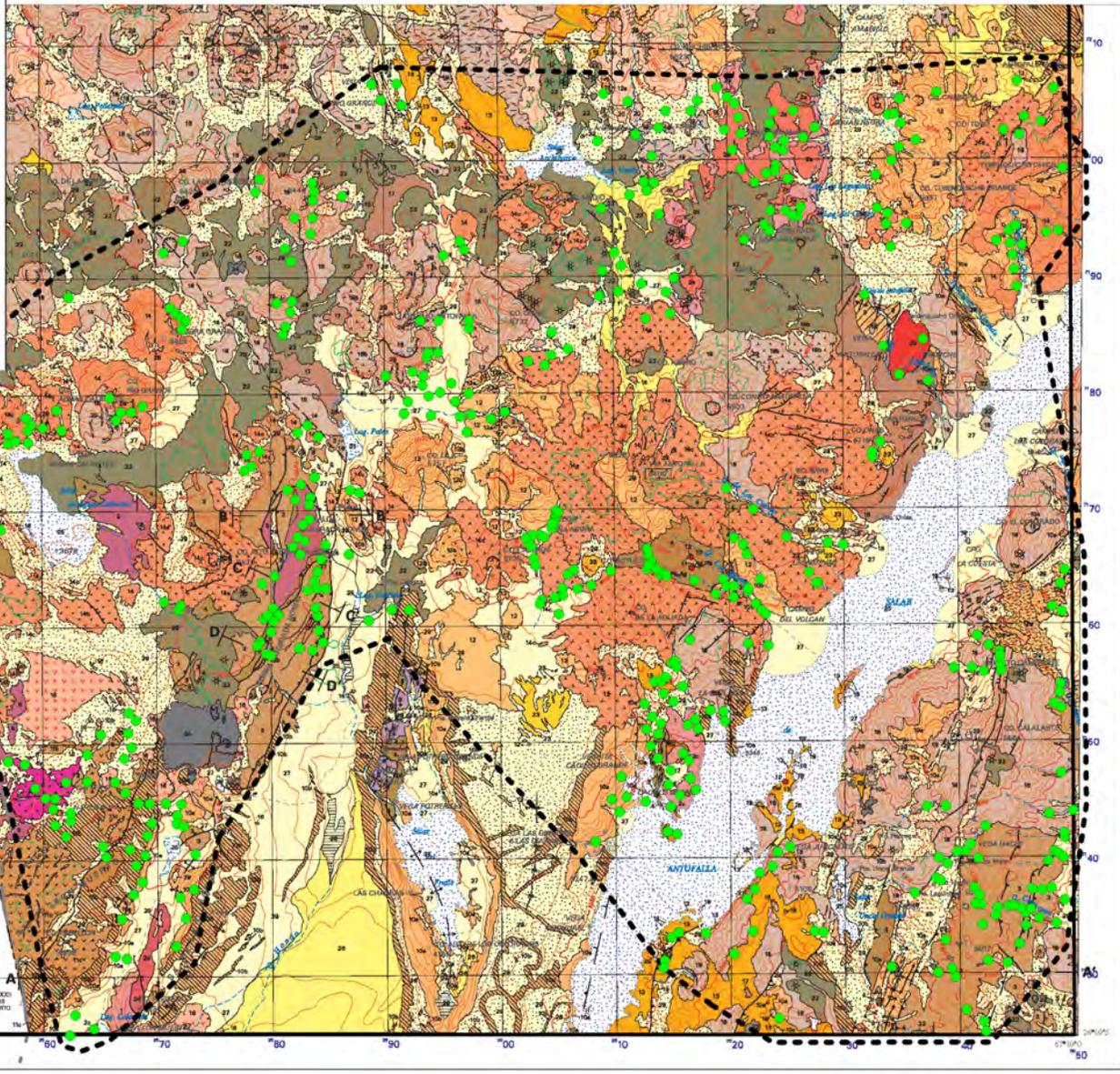
Se interpretan tres factores asociados a procesos de mineralización y cinco factores que sintetizan los tipos litológicos predominantes en el área. Los índices de mineralización completan las áreas anómalas por asociación de elementos.

5) Referencias

Amor, S, L. Bloom and P. Ward, 1998. "Data Analysis", Cap V., in *Practical Application of Exploration Geochemistry, Prospectors and Developers Association of Canada*

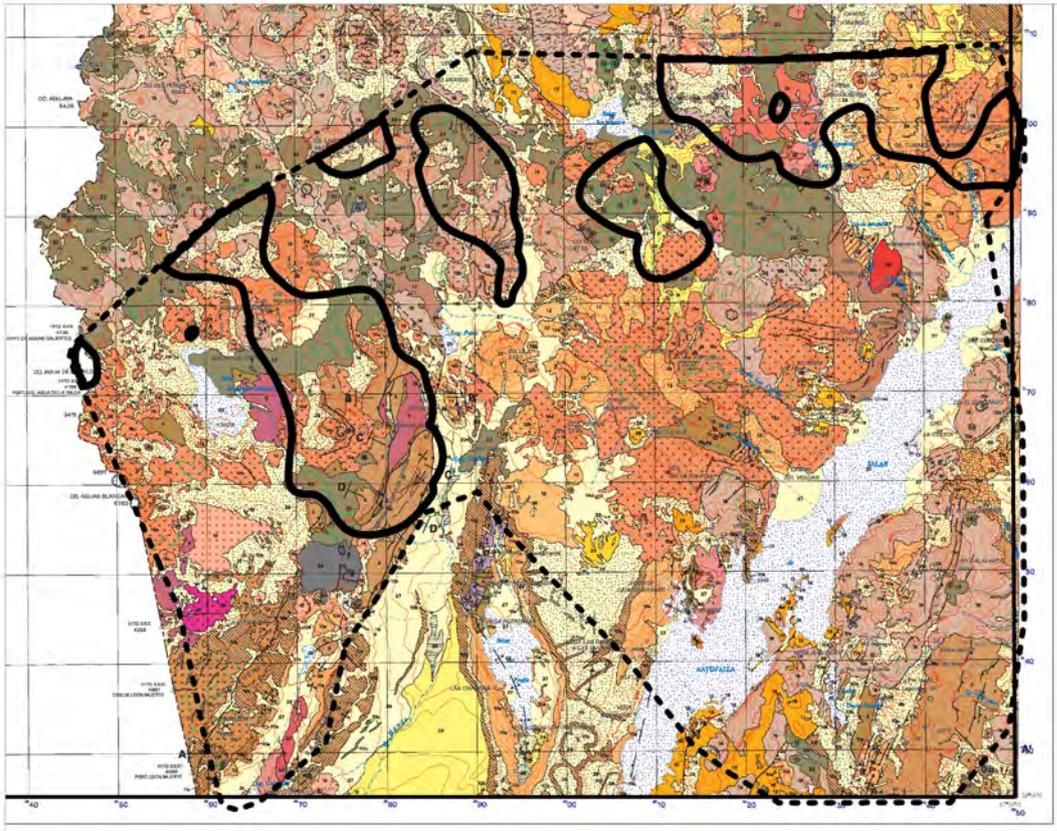
Cardó, R., S. Segal y M. Zubia, 2004. "Descripción del Mapa Metalogenético del Oro de la República Argentina". IGRM- SEGEMAR. Anales 38, p. 140. Buenos Aires

- Ferpozzi, L, A. Turel, M. Chipulina, H. Valladares y L. Martinez, 1998. "Datos geoquímicos multielemento y ubicación de sitios de muestreo de sedimentos de corriente del Plan NOA I Geológico- Minero. Hoja 2569- IV Antofalla, Provincias de Catamarca y Salta". Contribución Técnica Geoquímica. N° 6. SEGEMAR – Proyecto Multinacional Andino
- Ferpozzi, L. y A. Turel, 2000. "Exploración geoquímica regional multielemento en el área del Proyecto Multinacional Andino mediante la aplicación de componentes principales y mapas de factores". En: IX Congreso Geológico Chileno, Simposio MAP, Actas II.
- Grunsky E, 2010. "The interpretation of geochemical survey data". En *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 2010, v. 10; p. 27-74.
- Kay, S., C. Mpodozis and B. Coira, 1999. "*Neogene Magmatism, Tectonism, and Mineral Deposits of the Central Andes (22° to 33° S Latitude)*" in *Geology and Ore Deposits of the Central Andes, Society of Economic Geologists, Special Publication Number 7*, p. 27- 59.
- Seggiaro, R. E et al 2002. Hoja Geológica 2569-IV, Antofalla (v. preliminar), Provincias de Salta y Catamarca. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 342, 58 p. Buenos Aires.
- Smith, R, J. Perdrix and J. Davis, 1987. "Dispersion into Pisolitic Laterite from the Greenbushes Mineralized Sn- Ta Pegmatite System, Western Australia. *Journal of Geochemical Exploration, Vol. 28, pp. 251- 265*
- Smith, R, and J. Perdrix, 1983. "Pisolitic Laterite Geochemistry in the Golden Grove massive sulphide district, Western Australia". *Journal of Geochemical Exploration, Vol. 18, pp. 131- 164*
- Zappettini, E. O., Editor, 1999. Recursos Minerales de la República Argentina. SEGEMAR, Anales 35, CD-ROM

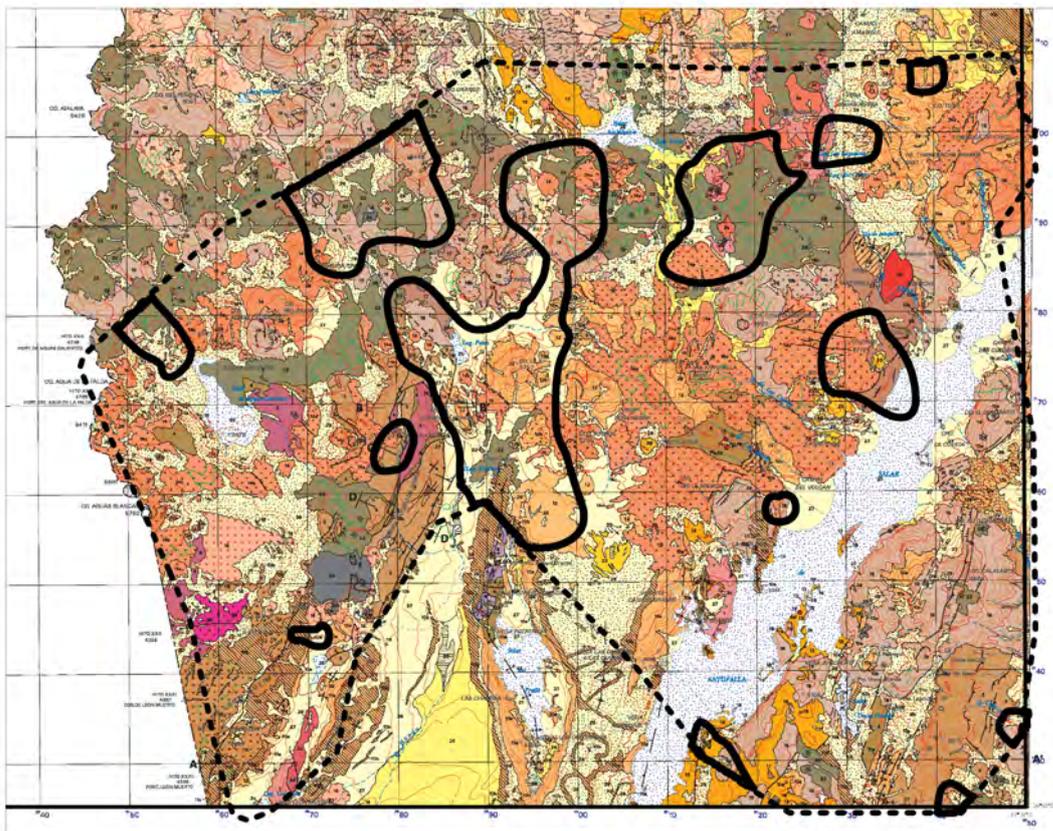


● Muestra de sedimento de corriente. Plan NOA

Mapa 1. Factor 1. Ce, La, Sm, Nd, Eu, Th, P, Hf, Y (Yb, Lu, Al). Factor litológico

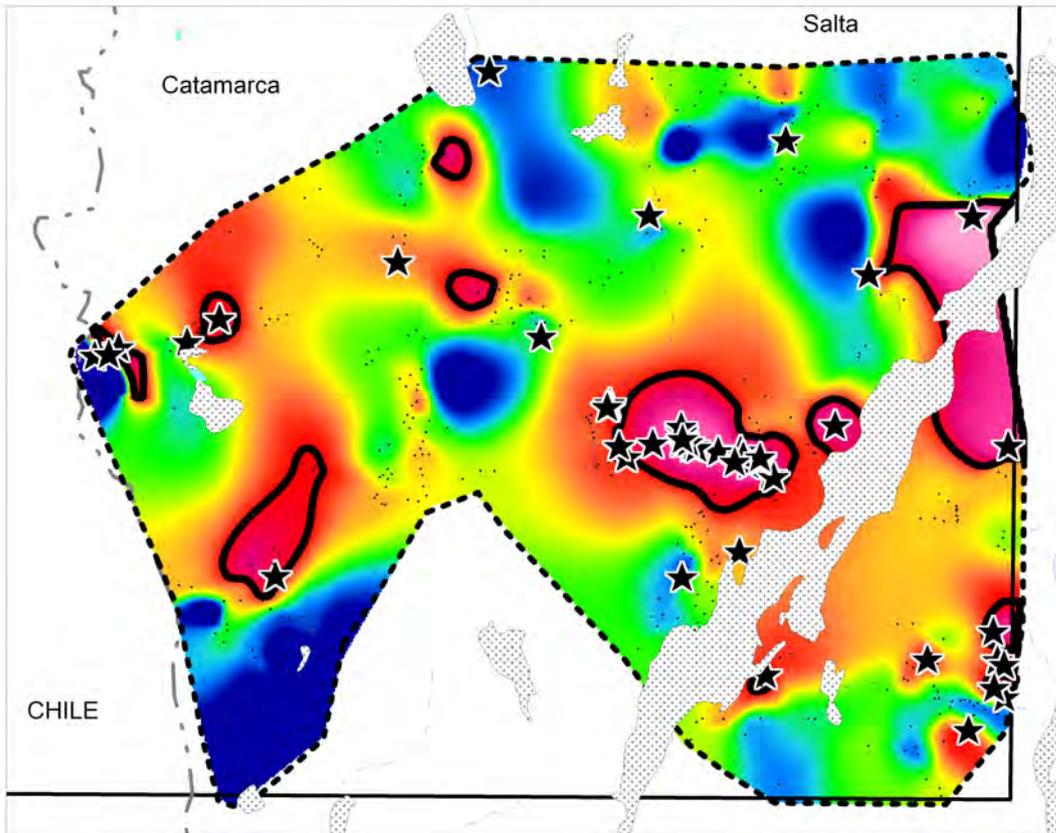


Mapa 2. Factor 2. V, Mg, Ni, Sc, Cr, Fe, Ti, Mn, Zn (Hf, -K). Factor litológico



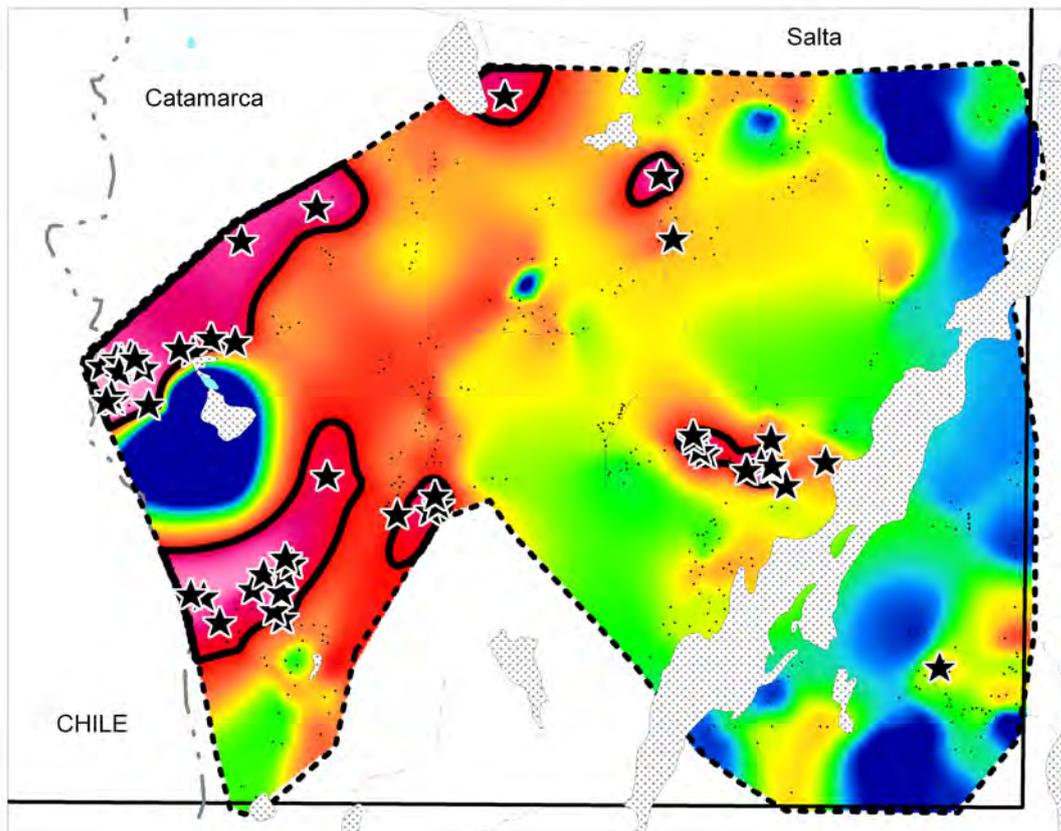
Mapa 3

Factor 3: Cs, Rb, K, Al (Zn, Pb). Factor de alteración hidrotermal- mineralización

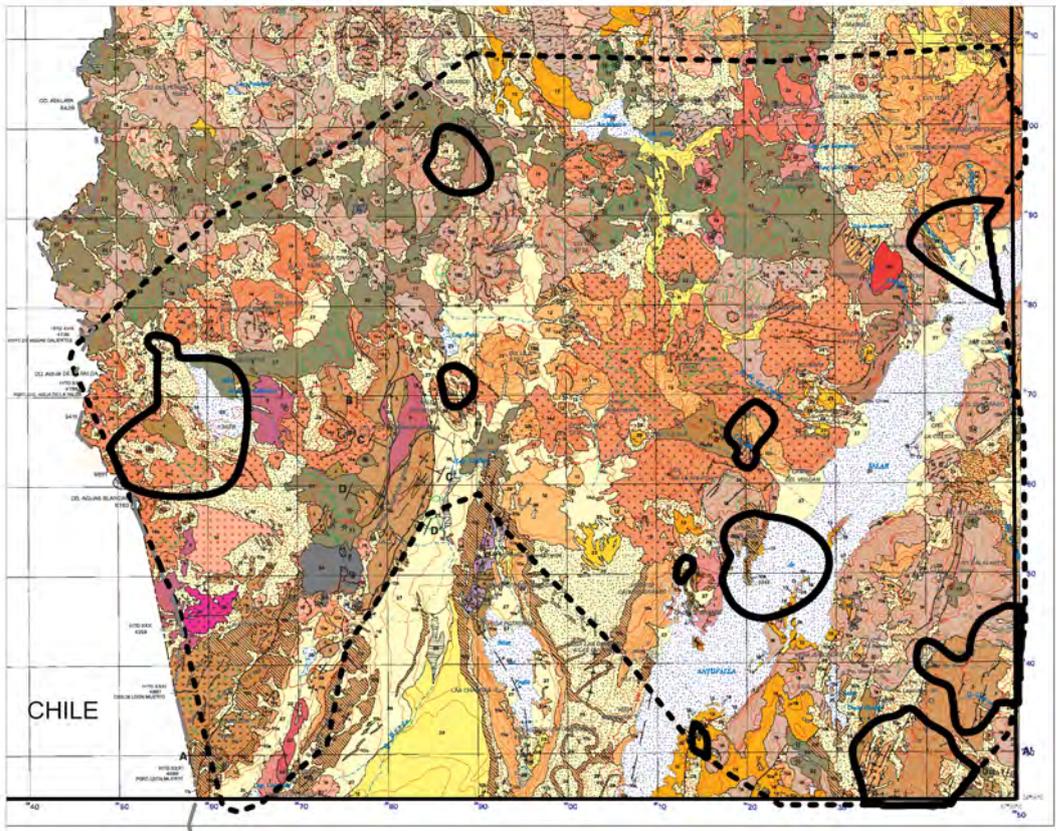


Mapa 4

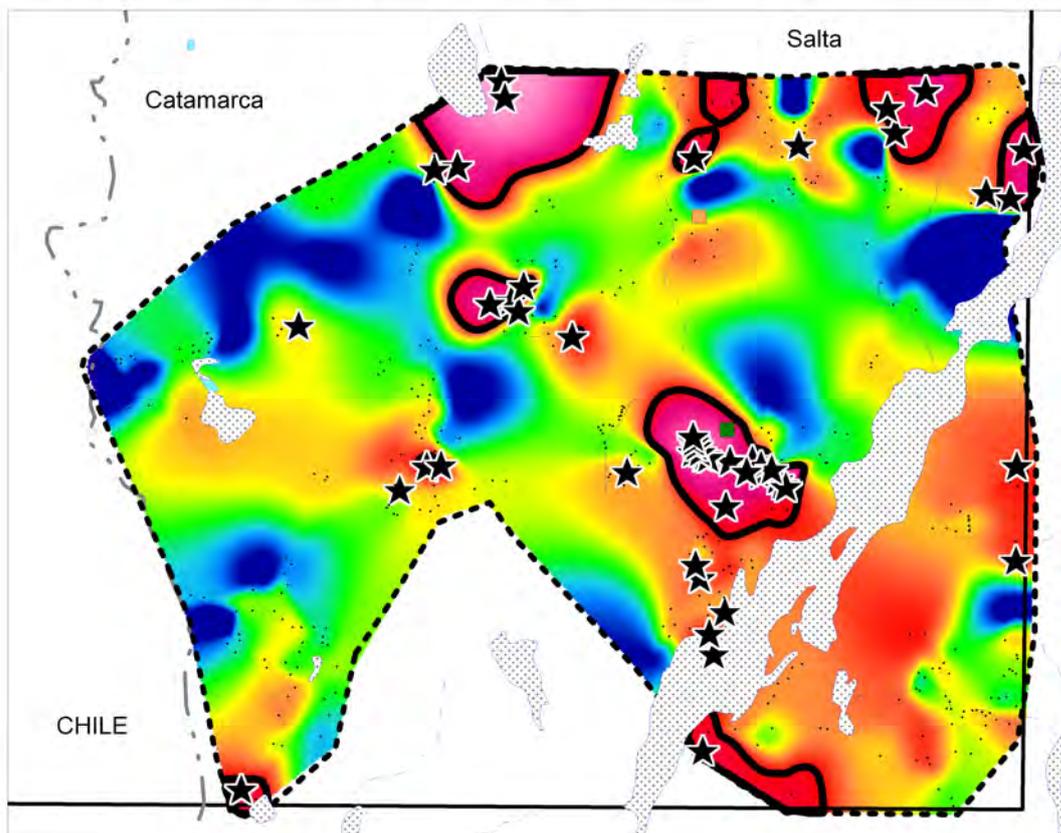
Factor 4: As, -Na, Sb, Cu. Factor de mineralización



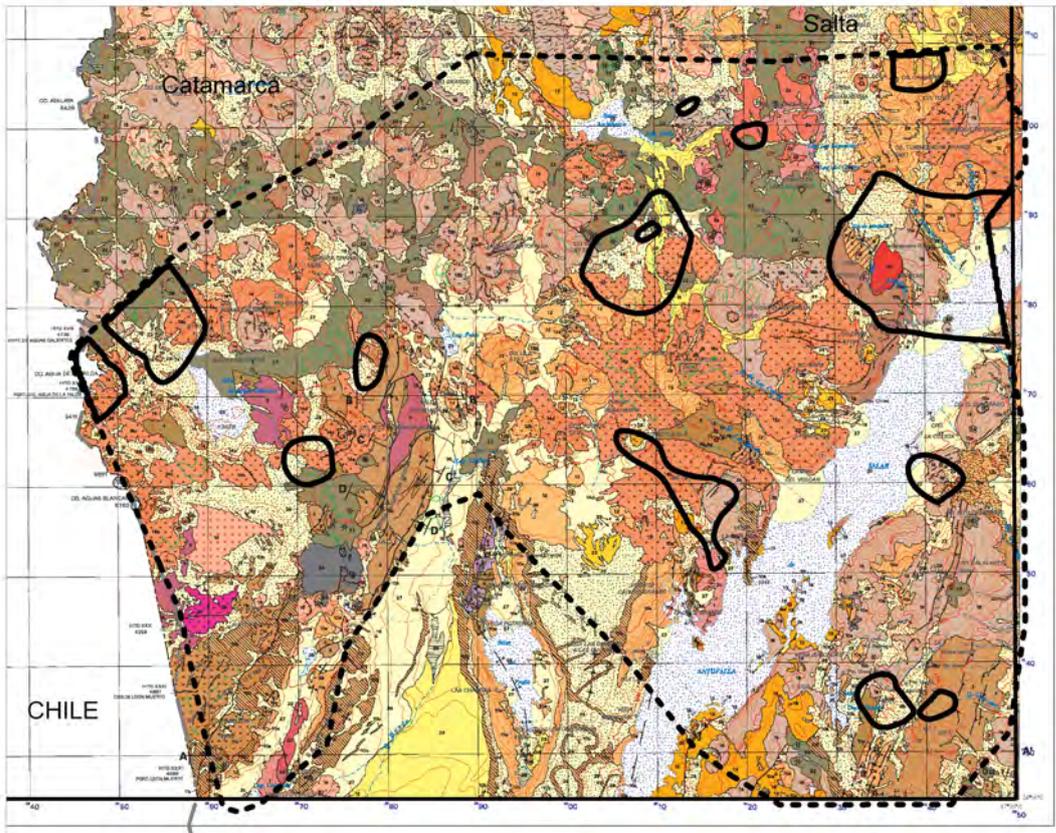
Mapa 5. Factor 5: -Sr, -Ca, Yb, Lu. Factor litológico



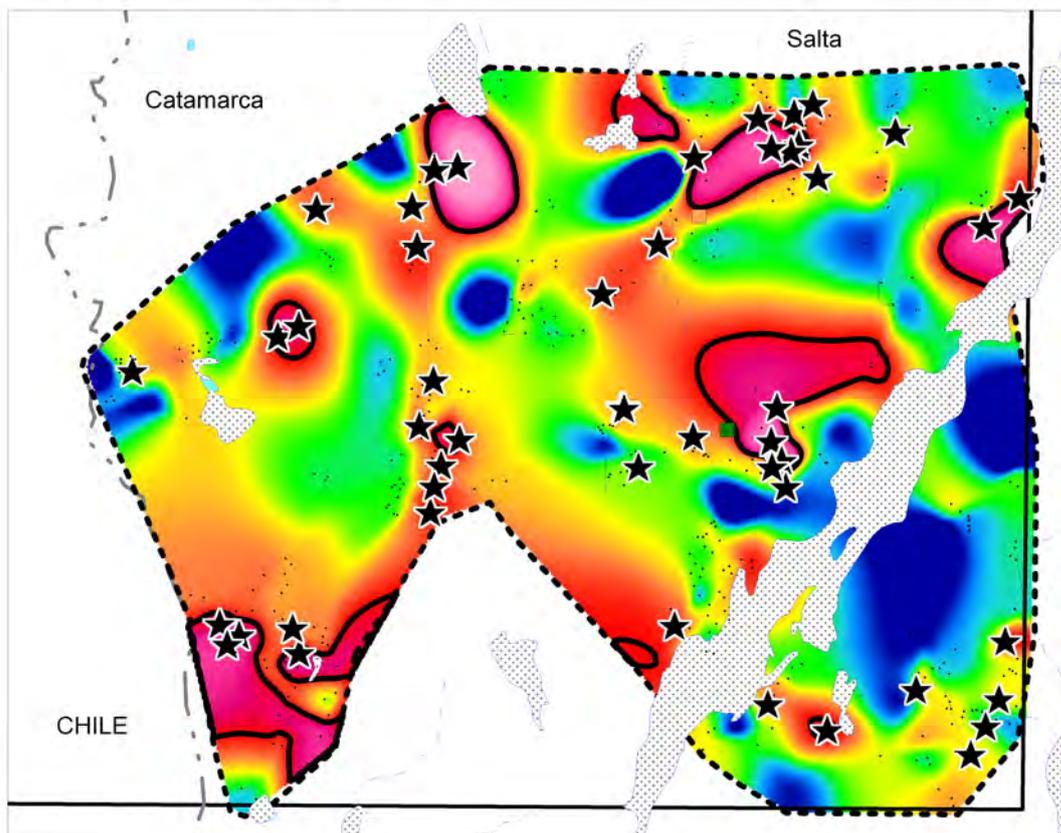
Mapa 6. Factor 6: Ba, Cd, Pb (Zn). Factor de mineralización



Mapa 7. Factor 7: U, Mo (Th, -P, Ta).

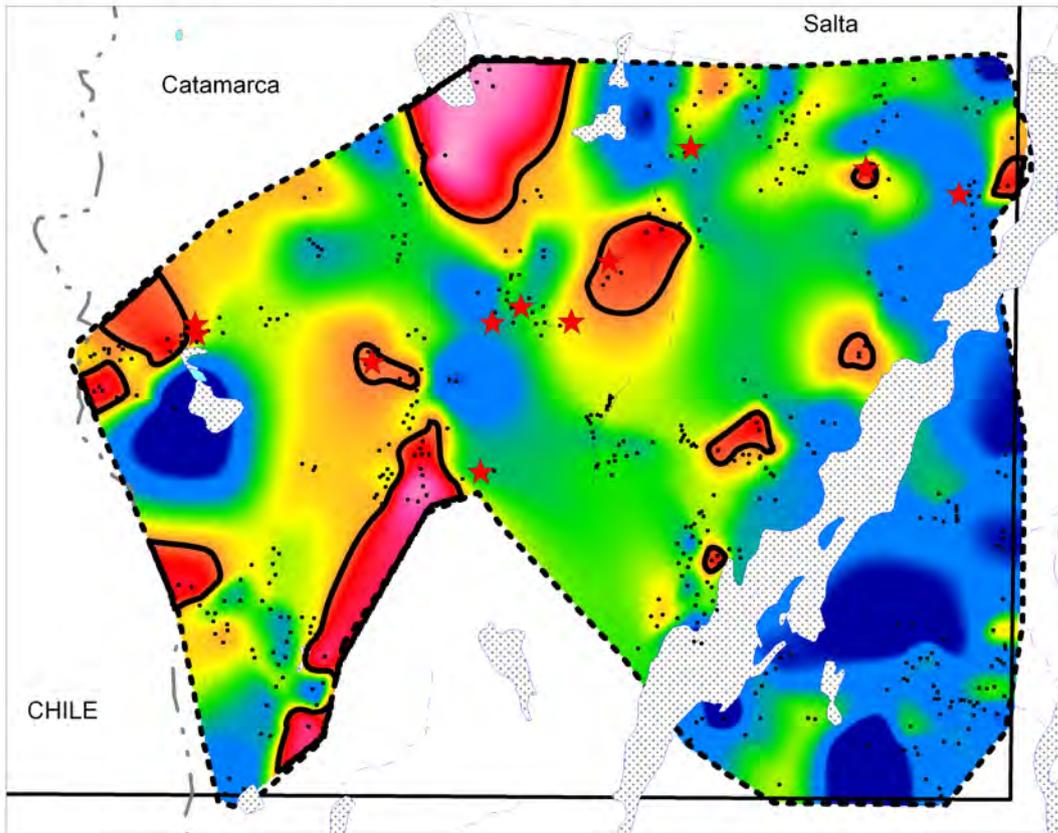


Mapa 8. Factor 8: Tb, Au, Ta.

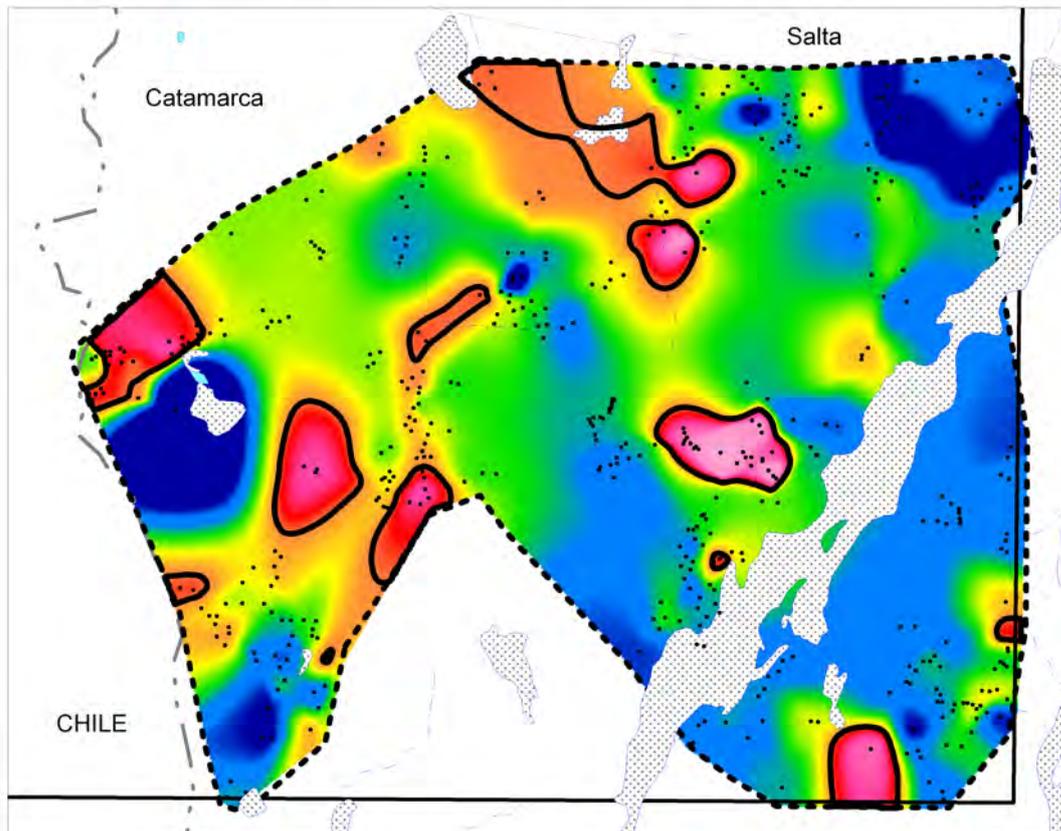


Mapa 9. PCI: Cu + Mo + Au

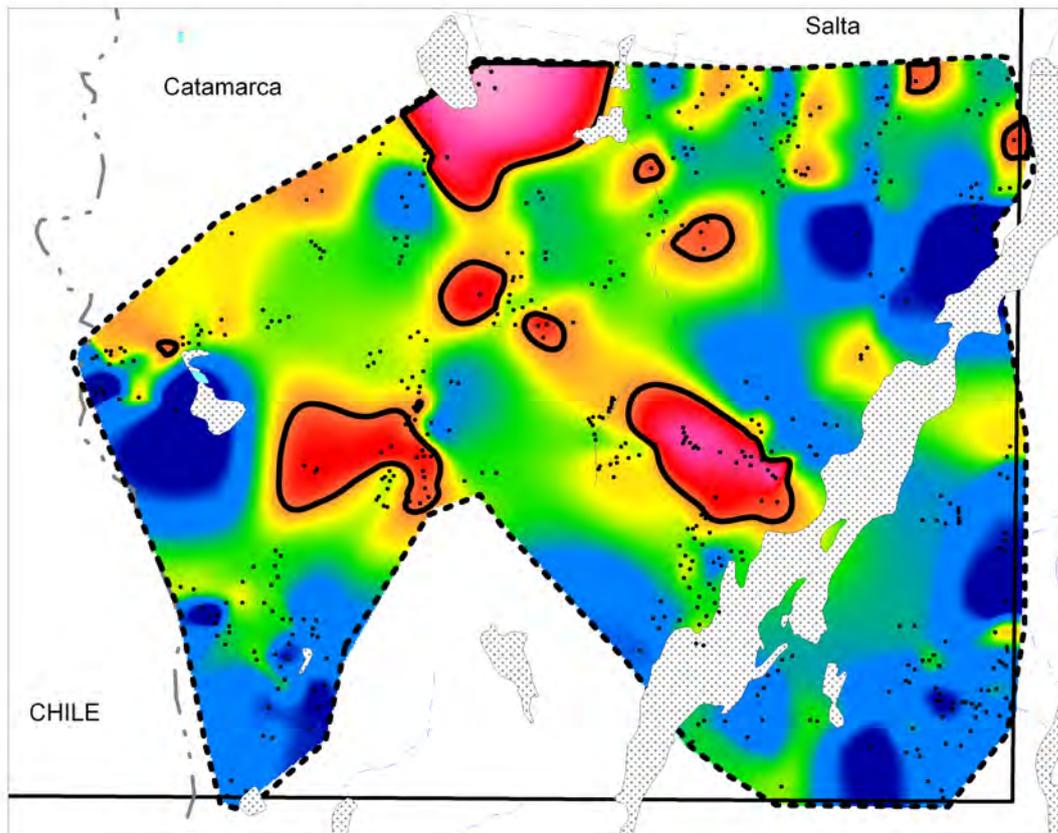
★ Índice La- Sm- Yb (Kay, 1999)



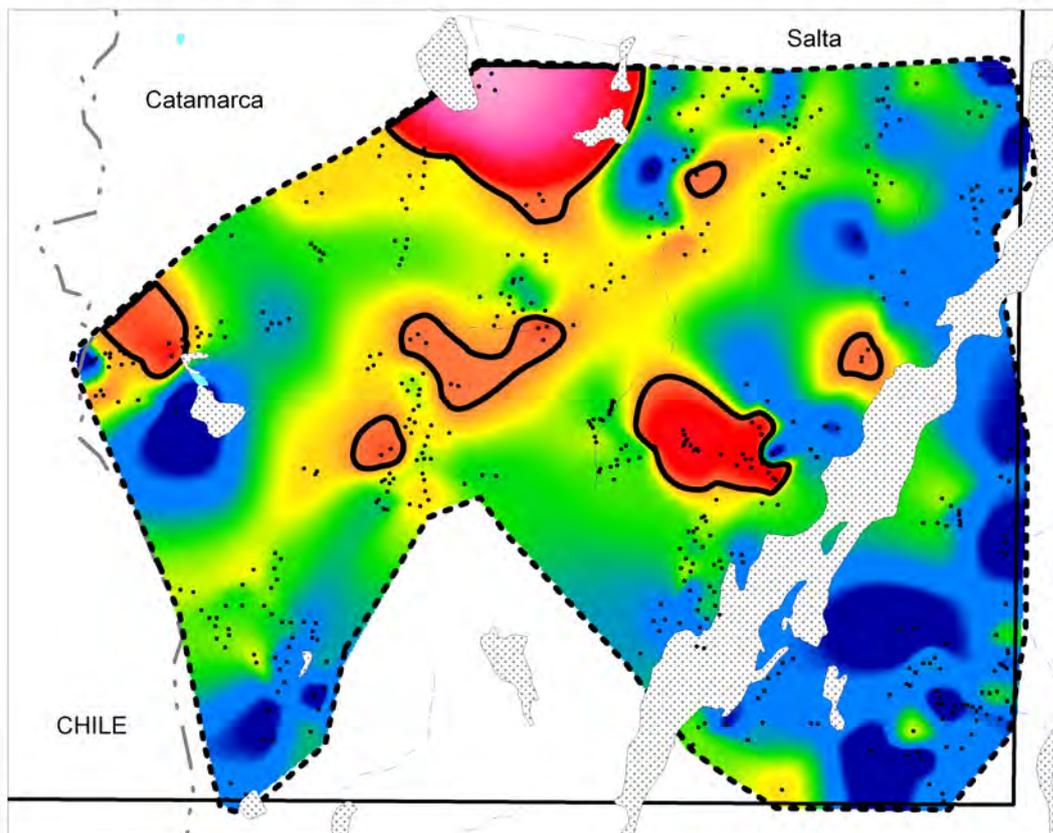
Mapa 10: Epithermal Precious Metal Index: EPMI: Au + As + Sb + Ag



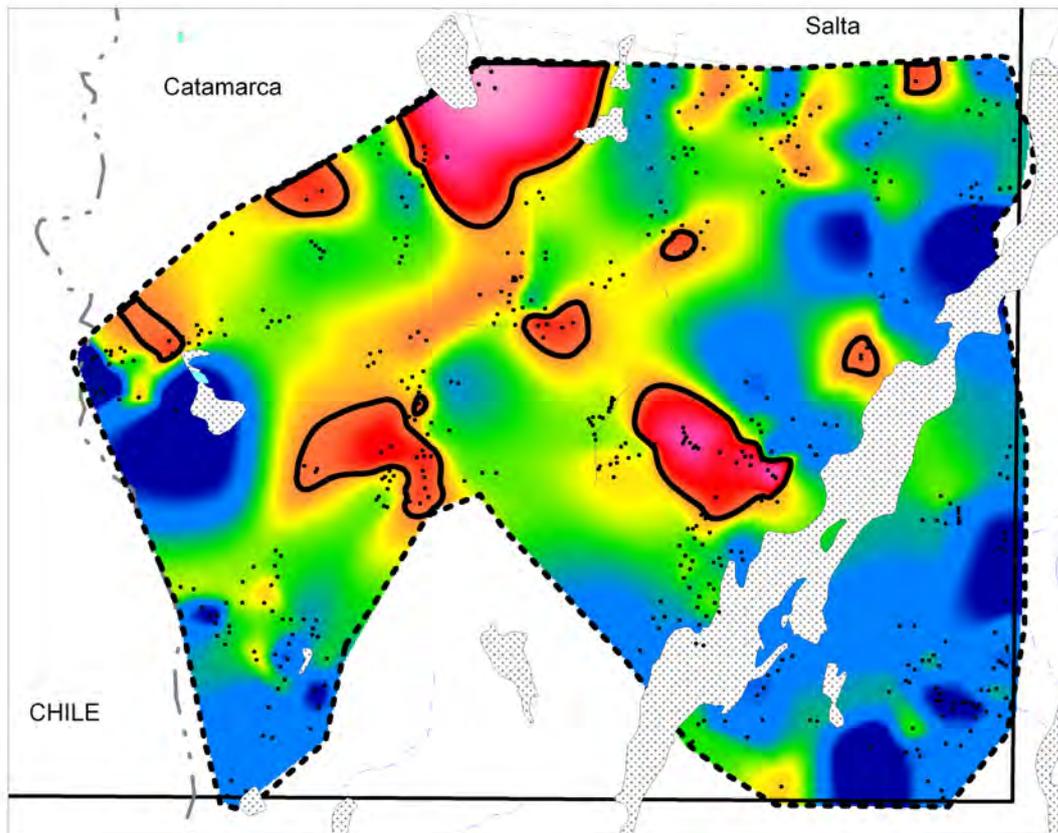
Mapa 11. Base Metal Index: BMI: Pb + Zn + Ba + Cu



Mapa 12. Chalcophile Index 4: Chi4: Cu + Pb + Zn + As + Sb + Bi + Cd + Mo + Ag



Mapa 13: BMI2: Base Metal Index 2: Pb+Zn+Ba+Cu+Cd+Ag



Mapa 14: SEDEX: Pb+Zn+Cu+Mn+Ba+Ca+Cd+Mo

