

INFORME TÉCNICO DARH N° 403

EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN EL SECTOR ACUÍFERO LA NORIA

Santiago, 20 de diciembre de 2017

La presentación de diversas solicitudes de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas y sus correspondientes oposiciones en un sector ubicado al oeste del sector hidrogeológico de aprovechamiento común Pampa del Tamarugal, en la región de Tarapacá, denominado La Noria, determina la necesidad de evaluar la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo en dicho sector.

1.- ANTECEDENTES.

La elaboración del presente informe se basa en los siguientes antecedentes acompañados por SQM S.A., Compañía de Salitre y Yodo Soledad S.A., e Inmobiliaria y Constructora Nacional S.A., en el marco tanto de solicitudes de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas como de oposiciones a ellas:

- "Caracterización Hidrogeológica Sector La Noria, Potencial de Explotación Hídrica y su Desconexión con la Pampa del Tamarugal", de CPH Consultores Ltda., septiembre 2006.
- "Estimación de la Recarga del Acuífero La Noria, Cuenca Hidrológica de la Pampa del Tamarugal, Región de Tarapacá", de fecha 24 de septiembre de 2008, preparado por DICTUC
- "Estudio Isotópico Sector La Noria", de diciembre de 2010, elaborado por SRK Consulting.
- "Caracterización del Sistema Acuífero La Noria y Evaluación del Caudal Factible de Aprovechar", de julio de 2016, elaborado por GP Consultores Ltda.

2.- OBJETIVO.

El presente informe tiene por objetivo evaluar la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo en el sector acuífero denominado La Noria para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

3.- ANÁLISIS.

3.1 Antecedentes aportados.

3.1.1 Compañía de Salitre y Yodo Soledad S.A. acompañó en su oportunidad el Informe "Caracterización Hidrogeológica Sector La Noria, Potencial de Explotación Hídrica y su Desconexión con la Pampa del Tamarugal", de CPH Consultores Ltda., septiembre 2006, en el cual se analiza la conexión hidrogeológica entre los acuíferos de la Pampa del Tamarugal y el acuífero La Noria y se define el potencial hídrico del sistema acuífero de la zona La Noria. En síntesis dicho estudio señala que:

- La geología del sector La Noria está dominada por una planicie compuesta de secuencias sedimentarias continentales de edad miocena-oligocena. Estos rellenos poseen moderada a escasa consolidación y presentan potencias entre 50 a 130 m.
- El acuífero alojado en los rellenos del área es de carácter freático y presenta alta continuidad en la cuenca. Sus condiciones de borde están definidas por la roca caja, contra la cual se acuña lateralmente y que constituye su zócalo impermeable.

- Se puede afirmar que no existe conexión hidráulica entre el acuífero La Noria y el existente en la Pampa del Tamarugal por las siguientes dos razones: i) El cordón de cerros que separa geomorfológicamente estos dos acuíferos está constituido por rocas intrusivas y volcanoclásticas triásicas a jurásicas cuya capacidad para transportar y almacenar agua es, para efectos prácticos, nulo; y ii) Las equipotenciales trazadas en la Pampa del Tamarugal (Campillo y Hojas, 1975) muestran una dirección del flujo subterráneo norte-sur, sin ninguna componente hacia el acuífero La Noria.
- La zona estudiada se caracteriza por una aridez extrema y por la ocurrencia de precipitaciones muy esporádicas que suelen concentrarse en sólo unos dos o tres días, las que, cuando tienen la suficiente intensidad, generan tanto escorrentía superficial como recarga al sistema hídrico subterráneo. Esta situación les permite a su juicio aplicar el Método de la Curva Número, y a través de una serie de estimaciones obtienen que la recarga del sector acuífero es de 3,85 l/s.
- Luego calculan el volumen embalsado en 1.430.720.000 m³, y evalúan el potencial de derechos considerando el uso de éstos obteniendo un caudal de 155,08 l/s.

3.1.2 SQM S.A., por su parte, acompañó en su oportunidad el Informe denominado "Estimación de la Recarga del Acuífero La Noria, Cuenca Hidrológica de la Pampa del Tamarugal, Región de Tarapacá", de fecha 24 de septiembre de 2008, preparado por DICTUC, en el cual también se analiza la conexión hidrogeológica entre los acuíferos de la Pampa del Tamarugal y el acuífero La Noria. En síntesis dicho estudio señala que:

- El acuífero La Noria se encuentra anidado en depósitos oligo-miocenos cuyos afloramientos en la zona se encuentran cubiertos por numerosos depósitos aluviales, coluviales y eólicos. Estas areniscas forman parte de los miembros inferiores de la Formación Altos de Pica, cuya flexura y fracturamiento están vinculados al alzamiento del Altiplano.
- Existe conexión hidrogeológica entre los acuíferos de La Noria y de la Pampa del Tamarugal que se materializa como una recarga subterránea desde el acuífero de la Pampa del Tamarugal hacia La Noria, la que se produce sólo en algunos sectores puntuales de la cordillera de la costa donde la roca se encuentra fracturada formando lineamientos estructurales claramente observables en terreno al estudiar la geomorfología del lugar. Gran parte de los lineamientos se encuentran reconocidos como fallas y han sido documentados en la literatura así como también en el Mapa Geológico de Chile del Sernageomin. El sector La Noria presenta una gran complejidad estructural encontrándose incluso algunas fallas que atraviesan el cordón montañoso que limita ambos acuíferos. "A través de estas fallas inferidas se establece la conexión hidrogeológica entre ambos acuíferos".
- Al incluir un modelo de elevación digital de la zona de estudio pueden apreciarse lineamientos estructurales que presentan serias relaciones genéticas con las fallas fundamentadas y que podrían alojar estructuras que facilitarían el paso de agua a través de ellas. Estos pasos puntuales de agua son de difícil detección por los medios geofísicos dado que pueden existir como zonas aisladas de extensión lineal por lo cual pueden no ser intersectadas por métodos de prospección.
- La información de las estaciones meteorológicas de la red de medición de la DGA (Huara y Quillagua), permiten concluir que las precipitaciones en la Pampa del Tamarugal son inexistentes. En efecto, estos antecedentes indican que bajo los 2000 m.s.n.m. no se producen precipitaciones. Esto implica que el acuífero La Noria no posee recarga por precipitación directa, luego la única forma de recarga corresponde a flujos subterráneos provenientes del acuífero de la Pampa del Tamarugal.
- Se estima que el caudal que fluye desde la Pampa del Tamarugal hacia La Noria ocurre a través de cuatro secciones, y aplicando la Ley de Darcy con valores de K, i, b y L estimados para cada sección, se obtiene un total de 18,1 l/s.

3.1.3 Posteriormente, Compañía e Salitre y Yodo Soledad S.A. acompaña el Informe "Estudio Isotópico Sector La Noria", de diciembre de 2010, elaborado por SRK Consulting, en el cual se realizaron análisis químicos e de isotópicos de once muestras de agua, 5 muestras del sector La Noria y 6 del sector Pampa del Tamarugal. Su conclusión es que el agua que recarga el sector La Noria es distinta al agua que recarga al sector Pampa del Tamarugal, dado el diferente grado de

fraccionamiento isotópico observado y que el origen de la recarga para ambos lugares proviene de precipitación directa.

3.1.4 Por último, Inmobiliaria y Constructora Nacional S.A. acompaña el estudio "Caracterización del Sistema Acuífero La Noria y Evaluación del Caudal Factible de Aprovechar", de julio de 2016, elaborado por GP Consultores Ltda. Dicho estudio señala en síntesis que:

- El análisis de los antecedentes isotópicos y químicos del Informe "Estudio Isotópico Sector La Noria", de diciembre de 2010, elaborado por SRK Consulting, muestra que no es posible evaluar alguna conexión entre las aguas subterráneas del sector La Noria con la Pampa del Tamarugal por cuanto se observa una interferencia en la marca isotópica producto de la infiltración hacia el acuífero desde instalaciones industriales del sector La Noria que utilizan aguas provenientes de la Pampa del Tamarugal.
- Considerando tanto los antecedentes de niveles, geología y geofísica, entre las cuencas La Noria y la Pampa del Tamarugal, se concluye que no existe una conexión hidráulica entre ellas.
- En base a la geología del sector La Noria y la interpretación de perfiles geofísicos se construye un volumen representativo del relleno que constituye el acuífero productivo, y de acuerdo a la estratigrafía de los pozos existentes se realiza una caracterización hidráulica del material presente, con lo cual pueden estimar el volumen de agua potencialmente extraíble del acuífero. De esta forma, el caudal potencial para asignación de derechos equivalentes al 5% del volumen embalsado llega a ser de 52 l/s.
- Si se considera el Informe Técnico de la DGA de Tarapacá N°205 de 2006 que supone que existe una conexión entre dichos acuíferos, con una recarga hídrica desde el primero hacia el segundo en torno a los 50 l/s, el caudal susceptible de ser explotado en el acuífero La Noria alcanzaría los 102 l/s.

3.2 Análisis de disponibilidad del recurso hídrico subterráneo.

El sector La Noria se dispone geográficamente entre las coordenadas UTM Norte 7.755.000 y 7.737.000 y UTM Este 405.000 y 417.000, al poniente del sector denominado Pampa del Tamarugal, al sur oriente de la ciudad de Iquique, ver Figura 1.



Figura 1. Ubicación sector La Noria respecto del sector Pampa del Tamarugal.

Su delimitación se ha realizado en base a la cuenca hidrográfica, que corresponde a una cuenca endorreica, que no tiene salidas superficiales de agua, siendo la evaporación de eventos esporádicos de precipitación la única salida en régimen natural, ver Figura 2.

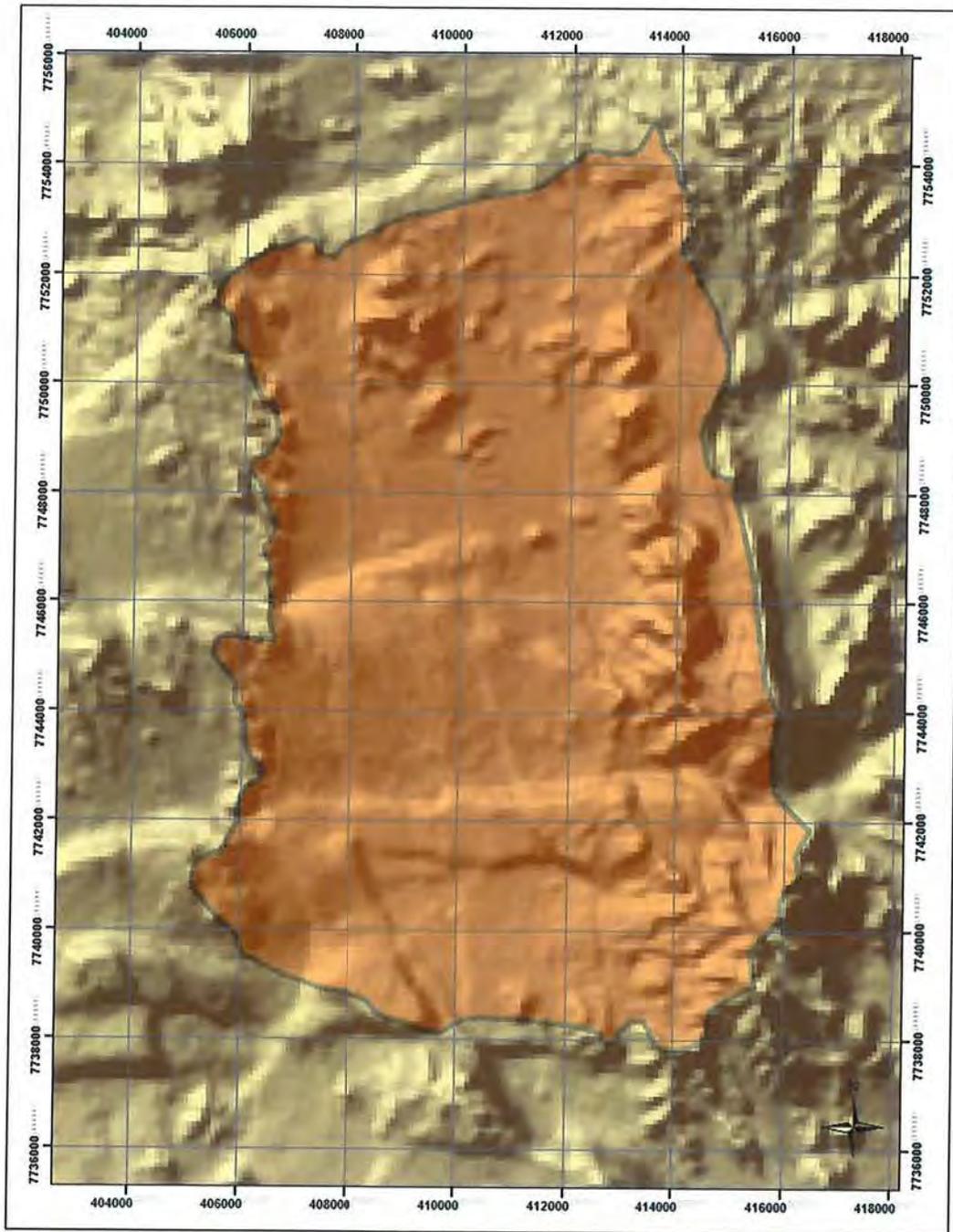


Figura 2. Delimitación sector acuífero La Noria.

En el año 2009, este Servicio elaboró el Informe Técnico N°463 de fecha 30 de septiembre de 2009 en el cual se analizó los antecedentes acompañados en su oportunidad, tanto por Compañía e Salitre y Yodo Soledad S.A. ("Caracterización Hidrogeológica Sector La Noria. Potencial de Explotación Hídrica y su Desconexión con la Pampa del Tamarugal" de fecha septiembre de 2006, preparado por CPH Consultores Ltda.), como por SQM S.A. ("Estimación de la Recarga del

Acuífero La Noria, Cuenca Hidrológica de la Pampa del Tamarugal, Región de Tarapacá”, de fecha 24 de septiembre de 2008, preparado por DICTUC), concluyendo que los antecedentes aportados no permitían establecer si el sector acuífero denominado La Noria está o no desconectado del sector acuífero Pampa del Tamarugal, y que una posible forma de analizar esta situación sería con un estudio de isótopos estables (H2 y O18), dentro de un marco isotópico regional, que determine el origen o procedencia de la recarga del acuífero La Noria. Este estudio debería ser realizado por personal que acredite haber efectuado estudios isotópicos en el norte del país.

Posterior a dicho Informe Técnico, Compañía e Salitre y Yodo Soledad S.A. acompaña el Informe “Estudio Isotópico Sector La Noria”, elaborado por SRK Consulting, de diciembre de 2010, cuyos antecedentes químicos e isotópicos se analizan en el Informe “Caracterización del Sistema Acuífero La Noria y Evaluación del Caudal Factible de Aprovechar”, elaborado por GP Consultores Ltda. del año 2016, concluyendo que no es posible evaluar alguna conexión entre las aguas subterráneas del sector La Noria con la Pampa del Tamarugal por cuanto se observa una interferencia en la marca isotópica producto de la infiltración hacia el acuífero desde instalaciones industriales del sector La Noria que utilizan aguas provenientes de la Pampa del Tamarugal, lo cual, junto con el análisis de niveles, geología y geofísica, entre las cuencas La Noria y la Pampa del Tamarugal, les lleva a concluir que no existe una conexión hidráulica entre ellas.

Finalmente, este mismo Informe “Estudio Isotópico Sector La Noria”, de diciembre de 2010, elaborado por SRK Consulting fue revisado por la División de Estudios y Planificación de este Servicio, concluyendo que, las aguas del sector La Noria son alimentadas principalmente por escurrimientos subterráneos provenientes desde la Pampa del Tamarugal. Lo anterior basado en la interpretación de las figuras 1, 2 y 3 de dicho Informe, de las cuales se infiere que:

- Al comparar el contenido isotópico de las aguas de La Noria, en un contexto regional, se observa una gran similitud de éstas con aguas existentes dentro de los límites oficiales del acuífero de la Pampa del Tamarugal.
- Que dicha semejanza se produce con aguas de la Pampa que han estado sometidas a intensos procesos de evaporación (zonas terminales), siguiendo la tendencia o evolución isotópica de circulación regional por este acuífero.
- Incluso se puede apreciar que el contenido isotópico de las aguas menos evaporadas de La Noria, son más livianas que las aguas subterráneas del Salar de Llamara, siendo el área de recarga de esta última, significativamente de mayor altura que la subcuenca de La Noria.
- Complementariamente a lo anterior, se estima que no existen rasgos hidroquímicos especiales que hagan pensar que las aguas de La Noria no correspondan a escurrimientos de aguas provenientes de la Pampa del Tamarugal, más bien la similitud de calidad entre las aguas sugieren una evolución hidroquímica normal para este tipo de sistemas, con un aumento de salinidad debido a una mayor evaporación y/o redisolución de sales en su recorrido hacia el sector La Noria.
- Sin perjuicio de lo anterior, y considerando los tiempos involucrados en la evolución hidroquímica de las aguas de La Noria, también es posible sugerir que la conexión hidráulica con la Pampa del Tamarugal, es lenta.

En consecuencia, y revisados todos los antecedentes técnicos de que se dispone a esta fecha, este Servicio concluye que las aguas del sector La Noria están conectadas hidráulicamente con el sector acuífero Pampa del Tamarugal pero a una velocidad muy lenta y por lo tanto la recarga en el tiempo es pequeña. Por esta razón no es posible considerar esta recarga para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

Sin embargo, dado que en el sector acuífero La Noria existe un gran volumen almacenado en comparación a su recarga, de acuerdo al Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, es posible otorgar derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas equivalentes al 5% del volumen almacenado en 50 años.

A pesar de que el análisis de los antecedentes químicos e isotópicos llevados a cabo por GP Consultores Ltda. y por este Servicio son opuestos, la conclusión respecto al otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas es la misma, toda vez que el Informe acompañado por la peticionaria también concluye que solamente es posible otorgar el 5% del volumen almacenado en 50 años.

Volumen almacenado extraíble en 50 años.

En el Informe elaborado por GP Consultores Ltda. del año 2016, se realiza un cálculo estimado del volumen disponible, para lo cual a partir de las prospecciones geofísicas realizadas y las estratigrafías de pozos, se efectúa una "reconstrucción en tres dimensiones de los volúmenes de relleno en el área de estudio, entre la superficie (cota máxima de 950 msnm) hasta la roca basal (cota mínima de 700 msnm) que representa el volumen acuífero del sector La Noria". Así obtienen que el "volumen continuo de relleno que representa al acuífero La Noria" es de 7.100,2 Mm³ (1.293,5 Mm³ correspondientes a la capa UH1b y 5.806,7 Mm³ correspondientes a la capa UH1c).

Luego, estiman coeficientes de almacenamiento S_y a partir de resultados de laboratorio de contenido volumétrico de arena, limo y arcillas de una unidad de suelo, obteniendo valores de 0,18 y 0,24 para las capas UH1b y UH1c respectivamente.

Con estos valores y el volumen calculado por cada capa obtienen que el caudal total disponible (equivalentes al 5% del volumen almacenado en 50 años) es de 52 l/s.

Por nuestra parte, considerando que no existen suficientes datos para realizar un cálculo más preciso del volumen almacenado en el sector La Noria, se hizo una estimación conservadora para los efectos de otorgar derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Para ello se utilizaron los datos de aquellos pozos que de acuerdo a los informes de Pruebas de Bombeo acompañadas alcanzaron el basamento, pozos denominados: Mario 1, Mario 2, Mario 3, Mario 5, Mario 6, Mario 7 y Juanito 1.

A partir de ello se estimó una profundidad promedio de espesor saturado como la diferencia promedio entre sus niveles estáticos y la profundidad al basamento. Con estos datos y considerando un área estimada de relleno acuífero de 56.727.937 m², y un coeficiente de almacenamiento de 0,2, se obtuvo un volumen de 4.690.427.911 m³, y por lo tanto un volumen disponible de 938,086 Mm³, con lo cual el 5% extraíble en 50 años es de 30 l/s.

Ahora bien, considerando que los caudales de rendimiento de los pozos del sector La Noria son más bien bajos, se estima que a lo más un coeficiente de almacenamiento S_y de 0,2 es aceptable para la estimación del volumen, y aceptando que la estimación del volumen saturado realizado por la peticionaria puede tener un poco más de detalle que el estimado anteriormente, se utilizará dicho valor de 7.100 Mm³ y un valor de 0,2 para S_y , con lo cual se obtiene que el 5% del volumen extraíble en 50 años es de 45 l/s, correspondientes a un volumen total anual de 1.419.120 m³.

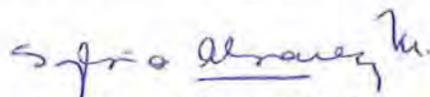
De acuerdo a lo señalado precedentemente la oferta de recursos hídricos para el otorgamiento de derechos definitivos en el sector acuífero denominado La Noria es de 1.419.120 m³ anuales. Por otra parte, la demanda comprometida al 30 de noviembre de 2017 en el sector acuífero La Noria es de un volumen total anual de 670.140 m³ de acuerdo al listado que se incluye en el Anexo.

En consecuencia existe disponibilidad de recurso hídrico subterráneo por un volumen total anual de 748.980 m³ en el sector acuífero La Noria para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

4.- CONCLUSIONES.

- a) Revisados los antecedentes técnicos de que se dispone a esta fecha, se puede concluir que las aguas del sector La Noria están conectadas hidráulicamente con el sector acuífero Pampa del Tamarugal pero a una velocidad muy lenta, y por lo tanto la recarga en el tiempo es pequeña. Por esta razón no es posible considerar esta recarga para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

- b) Dado que en el sector acuífero La Noria existe un gran volumen almacenado en comparación a su recarga, de acuerdo al Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos, es posible otorgar derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas equivalentes al 5% del volumen almacenado en 50 años, correspondiente a un volumen total anual de 1.419.120 m³.
- c) De acuerdo a la demanda comprometida al 30 de noviembre de 2017 en el sector acuífero La Noria, existe disponibilidad de recurso hídrico subterráneo por un volumen total anual de 748.980 m³ para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.
- d) El sector acuífero a que se refiere este análisis se encuentra representado geográficamente en el Mapa 1.



SYLVIA ALVAREZ MONTES
Depto. Adm. de Rec. Hídricos
Dirección General de Aguas



SSD N°: 11577769 /

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación

ANEXO

LA NORJA															
Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Datum	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	ND-0103-1984	25-11-05	COSAYACH NITRATOS S.A.	1,20		1,20		7.746.326	412.421	56	A	100	13-10-06	4ªT	37.843
2	ND-0103-2202	13-12-05	COSAYACH NITRATOS S.A.	2,00		2,00		7.743.220	410.450	56	A	202	01-12-06	4ªT	100.915
3	ND-0103-2203	13-12-05	COSAYACH NITRATOS S.A.	2,00		2,00		7.743.115	410.878	56	A	203	01-12-06	4ªT	163.987
4	ND-0103-2204	13-12-05	COSAYACH NITRATOS S.A.	2,00		2,00		7.743.270	410.739	56	A	204	01-12-06	4ªT	227.059
5	ND-0103-2206	13-12-05	COSAYACH NITRATOS S.A.	2,00		2,00		7.743.087	409.308	56	A	109	20-10-06	4ªT	290.131
6	ND-0103-2521	16-12-05	COSAYACH NITRATOS S.A.	2,00		2,00	63.072	7.745.817	411.561	56	A	100	15-05-07	4ªT	353.203
7	ND-0103-2522	16-12-05	COSAYACH NITRATOS S.A.	2,00		2,00	63.072	7.741.118	409.742	56	A	101	15-05-07	4ªT	416.275
8	ND-0103-44	02-12-85	SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	30,00		0,65		7.747.252	407.926	56	A	263	25-04-97		436.774
9	ND-0103-41	20-10-87	SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	0,26		0,26		7.747.132	408.594	56	A	334	09-08-94		444.973
10	ND-0103-57	20-10-87	SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.	30,00		5,40		7.746.957	408.263	56	A	195	19-05-95		615.267
11	ND-0103-81	02-12-87	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA VIRGINIA	20,00		0,80		7.747.034	408.229	56	A	403	14-08-03		640.496
12	ND-0103-81	02-12-87	SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA VIRGINIA	30,00		0,40		7.747.131	408.593	56	A	403	14-08-03		653.111
13	ND-0103-340	18-01-90	COMPAÑIA SALITRE Y YODO DE CHILE S.A.	10,00		0,54		7.747.103	407.658	56	A	490	12-05-98		670.140
14	ND-0104-139	28-01-14	INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA NACIONAL S.A.	4,50	141.912			7.747.127	407.727	56	RR-O				
15	ND-0104-140	28-01-14	INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA NACIONAL S.A.	19,80	624.413			7.743.146	410.278	56	RR-O				
16	ND-0104-141	28-01-14	INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA NACIONAL S.A.	13,50	425.736			7.742.974	409.530	56	RR-O				
17	ND-0104-142	28-01-14	INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA NACIONAL S.A.	22,50	709.560			7.740.798	409.191	56	RR-O				
18	ND-0104-143	28-01-14	INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA NACIONAL S.A.	22,00	693.792			7.740.941	409.191	56	RR-O				
19	ND-0104-144	28-01-14	INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA NACIONAL S.A.	19,00	599.184			7.741.106	409.317	56	RR-O				

