

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LA MANIFESTACIÓN TIPO "HOT-SPRING" LA MARCELINA, PROVINCIA DE SANTA CRUZ

Raúl Fernández ⁽¹⁾, Pablo Andrada ⁽²⁾ y Marta Alperín ⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto de Recursos Minerales-CICPBA, UNLP. Calle 47 n° 522, La Plata.
rfernand@museo.fcnym.unlp.edu.ar

⁽²⁾ FOMICRUZ S.E. Alberdi 643, Rio Gallegos. pandrada@internet.siscotel.com

⁽³⁾ Cátedra de Estadística. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. malperin@netverk.com

ABSTRACT

The La Marcelina hot-spring occurs in the top of an ignimbritic deposit of the Jurassic Chon Aike Formation and consists in stromatolitic carbonatic deposition, silica precipitate and replacement sometimes with Fe-Mn oxides, and breccia with quartz filling. The geochemical signature shows anomalous contents in several elements characteristic of epithermal systems and permits to interpret between the groups of pathfinder elements, contributing to the metallogenic knowledge of the Macizo del Deseado Region.

ANTECEDENTES Y UBICACIÓN

El distrito La Marcelina está ubicado en la parte centro-occidental del Macizo del Deseado (MD), provincia de Santa Cruz, aproximadamente entre los 69°58'52" y los 70°10'18" de longitud Oeste y los 47°42'47" y los 47°48'15" de latitud Sur y comprende una serie de propiedades mineras de la empresa FOMICRUZ S.E. que cubren 6000 Has. Puede accederse desde el sur, a través del camino vecinal que conecta las estancias El Fénix y La Marcelina, o desde el norte, por el que lo hace entre las estancias Bajo Pellegrini y La Flora (Figura 1).

Las tareas de exploración preliminar llevadas a cabo conjuntamente por FOMICRUZ S.E. y el Instituto de Recursos Minerales (INREMI) de la UNLP, condujeron al descubrimiento, en un sector del distrito, de una serie de manifestaciones de tipo hot-spring, con abundantes restos carbonáticos algales que apoyan, y ocasionalmente se intercalan, sobre ignimbritas y tobas de caída de la Fm. Chon Aike (Marchionni, et al., 1999). Durante esos trabajos también se detectaron muchos sectores silicificados, tanto de los restos algales como de las tobas e ignimbritas; estos últimos principalmente en el sector occidental del distrito, así como las primeras indicaciones de anomalías de Mo y As. También fueron hallados algunos pequeños cuerpos vetiformes y stockworks silíceos, en la porción sud-oriental del distrito (Echeveste y Tórtora, 1998).

En enero de 1999, se realizó otra campaña conjunta entre las instituciones mencionadas, en la que se completó un muestreo y mapeo a escala 1:50.000

del sector con manifestaciones tipo hot spring, cuyos resultados se comunican aquí

MARCO GEOLOGICO

La región está conformada por ignimbritas de la Fm. Chon Aike (Jurásico medio-sup.) cubiertas por una colada de basaltos cuaternarios que divide el área con depósitos del tipo hot-spring en dos sectores (Este y Oeste). Por la posición que ocupa este basalto en el contexto geológico regional puede correlacionarse con el Basalto La Angelita de Panza (1982). Estos depósitos tipo hot-spring ha sido mapeados por Panza y Zubia (en prensa) como Fm La Matilde, también del Jurásico medio a superior.

Entre las ignimbritas de la Fm. Chon Aike se han distinguido distintas unidades de acuerdo a sus características de campo y mesoscópicas. La Ignimbrita Las Lajas (Echeveste et al., 1999 y Marchionni et al.1999) cubre la parte Este y Sur del área. Este depósito piroclástico apoya sobre otro nivel ignimbrítico que en su porción superior (unos 20 m) posee abundantes fiammes orientados y hacia abajo se enriquece en litoclastos de algunos cm de tamaño; esta unidad fue denominada Ignimbrita La Marcelina (alterada) por Marchionni et al. (1999). Los principales evidencias de actividad hidrotermal del área se asocian a esta última unidad: en su techo se presentan los depósitos tipo hot spring; en el sector occidental se presenta sumamente alterada con niveles altamente silicificados y, en una pequeña "ventana" al Sur del sector aquí considerado, aloja las vetas de cuarzo descriptas por Echeveste y Tórtora (1998).

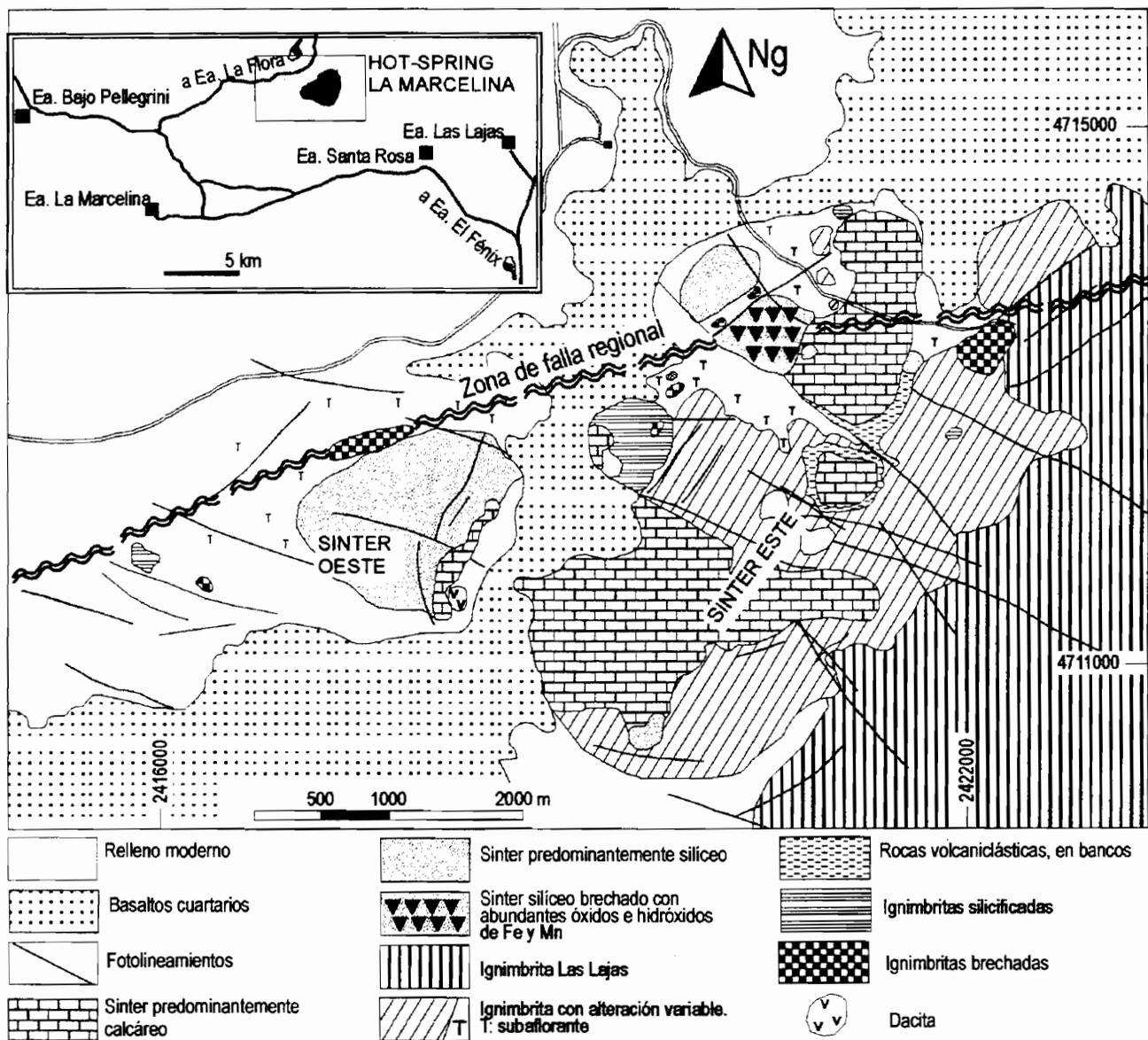


Figura 1: Ubicación y mapa geológico del área con manifestaciones tipo hot-spring de La Marcelina (simplificado de Andrada, 1999)

Al norte del sector con depósitos tipo hot spring se disponen gruesos mantos ignimbríticos (30-40 m de espesor) con orientación N-S; que no muestran muchas similitudes con los depósitos de flujo piroclástico señalados precedentemente y su relación con ellos todavía no es muy bien conocida.

DEPÓSITOS TIPO HOT-SPRING

La presencia de un sistema geotermal con manifestaciones del tipo hot-spring en el área de La Marcelina ha sido propuesta por Marchionni et al. (1999). El término "sinter" fue utilizado, en su concepción más amplia, para abarcar a los productos de surgentes termales (hot-spring) hallados en la manifestación La Marcelina; con este sentido fue

empleado por Andrada (1999) en el mapa de la región (Figura 1).

Las manifestaciones tipo hot-spring de La Marcelina corresponden a rocas carbonáticas y silíceas. Las depositaciones carbonáticas están relacionadas a algas estromatolíticas y en gran parte han sido descritas por Marchionni et al. (1999). Forman acumulaciones de hasta 8 m de espesor, extendidas saltuariamente en una superficie del orden de 10 km²; suelen presentar estructura laminar con ondulaciones de variado radio de curvatura (desde metros a centímetros) o con crecimiento concentrico, a veces alrededor de troncos fósiles; en parte pasan a estructuras masivas, posiblemente ocasionadas por retrabajamientos subacuáticos de las precipitaciones carbonáticas algales. En parte se hallan mezclados con

masas silíceas grisáceas, granulares y oquerosas, que forman nódulos o láminas, y que aparentan ser de carácter sin-diagenético.

Una parte importante de este sistema tipo hot-spring son las rocas silíceas constituidas principalmente por calcedonia, con sectores opalinos o de sílice porcelanacea de coloraciones variadas. En general constituyen afloramientos silíceos masivos, que forman grandes salientes en el terreno; en ocasiones parecen corresponder a estructuras brechosas con fragmentos de calcedonia y de rocas muy silicificadas, con un cemento silíceo muy fino donde resulta difícil distinguir los límites entre fragmentos y cemento. En otros casos se interpretan como silicificaciones muy fuertes, donde no es posible reconocer el material original. Además hay afloramientos irregulares compuestos por sílice del tipo sacaroide, a veces con cavidades tapizadas por diminutos cristales de cuarzo y también algunos asomos con fragmentos de ópalo blanquecino cementados por calcedonia gris oscura a rojiza. Niveles subhorizontales laminares compuestos por capas muy ricas en SiO₂ de pocos milímetros a centímetros de espesor, están presentes en algunos sectores, principalmente en la porción norte del llamado "sinter oeste" (Figura 1).

Muchas veces estas texturas se asocian a concentraciones de óxidos de hierro y manganeso de algunas decenas de metros cuadrados de extensión lateral y coloraciones variadas. Suelen observarse también, niveles constituidos por calcedonia con diversas cantidades de óxidos de hierro dando estructuras laminares varicolores con escasa disturbación. También se distinguen estructuras estromatolíticas que han sufrido una intensa silicificación.

Preferentemente en la parte norte de los depósitos mencionados y relacionados a ellos por los autores, afloran brechas hidrotermales que se disponen en una faja discontinua elongada en sentido general E-O a lo largo de unos 7-8 km (Figura 1). Las brechas están compuestas por fragmentos angulosos de milímetros a centímetros de rocas piroclásticas alteradas, en parte tipo "rompecabezas" y clasto-sostén, cementados por cuarzo sacaroide blanco a grisáceo. La participación de óxidos de Fe y Mn en estas brechas es variable, aunque normalmente es menor que en los depósitos tipo hot-spring descriptos precedentemente.

GEOQUÍMICA

Muestras y métodos

El muestreo se realizó teniendo en cuenta los sectores silicificados, las porciones de sílice más óxidos y las ignimbritas brechadas y alteradas;

también fueron tomadas algunas muestras de depósitos estromatolíticos carbonáticos (Andrada, 1999). Se tomaron 37 muestras en esquirlas totalizando 3 y 4 kg de peso por muestra, las que fueron trituradas, molidas y cuarteadas en el laboratorio de FOMICRUZ (San Julián). Se obtuvo una fracción de 80 gr que fue analizada por el método (ICP587) en los laboratorios de ALS Geolab.

Los resultados analíticos se exponen en la Tabla 1, agrupados de acuerdo a las características de las muestras, es decir: con gran proporción de sílice y óxidos de Fe y Mn (SIOX) a veces con restos de carbonatos, ignimbritas brechadas con cemento silíceo (IGBR), estromatolitos y depósitos calcáreos con mayor o menor silicificación (CALC). No se listan los elementos que en todas las muestras están por debajo del límite de detección: Te (<20 ppm), Bi (<5 ppm) y Hg (<1 ppm). Los resultados de Ag consignados en la Tabla 1, corresponden a análisis por Absorción Atómica del laboratorio de FOMICRUZ; en este laboratorio y por el mismo método, se analizó Au, el cual arrojó valores siempre por debajo del límite de detección (<0,03 ppm).

Tratamiento estadístico

Con el objeto de analizar la estructura del conjunto de variables, se realizó el análisis estadístico de los datos. Para ello, los valores de la Tabla 1 por debajo del límite de detección fueron transformados, arbitrariamente, a la mitad. Los valores analíticos de Ag no han sido usados en este tratamiento, por haberse utilizado otro método de análisis químico para su determinación. Tampoco se trató el Cr, ya que en valores tan bajos, podría estar afectado por cierta contaminación durante la molienda.

Además de los estadísticos básicos (media desvío standard. y coeficiente de variación) sólo para el grupo SIOX se analizó el tipo de distribución para cada elemento, ya que cuenta con un adecuado número de muestras. Utilizando el test de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significación de 0,05 se determinó una distribución normal para Zn, Ba, As, Fe, Mo, V y Sr, mientras que Al, Mn, Ca, K, Mg, P, Na, S y Ti se distribuyen lognormalmente. El resto de los elementos (Pb, Cu, Cd, Co, Ni, Sb y Tl) no presentan ninguna de las distribuciones mencionadas, seguramente debido a que una gran cantidad de valores están por debajo del límite de detección del método de análisis químico empleado.

Las relaciones entre pares de elementos de los grupos SIOX e IGBR, se calcularon utilizando el

coeficiente de correlación no paramétrico (R) de Spearman; el cual permite comparaciones por rangos y resulta más adecuado por tratarse de

variables no siempre normalmente distribuidas. Los resultados, en forma resumida, se grafican en la Figura 2.

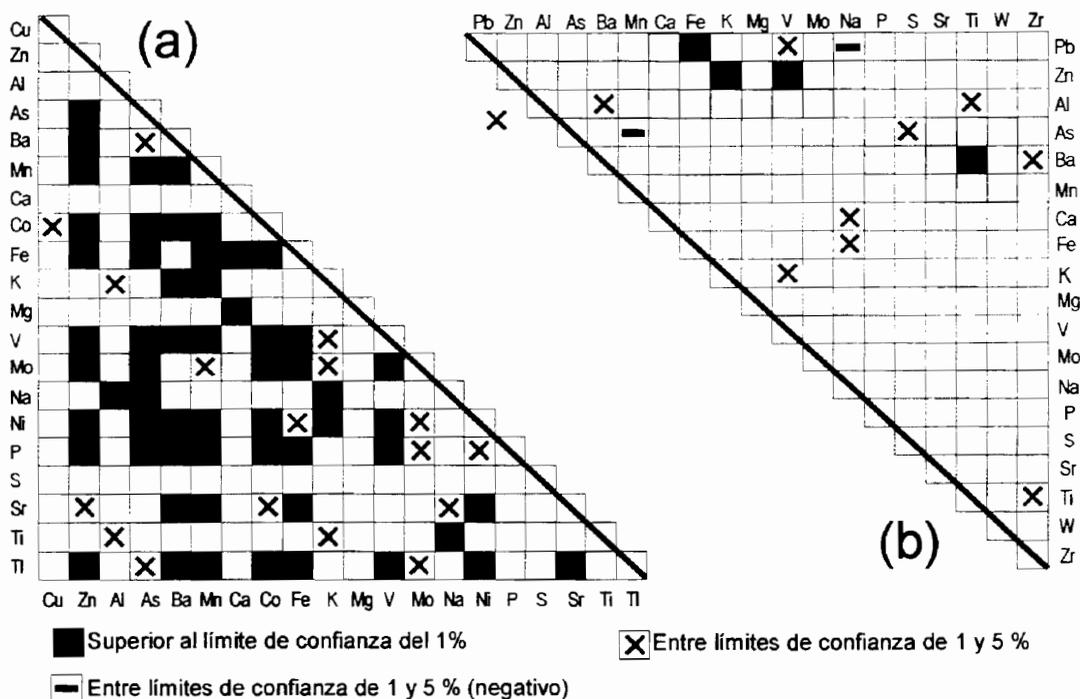


Figura 2: Síntesis gráfica de coeficientes de correlación R de Spearman. a) Grupo SIOX y b) Grupo IGBR

El tratamiento de datos se completó con el empleo de métodos multivariados. Se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Agrupamiento, con las muestras de los grupos SIOX e IGBR, dejando de lado las correspondientes al grupo CALC (de sólo 3 muestras). Se efectuaron ensayos utilizando, por un lado, todas las variables y, por el otro filtrando aquellas con un gran número de resultados por debajo del límite de detección (Cu, Pb, Sb). Si bien no hay diferencias importantes entre los resultados de estas dos alternativas, sólo se muestran en este trabajo los de las variables filtradas. Tampoco se comentan y presentan resultados de ACP del tratamiento por separado de los grupos SIOX e IGBR, ya que estos no modifican las conclusiones de este trabajo

El ACP permite simplificar la estructura de los datos, para poder explicar, en pocos componentes (o Factores), la mayor parte de la información que contienen las variables. Los nuevos componentes, calculados por álgebra matricial, son la combinación lineal de las variables observadas que tienen la varianza máxima. El ACP se realizó a partir de los datos estandarizados. Los resultados que se muestran en la Figura 3 corresponden al análisis del conjunto de muestras de los grupos SIOX más IGBR.

El Análisis de Agrupamiento realizado, que también se basa en operaciones matriciales, permite estimar la similitud entre las distintas variables y establecer grupos. Para calcular dicha similitud se utilizó el coeficiente de correlación (r) de Pearson en la forma (1-r), que evita los valores negativos. Los grupos se formaron con el algoritmo del "ligamiento promedio" no ponderado (UPGMA) Los resultados de este tratamiento se exponen en la Figura 4.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Del análisis visual de los datos, surgen algunas características que merecen destacarse. Los contenidos de metales base (Cu, Pb y Zn) son siempre bajos, en el orden de los valores normales para rocas ácidas. La Ag, analizada por AA, en algunas pocas muestras alcanza valores anómalos máximos de 22 y 24,5 ppm en los grupos SIOX y CALC, respectivamente. Debe mencionarse que en todas las muestras (con algunas excepciones en el grupo CALC) las relaciones K/Na son siempre mayores que 1. Esto puede ser vinculado a una alteración potásica, principalmente en el grupo IGBR y a una concentración más alta de K en los fluidos superficiales a partir de los que se depositó el grupo

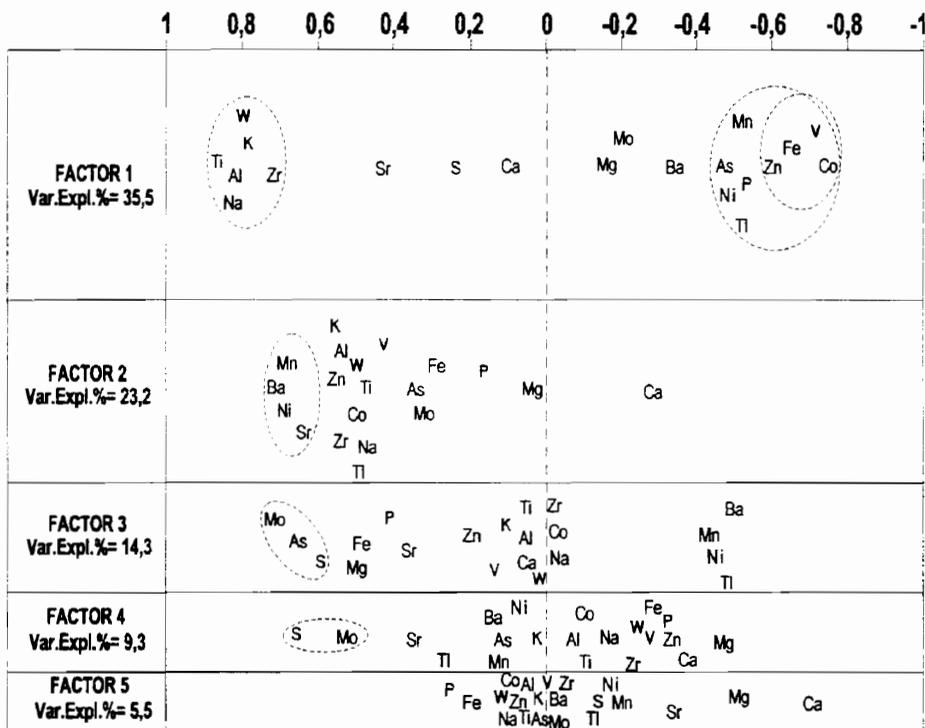


Figura 3: Representación gráfica de los resultados del Análisis de Componentes Principales

SIOX, aunque esto último no es corriente en los fluidos geotermales. El grupo SIOX se define por los elevados tenores de Fe (prom. 10,37% y máx. 32,43% expresado como Fe_2O_3) y de Mn (prom. 1,35% y máx. 9,89% expresado como MnO_2). Estos dos elementos tienen una correlación de rangos significativa ($R=0,54, p \leq 0,01$).

El grupo IGBR se destaca claramente del resto por sus mayores contenidos en Al_2O_3 (prom. 11,27%), K_2O (prom. 3,47%) y Na_2O (prom. 2,26%), además de los tenores en Ti (prom. 650 ppm) y Zr (prom. 61 ppm). Los valores en estos elementos son aportados por las rocas ignimbríticas.

Pueden también señalarse las concentraciones anómalas de Mo, con promedios de 59 ppm en SIOX y de 72 ppm en IGBR y valores máximos de 231 y 466 ppm, respectivamente. El Mo está por debajo del límite de detección (5 ppm) en CALC.

En el grupo SIOX el Mo está acompañado por anomalías de As, mostrando una buena correlación ($R=0,83, p \leq 0,01$). El As alcanza el mayor promedio (929 ppm) en SIOX y el menor en IGBR (617 ppm), con máximos de 3920 y 3430, respectivamente. En CALC los contenidos de As son muy bajos.

El grupo SIOX tiene algunos valores altos de Tl (prom. 15 ppm y máx. 94 ppm) y no se ha detectado W (<10 ppm). El grupo IGBR, por el contrario, tiene valores altos en W (prom. 22 ppm y

máx. 38 ppm), mientras que el Tl está por debajo del límite de detección (10 ppm) en todas las muestras.

El empleo de métodos estadísticos multivariados puede contribuir a caracterizar el conjunto de datos geoquímicos bajo análisis. La relación de cada variable con los Factores o Componentes principales, presentada en la Figura 3, indica que el Factor 1 (que explica el 35,5% de la varianza), permite interpretar la existencia de dos grupos de variables de mayor peso que lo representan; por un lado Al, K, Na, Ti y Zr con signo positivo, y por el otro Fe, V, Co y Zn, a los que podría sumarse, Mn, As, Ni, P y Tl con signo negativo. Los primeros representan, sin duda, los elementos que caracterizan a las ignimbríticas y cenizas volcánicas, a los que se agrega el W, sólo detectable en el grupo IGBR, como indicador de una actividad hidrotermal que las ha afectado. Los segundos se interpretan como representantes de las precipitaciones de óxidos e hidróxidos (principalmente de Fe) del grupo SIOX. Estos dos conjuntos de elementos no están correlacionados entre sí, ya que tienen signos opuestos.

El Factor 2 explica el 23,2% de la varianza y está representado por 4 elementos de mayor peso (con signo positivo) que son: Ba, Mn, Sr y Ni (en parte se repiten los elementos con signo negativo del Factor 1). Esto puede también interpretarse como la asociación de estos elementos con la precipitación de óxidos e hidróxidos (principalmente de Mn).

Los elementos de mayor peso que representan al Factor 3 (explica el 14,3% de la varianza) son As, Mo y S, con signo positivo. Este trío resulta una asociación geoquímica característica, que podría estar relacionada a la precipitación conjunta, en sus formas más oxidadas, a partir de fluidos hidrotermales y posiblemente en niveles superficiales con alta actividad de oxígeno. Cabe señalar que, si bien con peso relativamente menor, el Ba, Mn, Ni y Tl, representarían también a este factor pero del lado opuesto del conjunto anterior y podría interpretarse como una precipitación hidrotermal diferente y no correlacionada.

En el Factor 4, se repiten dos de los elementos de peso del Factor anterior (S y Mo) y en el Factor 5, sólo merece destacarse el valor de correlación del Ca (negativo), que posiblemente representa restos carbonáticos de estromatolitos silicificados

El Análisis de Agrupamiento mostrado en el diagrama de la Figura 4 (correspondiente a muestras del grupo SIOX+IGBR), tomando como umbral el coeficiente de correlación (r) de 0,5, indicar los siguientes cuatro agrupamientos: [W-Na-K-Ti-Al-Zr], [S-Mo-Sr]; [Ni-Mn-Ba-Tl] y [V-Co-Zn, asociado a Fe-As y en menor medida a P]. El primero de estos agrupamientos parece reflejar la asociación típica de ignimbritas brechadas y los 3 restantes los de las precipitaciones tipo hot-spring.

Tomando exclusivamente las muestras del grupo SIOX, es decir a aquellos considerados como típicos de hot-springs, puede interpretarse un agrupamiento de [Zn-As-F-Co-V-P-(Mo)], otro de [Ni-Mn-V-Tl-K-Sr] y por último el del [Na-Ti].

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En diversos trabajos se han obtenido resultados geoquímicos que muestran ciertas similitudes con el caso aquí presentado. Manifestaciones tipo hot-spring con altos contenidos en Mn fueron registradas en USA por Hewett y Fleischer (1960) y Hewett et al. (1963). En ellos se destacó la asociación de Mn, en muchos casos con sílice y hierro como mayoritarios, con el Ba y además con algunos contenidos elevados en As, Co, Cu, Ni, Tl, V, W y Zn. Los estudios de Nicholson (1992) indican que las concentraciones de Mn depositadas por hot-springs tienen correlaciones positivas entre Mn-Ag-As-Cr-La-Mo-Ni-Zn, y que la típica asociación geoquímica es de Mn-As, elementos que podrían coprecipitar en fases hidratadas. Crespo et al. (1995) detallaron un inusual depósito de Mn rico en Co en España, relacionado a hot-spring. Además de los elementos nombrados, tiene contenidos altos

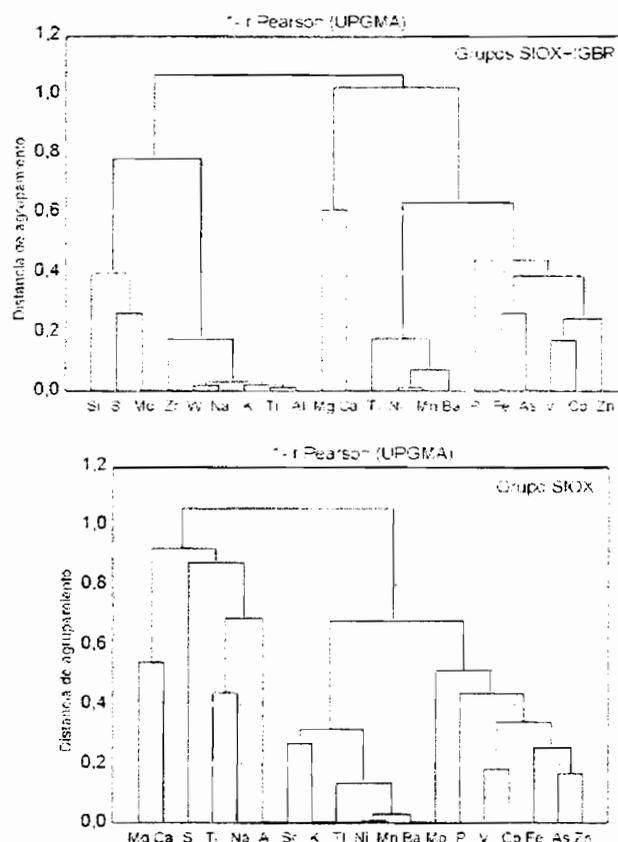


Figura 4: Dendrograma resultante del Análisis de Agrupamiento de SIOX+IGBR y SIOX.

en Ni (hasta 6000 ppm); los tenores de V están en el rango de los aquí hallados (algo más bajos) y definitivamente menores son los de Mo (2 a 7 ppm), As (8 a 115 ppm) y Sb (1 a 6 ppm) Estos autores plantearon una relación del sistema hidrotermal que produjo este depósito con las manifestaciones de Au vecinas.

En la alteración hidrotermal de los depósitos de Au y Ag tipo hot-spring de Hasbrouck Mountain y Round Mountain, Nevada, Berger y Silberman (1985), señalaron tenores anómalos de Mo y W Además de determinar zonaciones laterales y verticales en los contenidos de distintos elementos, concluyeron que si bien puede haber variaciones entre los diversos depósitos de este tipo, la mayoría de ellos contienen probablemente la misma serie general de elementos: Au, Ag, As, Sb, Tl, Hg, W y Mo. Nash (1994) caracterizó geoquímicamente distintos tipos de depósitos de Au y Ag de Nevada; en aquellos del tipo epitermal en rocas volcánicas, con pocos sulfuros y, en varios casos, asociados a hot-spring, determinó contenidos promedio similares a los aquí presentados para: As, Mo, Ba, Sb aunque con valores puntuales más elevados; el Tl está presente en contenidos menores y Fe y Mn son variables. Este autor señaló además, que los

Tabla 1: Resultados químicos del muestreo, expresados en ppm. Análisis realizados por ICP em ACME, excepto Ag* (ver texto)

Muestra	Ag*	Cu	Pb	Zn	Al	As	Ba	Mn	Ca	Cd	Co	Cr	Fe	K	Mg	V	Mo	Na	Ni	P	S	Sb	Sr	Ti	W	Zr	Ti
5814	1,5	6	10	20	513	67	131	767	5870	<5	<5	11	8290	195	254	16	<5	144	<5	116	822	<5	36	28	<10	<20	<10
5816	0,8	<5	<5	<5	2180	7	281	2290	3070	<5	<5	9	6980	295	350	12	8	145	<5	988	434	<5	92	67	<10	<20	<10
5817	0,8	<5	<5	<5	5200	12	318	1580	4890	<5	<5	9	7190	824	717	14	<5	352	<5	101	1340	<5	46	134	<10	<20	<10
5818	15	17	8	79	5510	1270	1890	21400	1640	6	91	10	150910	737	457	551	169	197	30	1010	470	<5	67	45	<10	<20	17
5819	1,3	6	<5	121	4680	1640	960	14910	3180	5	112	9	144600	886	711	722	126	227	20	1280	210	<5	67	65	<10	<20	11
5820	0,8	<5	7	76	4830	1200	5270	62600	1230	<5	74	11	72100	1980	354	307	42	448	81	361	463	<5	109	41	<10	<20	94
5821	1,5	21	<5	38	10100	765	199	3110	7880	<5	51	9	101610	582	879	309	52	345	<5	444	629	<5	28	101	<10	<20	<10
5822	1	<5	23	10100	1950	138	2930	36500	4020	5	18	11	199110	383	608	206	40	199	<5	267	761	<5	21	59	<10	<20	<10
5823	0,8	12	88	53	14400	423	4590	36500	1180	<5	143	13	57300	662	282	273	39	297	53	291	530	<5	50	73	<10	<20	42
5824	0,5	<5	<5	<5	4440	557	157	2540	5940	<5	<5	11	70700	553	623	130	17	237	<5	414	202	<5	23	84	<10	<20	<10
5825	0,5	7	<5	6	4140	108	48	363	18700	<5	<5	24	23300	454	647	62	6	250	<5	226	574	<5	24	78	<10	<20	<10
5904	5,3	12	<5	175	3570	3070	1850	15700	1650	<5	73	11	141310	692	465	263	62	254	20	288	230	<5	45	83	<10	<20	20
5906	0,8	<5	<5	27	3480	28	188	4220	20900	<5	<5	8	4480	934	752	18	13	466	<5	282	419	<5	63	139	<10	<20	<10
5907	6	<5	<5	<5	3950	363	80	324	1540	<5	<5	28	14400	553	630	20	64	337	<5	90	1040	<5	39	49	<10	<20	<10
5908	22	<5	<5	92	1760	897	841	6840	2620	5	86	8	226800	326	459	142	40	169	6	2280	669	<5	24	54	<10	<20	<10
5909	2	<5	<5	<5	2460	30	346	1670	5390	<5	<5	8	7330	532	349	20	<5	173	<5	763	1600	<5	26	76	<10	<20	<10
5911	0,8	<5	<5	<5	5220	116	311	2140	1170	<5	<5	20	9800	464	253	20	53	300	<5	129	212	7	30	129	<10	<20	<10
5912	0,8	<5	<5	130	3530	3920	122	1580	5750	6	27	9	171400	325	754	301	78	144	<5	1200	323	21	27	66	<10	<20	<10
5913	0,3	<5	<5	<5	2360	232	202	319	1870	<5	<5	11	13600	237	490	46	20	127	<5	163	216	13	19	45	<10	<20	45
5914	0,5	<5	<5	89	3110	2600	1040	13400	3580	<5	61	8	100800	928	506	321	168	274	15	772	373	<5	56	92	<10	<20	45
5915	<0,1	<5	<5	27	3960	335	100	309	824	<5	<5	8	20400	462	263	84	22	183	<5	167	60	5	20	69	<10	<20	45
5916	0,5	<5	<5	190	3890	2250	2120	31400	3560	5	109	23	123900	1580	617	669	133	298	42	1260	286	<5	114	61	<10	<20	45
5917	0,3	<5	<5	18	5560	889	114	585	1060	<5	<5	12	58500	1100	415	19	231	392	<5	280	1050	15	31	128	<10	<20	<10
5923	0,5	<5	<5	76	5080	1970	320	3220	4450	<5	55	6	162200	440	946	244	176	177	<5	1320	245	<5	25	86	<10	<20	<10
5924	<0,1	<5	<5	<5	1980	2,5	53	122	1820	<5	<5	8	4860	138	434	<10	<5	86	<5	103	286	<5	14	20	<10	<20	<10
5925	<0,1	<5	<5	<5	6700	77	183	229	2650	<5	<5	8	8960	677	358	16	19	259	<5	133	477	<5	27	153	<10	<20	<10
5926	<0,1	7	<5	11	5870	319	132	424	3300	<5	8	10	46400	555	322	30	12	338	<5	405	771	<5	20	131	<10	<20	<10
														Grupo "CALC"													
5815	24,5	<5	<5	<5	118	16	101	403	89200	<5	<5	17	2290	50	1260	<10	<5	51	<5	988	434	<5	92	67	<10	<20	<10
5901	2,3	<5	<5	<5	299	12	16	234	191400	<5	<5	12	1470	69	1040	<10	<5	71	<5	61	98	<5	514	18	<10	<20	<10
5903	0,5	<5	<5	<5	645	2,5	10	494	54300	<5	<5	8	1900	245	601	<10	<5	180	<5	44	16	<5	103	24	<10	<20	<10
														Grupo "IGBR"													
5902	0,3	<5	15	<5	65800	199	1110	127	6080	<5	<5	6	7170	26710	370	<10	9	19810	<5	138	1120	<5	121	721	20	71	<10
5905	3,3	<5	19	<5	64100	273	1110	149	6900	<5	<5	5	12210	23700	267	16	7	23100	<5	272	2680	<5	159	715	20	67	<10
5910	0,3	<5	12	<5	53000	100	754	157	4970	<5	<5	2,5	6120	25710	435	<10	<5	18500	<5	406	1110	<5	125	544	15	55	<10
5918	5	<5	24	10	49610	3430	237	110	1250	<5	<5	29	73400	27900	512	17	466	7820	5	448	17910	23	557	496	14	23	<10
5927	0,5	<5	23	71	63800	236	1270	101	2810	<5	<5	8	14200	33310	551	<10	10	17800	<5	168	585	<5	104	785	19	72	<10
5928	<0,1	<5	27	70	55600	54	877	24200	3860	5	<5	2,5	33710	32210	735	72	8	13610	29	232	86	11	469	634	38	70	<10
5929	<0,1	<5	22	28	58700	29	906	310	3810	<5	<5	2,5	22600	32200	364	30	<5	16510	<5	158	35	<5	79	656	28	69	<10

elementos rastreadores As, Sb, Hg, Te y Tl son elevados en los sistemas epitermales.

Schalamuk et al. (1999), en las estructuras tipo hot-spring de El Macanudo, en la parte norte del Macizo del Deseado, encontraron algunos valores anómalos de Au y Ag, además de contenidos de As y Tl similares a los hallados en este trabajo (hasta 4100 y 58 ppm, respectivamente). Además mencionaron la presencia de cavidades rellenas por óxidos de Fe y Mn en niveles silíceos.

La manifestación tipo hot-spring de La Marcelina puede caracterizarse, desde el punto de vista geoquímico, tanto por algunos elementos presentes en valores elevados (Fe, Mn, Ba, As, Mo, y a veces Tl, Co y Sb) como también por asociaciones de elementos, las que pueden agruparse como sigue:

- Fe-Co-V-Zn ± Mn ± As ± Tl ± Ni ± P
- Mn-Ba-Sr-Ni ± Tl
- S-Mo-As
- W ± Al-K-Na (K>Na)-Ti-Zr

Los tres primeros representarían, distintos pulsos de precipitación subsuperficial de aguas termales vinculadas a un sistema geotermal, y el último, zonas de alteración silícea y relleno de brechas, a un nivel algo más profundo que las anteriores

Debe destacarse que, dentro del grupo de elementos mencionados como característicos de esta manifestación tipo hot-spring, el Talio, con valores que alcanzan los 94 ppm, es considerado un típico elemento de las porciones someras y surgencias de los sistemas geotermales. Por otro lado el tungsteno está presente en zonas de brecha, las que posiblemente constituyeron zonas de circulación de fluidos que alimentaron las surgentes termales.

Los resultados obtenidos para este depósito tipo hot-spring, son coherentes con datos geoquímicos de otros distritos epitermales del mismo, relacionados a metales preciosos. Las interpretaciones geoquímicas que surgen de las metodologías aplicadas muestran buena concordancia con la información de campo y procedencia de las muestras

El área de depósitos tipo hot-spring de La Marcelina destaca un grupo de elementos que constituyen un conjunto anómalo de gran importancia a los fines de caracterizar estos productos de descargas superficiales en sistemas geotermales, por lo tanto su investigación a nivel regional podría resultar sumamente útil para establecer patrones para la búsqueda de mineralizaciones de oro y plata en el Macizo del Deseado.

REFERENCIAS

Andrada, P.; 1999. Informe de campaña a La Marcelina (Enero 1999). FOMICRUZ S.E. Informe inédito.

Berger, B.R. y Silberman, M.L.; 1985. Relationships of trace-element patterns to geology in hot-spring type precious-metal deposits. En: Berger, B.R. y Bethke, P.M (eds): *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems. Reviews in Economic Geology*, 2: 233-248.

Crespo, A.; Lunar, R.; Oyarzun, R. y Doblaz, M.; 1995. Unusual case of Hot Spring-related Co-rich Mn mineralization in Central Spain: the Pliocene Calatrava deposits. *Economic Geology* 90: 433-437.

Echeveste, H., Fernández, R., Llambías, E., Tessone, M., Schalamuk, I., Bellieni, G., Piccirillo, E. y De Min, A.; 1999. Ignimbritas Tardías de Alto Grado en la Formación Chon Aike. Macizo del Deseado, Santa Cruz. Argentina. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas II: 182-185. Salta.

Echeveste, H. y Tórtora, L.; 1998. Informe preliminar del reconocimiento Geológico-minero de las áreas "La Marcelina" y "Santa Rosa", Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Informe para FOMICRUZ S.E. (inédito).

Hewett, D.F. y Fleischer, M.; 1960. Deposits of the Manganese oxides. *Economic Geology*, 55: 1-55.

Hewett, D.F., Fleischer, M. y Conklin, N.; 1963. Deposits of the Manganese oxides: Supplement. *Economic Geology*, 58: 1-51.

Marchionni, D.S., de Barrio, R.E., Tessone, M.O., Del Blanco, M.A. y Echeveste, H.J.; 1999. Hallazgo de estructuras estromatolíticas jurásicas en el Macizo del Deseado, Provincia de Santa Cruz. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54: 173-176.

Nash, J.T.; 1994. Geochemical signatures of Silver and Gold deposits, Tonopah 1°x2° Quadrangle, Nevada. Description and applications to exploration. *U.S. Geological Surv. Bull.*, 2077: 1-46.

Nicholson, K.; 1992. Contrasting Mineralogical-Geochemical signatures of Manganese Oxides: Guides to Metallogenesis. *Economic Geology*: 87: 1254-1264.

Panza, J., 1982. Descripción geológica de las Hojas 53e "Gob.Moyano" y 54e "Cerro Vanguardia". Serv.Geol.Nacional. Inf. inédito

Panza, J., Cobo, J. y Zubia, M., 1999. Hoja Geológica 4769-III Destacamento La María. Serv.Geol. Argentino. En prensa

Schalamuk, I.B.; Guido, D.M.; de Barrio, R.E. y Fernández, R.R.; 1999. Hot spring structures from El Macanudo-El Mirasol area, Deseado Massif, Argentina. En: Stanley C.J. et al. (eds), *Mineral Deposits: Processes to Processing*. 577-580. Balkema, Rotterdam.