

SALAR DE PUNTA NEGRA

Introducción

El salar de Punta Negra se encuentra en la II Región, en una depresión tectónica entre la Cordillera de Domeyko y la Cordillera de los Andes, al sur del salar de Atacama. Su cuenca se caracteriza por grandes variaciones morfológicas, climatológicas y geológicas. El imponente volcán Llullaillaico, que cierra la cuenca al este, culmina a 6800 m de altura, es decir 4000 m más arriba que el salar. Las precipitaciones, casi nulas en la Cordillera de Domeyko, ascienden a 250 mm/año en la Cordillera de los Andes. En cuanto a la geología de la cuenca, es una mezcla compleja de terrenos sedimentarios, de formaciones volcánicas y de rocas plutónicas. El salar es una costra de sal (yeso y halita) con pocas y pequeñas lagunas someras. Sus principales características morfométricas y climatológicas son:

- altura de salar: 2945 m
- superficie de la cuenca: 4263 km²
- superficie del salar: 250 km²
- superficie de las lagunas 0,1 - 0,2 km²
- precipitaciones: 50 mm/año (salar) - 250 mm/año (cuenca oriental)
- evaporación potencial: 2000 mm/año (salar)
- temperatura media: 10°C (salar)

El descubrimiento del yacimiento de cobre de Minera Escondida incentivo numerosos estudios sobre la hidrogeología de la cuenca. La empresa minera explota las napas del sector oriental de la cuenca. Además de los estudios hidrogeológicos, cabe señalar que Minera Escondida, en su programa de gestión ambiental, monitorea los parámetros físicos, químicos y biológicos de las lagunas del salar.

Composición de las aguas

Se puede distinguir claramente cuatro grupos de agua según su posición en la cuenca :

- el anillo exterior : son aportes en sectores elevados de la cuenca, tales como vertientes fluyentes, ríos y una napa.
- el anillo interior : son napas cerca, pero no pegadas, a la orilla del salar.
- aguas de orilla : son napas o vertientes difusas pegadas a la orilla.
- las lagunas dentro del salar.

La tabla 1 resume las características químicas de las aguas de cada grupo. La figura 1 presenta las composiciones de los componentes mayores en diagramas triangulares. Aparece enseguida una característica bien peculiar : la alta salinidad de la mayor parte de los aportes del anillo exterior,

es decir de las aguas ubicadas más arriba en la cuenca. Las aguas del anillo interior, mucho más cercanas al salar, no tienen mayor salinidad, como podría esperarse. Las aguas de la orilla, pegadas al salar, tienen una salinidad elevada probablemente a causa de una cuña salina o de la pre-evaporación de las napas al llegar a las orillas.

	<u>SALINIDAD</u>	<u>TIPO QUÍMICO</u>		<u>VIA EVOLUTIVA</u>
	(mg/l)	<u>CATIONES</u>	<u>ANIONES</u>	
<u>ANILLO EXTERIOR</u>				
PUN-22	196	Na-Ca- (Mg)	/ HCO3-SO4- (Cl)	CO3
PUN-23	272	Ca-Na- (Mg)	/ HCO3-SO4- (Cl)	SO4 (N)
PUN-12	816	Na-Ca- (Mg)	/ SO4- (Cl) - (HCO3)	SO4 (N)
PUN-13	1206	Na-Ca- (Mg)	/ SO4-Cl- (HCO3)	SO4 (N)
PUN-15	2945	Na- (Ca) - (Mg)	/ Cl- (SO4)	SO4 (N)
PUN-17	3197	Na- (Ca) - (Mg)	/ Cl- (SO4)	Ca
PUN-14	5400	Na- (Ca) - (Mg)	/ SO4-Cl- (HCO3)	SO4 (N)
<u>ANILLO INTERIOR</u>				
PUN-24	480	Na- (Ca)	/ Cl- (SO4)	Ca
PUN-19	549	Na- (Ca)	/ Cl- (HCO3) - (SO4)	CO3
PUN-21	603	Na-Ca	/ Cl- (SO4) - (HCO3)	Ca
PUN-20	636	Na	/ Cl-HCO3- (SO4)	CO3
PUN-18	2818	Na- (Ca)	/ Cl- (SO4)	Ca
PUN-16	3325	Na-Ca- (Mg)	/ Cl- (SO4)	Ca
PUN-11	3735	Na- (Mg) - (Ca)	/ Cl- (SO4) - (HCO3)	SO4 (A)
<u>ORILLA</u>				
PUN-8	6877	Na	/ Cl	Ca
PUN-4	10432	Na- (Ca) - (Mg)	/ Cl	Ca
PUN-10	14160	Na-Ca	/ Cl	Ca
<u>LAGUNAS</u>				
PUN-7	9451	Na	/ Cl	Ca
PUN-3	10532	Na- (Ca) - (Mg)	/ Cl- (SO4)	Ca
PUN-2	12750	Na- (Ca) - (Mg)	/ Cl- (SO4)	Ca
PUN-5	17815	Na- (Ca) - (Mg)	/ Cl	Ca
PUN-1	20245	Na- (Ca) - (Mg)	/ Cl- (SO4)	Ca
PUN-9	41958	Na- (Ca)	/ Cl	Ca
PUN-6	233344	Na	/ Cl	Ca

Tabla 1 : Salinidades, tipos químicos y vías evolutivas de las aguas de Punta Negra
CO₃ = vía carbonatada ; SO₄ (A) = vía alcalina sulfatada
SO₄ (N) = vía neutra sulfatada ; Ca = vía calcica.

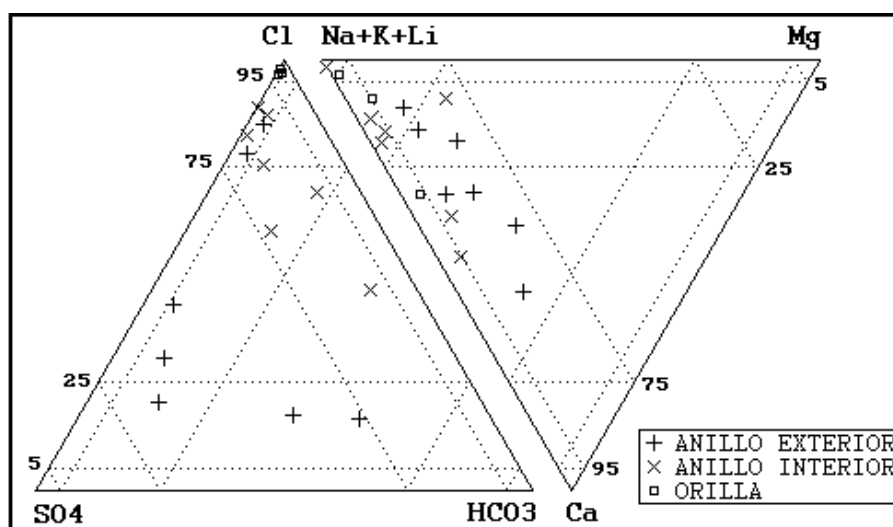


Fig.1 : Composición de las aguas de aporte del salar de Punta Negra

Origen de las sales disueltas

Las aguas *diluidas* de los dos anillos (22, 23, 19, 21, 24) no plantean mayor problema en cuanto al origen de sus componentes disueltos por alteración de rocas. La vertiente (22), que surge en las faldas del volcán Lullaillaico, con Na y HCO_3 como componentes principales, es una típica agua de alteración de roca volcánica. El agua del río (23) tiene Ca como catión principal, lo que refleja los terrenos mayormente sedimentarios que lixivian. La composición de las aguas de napa (19, 21 y 24), con Na y Cl dominantes, corresponde a terrenos sedimentarios predominantes alrededor del salar.

Se plantea un problema de contaminación para el agua de napa (20). Su pH muy elevado (9,70) asociado a un contenido anormalmente bajo de Mg (0,06 mg/l) indica casi seguramente una contaminación por los cementos del pozo. El calcio es probablemente también afectado porque un aumento de pH induce la transformación del bicarbonato en carbonato, lo que provoca la precipitación de carbonato de calcio. La vecina agua de napa (19) tiene también un pH un poco elevado (9,01), pero no presenta reducción apreciable de su contenido de magnesio. Podría entonces presentar una muy leve contaminación de la misma índole.

El problema principal es el origen de la alta salinidad de gran parte de las aguas de aporte. Si para las tres aguas salobres del anillo interior (11, 16 y 18) se podría abogar el efecto de la cuña salina del salar, eso no puede ser para las aguas salobres del anillo exterior. Tales salinidades en aguas de aportes se deben casi siempre a la disolución de antiguas evaporitas o salmueras. Hemos buscado correlaciones equimolares entre cationes y aniones que indiquen sales evaporíticas redisueltas. Las presentamos en la figura 2. El agua de vertiente 14 del anillo exterior es la más concentrada (5,4 g/l) de todas las aguas de aporte de los dos anillos. Su composición debería reflejar más nitidamente las influencias de las sales o salmueras redisueltas. Por eso indentificamos esta agua en cada diagrama.

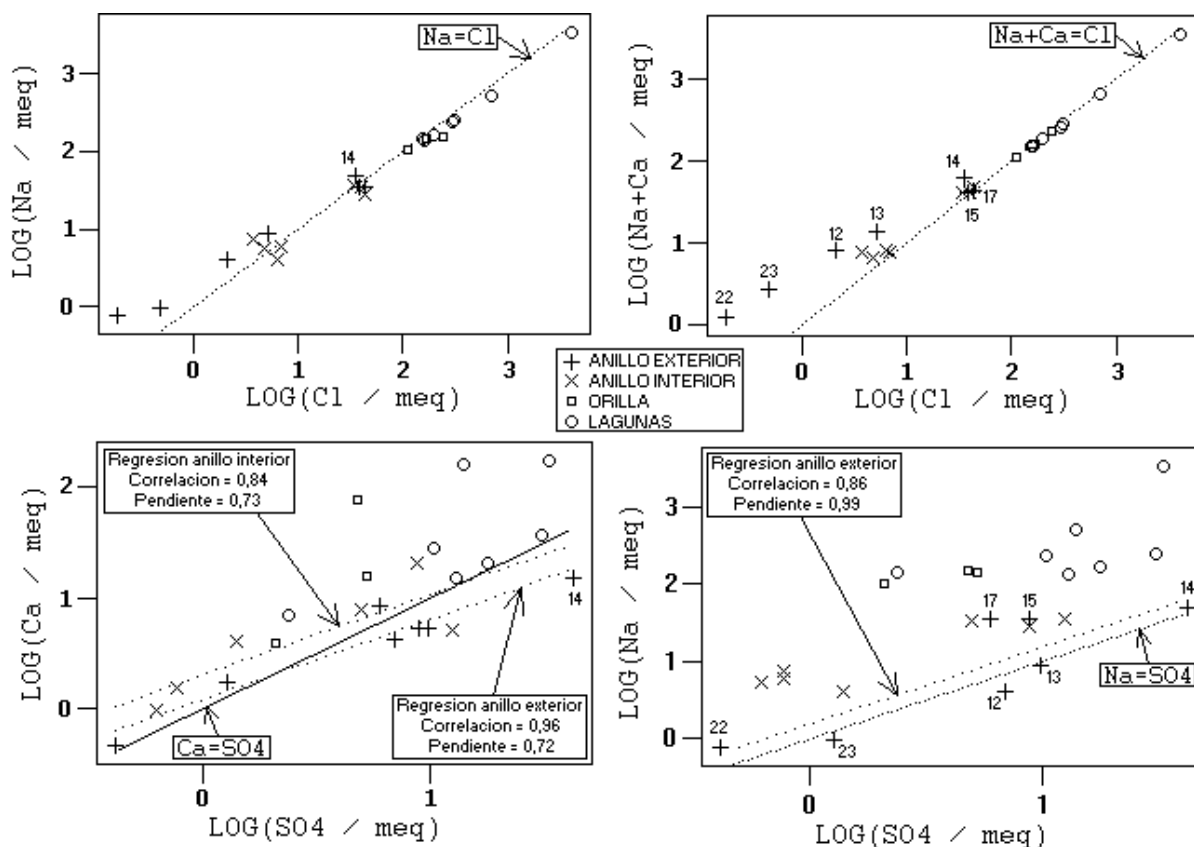


Fig.2 : Correlaciones entre los principales cationes y aniones en las aguas de Punta Negra.

En el diagrama Na / Cl los puntos representativos de las aguas de aporte de los dos anillos tienden a acercarse a la recta equimolar Na = Cl al aumentar la concentración. Eso indica un aporte de Na y Cl en concentraciones similares. Sin embargo, los puntos presentan alguna dispersión de cada lado de la recta indicando que el cloruro de sodio no es el único componente responsable del aumento de salinidad de los aportes.

En el diagrama Na+Ca / Cl, aparece una diferencia entre las aguas de los dos anillos. Las del anillo interior son más cerca de la recta equimolar Na+Ca = Cl que las del anillo exterior, con dos excepciones : (15 y 17) que son las dos aguas de menor cota del anillo exterior. Eso sugiere que las aguas del anillo interior, y estas dos más bajas del anillo exterior, han redissuelto apreciables cantidades de salmueras de tipo Na-Ca / Cl. Los puntos de las aguas del anillo exterior se acercan también progresivamente a la recta equimolar, pero sin llegar a ella. Por ejemplo, las concentraciones en Na+Ca y Cl de PUN-14 divergen en 56 % y sus logaritmos en 15 %. Es probable que haya también alguna influencia de salmueras calco-sódicas en el aumento de las salinidades de las aguas de aporte del anillo exterior, pero esta contribución no debe ser preponderante. Estas aguas han redissuelto más cloruro de sodio que cloruro de calcio.

La correlación entre SO₄ y Ca no sugiere la redisolución de sulfato de calcio o yeso. Hemos figurado las rectas de regresión para cada anillo. Sus pendientes, del orden de 0,72, son netamente diferentes de la pendiente de 1 de la recta equimolar Ca = SO₄. El agua (14), la más concentrada de los aportes, es también la más alejada de la recta equimolar.

La correlación Na versus SO₄ presenta algo interesante. Los puntos de las aguas del anillo exterior se acercan a la recta equimolar Na = SO₄. La recta de regresión de esos puntos es

paralela y cerca de la recta equimolar. Su pendiente es 0,99 y el coeficiente de correlación de 0,86. El desplazamiento de la recta de regresión por encima de la recta equimolar se debe a la influencia de las aguas más bajas del anillo exterior (15 y 17). Ya hemos visto que estas aguas son más parecidas a las del anillo inferior. Si nos fijamos en el agua (14), vemos que su punto se encuentra cerca de la recta equimolar. Todo eso parece indicar una contribución de sulfato de sodio en las aguas salobres del anillo exterior.

En resumen, las aguas salobres más altas del anillo exterior deben su salinidad principalmente a la redisolución de cloruro y sulfato de sodio, mientras que las aguas salobres del anillo interior, y las más bajas del anillo exterior, han redisolto mayormente cloruro de sodio y calcio. Estos componentes provienen de antiguas evaporitas o salmueras asociadas. Hay que recalcar que los dos tipos de sales o salmueras corresponden precisamente a las vías evolutivas sulfatadas y cálcicas y a los dos mega-grupos de salmueras y sales de los salares chilenos.

Queda el problema del origen de la alta salinidad de las aguas de orilla (4, 8 y 10). En los diagramas de correlación de la figura 2, esas aguas parecen asociadas a las aguas de lagunas. En la figura 3 presentamos las relaciones entre la salinidad y las concentraciones porcentuales (o relativas a la salinidad) de Li y B para todas las aguas. Se puede observar dos cosas. Primero, las aguas de aporte de los dos anillos tienen concentraciones porcentuales crecientes en Li y B cuando aumenta la salinidad, con buenos coeficientes de correlación. Por otra parte, las aguas de lagunas y orillas son parecidas entre si, pero se diferencian netamente de las aguas de aporte. Eso sugiere fuertemente que las aguas de vertientes difusas de la orilla son en realidad cuñas salinas de la napa del salar. El aumento del porcentaje de Li y B en las aguas de aporte asociado al origen de la elevación de salinidad por disolución de antiguas salmueras o evaporitas, parece indicar que son más salmueras que sales las que contaminan las napas diluidas de la cuenca. En efecto, estos componentes tienden a concentrarse en las salmueras residuales, sin precipitar en las sales evaporíticas comunes.

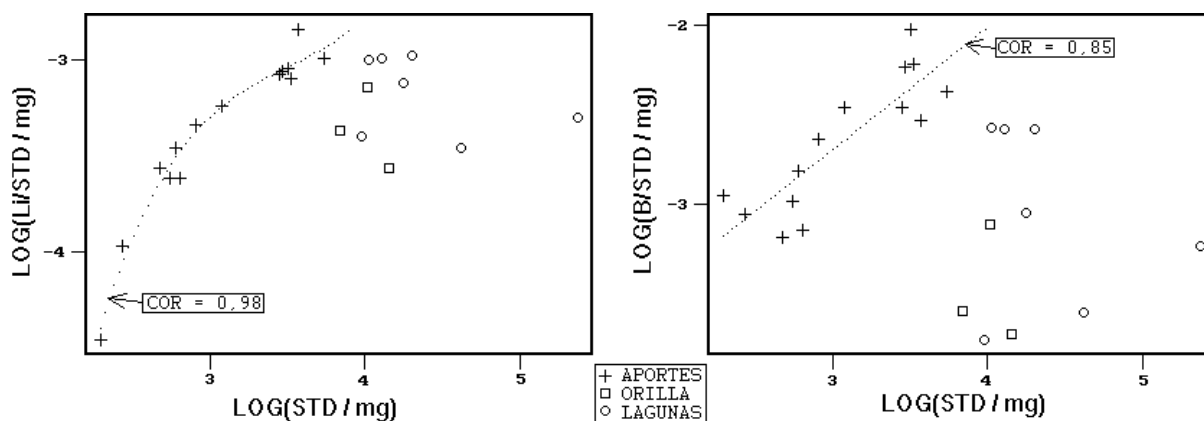


Fig.3 : Concentraciones porcentuales de Li y B relativas a la salinidad en aguas del salar de Punta Negra

Vías evolutivas y relación con la geología

Las vías evolutivas están indicadas en la tabla 1 y en el mapa geológico. Las aguas del anillo exterior evolucionan mayormente según la vía neutra sulfatada reflejando así la salinización de las napas de este sector por salmueras o sales de sulfato de sodio. El agua muy diluida 22 sigue la

vía carbonatada en buen acuerdo con la litología volcánica de esta parte de la cuenca. En caso de un origen de los componentes disueltos por alteración de rocas, la vía neutra sulfatada refleja la presencia de rocas sedimentarias, como el caso del agua diluida PUN-23, o de rocas volcánicas con azufre. En el caso de Punta Negra, esta vía evolutiva se debe a antiguas evaporitas que han sido redisueltas. Las aguas del anillo interior tienden a seguir la vía cálcica lo que refleja la salinización de las napas por salmueras cloruradas cálcicas.

Pero aparecen algunas excepciones. Las aguas diluidas PUN-19 y PUN-20 que siguen la vía carbonatada, estarían contaminadas por el cemento del pozo, por lo que no se puede interpretar sus vías evolutivas. Sin embargo podemos notar que son aguas diluidas, como lo son casi siempre las aguas de aporte que siguen la vía carbonatada, y que se encuentran cuenca abajo de PUN-22, un agua de alteración que sigue la misma vía. Es posible que la contaminación debida a los pozos no haya cambiado la vía evolutiva.

El agua de napa (11) es el único aporte que tenemos al oeste de la cuenca. Es también el único que sigue la vía evolutiva alcalina sulfatada. Eso podría deberse a alguna influencia de las rocas plutónicas (KTg) que caracterizan la geología del nor-oeste de la cuenca. Aguas de alteración de rocas plutónicas tienden a seguir preferencialmente las vías carbonatadas o sulfatadas, dependiendo de las mineralizaciones o impurezas que contienen.

Se puede observar en la tabla 1 que las vías evolutivas traducen de manera simple y mucho mejor los varios tipos de aguas y el origen de sus componentes que los criterios habituales.

Evolución cuantitativa de aguas

Veamos ahora la evolución cuantitativa de las aguas de aporte cuando se evaporan. La tabla 2 presenta la composición calculada de todas las aguas de aporte evaporadas por simulación computacional hasta la salinidad de la laguna PUN-1. Las demás aguas de lagunas presentan características similares. Los valores de la columna "desviación" son los coeficientes del chi-cuadrado adaptado que miden el grado de semejanza entre las soluciones de aporte evaporadas (PUN-xxE) y PUN-1.

El agua de aporte evaporada que más se acerca a la composición de la laguna (1) es la napa (18) con un coeficiente de desviación bajo. Es interesante notar que la segunda agua más parecida es el río (17) ubicado exactamente cuenca arriba de (18), pero con un coeficiente de desvío no tan bueno. Globalmente, las aguas evaporadas del anillo interior, y las más bajas del anillo exterior, se acercan netamente más de las aguas de lagunas que las del anillo exterior. Las aguas superficiales del salar de Punta Negra provienen de la evaporación de aguas de napas cercanas al salar de tipo químico cálcico. Las aguas sulfatadas cuenca arriba no tienen influencia sobre la composición de las lagunas. La pregunta es si las aguas sulfatadas podrían cambiar su composición química al contacto de antiguas salmueras cálcicas y “transformarse” en aguas salobres cálcicas al acercarse del salar. Si un tal proceso es factible para aguas muy diluidas, es mucho más complicado para aguas salobres. Para cambiar la vía evolutiva de un agua ya salada, hay que aportar considerables cantidades de nuevos componentes para alterar la composición química del agua salada inicial. Es probable, entonces, que las aguas de los sectores elevados al este de la cuenca no contribuyan significativamente a la alimentación del salar.

NUMERO	PH	ALC	CL	SO4	B	SI	NA	K	LI	CA	MG	DESV.
<u>PUN-1</u>	8,17	2,50	11000	1490	52,6	30,5	5840	641	21,0	726	267	
PUN-18E	7,80	0,714	10500	1710	69,4	35,3	5520	742	16,7	1130	171	0,058
PUN-17E	7,97	1,93	10000	1840	194	35,4	4970	813	18,3	921	452	0,181
PUN-21E	7,77	0,548	10600	1550	41,7	35,7	4170	674	9,44	2350	245	0,190
PUN-16E	7,78	1,09	10500	1670	131	35,7	4110	585	17,3	2160	347	0,199
PUN-15E	8,09	1,77	9330	2990	120	17,5	5800	364	17,8	550	427	0,200
PUN-4E	8,03	0,762	11800	494	15,7	35,1	6450	493	14,7	592	227	0,247
PUN-11E	8,37	2,57	8370	4060	73,2	32,4	5490	1030	36,4	161	542	0,363
PUN-14E	8,14	1,85	5370	7640	97,9	36,3	4810	442	23,0	554	744	0,382
PUN-24E	7,91	0,549	10700	1630	13,7	27,0	6030	411	5,77	1150	90,4	0,407
PUN-13E	8,17	1,99	4420	8680	99,6	36,7	4720	452	16,7	516	762	0,439
PUN-12E	8,20	1,94	3210	10100	79,2	36,8	4060	533	16,0	482	1090	0,547
PUN-23E	8,18	1,49	3260	9490	44,5	36,8	4130	731	5,45	495	977	0,633
PUN-8E	8,27	1,21	11800	301	5,13	35,4	7240	418	8,85	187	71,5	0,811
PUN-10E	7,76	0,330	12100	330	3,76	16,5	5030	272	5,55	2190	169	0,825
PUN-19E	9,38	23,3	9090	1610	30,2	45,0	6880	807	7,08	1,47	4,34	0,928
PUN-20E	9,91	140	5130	1490	18,2	69,5	7150	322	6,13	0,345	0,923	1,170
PUN-22E	9,74	77,5	2000	6040	66,3	59,5	5790	1210	2,13	0,569	1,49	1,480

Tabla 1 : Comparación de las aguas de aporte evaporadas con el agua de laguna PUN-1 del salar de Punta Negra. ALC = alcalinidad en meq/l. Otros componentes en mg/l.

Calidad de agua

Hay dos aguas de excelente calidad para cualquier uso : PUN-22 (manantial Tocomar) y 23 (Río Frío). Las dos se encuentran muy arriba en la cuenca. Las aguas de napa al sur del salar (19, 20, 24) también cumplen con las normas chilenas de potabilidad y de riego, pero con algunos componentes al límite (salinidad, As). Muy arriba en la cuenca, PUN-12 (Zorras 1) y PUN-13 (Zorritas) sobrepasan levemente los límites en As o boro de esas normas y podrían ser aprovechada para uso potable con restricciones. El agua de napa PUN-21, al norte de la cuenca, cumple con las normas de potabilidad y riego, con excepción del arsénico en leve exceso. Todas las demás aguas son salobres y muy lejos de las normas de potabilidad y riego.

Balance hídrico

No disponemos de suficientes datos para establecer los balances hídricos de cada laguna. Solamente podemos intentar establecer un grueso orden de magnitud de los aportes superficiales al salar despreciando las infiltraciones de las lagunas a dentro del salar. Se obtiene :

$$V_{ap} = S(H_e - H_p) = 390\,000 \text{ m}^3/\text{año} = 12 \text{ l/s}$$

con - $H_e = 2 \text{ m/año}$; $H_p = 0,05 \text{ m/año}$; $S = 0,2 \text{ km}^2$

Para un salar de este tamaño, un flujo superficial del orden de 12 l/s es muy bajo. No es muy alentador para el aprovechamiento de las napas alrededor del salar pues podría bajar rápidamente su nivel. La tasa de precipitación que cae sobre la cuenca oriental es del orden de 6000 l/s. Las perdidas por infiltración en napas profundas debe ser importante.

Conclusiones

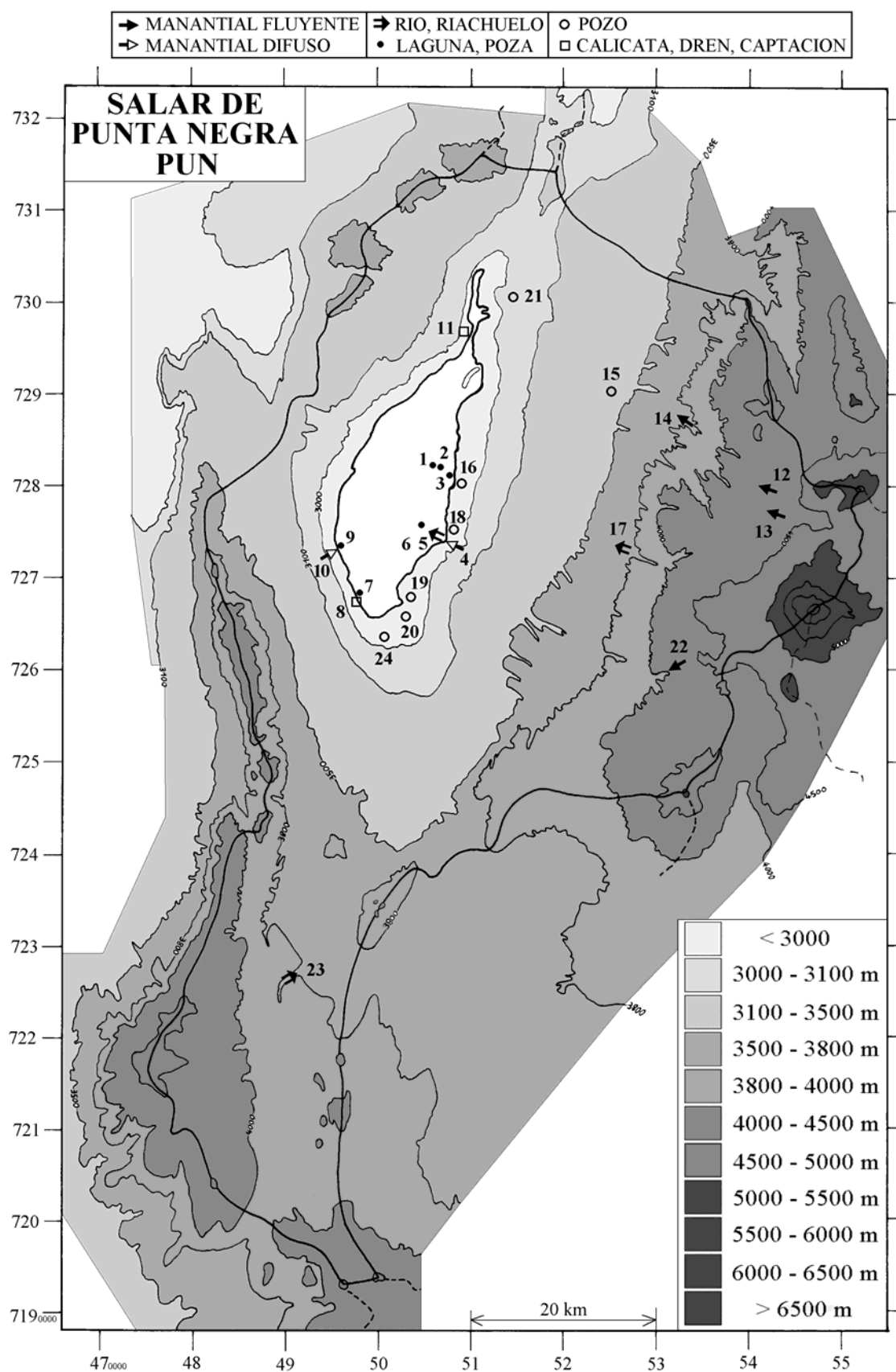
Las aguas de aporte de la cuenca del salar de Punta Negra presentan la particularidad de sufrir una doble salinización por antiguas salmueras o por sales evaporíticas. Las napas más altas en la cuenca disuelven sulfato y cloruro de sodio y evolucionan hacia la vía sulfatada, mientras que las napas más cercanas al salar disuelven cloruro de sodio y de calcio y evolucionan hacia la vía cálcica. Cuando las aguas de aporte no han sido contaminadas por agentes geológicos, tienden a evolucionar hacia la vía carbonatada, reflejando el origen de sus componentes por alteración de rocas volcánicas, o hacia la vía sulfatada cuando drenan terrenos sedimentarios (Río Frío). Las salmueras del salar pertenecen al mega-grupo Na-Ca / Cl, donde la concentración en Ca es superior a la de SO₄. Proviene de la evaporación de las aguas de aportes cálcicas de las napas cerca del salar. El caudal entrante superficialmente de 12 l/s es muy bajo ; corresponde a menos de 1 % de las aguas que caen sobre la cuenca. Se plantea el problema de la pérdida de estas aguas. Puede haber varias napas sobrepuestas en la cuenca. La salinización de las napas diluidas de la cuenca, asociada al escaso caudal superficial entrante al salar, no ofrecen buenas perspectivas para una explotación intensa y prolongada de las napas alrededor del salar.

Referencias y estudios anteriores

Minera Escondida Ltda 1995. Resumen sobre la hidrogeología y recursos hídricos en la cuenca de Punta Negra. Informe inédito, Junio de 1995.

Mongard, C. 1984. Hidrogeología del salar de Punta Negra (e Imilac). Tesis de Grado para optar al Título de Geóloga, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, 232p.

Orellana J. y Ramirez G. 1972. Hidrología general, salar de Punta Negra. CORFO, Departamento de recursos hidráulicos, 24p.



SALAR DE PUNTA NEGRA
PUN

NUMERO	FECHA	HORA	COORDENADAS UTM		ALTURA	TIPO DE MUESTRA
			ESTE	NORTE	METROS	
PUN-1	24/05/94	13 ^H 15	506460	7284025	2945	Laguna (Esc: VCL-2 o 2L)
PUN-2	24/05/94	14 ^H 15	507325	7283560	2945	Laguna (Esc: 2C)
PUN-3	24/05/94	14 ^H 50	508325	7282310	2945	Laguna (Esc: 2V)
PUN-4	24/05/94	16 ^H 30	507305	7273960	2950	Manantial difuso (Esc: 3S)
PUN-5	24/05/94	17 ^H 00	506525	7274500	2945	Dren (Esc: 3C)
PUN-6	25/05/94	11 ^H 15	504275	7276815	2945	Laguna (Esc: 3L2)
PUN-7	25/05/94	13 ^H 25	499270	7267345	2945	Laguna (Esc: V3L)
PUN-8	25/05/94	13 ^H 40	499240	7267190	2945	Cateo (Esc: V3S)
PUN-9	25/05/94	16 ^H 00	496925	7272770	2945	Laguna (Esc: VCL-4)
PUN-10	25/05/94	16 ^H 20	496810	7272635	2946	Manantial difuso (Vegas)
PUN-11	25/05/94	18 ^H 00	507925	7293925	2960	Pique San Carlos (Esc: VCL-1)
PUN-12	26/05/94	12 ^H 15	542635	7279800	4190	Manantial corriente (Zorras 1)
PUN-13	26/05/94	13 ^H 25	542100	7277250	4190	Manantial corriente (Zorritas)
PUN-14	26/05/94	15 ^H 50	530300	7290000	3520	Manantial corriente (Zorras 2)
PUN-15	26/05/94	14 ^H 30	524275	7291170	3350	Napa (pozo ES-24)
PUN-16	26/05/94	17 ^H 55	508535	7281165	2952	Napa (pozo SF-2)
PUN-17	30/05/94	12 ^H 45	525740	7273255	3610	Vertedero Llullallaco
PUN-18	30/05/94	13 ^H 45	507445	7274950	2953	Napa (pozo SG2)
PUN-19	30/05/94	15 ^H 50	503175	7267270	2953	Napa (pozo UN-19)
PUN-20	30/05/94	16 ^H 30	502325	7265310	2955	Napa (pozo SH-1)
PUN-21	31/05/94	17 ^H 45	515000	7301000	3040	Napa (pozo producción 12)
PUN-22	31/05/94	12 ^H 20	532800	7259850	4080	Manantial corriente Tocomar
PUN-23	31/05/94	16 ^H 30	491250	7227000	3780	Río Frío
PUN-24	31/05/94	18 ^H 15	500585	7263120	2970	Napa (pozo ES-40)

SALAR DE PUNTA NEGRA
PUN

NUMERO	CEL	T	O2	DS	PH	ALC	CL	Br	I	SO4	NO3	B	SI	AS	NA	K	LI	CA	MG
PUN-1	11800	5	11,8	1,016	8,17	2,50	11000	7,34	0,737	1490	7,63	52,6	30,5	0,43	5840	641	21,0	726	267
PUN-2	10500	14	7,4	1,010	8,11	1,66	6920	4,56	0,622	854	8,43	33,3	24,8	0,25	3800	391	13,0	413	158
PUN-3	14000	12	5,2	1,008	7,77	1,27	5750	3,75	0,789	624	14,9	27,9	29,7	0,19	3170	320	10,5	305	158
PUN-4	14000	11	6,5	1,008	7,56	1,01	6040	0,911	0,232	252	12,9	8,04	35,6	0,070	3290	252	7,50	315	116
PUN-5	22500	8,5	9,5	1,013	8,18	1,46	10400	1,65	0,274	499	5,84	15,9	35,3	0,13	5410	489	13,5	561	214
PUN-6	70000	5	2,7	1,157	6,94	4,30	142000	9,43	0,569	1600	11,4	135	18,2	0,70	79400	4140	117	3510	1830
PUN-7	11000	14	5,8	1,007	8,05	0,944	5500	0,302	0,119	115	9,80	1,65	13,9	0,075	3270	274	3,80	140	44,0
PUN-8	8750	7	5,6	1,005	8,17	1,19	3980	0,179	0,0591	101	16,8	1,72	20,2	0,050	2420	140	2,96	78,2	23,9
PUN-9	45000	12	6,6	1,030	7,61	0,714	25100	1,37	0,176	672	76,9	10,3	20,5	0,097	11900	680	14,5	3170	311
PUN-10	16800	12	6,0	1,011	7,88	0,352	8450	0,783	0,113	230	36,3	2,63	11,6	0,032	3540	190	3,88	1540	118
PUN-11	3700	6	8,3	1,000	8,01	9,50	1190	0,903	0,195	600	0,087	10,8	47,6	1,4	840	152	5,38	102	143
PUN-12	810	16,5	5,4	1,000	7,02	1,59	75,3	0,190	0,0929	336	4,47	1,86	37,0	0,16	95,2	12,5	0,375	83,4	25,5
PUN-13	1280	3	7,4	1,000	7,71	1,76	184	0,224	0,0476	470	0,047	4,13	33,9	0,056	202	18,8	0,694	107	31,6
PUN-14	5500	9	8,0	1,005	8,08	5,35	1260	2,48	0,339	2020	0,048	23,0	28,8	0,24	1110	104	5,42	305	175
PUN-15	3900	16	0,4	1,000	8,11	1,74	1350	2,52	0,954	427	0,043	17,1	2,49	0,15	819	52,0	2,54	108	61,0
PUN-16	4300	10	na	1,000	7,23	0,684	1560	2,89	0,514	420	8,56	20,0	31,6	0,090	653	89,1	2,64	409	53,0
PUN-17	na	0	10,0	1,002	8,30	1,68	1540	2,53	0,319	288	0,905	30,4	24,1	0,23	800	127	2,87	172	71,0
PUN-18	na	14	2,5	1,002	6,24	0,100	1440	1,65	0,236	240	2,28	9,72	17,2	0,0004	791	104	2,34	158	23,9
PUN-19	na	14	4,2	1,000	9,01	1,59	172	0,061	0,0392	30,0	9,61	0,562	35,6	0,028	127	15,0	0,132	19,2	2,50
PUN-20	na	13	5,7	1,000	9,70	3,62	132	0,074	0,0386	37,1	6,63	0,454	38,9	0,054	175	8,02	0,153	2,51	0,061
PUN-21	na	21	na	1,000	8,07	0,714	230	0,380	0,0320	67,2	6,82	0,919	27,9	0,082	92,0	14,9	0,208	82,2	5,39
PUN-22	na	14	5,5	1,000	7,45	0,887	6,53	0,023	0,0070	19,7	4,77	0,216	33,3	0,011	18,4	3,95	0,007	9,50	1,70
PUN-23	na	2	6,0	1,000	7,14	1,39	17,4	0,028	0,0121	61,2	4,30	0,238	14,5	0,0067	22,1	3,91	0,029	35,3	5,22
PUN-24	na	16	0,5	1,000	8,75	0,245	244	0,181	0,0594	37,2	1,41	0,313	0,616	0,0001	139	9,38	0,132	30,9	2,07

T = temperatura en C. DS = densidad en g/ml. ALC = alcalinidad en meq/l.

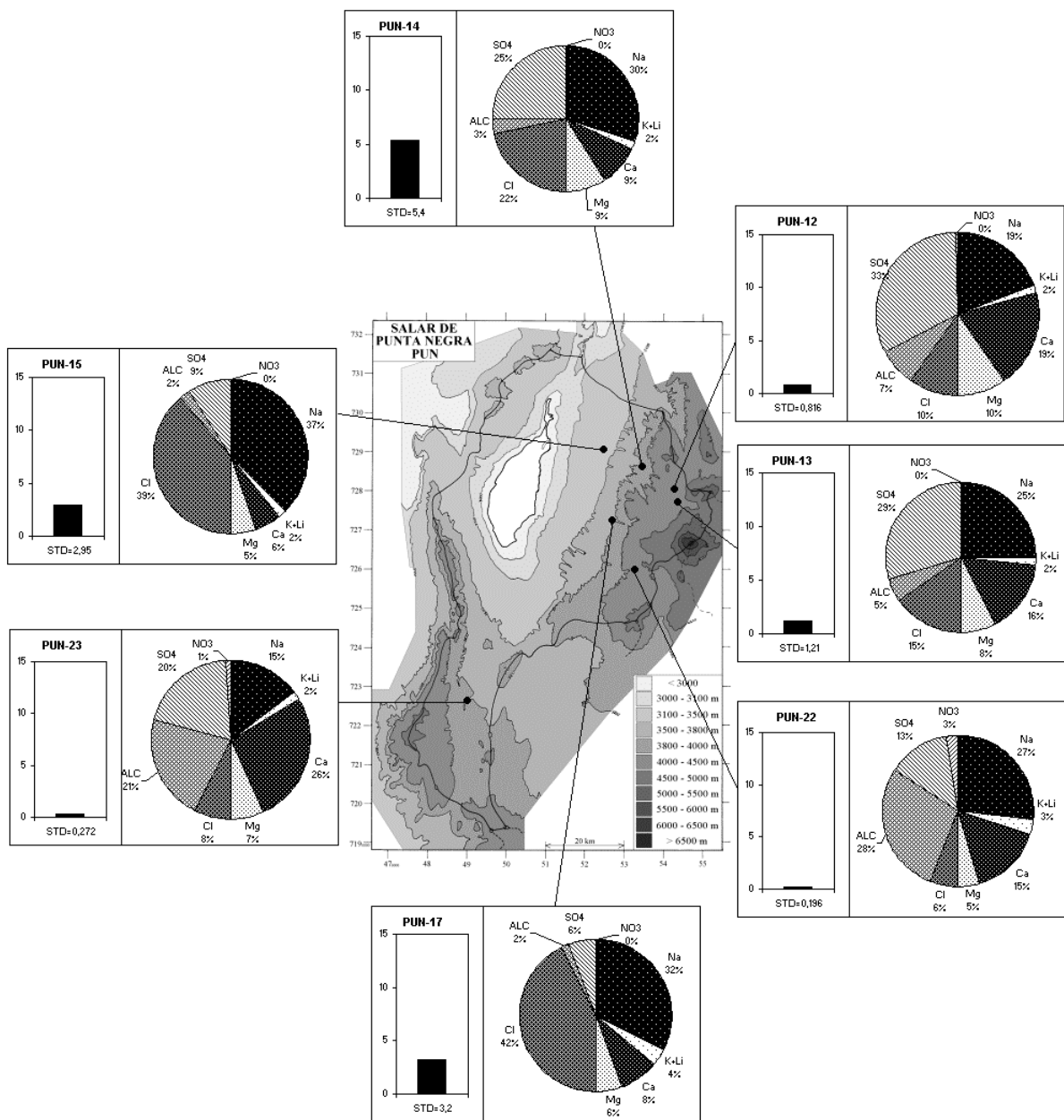
CEL = conductividad en micromhos/cm. Otros componentes en mg/l. nd = no detectado. na = no analizado.

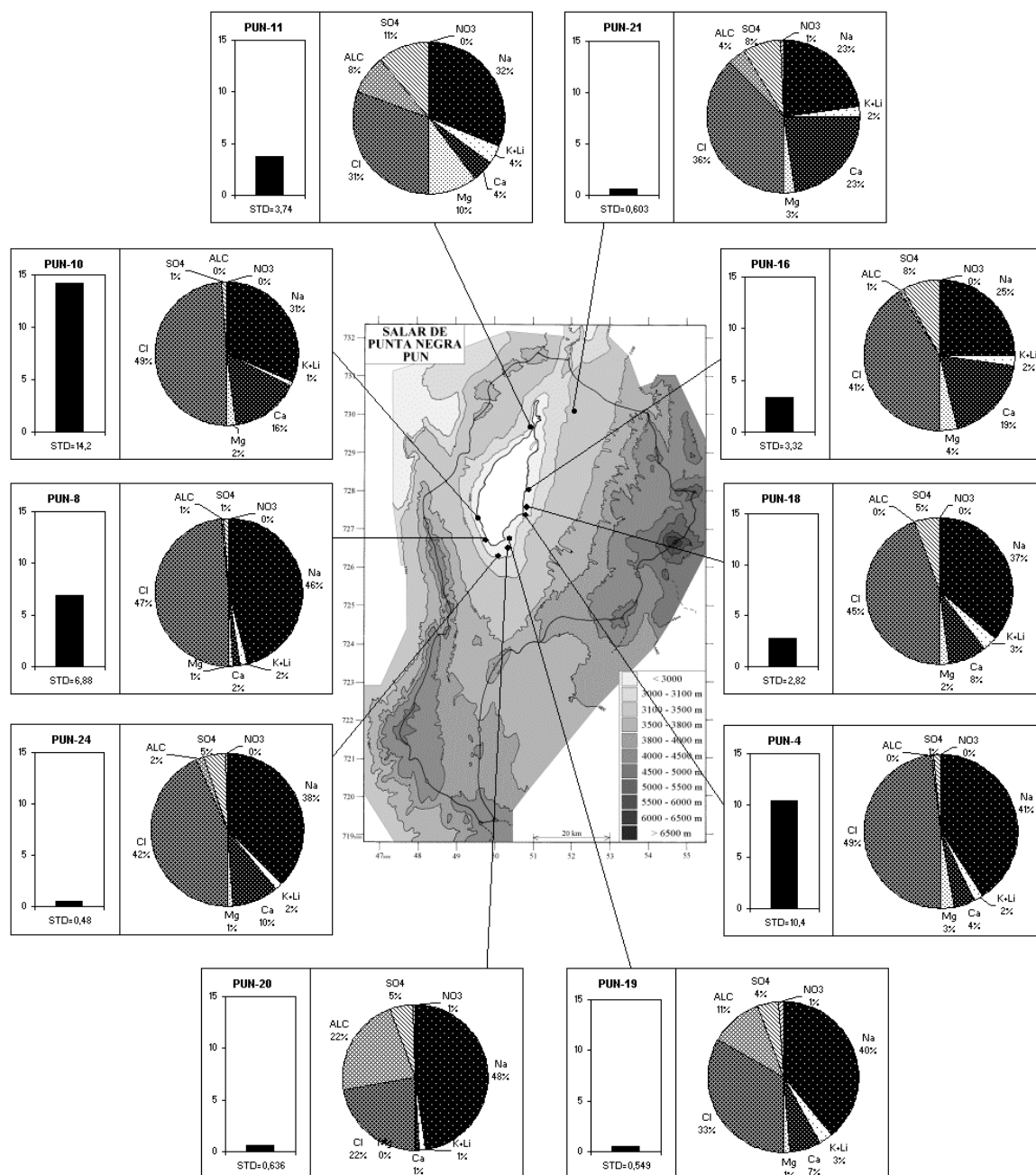
SALAR DE PUNTA NEGRA
PUN

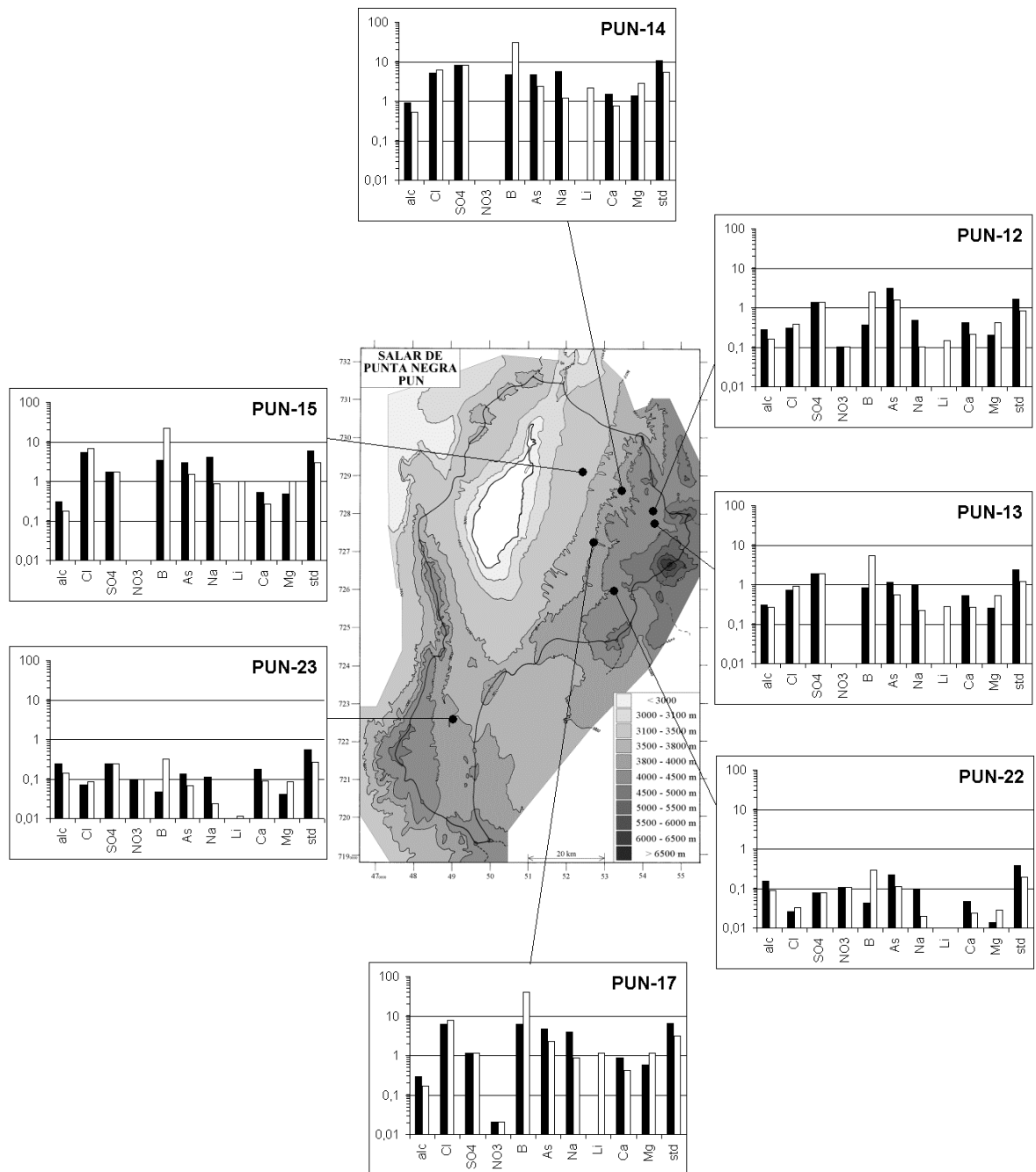
NUMERO	STD	HCO3	CO3	CO2	S(+)	S(-)	DIF. %
PUN-1	20245	113	3,96	1,2	331,6	342,6	3,3
PUN-2	12750	77,5	2,34	0,79	210,5	214,6	1,9
PUN-3	10532	68,9	0,78	1,6	175,9	176,5	0,4
PUN-4	10432	59,3	0,42	2,3	175,8	176,5	0,4
PUN-5	17815	72,6	2,64	0,70	295,1	306,0	3,6
PUN-6	233344	-	-	-	3899	4048	3,7
PUN-7	9451	54,7	0,84	0,66	160,2	158,5	1,1
PUN-8	6877	69,5	0,96	0,79	114,9	115,6	0,6
PUN-9	41958	37,5	1,14	1,3	719,1	722,0	0,4
PUN-10	14160	18,8	0,66	0,37	245,7	243,7	0,8
PUN-11	3735	561	7,08	9,7	58,07	55,60	4,3
PUN-12	816,4	96,4	0,12	15	10,77	10,78	0,1
PUN-13	1206	106	0,48	4,3	17,32	16,73	3,5
PUN-14	5400	304	6,30	4,0	81,44	82,95	1,8
PUN-15	2945	95,2	1,68	1,1	47,72	48,55	1,7
PUN-16	3325	40,1	0,12	3,9	55,82	53,49	4,3
PUN-17	3197	84,2	1,74	0,92	52,89	51,10	3,5
PUN-18	2818	6,10	0,0	5,3	47,25	45,74	3,2
PUN-19	548,5	78,7	4,80	0,13	7,067	7,211	2,0
PUN-20	636,0	129	30,2	0,04	7,977	8,209	2,9
PUN-21	602,9	40,9	0,60	0,53	8,954	8,704	2,8
PUN-22	195,7	53,7	0,06	3,4	1,516	1,558	2,7
PUN-23	271,5	84,8	0,06	15	3,254	3,224	0,9
PUN-24	480,3	13,2	0,54	0,04	8,009	7,904	1,3

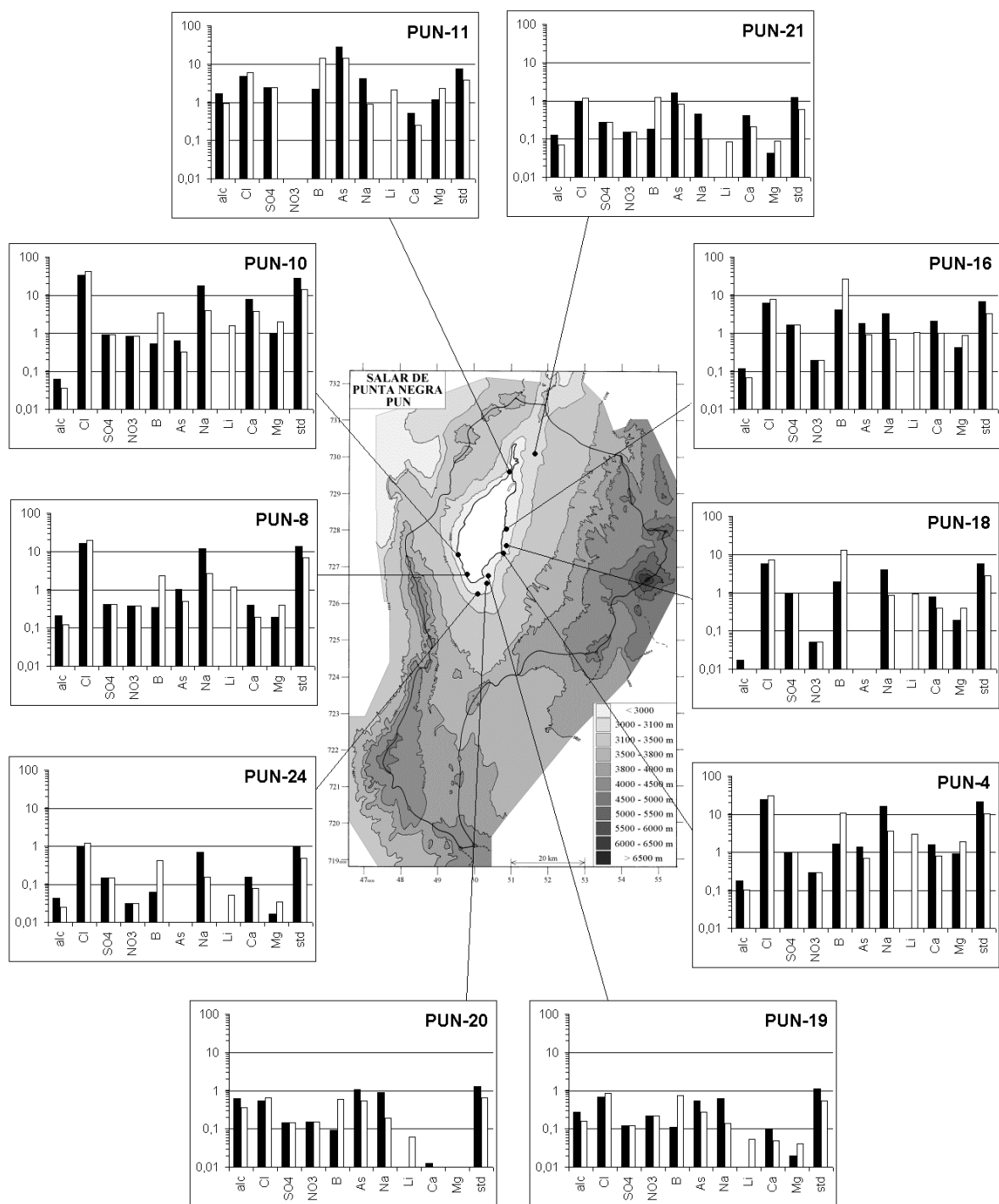
Valores calculados (en mg/l). STD = sales totales disueltas.

S(+) = suma de los cationes; S(-) = suma de los aniones (meq/l); DIF.% = diferencia en %









MAPA GEOLOGICO
Y
VIAS EVOLUTIVAS

PUN

- Q :** *Cuaternario*. Sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos aluviales, coluviales y laháricos.
- TQ2 :** *Plioceno - Pleistoceno*. Coladas, tobas y brechas andesíticas y basálticas con intercalaciones de sedimentitas detríticas.
- Cz :** *Cenozoico*. Rocas volcánicas: dacitas - andesitas.
- Tm3 :** *Mioceno*. Gravas de Atacama. Gravas, arenas y limos subordinados, localmente con litificación incipiente e intercalaciones de ignimbritas.
- KT :** *Cretácico sup. - Terciario inf.* Coladas y brechas andesíticas y riolíticas, tobas e ignimbritas dacíticas y riolíticas, con intercalaciones de lutitas, calizas, areniscas y conglomerados continentales.
- KTg :** *Cretácico sup. - Terciario inf.* Rocas plutónicas e hipabisales.
- Jtg :** *Jurásico sup. - Terciario inf.* Rocas plutónicas e hipabisales.
- J1 :** *Jurásico*. Areniscas, areniscas calcáreas, calizas, margas, lutitas, conglomerados y cherts. Desarrollo de facies evaporíticos en el Jurásico sup. de la Cordillera de los Andes.
- J2:** *Jurásico*. Fm. La Negra. Coladas y tobas andesíticas y, en forma subordinada, coladas riolíticas, dacíticas y traquíticas, tobas dacíticas e intercalaciones sedimentarias, algunas con fósiles marinos.
- TR2 :** *Triásico medio - Triásico sup.* Rocas sedimentarias y/o volcánicas. Areniscas, conglomerados y lutitas, localmente con flora fósil. Coladas y brechas riolíticas y andesíticas.
- CTR :** *Carbonífero - Triásico (?)*. Tobas, brechas, coladas e ignimbritas principalmente riolíticas y dacíticas, con intercalaciones de sedimentitas clásticas. Cuerpos hipabisales dacíticos y riolíticos asociados.
- Pz :** *Paleozoico (?)*. Metareniscas, pizarras, filitas, esquistos, metabasitas, serpentinitas, gneisses y anfibolitas.
- D :** *Devónico*. Cuarzitas, filitas, pizarras, esquistos, lutitas y conglomerados. Facies marinos y transicionales.
- Pzg :** *Paleozoico*. Rocas plutónicas e hipabisales.

