

## SALAR DE COPOSA

### Introducción

La cuenca del salar de Coposa se encuentra en la Primera Región entre la cuenca del salar de Pintados en el Valle Central y las cuencas de los salares de Empexa y de la Laguna en el Altiplano Boliviano. Sus principales características morfométricas y climatológicas son:

- altura: 3730 m
- superficie de la cuenca: 1116 km<sup>2</sup>
- superficie del salar: 85 km<sup>2</sup>
- superficies de las lagunas: 3 - 7 km<sup>2</sup>
- precipitaciones: 150 mm/año
- evaporación potencial: 1300 mm/año
- temperatura media: 5 °C

El salar esta constituido por un núcleo clorurado rodeado por limos salinos y arenosos. La laguna principal (Jachu Coposa) tiene una extensión muy variable según la época del año. A unos 50 cm por debajo de la superficie del salar se encuentra una napa de salmuera. El primer estudio hidrogeológico fue realizado por Henriquez y Montti (1976). El proyecto minero Collahuasi ha generado numerosos estudios geológicos, hidrogeológicos, geofísicos e hidroquímicos, todos de difusión reservada, del salar de Coposa y de su cuenca.

### Aportes de agua

Los aportes de agua provienen esencialmente del sur y del oeste de la cuenca. Hemos sacado 6 aguas de vertientes y 8 aguas de napas subterráneas. La composición química de los aportes está representada en diagramas triangulares (Fig.1).

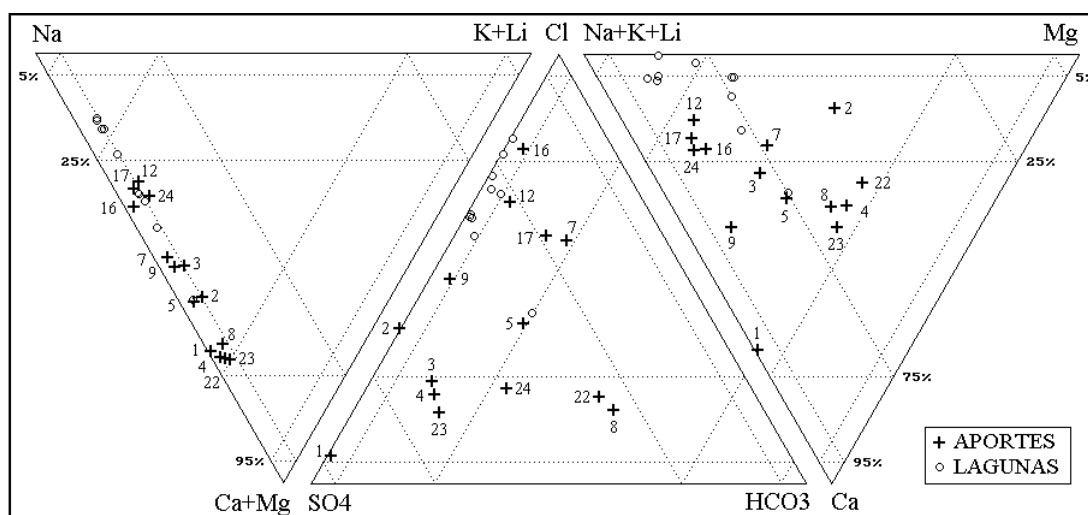
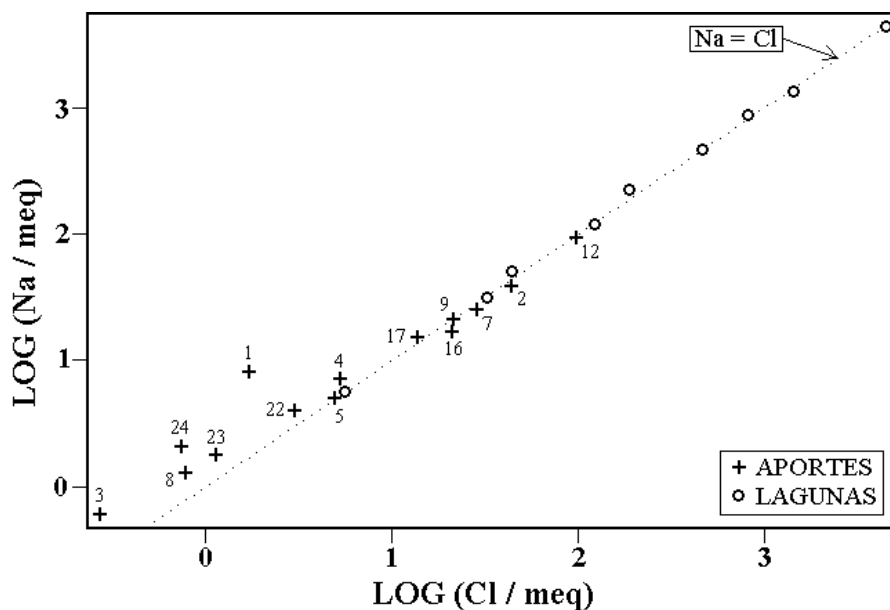


Fig.1: Composición de aguas y salmueras del salar de Coposa.

En los triángulos [Na+K+Li - Ca - Mg] y [Cl - SO<sub>4</sub> - HCO<sub>3</sub>] los puntos están esparcidos de manera aparentemente bien irregular. En el triángulo [Na - K+Li - Ca+Mg] aparecen cuatro grupos de puntos que se distribuyen de manera bien simétrica entre los vértices Na y Ca+Mg. El recuento de la distribución de los puntos, asociado a otros parámetros como salinidad, temperatura, relación con la geología de la cuenca de drenaje y vías evolutivas, solamente permitió vislumbrar algunas tendencias generales sobre la composición química de los aportes. Entre la gran variedad de composiciones observadas, se puede definir dos polos: un grupo de aguas de tipo Ca-Mg / SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>, representadas por (COP-4, 8, 22 y 23), al sur de la cuenca, y un grupo de tendencia Na / Cl representado por (COP-12, 16 y 17), al noroeste de la cuenca.

Además de estos dos grupos, hay aguas de aportes de composición muy particulares. COP-1 es un agua que contiene casi exclusivamente Na (15%), Ca (35%) y SO<sub>4</sub> (47%). Su composición proviene obviamente de la redisolución de sales antiguas: sulfatos de sodio y calcio. Se puede observar en los diagramas triangulares que COP-23, aunque netamente distinta del agua sulfatada COP-1, es el agua del sector sur que más se aproxima a COP-1. También se puede notar que COP-4 tiene una composición porcentual muy parecida a la de COP-23, a pesar de ser 3,5 veces mas concentrada y estar a 13 km de distancia. Eso podría significar que COP-4 también recibe alguna influencia de una solución parecida a COP-1. El mecanismo de salinización de aguas diluidas por disolución de sulfatos antiguos podría ocurrir en otras partes de la cuenca. COP-2 es un agua termal (53 °C), ácida (pH = 2,28) y salina (STD = 6,7 g/l) de tipo Na-Mg / SO<sub>4</sub>. El agua mas diluida (COP-3, STD = 119 mg/l) se encuentra río abajo de la vertiente termal salada COP-2, sin evidenciar influencia de ella. El agua de la napa del extremo sur de la cuenca (COP-24) se acerca al tipo Na / SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>. Esta gran variedad de composiciones sugiere la existencia de varias napas, en formaciones geológicas distintas, que se mezclan antes de descargarse en el salar. Fijandose en la salinidad de los aportes, se nota una división nítida entre 4 aguas diluidas (COP-3, 24, 8 y 23) con salinidades entre 119 y 496 mg/l y todas las demás aguas netamente mas saladas, entre 905 y 9220 mg/l.

La figura 2 muestra la relación entre Cl y Na en todas las aguas del salar de Coposa. Las aguas de aporte (COP-5, 17, 16, 9, 7, 2 y 12) están sobre la recta de equimolaridad Na = Cl, lo que sugiere una redisolución de cloruro de sodio por estas aguas, o una influencia de la cuña salina del salar. Puesto que la vertiente COP-12 surge adentro del salar, su salinidad proviene probablemente de las mismas salmueras de Coposa. Entonces, además de COP-1 que redissuelve antiguos sulfatos, un cierto número de aguas de aporte reflejan por su alta salinidad y su contenido equimolar en Na y Cl la redisolución de antiguas evaporitas por debajo de las formaciones volcánicas de la cuenca de drenaje.



**Fig. 2.** Relación entre Cl y Na en meq/l en las aguas del salar de Coposa.

### Vías evolutivas

Las aguas de aporte del salar de Coposa siguen al evaporarse tres vías evolutivas. La mayor parte de las aguas siguen la vía neutra sulfatada. Cuatro aguas siguen la vía alcalina sulfatada y una la vía neutra calcica:

vía alcalina sulfatada: 7 - 8 - 22 - 24

vía neutra sulfatada: 1 - 3 - 4 - 5 - 9 - 12 - 17 - 23

vía neutra calcica: 16

Se nota que las cuatro aguas de vía alcalina sulfatada se encuentran en el sur de la cuenca. En el mismo sector, el agua COP-1 no sigue esta vía por tener una composición muy especial (Na-Ca / SO<sub>4</sub>). Como ya lo hemos dicho, podría tener influencia sobre COP-23, río abajo en el mismo sector, que tampoco sigue la vía alcalina sulfatada. La vía neutra sulfatada caracteriza sobre todo las aguas del sector occidental de la cuenca, las que alimentan directamente el salar. COP-16 es el agua de aporte ubicada más al norte en nuestro estudio que sigue la vía evolutiva neutra calcica. No se ha encontrado esta vía en ninguna de las cuencas más al norte (Huasco, Surire, Lauca, Cotacotani y Chungará). La relación con la geología de la cuenca no aparece claramente. Las antiguas evaporitas que contribuyen a lo esencial de la salinidad de los aportes no aparecen en la geología. Las evaporitas sulfatadas que se manifiestan en COP-1 parecen provenir de la Formación Collahuasi (andesitas paleozoicas). Las aguas de vía evolutiva neutra sulfatada, y el agua de evolución neutra calcica, provienen de la ignimbrita Huasco. En el salar del Huasco, esta misma ignimbrita (Tmp2) contiene aguas de vía evolutiva alcalina carbonatada, lo que corresponde perfectamente a este tipo de litología. Sin embargo, Vergara y Thomas (1984) señalan la presencia de niveles sedimentarios lacustres a la base de la formación que podrían explicar las vías evolutivas de tendencia más neutral observadas en Coposa. Las vías neutrales, y en particular la neutra calcica, están más relacionadas a terrenos sedimentarios.

## Calidad de agua

Las aguas de mejor calidad se encuentran en el sur de la cuenca, con la excepción notable de COP-1. La vertiente principal de la laguna Jachu Coposa (COP-5) presenta un alto contenido de boro para uso de riego y un ligero exceso en arsénico para uso doméstico.

## Química de las lagunas y de la salmuera subterránea.

Hemos recogido dos perfiles de aguas de concentración creciente: uno en la laguna principal (Jachu Coposa, COP-5, 15, 13, 14, 6, 10) y el otro, en una laguna más al norte cerca de la orilla occidental (COP-17, 18, 19, 20, 21). Además se sacó una muestra de la napa subterránea del salar (COP-11). Hemos simulado la evaporación de cada una de las aguas de aporte hasta llegar a la salinidad máxima de las lagunas y de la napa subterránea (Tabla.1). La columna "desviación" da el coeficiente de desviación (prueba adaptada del chi-cuadrado). Para poder comparar las composiciones calculadas *al equilibrio termodinámico* con las composiciones de las soluciones reales, se debe primero llevar las soluciones reales al equilibrio con los minerales que presentan sobresaturación. Las composiciones al equilibrio son COP-6eq y 21eq. En tanto, COP-11 no presenta sobresaturación marcada. Se puede observar que las concentraciones de algunos componentes de COP-21eq son más elevadas que en la solución natural COP-21. Eso se debe a que el principal mineral que precipita a partir de COP-21 para producir COP-21eq es la mirabilita:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . La cristalización de una molécula de este mineral consume 10 moléculas de agua, lo que concentra la solución residual.

El agua diluida cuya evaporación produce la salmuera más parecida a la de la laguna Jachu Coposa (COP-6) es el agua de la principal vertiente (COP-5) que alimenta la laguna. Sigue el agua de la napa (COP-7), cerca a la laguna, lo que sugiere que esta napa es la mezcla de la cuña salina del salar con aguas diluidas de aporte, por tanto su salinidad no se debe a la redisolución de evaporitas antiguas. En tercera posición tenemos el agua de napa (COP-9) que proviene de un sector diametralmente opuesto del salar. Las aguas cuya composición evaporada más discrepan con la laguna, son las más alejadas del salar (COP-1, 24, 23), en el sector sur.

Las mismas observaciones valen para la napa subterránea del salar y para el sistema lagunar (COP-18 a 21). Por su parte, COP-11 se parece más a la vecina vertiente evaporada (COP-12e) y a las napas evaporadas (COP-7e) y (COP-9e). El punto más sorprendente es la excelente similitud entre la salmuera más concentrada que se ha encontrado en el salar (COP-21) y el agua de napa evaporada (COP-9e) (que también se parece a la laguna Jachu Coposa y a la napa del salar). Hay que bien recalcar que no existe ningún aporte superficial por el norte y noreste del salar. No aparece ninguna lagunita que pudiera sugerir una descarga de napa en este sector del salar. Al contrario, es evidente en terreno que el sistema lagunar (COP-18 a 21) está alimentado por un conjunto de vertientes, siendo COP-17 la principal. Además, se puede notar en los diagramas triangulares, que COP-9 y COP-17 tienen concentraciones porcentuales bien distintas. No son las mismas aguas. La geología de los respectivos sectores de la cuenca también es diferente. La explicación más probable de esta similitud entre las salmueras del salar y el agua evaporada COP-9e del extremo noreste de la cuenca, es que COP-9 tiene una fuerte influencia de las salmueras mismas del salar. Estando COP-9 a unos 4 km del borde del salar, casi al límite entre las cuencas de Coposa y de Empexa, es poco probable que se trate de una cuña salina

relacionada con un cuerpo estático de salmuera (como COP-7). Más bien se debe tratar de la salmuera del salar moviéndose hacia la cuenca de Empexa y mezclándose con las aguas diluidas del noreste de la cuenca. La cuenca del salar de Coposa estaría hidrogeológicamente abierta hacia la cuenca del salar de Empexa.

### Balance hídrico de la laguna Jachu Coposa

La laguna Jachu Coposa es bien homogénea (ver COP-6 y COP-10) y tiene su principal aporte bien definido (COP-5). Se puede entonces estimar su balance hídrico. El parámetro menos preciso es la superficie promedia de la laguna. La altura de evaporación debe ser reducida en un factor 0,95 para tomar en cuenta la salinidad de la laguna. Se utiliza el cloruro como componente conservativo. El litio da resultados muy similares. Los parámetros así definidos son:

- $H_c = 1,24 \text{ m/año}$
- $H_p = 0,15 \text{ m/año}$
- $S = 5 \times 10^6 \text{ m}^2$
- $C_{ap} = 174 \text{ mg/l}$
- $C_L = 16400 \text{ mg/l}$

Volumen de aportes:  $V_{ap} = S(H_c - H_p)/(1 - C_{ap}/C_L) = 5,48 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año} = 174 \text{ l/s}$

Volumen de infiltraciones:  $V_i = S(H_c - H_p)/(C_L/C_{ap} - 1) = 58000 \text{ m}^3/\text{año} \approx 1,8 \text{ l/s}$

La altura de infiltración es de 11 mm/año.

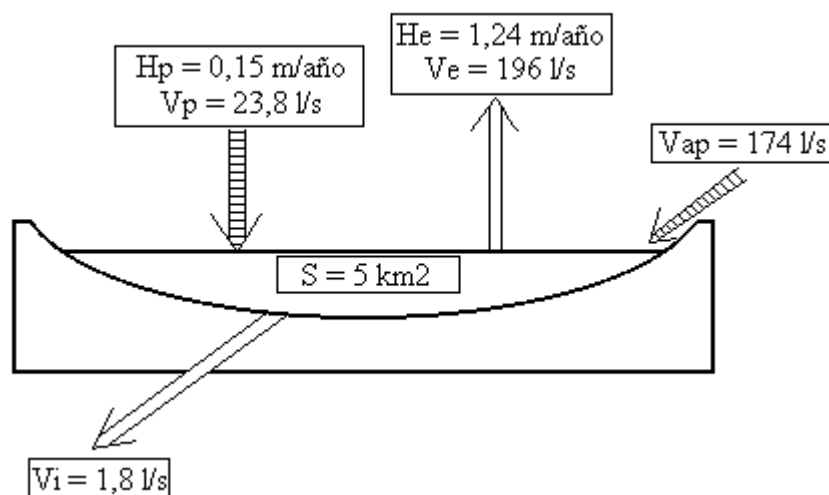


Fig.3 : Balance hídrico de la laguna Jachu Coposa

### Balance hídrico del salar

Se puede intentar una estimación a nivel de orden de magnitud del balance hídrico del salar. La napa de salmuera subterránea se encuentra a unos 50 cm de profundidad en sedimentos limosos. La altura de evaporación en estas condiciones se encuentra reducida, muy aproximadamente, al 15% de la evaporación de un agua libre. Además hay que reducir esta altura de un factor 0,9 por la salinidad de la napa. La altura de evaporación es entonces:

$$H = 1,3 \times 0,9 \times 0,15 = 0,175 \text{ m/año}$$

Siendo la superficie seca del salar de  $80 \text{ km}^2$ , el volumen evaporado a través de la superficie es:

$$V = 80 \times 106 \times 0,175 = 14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año} = 444 \text{ l/s}$$

El volumen total evaporado en suelos y lagunas es de  $444 + 196 = 640 \text{ l/s}$ . Es exactamente el mismo valor que obtuvieron Grilli y Vidal (1986) utilizando la fórmula de Turc para establecer el balance hídrico del salar. Por supuesto, esta concordancia es pura coincidencia pues se trata de un grueso orden de magnitud. Si se aplican los valores de evaporación de napa medidos por Grilli y Vidal (1986) en los limos del salar de Atacama, se encuentra un factor de reducción de la evaporación de 18%, un volumen evaporado de salmuera subterránea de  $533 \text{ l/s}$  y un volumen total evaporado de  $723 \text{ l/s}$ . Estos valores llevan a un coeficiente de escurrimiento aproximado de 0,13.

Henriquez y Montti (1976) establecieron un mapa de isoconcentración de la napa del salar. La salinidad de la única salmuera que hemos muestreado (COP-11,  $112 \text{ g/l}$ ) se ajusta bien a este mapa. El promedio de salinidad de la napa es aproximadamente de  $60 \text{ g/l}$ . Si suponemos que la napa se encuentra en equilibrio dinámico, es decir que todas las sales que entran por los aportes diluidos salen hacia Empexa por el noreste de la cuenca, podemos aplicar la ecuación de conservación de masa:

$$V_{\text{ap}} \times C_{\text{ap}} = V_{\text{exit}} \times C_{\text{napa}}$$

con  $V_{\text{ap}}$  = volumen de los aportes.

En el caso de una napa subterránea podemos, en primera aproximación, igualarlo al volumen evaporado ( $444 \text{ l/s}$ ).  $C_{\text{ap}}$  es la concentración promedio de un componente conservativo de los aportes (cloruro). Los dos principales aportes superficiales que hemos encontrado (COP-5 y COP-17) tienen una concentración promedio en cloruro de  $330 \text{ mg/l}$ .  $C_{\text{napa}}$  corresponde a la mitad de la concentración en cloruro de COP-11 o sea  $25000 \text{ mg/l}$ . El volumen de salmuera que sale de la cuenca es entonces del orden de  $6 \text{ l/s}$ . Repetimos que este valor es solamente un grueso orden de magnitud. Sin embargo, se puede afirmar que los volúmenes de salmuera del salar que salen de la cuenca son despreciables, pero no las cantidades de sales, puesto que estas pérdidas determinan las concentraciones de la napa. Ahora bien, hemos visto que al salir de la cuenca, las salmueras se mezclan con aguas diluidas que también deben salir de la cuenca, lo que aumenta el caudal saliente.

## Conclusiones.

Las aguas de aporte del salar de Coposa muestran una gran variedad de composición. La mayoría se reparten entre dos polos:

- aguas de tipo Ca-Mg /  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3$  y de vía evolutiva alcalina sulfatada al sur de la cuenca

- aguas de tipo Na / Cl y de vía evolutiva neutra sulfatada al oeste de la cuenca

Además existen aguas de composición particular: una vertiente ácida y otra conteniendo casi exclusivamente sulfatos de sodio y calcio. Se encontró también en la cuenca de Coposa el agua de vía evolutiva neutra calcica ubicada más al norte en la cordillera andina. No aparece una relación clara con la geología de la cuenca de drenaje.

La composición química de las lagunas superficiales y de la napa subterránea del salar corresponden a las aguas de aporte evaporadas del oeste de la cuenca. Las pérdidas de agua por

evaporación a partir del salar son del orden de 600 a 700 l/s. La salmuera de la napa del salar fluye lentamente afuera de la cuenca, hacia el salar de Empexa. El salar de Coposa no es una cuenca totalmente cerrada.

### **Referencias y estudios anteriores**

**Grilli, A. y Vidal, F.** 1986. Evaporación desde salares: metodología para evaluar los recursos hídricos renovables. Aplicación a las regiones I y II. Dirección General de Aguas, Departamento de Hidrología, Publicación Interna SDEH 86/4, 19p.

**Henríquez H. y Montti S.** 1976. Estudio hidrogeológico de los salares Coposa y Michincha. Instituto de Investigaciones Geológicas, Sección de Hidrogeología, 42p.

**Montgomery, E.L. and Harshbarger J.W.** 1985. Groundwater development from salar basins in the arid andean highlands of northern Chile. IV Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, 19-24 Agosto de 1985, Actas, 5, 36-53.

**Tabla 1 :** Comparación de las aguas de aporte evaporadas con las aguas del salar de Coposa  
ALC = alcalinidad en meq/l. Otros componentes en mg/l.

**COP-6**

NUMERO	PH	ALC	NA	K	LI	CA	MG	CL	SO4	B	SI	STD	DESV.
COP-6	8,43	6,71	10800	1130	28,7	782	2480	16400	13200	93,0	22,1	45000	
<b>COP-6eq</b>	<b>8,17</b>	<b>2,34</b>	<b>10700</b>	<b>1130</b>	<b>28,7</b>	<b>652</b>	<b>2450</b>	<b>16400</b>	<b>12900</b>	<b>93,0</b>	<b>22,1</b>	<b>45000</b>	
COP-5E	8,14	2,53	9560	1130	22,3	584	3060	14000	15900	116	29,0	45000	0,033
COP-7E	8,16	2,06	11200	884	37,1	641	2550	19700	9510	76,7	28,3	45000	0,035
COP-9E	8,08	1,75	12500	1310	29,2	832	1390	19700	8710	85,7	28,2	45000	0,066
COP-12E	8,10	1,46	12200	1670	33,4	784	1430	19000	9590	49,8	28,7	45000	0,103
COP-17E	8,31	3,14	13200	1220	29,8	311	1220	18200	10100	107	29,0	45000	0,117
COP-22E	8,14	2,85	8620	1170	57,0	510	3310	10000	20400	141	29,5	45000	0,132
COP-8E	8,21	4,13	9260	2050	26,8	500	2400	8750	20700	216	30,1	45000	0,173
COP-4E	8,08	2,48	6830	643	24,4	479	4610	7910	23700	124	29,1	45000	0,200
COP-16E	7,91	1,09	12600	597	19,7	1670	1450	24300	4000	68,8	27,5	45000	0,298
COP-3E	8,21	7,13	8720	1760	21,3	494	2430	6520	21300	443	30,4	45000	0,318
COP-23E	8,10	2,25	6550	1620	5,50	469	4300	6490	24900	101	29,8	45000	0,386
COP-24E	8,53	5,66	12500	2180	15,5	157	536	6900	21500	139	31,3	45000	0,511
COP-1E	8,31	2,80	13800	443	8,22	483	156	4550	24900	89,3	30,9	45000	0,705

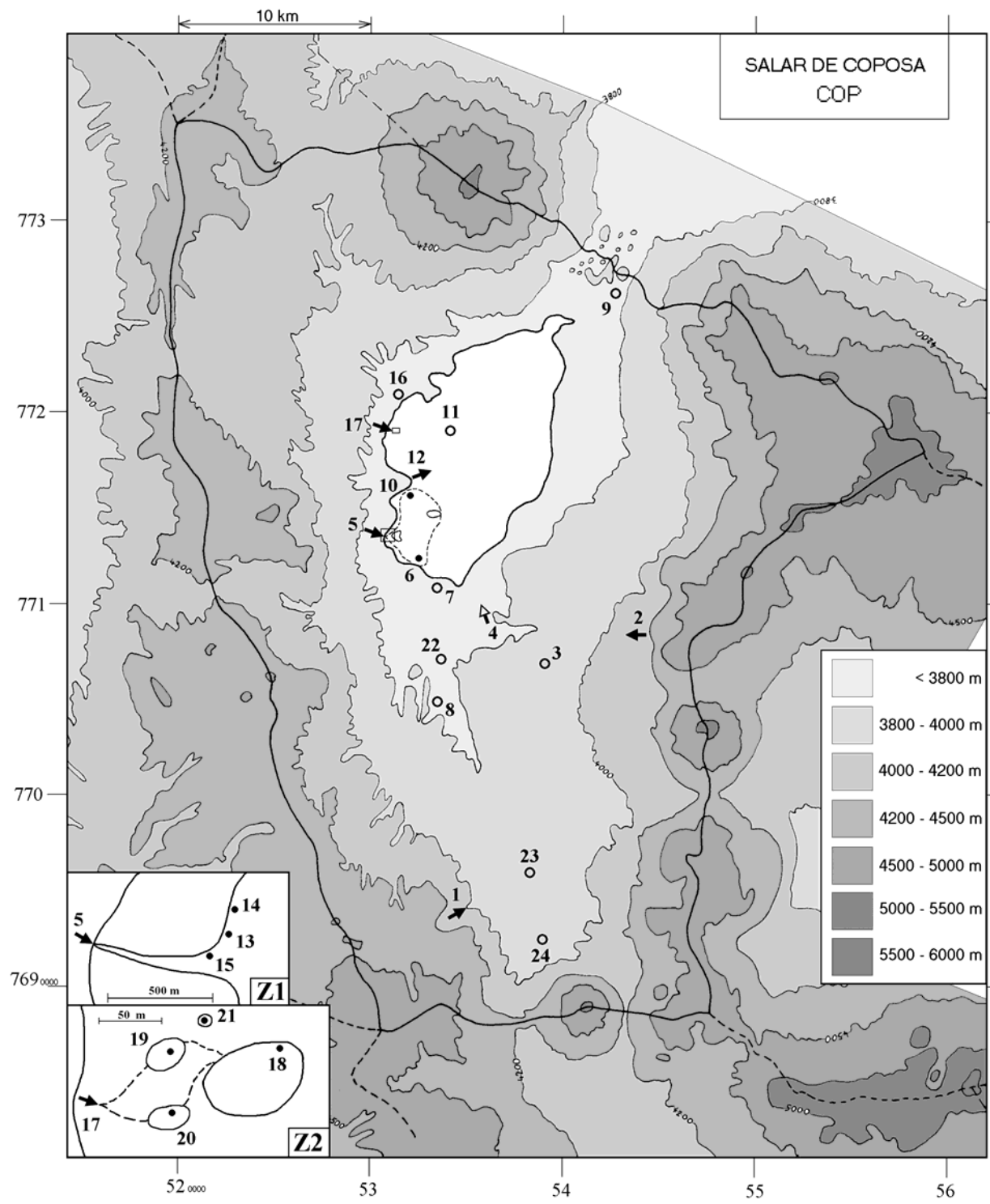
**COP-21**

NUMERO	PH	ALC	NA	K	LI	CA	MG	CL	SO4	B	SI	STD	DESV.
COP-21	7,50	27,1	102000	9030	251	350	10100	157000	50300	557	9,35	330760	
<b>COP-21eq</b>	<b>6,53</b>	<b>2,59</b>	<b>95800</b>	<b>9710</b>	<b>270</b>	<b>376</b>	<b>10500</b>	<b>169000</b>	<b>27100</b>	<b>598</b>	<b>10,1</b>	<b>317000</b>	
COP-9E	7,43	9,05	91500	11000	246	390	11600	166000	28200	722	6,44	313000	0,028
COP-17E	7,40	8,95	93200	11200	272	514	10900	166000	29300	885	8,33	317000	0,033
COP-12E	7,50	5,64	89000	14600	292	487	12500	166000	31600	436	8,30	317000	0,045
COP-7E	7,38	9,79	79500	7480	314	377	21500	167000	37000	649	7,23	317000	0,082
COP-1E	6,56	3,28	88100	14300	266	515	5040	147000	25200	2020	8,31	292000	0,199
COP-5E	7,28	19,0	56600	11900	234	277	32000	147000	61400	1220	7,35	317000	0,263
COP-24E	6,93	5,67	68300	40700	306	194	9820	136000	46400	1910	11,3	317000	0,349
COP-16E	7,36	7,00	99100	4700	155	1700	11400	191000	4100	542	5,16	315000	0,504
COP-22E	7,26	24,3	41500	13300	645	248	37400	113000	101000	1570	8,41	317000	0,516
COP-8E	6,95	14,0	43800	25100	340	187	30200	111000	94100	2150	9,83	317000	0,546
COP-4E	7,21	22,5	32900	6910	262	204	44500	85000	139000	1340	7,80	317000	0,586
COP-3E	6,53	12,5	39800	21300	259	316	29500	79300	111000	4010	11,7	317000	0,638
COP-23E	7,42	16,4	31800	15200	52	298	40400	61100	162000	955	11,2	317000	0,763

**COP-11**

NUMERO	PH	ALC	NA	K	LI	CA	MG	CL	SO4	B	SI	STD	DESV.
COP-11	7,52	8,80	31100	3080	89,5	742	4930	50800	20400	101	22,1	112000	0,025
COP-12E	8,06	2,78	31500	4300	86,1	788	3690	48900	21800	129	22,5	112000	0,025
COP-7E	7,95	3,39	28500	2260	94,6	782	6490	50300	22200	196	21,5	112000	0,061
COP-9E	8,05	4,05	32400	3390	75,6	825	3580	50900	19400	222	21,2	112000	0,071
COP-17E	8,11	5,02	33000	3050	74,2	729	3000	45300	25100	267	23,0	112000	0,113
COP-5E	7,95	4,82	24400	2900	57,1	579	7800	35900	38400	297	23,0	112000	0,200
COP-22E	7,96	5,79	21900	2980	145	529	8410	25500	50200	358	24,0	112000	0,316
COP-16E	7,81	2,40	33300	1580	52,1	2330	3840	64100	5590	182	19,6	112000	0,353
COP-8E	8,04	8,56	23600	5200	68,3	542	6080	22200	50900	549	25,3	112000	0,382
COP-1E	8,03	8,20	33800	3740	69,5	650	1320	38500	29900	669	23,2	112000	0,384
COP-4E	7,92	5,33	17400	1630	62,0	492	11700	20100	58600	316	23,3	112000	0,443
COP-24E	8,27	10,2	28700	7960	56,7	570	1830	25200	43600	509	26,3	112000	0,468
COP-3E	7,92	12,5	22200	4500	54,4	544	6200	16600	52900	1050	25,8	112000	0,520
COP-23E	7,94	4,46	16600	4110	14,0	501	10900	16500	61600	258	24,7	112000	0,614

➔ MANANTIAL FLUYENTE	➔ RIO, RIACHUELO	○ POZO
➔ MANANTIAL DIFUSO	• LAGUNA, POZA	□ CALICATA, DREN, CAPTACION



**SALAR DE COPOSA  
COP**

NUMERO	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM		ALTURA METROS	TIPO DE MUESTRA
			ESTE	NORTE		
<b>COP-1</b>	11/04/97	09 <sup>H</sup> 55	534979	7694118	4000	Manantial corriente (CSW-5 Collahuasi)
<b>COP-2</b>	11/04/97	11 <sup>H</sup> 30	543176	7708271	4025	Manantial corriente (CSW-7)
<b>COP-3</b>	11/04/97	12 <sup>H</sup> 20	537930	7706407	3844	Napa (pozo PVC de observación CWE-20)
<b>COP-4</b>	11/04/97	13 <sup>H</sup> 35	535976	7709324	3745	Manantial difuso
<b>COP-5</b>	11/04/97	14 <sup>H</sup> 15	530528	7713673	3745	Manantial corriente (CSW-21)
<b>COP-6</b>	11/04/97	16 <sup>H</sup> 50	532369	7712237	3743	Laguna Jachu Coposa sector sur
<b>COP-7</b>	11/04/97	17 <sup>H</sup> 20	533508	7710737	3755	Napa (pozo PVC de observación CWE-19)
<b>COP-8</b>	11/04/97	18 <sup>H</sup> 00	533362	7705072	3790	Napa (pozo PVC de observación CWE-18)
<b>COP-9</b>	12/04/97	10 <sup>H</sup> 35	542628	7725798	3745	Napa (pozo PVC de observación CWE-15)
<b>COP-10</b>	12/04/97	12 <sup>H</sup> 45	532133	7715622	3743	Laguna Jachu Coposa sector norte
<b>COP-11</b>	12/04/97	14 <sup>H</sup> 35	533975	7718014	3743	Napa salar (pozo PVC observación CMW-23)
<b>COP-12</b>	12/04/97	15 <sup>H</sup> 00	532750	7716425	3730	Napa (ojo alimentando lagunita)
<b>COP-13</b>	12/04/97	16 <sup>H</sup> 05	531259	7713708	3743	Laguna pequeña
<b>COP-14</b>	12/04/97	16 <sup>H</sup> 25	531300	7713909	3743	Laguna pequeña
<b>COP-15</b>	12/04/97	16 <sup>H</sup> 40	531120	7713595	3743	Laguna pequeña
<b>COP-16</b>	12/04/97	17 <sup>H</sup> 40	531289	7720834	3745	Napa (pozo 38 en producción)
<b>COP-17</b>	13/04/97	10 <sup>H</sup> 30	531181	7718644	3730	Manantial corriente
<b>COP-18</b>	13/04/97	10 <sup>H</sup> 40	531331	7718699	3743	Laguna
<b>COP-19</b>	13/04/97	11 <sup>H</sup> 10	531231	7718674	3743	Poza de evaporación
<b>COP-20</b>	13/04/97	11 <sup>H</sup> 25	531219	7718639	3743	Poza de evaporación
<b>COP-21</b>	13/04/97	11 <sup>H</sup> 40	531256	7718714	3743	Poza de evaporación
<b>COP-22</b>	13/04/97	13 <sup>H</sup> 15	533666	7706944	3760	Napa (pozo CP-3 en prueba de bombeo)
<b>COP-23</b>	13/04/97	16 <sup>H</sup> 00	537396	7696042	3840	Napa (pozo 14 en producción)
<b>COP-24</b>	13/04/97	16 <sup>H</sup> 40	538776	7692555	3980	Napa (pozo hierro de observación CWE-1)

**SALAR DE COPOSA  
COP**

NUMERO	CEL	T	O2	DS	PH	ALC	CL	Br	I	SO4	NO3	B	SI	AS	NA	K	LI	CA	MG	AL	FE
COP-1	2230	21	0,2	1,001	8,28	0,266	61,1	0,140	0,046	1210	na	1,20	11,7	0,0742	186	5,94	0,110	375	2,09	na	na
COP-2	11370	53,4	0,0	1,007	2,28	-11,8	1560	1,97	0,023	3730	na	22,5	103	0,259	886	204	1,20	258	552	52,1	42
COP-3	150,0	13,9	na	1,000	7,03	0,157	9,55	0,031	0,0034	37,9	1,6	0,649	32,2	0,0298	13,9	2,58	0,031	7,46	3,57	na	na
COP-4	2190	13,7	0,2	1,001	8,38	3,78	188	0,159	0,015	794	na	2,96	28,8	0,170	162	15,3	0,580	184	112	na	na
COP-5	1285	18,5	4,2	1,000	6,41	3,18	174	0,178	0,021	242	na	1,44	35,6	0,0610	115	14,0	0,276	87,0	37,9	na	na
COP-6	53800	7,7	6,2	1,037	8,43	6,71	16400	14,4	0,626	13200	na	93,0	22,1	2,62	10800	1130	28,7	782	2480	na	na
COP-7	4690	11,3	na	1,003	7,15	11,8	1010	0,341	0,036	488	na	3,93	54,0	0,224	573	45,4	1,90	214	163	na	na
COP-8	448,0	12,6	na	1,000	6,74	2,40	27,6	0,063	0,0061	66,5	na	0,681	24,2	0,0008	29,2	6,45	0,085	32,1	17,7	na	na
COP-9	4110	16,3	na	1,003	7,73	1,89	753	0,209	0,0084	1030	na	3,28	39,2	0,365	483	50,0	1,12	362	53,0	na	na
COP-10	53800	14	5,8	1,037	8,40	7,31	16400	12,9	0,874	12800	na	92,5	18,1	2,09	10600	1130	27,2	782	2430	na	na
COP-11	121700	9,9	na	1,084	7,52	8,80	50800	2,33	0,142	20400	na	101	22,1	0,580	31100	3080	89,5	742	4930	na	na
COP-12	13300	11,1	0,3	1,007	7,74	11,3	3450	nd	0,053	1910	na	8,88	34,7	0,475	2130	297	5,95	445	255	na	na
COP-13	5350	14	8,7	1,003	8,89	2,32	1150	0,975	0,197	1030	na	8,29	25,2	0,188	715	80,2	1,82	201	157	na	na
COP-14	16890	13,4	7,0	1,010	8,87	3,14	4300	3,36	0,294	3420	na	28,5	27,6	0,530	2740	317	7,29	380	593	na	na
COP-15	1406	16,7	9,9	1,000	7,89	3,52	199	0,191	0,040	240	na	1,63	30,5	0,0786	129	14,9	0,326	91,8	43,7	na	na
COP-16	2850	12,6	na	1,001	7,98	1,07	742	0,175	0,0083	235	na	2,10	17,4	0,0060	382	18,2	0,600	119	44,2	na	na
COP-17	2450	7	0,0	1,001	7,07	4,47	486	0,284	0,086	269	na	2,84	31,9	0,339	350	32,5	0,791	93,4	34,0	na	na
COP-18	82400	7,6	3,8	1,053	8,19	8,29	28600	15,3	0,632	14900	na	133	44,8	13,5	20200	1970	49,3	1130	1730	na	na
COP-19	24100	14,5	6,1	1,013	8,59	5,69	6640	3,68	0,428	3820	na	32,0	30,8	4,08	5080	438	10,1	305	340	na	na
COP-20	6580	10,2	8,8	1,003	9,10	3,00	1550	0,831	0,140	865	na	7,50	19,7	0,951	1160	102	2,35	79,0	92,1	na	na
COP-21	204000	20,6	0,3	1,226	7,50	27,1	157000	66,2	14,0	50300	na	557	9,35	53,1	102000	9030	251	350	10100	na	na
COP-22	1343	22,2	na	1,000	6,68	7,20	107	0,129	0,030	228	na	1,50	40,3	0,139	92,0	12,5	0,608	92,6	76,8	na	na
COP-23	688,0	17,5	na	1,000	7,80	1,21	40,1	0,082	0,0066	217	na	0,627	29,7	0,0196	40,5	10,0	0,034	57,3	26,7	na	na
COP-24	372,0	21,1	na	1,000	7,96	0,980	26,2	0,071	0,010	81,1	0,81	0,530	26,8	0,0058	47,8	8,29	0,059	15,5	4,64	na	na

T = temperatura en C. DS = densidad en g/ml. ALC = alcalinidad en meq/l.  
 CEL = conductividad en micromhos/cm. Otros componentes en mg/l. nd = no detectado. na = no analizado.

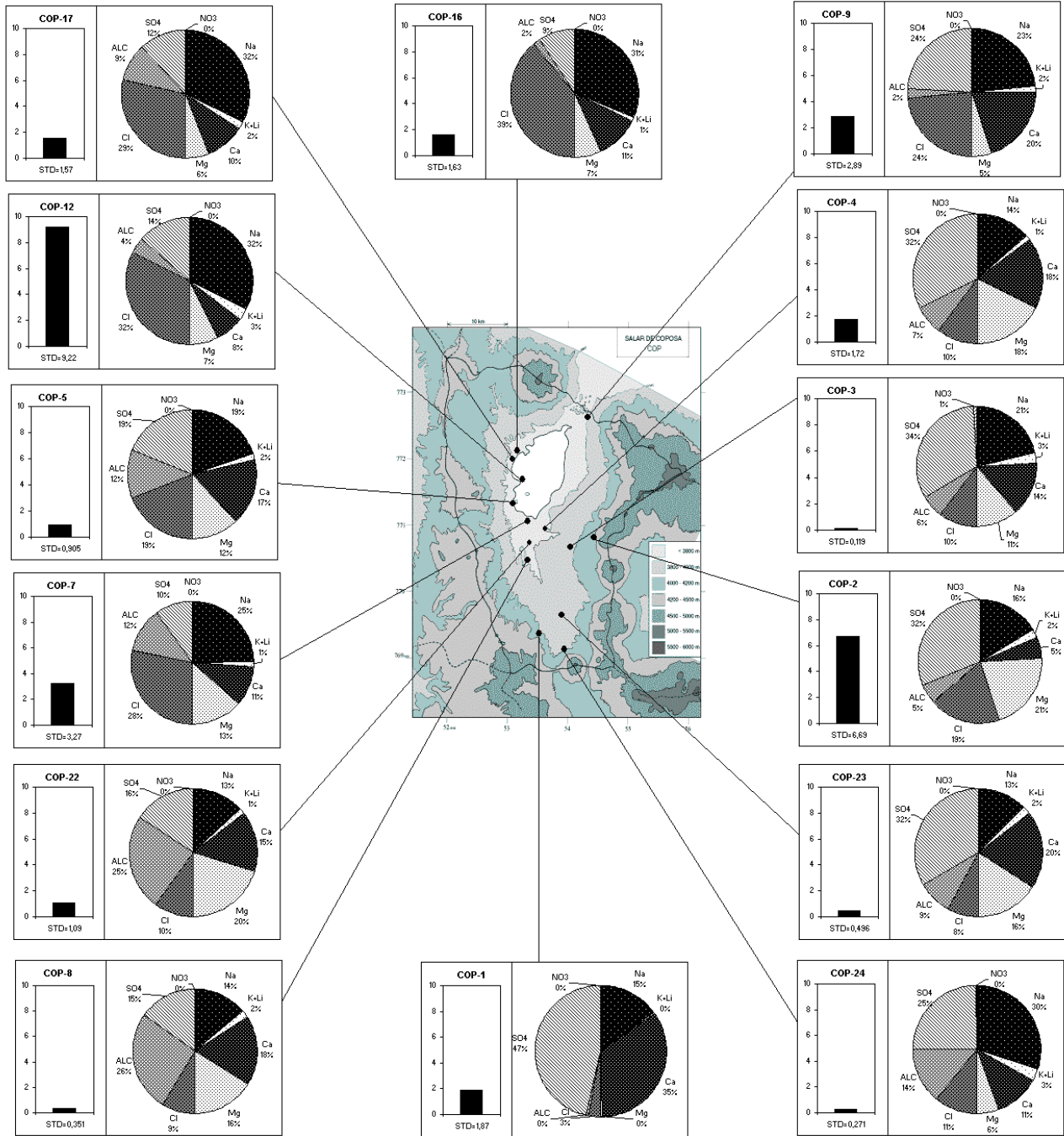
**SALAR DE COPOSA  
COP**

NUMERO	STD	HCO3	CO3	CO2	S (+)	S (-)	DIF. %
COP-1	1869	13,2	0,60	0,10	27,11	27,19	0,3
COP-2	7415	-	-	-	110,2	109,9	0,3
COP-3	119,1	9,46	0,0	1,6	1,343	1,241	7,9
COP-4	1716	209	8,64	1,4	25,91	25,62	1,1
COP-5	905,4	194	0,06	110	12,88	13,11	1,8
COP-6	45233	215	29,4	1,0	744,1	741,7	0,3
COP-7	3274	714	1,92	79	50,43	50,46	0,1
COP-8	350,8	146	0,06	48	4,503	4,563	1,3
COP-9	2887	111	1,32	3,0	44,86	44,49	0,8
COP-10	44715	233	35,2	1,0	734,9	734,3	0,1
COP-11	111772	465	16,3	15	1885	1865	1,1
COP-12	9221	671	8,58	18	144,1	148,3	2,9
COP-13	3508	93,3	13,3	0,18	56,33	56,02	0,6
COP-14	11997	84,8	18,4	0,15	195,9	195,3	0,3
COP-15	975,1	209	2,16	4,1	14,24	14,12	0,8
COP-16	1626	62,8	0,78	1,1	26,73	26,87	0,5
COP-17	1573	272	0,30	44	23,61	23,77	0,7
COP-18	69271	325	24,8	2,6	1133	1125	0,7
COP-19	17050	251	22,6	0,79	276,9	272,3	1,7
COP-20	4060	124	17,6	0,15	64,96	64,62	0,5
COP-21	330761	-	-	-	5547	5485	1,1
COP-22	1091	439	0,36	130	15,35	14,97	2,5
COP-23	495,6	72,0	0,48	1,8	7,081	6,860	3,2
COP-24	271,3	58,1	0,36	0,97	3,456	3,422	1,0

NUMERO	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
COP-1	-14,24	-107
COP-2	-8,39	-76
COP-5	-12,69	-98

Análisis de oxígeno-18  
y deuterio

Valores calculados (en mg/l). STD = sales totales disueltas.  
S(+) = suma de los cationes; S(-) = suma de los aniones (meq/l); DIF.% = diferencia en %





**MAPA GEOLOGICO**  
**Y**  
**VIAS EVOLUTIVAS**

## COP

- Qal** : *Cuaternario*. Depósitos aluviales: bolones, gravas, arenas y arcillas.
- Qip(s)** : *Pleistoceno*. Cenizas de lapilli con niveles de limos, arcillas y diatomeas.
- Qip(i)** : *Pleistoceno*. Tobas de lapilli dacíticas.
- TPt** : *Plioceno - Pleistoceno*. Depósitos aterrazados. Gravas, limos y tobas.
- TPlv** : *Plioceno sup. - Pleistoceno*. Estrato-volcanes andesíticos y dacíticos no erosionados.
- TPv** : *Plioceno*. Estrato-volcanes andesíticos y dacíticos moderadamente erosionados.
- TMv** : *Mioceno medio - Plioceno*. Estrato-volcanes andesíticos y dacíticos intensamente erosionados.
- Tsh** : *Terciario*. Ignimbrita Huasco. Ignimbritas riolíticas y dacíticas.
- Tg-c-m** : *Terciario (Paleogeno)*. Rocas plutónicas: cuazo-monzonita y monzodiorita cuarcífera.
- Pzgr** : *Pérmico*. Granito Chara.
- Pzc(s)** : *Carbonífero - Pérmico inf.* Fm. Collahuasi. Dacitas y riolitas, tobas, areniscas y calizas en lentes intercaladas.
- Pzc(m)** : *Carbonífero - Pérmico inf.* Fm. Collahuasi. Andesitas y tobas andesíticas.
- alt hi** : alteración hidrotermal.

