

HIDROLOGIA DEL SECTOR ALTIPLANICO CHILENO

CARLOS SALAZAR MENDEZ

DEPARTAMENTO DE CONSERVACION Y PROTECCION DE RECURSOS HIDRICOS,
DIRECCION GENERAL DE AGUAS, MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS,
SANTIAGO, CHILE

RESUMEN

Se presenta una visión general de los aspectos más relevantes vinculados a la hidrología de las cuencas altiplánicas, ubicados entre los 17° 30' y 22° 00' de latitud Sur. Se efectúa un análisis general del comportamiento de la precipitación y caudales, entregándose, a través de un balance hídrico, la oferta del recurso. Un análisis general de la calidad del agua señala la potencial aptitud para el aprovechamiento de estos recursos hídricos.

ABSTRACT

This paper presents the hydrological characteristics of the Chilean Altiplano, between 17° 30' S and 22° 00' S. Seasonal and spatial variations show hydrological patterns, mass balance point out water availability and water quality determine water consumption aptitude.

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Hidrografía.

La zona que abarca el presente reporte contempla las cuencas altiplánicas, que se ubican entre los 17° 30' y 22° 00' de latitud Sur, abarcando las Regiones I y II del país.

Las cuencas que se ubican en la meseta altiplánica sobre una angosta faja, cuya cota media fluctúa entre los 4.000 y 4.300 m s.n.m., son de dos tipos: cuencas arreicas y endorreicas. Dentro del primer grupo se encuentran las cuencas de los ríos Caquena, Lauca, Cancosa e Isluga-Cariquima, y del segundo se tienen las cuencas de los salares de Huasco, Coposa, Michincha, Ollagüe, Carcote y Ascotán (Fig. 1).

El clima predominante es el de estepa de altura, que abarca prácticamente toda el área, lo que, unido a la calidad de los suelos, ha condicionado la vegetación a especies capaces de resistir bajas temperaturas.

En el Cuadro N° 1 se presentan las características hidrográficas más importantes para las cuencas señaladas.

Precipitaciones.

La precipitación dentro de las cuencas altiplánicas presenta una variación espacial asociada a efectos de carácter orográfico; distinguiéndose una variación, no muy marcada, entre la meseta y aquellos puntos más elevados. También, es posible detectar un efecto latitudinal, apreciándose una disminución de la precipitación de Norte a Sur.

La precipitación media anual varía desde 400 mm en el extremo Norte hasta unos 150 - 200 mm en el sector Sur de la zona descrita (Cuadro N° 1).

Respecto a la variación estacional se observa que el comportamiento de la precipitación es, en términos generales, similar a lo largo de la meseta altiplánica, con una importante concentración de la precipitación anual en los meses estivales (Noviembre - Marzo), que fluctúa entre 90% y 95% (Fig. 2). En relación a la variación interanual la precipitación fluctúa entre alrededor de 0,1 y 2 veces el promedio anual.

Caudales.

El régimen hidrológico está fuertemente influenciado por las precipitaciones estivales las cuales, dada la elevación de la zona, se depositan en forma de nieve en los sectores más elevados, permitiendo la continuidad del régimen hidrológico, lo que se traduce en cursos de agua permanentes.

En el sector Norte existe una mayor variabilidad estacional, debido a la mayor influencia de las precipitaciones estivales, la que se reduce notablemente hacia el Sur (Fig. 3).

Los caudales específicos (caudal por unidad de área) corroboran lo señalado, observándose que los rendimientos decrecen de Norte a Sur desde unos 3 (l/s/Km²) a 0,6 (l/s/Km²). Resulta clara la mayor productividad que generan, en términos globales estas cuencas, comparadas con algunas cuencas que drenan hacia el Océano Pacífico, las que presentan escurrimiento

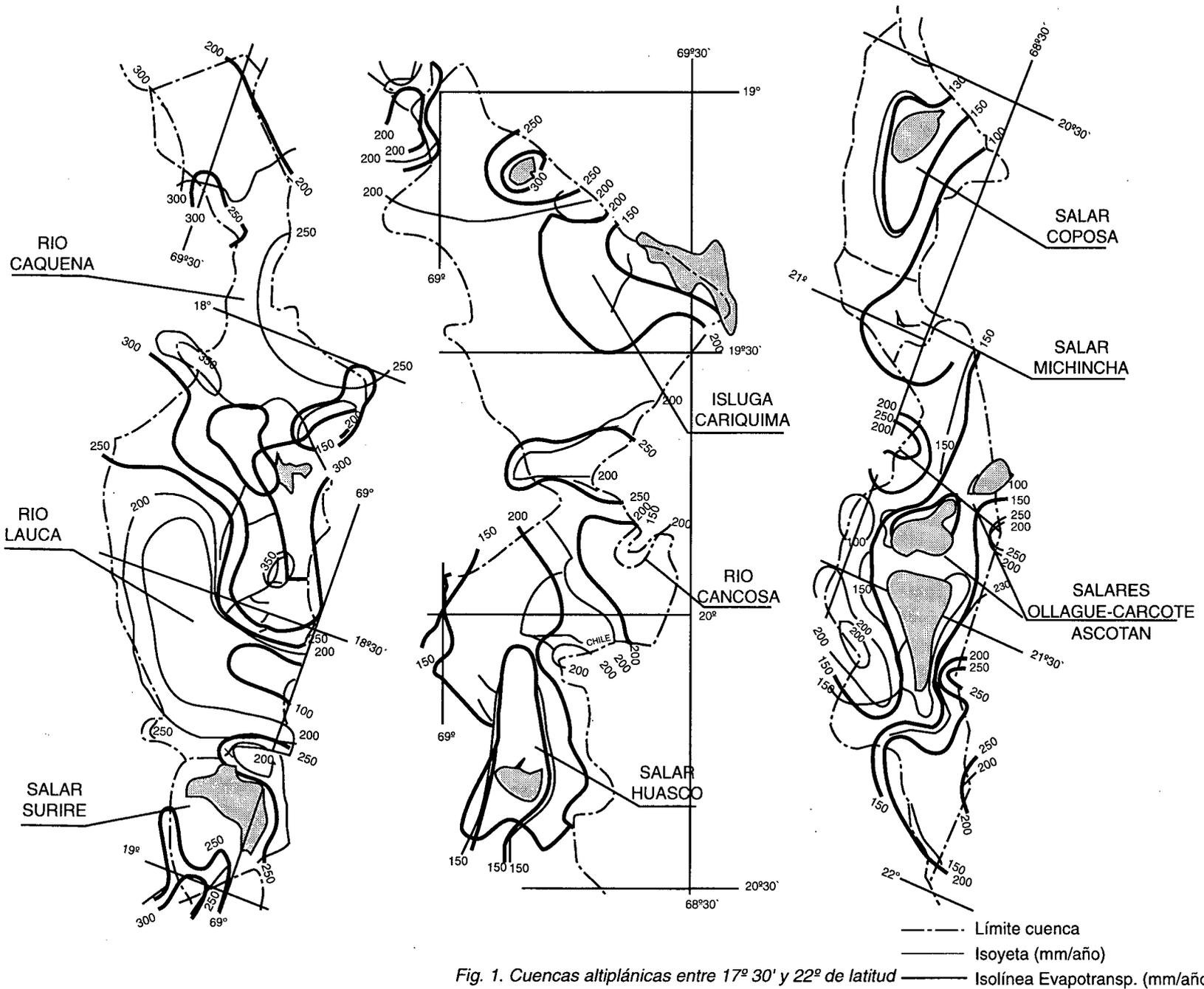


Fig. 1. Cuencas altiplánicas entre 17° 30' y 22° de latitud

permanente a lo largo de casi todo su curso (Cuadro N° 2).

Considerando, que en el caso de cuencas cerradas la evaporación se constituye en el uso-consumo del recurso disponible, en el Cuadro N° 3 se presentan los valores de productividad (caudales específicos), que muestran magnitudes comparables con las indicadas en el Cuadro N° 2.

Balance hídrico

Sobre la base de los resultados recopilados y procesados por la Dirección General de Aguas (DGA) es posible advertir que una alta proporción de la precipitación media que ingresa a las cuencas altiplánicas es consumida a través del proceso de evapotranspiración natural, dicha proporción oscila entre un 75% y 90%.

De lo anterior, se desprende que la escorrentía total dispone de una fracción significativamente menor, que varía entre el 10 y 25% de la precipitación.

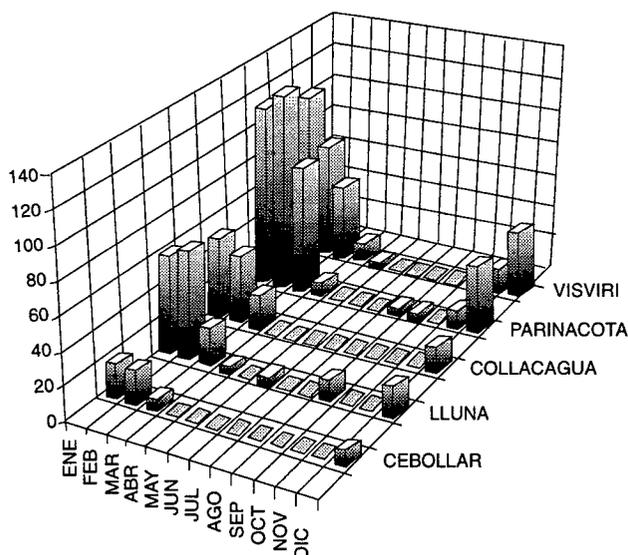


Fig. 2. Precipitación media mensual (mm)

CUADRO N° 1.

CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LAS CUENCAS

CUENCA	SUPERFICIE (Km ²)	COTA MEDIA	PRECIPITAC. ANUAL	CAUCES PRINCIPALES
RIO CAQUENA	(*) 1268	4230	300-400	CAQUENA, COLPACAGUA Y COSAPILLA
RIO LAUCA	(*) 2406	4295	150-400	LAUCA, GUALLATIRE Y DESAGUADERO
SALAR SURIRE	537	4150	250-300	SURIRE
RIO ISLUGA CARIQUIMA	(*) 2171	4200	150-300	ISLUGA, CARIQUIMA, MAUQUE
RIO CANCOSA	(*) 502	4325	150-250	CANCOSA, OCACUCHO
SALAR HUASCO	1374	4125	150-250	PIGA, COLLACAGUA
SALAR COPOSA	1088	4000	150-200	QUEBRADA PABELLON
SALAR MICHINCHA	298	4340	150-200	Q. YABRICAYITA, Q. UJINA
SALAR OLLAGÜE	(*) 320	4050	100-200	QUEBRADA AMINCHA
SALAR ASCOTAN	1435	4100	100-250	
SALAR CARCOTE	525	4100	100-250	

(*) Cuencas que drenan fuera del territorio nacional.

CUADRO N° 2.
CAUDALES ESPECIFICOS

CUENCA	SUPERFICIE (Km ²)	CAUDAL (Q) (m ³ /s)	q (l/s/Km ²)
RIO CAQUENA (1)	1.268	3,67	2,89
RIO LAUCA (1)	2.406	2,46	1,02
RIO ISLUGA (1)	470	0,50	1,06
RIO CARIQUIMA (1)	1.701	1,68	0,98
RIO CANCOSA (1)	502	0,30	0,60
OLLAGÜE (1)	320	0,30	0,93
RIO LLUTA (2)	3.447	1,44	0,41
Q. CAMARONES (2)	4.767	0,59	0,12
Q. CAMIÑA (2)	3.350	0,61	0,18
Q. AROMA (2)	1.481	0,25	0,17
Q. TARAPACA (2)	1.644	0,39	0,23
Q. QUIPISCA (2)	716	0,11	0,15
RIO LOA ALTO (2)	1.977	0,53	0,26
RIO SALADO (2)	2.384	0,80	0,33

(1): Cuencas Altiplánicas (2): Cuencas con drenaje al Océano Pacífico

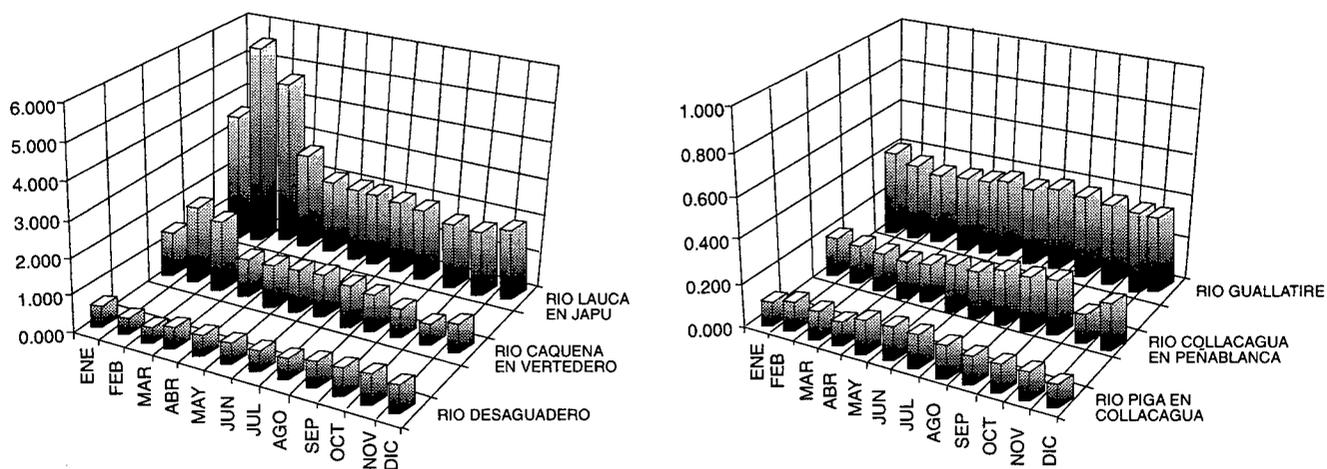


Fig. 3. Caudales medios mensuales (m³/s)

CUADRO N° 3.
CUENCAS CERRADAS

CUENCA	SUPERFICIE (Km ²)	EVAPOR. (m ³ /s)	Q ESPEC. (l/s/Km ²)
CHUNGARA	257	0,70	2,72
SURIRE	537	1,84	3,43
HUASCO	1.374	0,65	0,47
COPOSA	1.088	0,64	0,47
MINCHINCHA	298	0,18	0,60
CARCOTE	2.019	1,90	0,94

Para el caso de cuencas cerradas, cuya base de equilibrio la constituyen los salares, la escorrentía es nula, por lo que la evaporación representa el uso - consumo del recurso restante, correspondiendo al flujo de escorrentía total del sistema. Este flujo muestra una mayor variabilidad, oscilando entre 10% y 43% del total de la precipitación sobre la cuenca (Fig. 4).

En el Cuadro N° 4 se muestran las componentes del balance hídrico para las cuencas de la zona, realizado sobre la base de un período estadístico de 20 años (1961-1981).

En términos globales la disponibilidad de los recursos hídricos en la zona se presenta en el Cuadro N° 5.

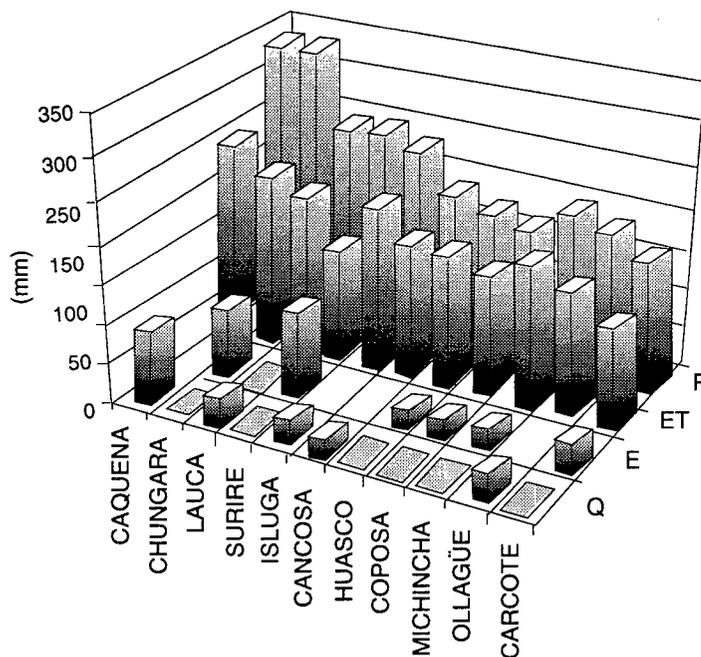


Fig. 4. Balance hídrico

CUADRO N° 4.
BALANCE HIDRICO

CUENCA	SUPERFICIE	PRECIPITACIÓN	ESCORRENTIA	EVAPTRANSP.	EVAPORACION
CAQUENA Y OTRAS	1.268	336	91	245	-
LAGO CHUNGARA	257	341	0	215	86
RIO LAUCA LAUCA	2.406	249	32	201	6
SALAR SURIRE	537	251	0	143	108
ISLUGA CARIQUIMA	2.171	236	31	205	-
RIO CANCOSA	502	190	19	171	-
SALAR HUASCO	1.374	175	0	160	15
SALAR COPOSA	1.088	169	0	151	18
SALAR MICHINCHA	298	195	0	176	19
SALAR OLLAGÜE	320	184	30	154	-
CARCOTE Y ASCOTAN	2.019	162	0	124	30

FUENTE: Balance Hídrico de Chile, DGA. 1987

CUADRO N° 5.
DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HIDRICOS (m³/s)

TIPO	I REGION	II REGION	TOTAL
CAUDAL SUPERFICIAL	9,18	0,30	9,48
EVAPORACION SALARES	4,44	2,45	6,89
ERROR ESTIMACION	3%	6%	6%

II. HIDROGEOLOGIA

La potencialidad hidrogeológica del sector altiplánico chileno está esencialmente ligada a la geología. En la zona se desarrolla un sustrato constituido por rellenos volcánicos cuaternarios y terciarios compuestos por coladas, tobas, brechas andesíticas e ignimbritas. Dicho sustrato presenta una permeabilidad secundaria, asociada principalmente a procesos de fracturamiento que se han desarrollado en este tipo de formaciones. Las características indicadas permiten la existencia de procesos de infiltración y transmisión del recurso hídrico a través de estas unidades (DGA, 1986). Estos sectores, generalmente constituidos por rellenos cuaternarios, no consolidados, volcánico-clásticos, que alcanzan espesores de 100 m o más almacenan el recurso hídrico y son actualmente explotados.

Para aquellos sectores donde se dispone de antecedentes hidrogeológicos, la productividad de los pozos resulta bastante significativa, consignándose de alta a muy elevada (DGA, 1986), con valores superiores a 10 m³/hr/m. Cabe destacar que se dispone de pocos antecedentes que permitan generalizar esta situación, debe mencionarse que el sector altiplánico presenta un interesante atractivo desde el punto de vista hidrogeológico, lo que se ha traducido en un fuerte incremento de solicitudes de área de exploración de aguas subterráneas que la DGA ha recibido en los últimos años.

III. CALIDAD DE AGUAS

La información disponible en el área de análisis es bastante escasa y permite, en términos generales, disponer de una visión preliminar de las características principales de la constitución química de las aguas. En el Cuadro N° 6 se presenta una síntesis de calidad de las aguas en cursos donde se dispone de antecedentes para tal efecto. A partir de estos valores se establece la aptitud de las aguas, considerando uso para agua potable y/o riego sobre la base de las normas de calidad de aguas vigentes (NCh 409 y NCh 1.333 Of. 78); en el Cuadro N° 7 se muestra esta situación.

CUADRO N° 6.
CALIDAD DE AGUAS (mg/l)

CUENCA	CAQUENA	COSAPILLA	LAUCA	CHUNGARA	SURIRE	PIGA	COLLACAGUA	ISLUGA
PH	7,9	7,2	7,8	7,4	7,6	7,6	8,0	8,0
C.E.	1.245	274	690	230	563	500	520	1.185
CO3	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO3	258,9	52,1	227,0	65,8	182,1	234,8	244,0	182,5
Cl	154,1	9,1	39,0	40,0	47,6	21,3	28,4	93,1
S04		70,1	139,0	44,6	65,0	62,4	86,4	367,4
Ca	44,4	14,5	38,0	17,2	39,3	34,0	42,0	70,1
Mg	62,9	11,1	38,0	10,7	26,7	20,6	23,0	64,0
K	15,2	4,8	8,1	3,9	11,7	7,8	7,8	18,6
Na	103,2	26,2	64,0	12,8	34,3	46,0	59,8	90,9
B	3,2	1,0	1,6	0,7	1,4	0,9	-	2,0
As	0,08	0,04	0,04	0,01	0,07	0,01	-	0,05

CUADRO N° 7.
SITUACION ACTUAL DE LAS CUENCAS

CUENCA	SITUACION
CAQUENA	Muestra excesos en conductividad, cloruros, Boro y Arsénico. Restringiendo su uso en riego, y no siendo apta para el agua potable.
COSAPILLA	Mejor calidad que el río Caquena, aunque el nivel de Boro restringe su uso en riego.
LAUCA	Buena calidad, ligero exceso en Boro puede restringir levemente en riego.
SALAR SURIRE (VERTIENTES)	Exceso en As no la hace apta para agua potable, la presencia de B limita su uso en riego. Alguna información sobre el río Surire indica que sus aguas no son aptas para el agua potable, debido a la presencia de As y restringe su uso en riego por el B y la C.E.
RIO PIGA	No presenta restricciones para agua potable; se detecta B, restringiendo su uso en riego.
RIO COLLACAGUA	Muestra una situación similar al río Piga.
RIO ISLUGA	Presenta excesos en conductividad, sulfatos, Na y B, que restringen su uso para riego. No se detectan excesos en As.
SALAR DE CARCOTE Y ASCOTAN	Exceso en conductividad, sulfato, Boro y Arsénico en ciertos puntos.

AGRADECIMIENTOS: El autor desea expresar su profundo agradecimiento a la Ing. Srta. Tatiana Cuevas V. por su valiosa colaboración en el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

DGA, 1986. Mapa Hidrogeológico Nacional.

DGA, 1987. Balance Hídrico de Chile.

INYGE LTDA., 1991: Análisis y Planificación de los Recursos de Agua en la II región de Antofagasta, ESSAN S.A.

INYGE LTDA., 1991: Análisis de los Recursos de Agua de la región de Tarapacá. Intendencia, I región.

PEÑA, H. y SALAZAR, C., 1992. Calidad de las Aguas, Depto. Estudios y Planif. Dirección General de Aguas, MOP.