

**HOYAS HIDROGRÁFICAS DE CHILE :  
SEGUNDA REGIÓN**

**REALIZADO POR:**

**HANS NIEMEYER F.**

## HOYA DEL RIO LOA

La hoya hidrográfica del río Loa, con una superficie total de 33 570 km<sup>2</sup>, se desarrolla en el tercio norte de la II<sup>a</sup> Región de Chile, entre latitudes extremas 20°52' y 22°57' L.S. y longitudes 68°00' y 70°02' L.O. El río Loa nace en la falda norte del Vn. Miño, en los Ojos del Miño, casi en los límites entre la I<sup>a</sup> y II<sup>a</sup> Regiones de Chile, en 21°15' L.S. y 70° L.O. Su longitud total se acerca a 440 km.

A pesar de su extensa hoya, los recursos hídricos provienen de la cuenca alta que comprende alrededor del 20% de la superficie total.

Con curso aproximadamente norte-sur, el Loa recorre casi 150 km en un profundo cañón de altura variable, desde su nacimiento hasta el oasis de Chiu Chiu, pueblo que se levanta en su margen izquierda. En este trayecto recibe sus dos tributarios más importantes que le caen del este: el río San Pedro o Inacaliri y el río Salado. En Chiu Chiu dobla su curso sensiblemente hacia el oeste para alcanzar en un recorrido de 115 km el punto denominado Chacance. En él se le reúne por la derecha el río San Salvador. En Chacance, el Loa toma franca dirección sur-norte hasta fertilizar el oasis de Quillagua, después de una trayectoria de 80 km. A partir de Quillagua el Loa describe un gran arco y luego desemboca en el Pacífico, en Caleta Huelén, después de trasponer el macizo costero en un tajo profundo, de más de 500 m de altura. Llega al mar con un gasto de unos 300 a 400 l/s de agua salobre.

La hoya superior del río Loa se desarrolla entre dos cadenas montañosas longitudinales. La situada al oeste, llamada por Brügger (1930) Cordillera del Medio, corre paralelamente al río hasta rematar por el sur en los cerros de Quetena. Es de faldeos suaves y cumbres poco prominentes, con elevaciones comprendidas entre 3600 a 4600 m s.m. Está constituida mayormente por rocas fundamentales mesozoicas del Jurásico y Cretáceo Inferior, con intrusiones de rocas plutónicas (V. gr. el C<sup>o</sup> Sirahue en el sector de Taira y el macizo grano-

diorítico del Mineral de Chuquicamata).

La cadena oriental se desprende del macizo de Aucanquilcha (6148) perteneciente a la Cordillera Andina Occidental, que corre desde Oyahue al Vn. Licancabur.

Dicha cadena oriental se dirige al sur separando la hoya del Loa de las cuencas cerradas de los salares Ascotán y San Martín. La cumbre más elevada de ella es el C<sup>o</sup> Palpana con 6045 m s.m. El cordón continúa hacia el sureste y de él se desprenden dos importantes estribaciones orientadas aproximadamente de oriente a poniente, que se acercan a la ribera oriental del Loa. El de más al norte de estos cordones transversales se desprende del C<sup>o</sup> Inacaliri (5593) y se continúa en los cerros de Colana (5505) y Lay Lay, (4902), en los volcanes San Pablo (6118) y San Pedro (6022), para terminar en el cono de menor altura del volcán Poruña. Separa la hoya del río San Pedro o Inacaliri de la extensa pampa del Avestruz.

El contrafuerte de más al sur, corre más o menos paralelo al anterior y sirve de flanco meridional a la hoya del río San Pedro, separándola de la del río Salado; se aparta del volcán Linzor para alcanzar su máxima expresión hacia el oeste en el volcán Paniri (5960). Pertenecen a él las cumbres intermedias Toconce (5435) y León (5771), y termina no lejos del Loa en los cerros Carcanal (4905). Contrario a lo que sucede con la cadena poniente, todo el cordón oriental y sus derivaciones tienen su origen en el volcanismo del Pleistoceno, y sus lavas son principalmente andesíticas y basálticas. Sus principales cumbres suelen cubrirse de nieve.

Cierran la cuenca superior del Loa por su extremo austral, donde el río toma franco rumbo al poniente, las serranías mesozoicas de Limón Verde, con 3200 m; y al oriente, los cerros de Tuina y de Ayquina.

Entre estas cadenas de cerros y volcanes se extienden amplias altiplanicies y ensenadas llanas de ligera inclinación al oeste, que el río Loa y sus afluentes han cortado con profundos cañones.

Tienen cotas desde 3500 a 2400 m s.m. La cubierta de estas llanuras elevadas corresponden ya sea a las tobas, ignimbritas y tufitas de carácter riolítico, de edad probablemente Terciaria, bien a las calizas de agua dulce o areniscas calcáreas que constituyen un rasgo típico de la gran cuenca, y, en menor escala, a sedimentos lagunares holocénicos.

El río Loa más allá de Calama y al atravesar la pampa desértica corta exclusivamente materiales sedimentarios clásticos y de origen lagunar que rellenan la gran cuenca. Sólo en la proximidad al mar bastante más allá de Quillagua, labra las formaciones mesozoicas y paleozoicas de la cordillera de la costa produciendo un profundo nuevo cañón.

En su curso inferior el Loa recibe aportes insignificantes. Cerca de Quillagua le cae una pequeña vertiente de la quebrada Chuncahuaico, y en Calate, recibe el drenaje del Salar de Llamara, que no aporta más de 10 l/s de agua muy salobre.

Los tributarios más importantes, que aportan agua regularmente al Loa son el río San Pedro, el río Salado y el río San Salvador. Sin embargo, en el curso superior tributa al Loa por su ribera izquierda el río Chela en cantidad de unos 70 l/s que provienen de aportes nivales desde el macizo de Aucanquilcha.

Río San Pedro. El río San Pedro o Inacaliri tributa al Loa por su ribera oriental en las proximidades de la estación San Pedro del Ferrocarril Antofagasta a Bolivia, a unos 76 km aguas arriba de Calama. Nace en la alta cordillera andina en la Aguada de Inacaliri, en la falda oriente del C<sup>o</sup> León. En su recorrido hacia el norte recibe en sus cabeceras afluentes pequeños desde el cordón fronterizo. Sin embargo, el afluente principal es el río Siloli que le cae desde el norte y proviene de territorio boliviano próximo a la frontera internacional. A corta distancia de ella se le reúne el río Cajón para constituir un caudal de unos 250 l/s de agua de excelente calidad. A estas aguas conjuntas se unen las de la quebrada de Cabana con unos 50 l/s para formar el río Inacaliri propia-

mente tal, en un punto situado 1 km de la toma de Codelco-División Chuquicamata. Otra aguada tributaria es la de Colana que cae al río Inacaliri por su ribera derecha. Tiene su origen en una vertiente de agua dulce situada en la falda sur del cordón de los volcanes San Pedro-San Pablo. Se dirige al sur en un cauce muy estrecho y enmascarado por la vegetación. Finalmente, en su condición natural, se infiltraba el agua poco antes de llegar al Inacaliri. Debido a la excelente calidad química del agua, la vertiente es captada y conducida en cantidad de unos 50 a 60 l/s a Chuquicamata, con fines de consumo doméstico.

A unos 8 km aguas abajo de la captación de Codelco las aguas se pierden en las llamadas Vegas de Inacaliri, apareciendo el cauce seco por más de 15 km hacia valle abajo, hasta los Ojos de San Pedro. Estos "ojos" dan nuevamente origen al río San Pedro. Nacen en forma semi surgentes en el extremo nororiente de un salar de 5 km<sup>2</sup> de superficie. Las aguas se esparcen a poco de su nacimiento formando una laguna de 1 km<sup>2</sup> de extensión para luego concentrarse y constituir el río San Pedro propiamente tal. Recorre 30 km hasta alimentar al Loa. Desde Ojos de San Pedro, el cauce se profundiza paulatinamente en los mantos de lavas ignimbríticas y tobas soldadas de carácter riolítico hasta alcanzar frente al Vn. San Pedro las proporciones de un gigantesco cañón de más de 100 m de profundidad, que luego se reduce hacia la desembocadura.

La hoya total del río San Pedro comprende una superficie de 1087 km<sup>2</sup> que se desarrolla en dirección principal Este-Deste por unos 75 km de longitud y 15 km de ancho medio. De ella, una pequeña parte queda comprendida en territorio boliviano.

Río Salado. El río Salado - afluente principal del río Loa - tiene sus orígenes en más de treinta vertientes frías y termales, surgentes en una gran hoyada que se extiende a los pies de la cadena del Vn. Tatio, a unos 4200 m s.m. Después de un breve recorrido sur-norte, toma dirección al oeste labrando un profundo cañón, de 100 o más metros de altura, principalmente en las tobas soldadas e ignimbríticas riolíticas.

En su curso medio recibe sus afluentes más importantes: el río Toconce, reunido con el río Hojalar; cinco km más abajo de esa junta recibe por su banda izquierda el río Caspana.

Entre Ayquina y su confluencia al Loa, caen al Salado por su ribera norte o derecha varias quebradas habitualmente secas que bajan desde las faldas sur del volcán Paniri y del cerro Carcanal. Las quebradas de Paniri y Cupo se juntan a la quebrada de Huiculunche para tributar juntas al Salado 20 km aguas abajo del pueblo de Ayquina. La última quebrada drena las llamadas vegas de Huiculunche, de Ayquina y de Turi. Estas vegas comprenden una extensión de aproximadamente 110 km<sup>2</sup> y de su drenaje podría esperarse hasta unos 300 l/s. Del lado sur, algo más abajo que la anterior confluencia, cae al Salado las quebradas reunidas de Yalqui y Chiquinapura.

En este curso medio aparecen también a orillas del río importantes ojos de agua que constituyen aportes salobres al río.

El río Toconce nace en el Ojo de Linzor, en la falda poniente del volcán de este nombre. Desarrolla un curso de dirección general SO de 32 km. En su orilla izquierda se levanta el pueblo de Toconce con sus característicos andenes de cultivo. Faltando 1,5 km para su confluencia al Salado, le cae por su ribera izquierda el río Hojalar cuyo curso superior llámase río Piedras Grandes por nacer de la falda occidental del cerro de ese nombre. El desarrollo del Hojalar alcanza a 18 km. Tanto el Toconce como el Hojalar han excavado profundos cañones en la Formación Riolfítica.

Entre las juntas del río Toconce y del río Caspana cae al Salado por su ribera izquierda el río Curte, de bajo caudal y agua salobre. Nace este tributario en la falda noroeste del cordón divisorio en los Altos de Cáblor

rio con la cuenca alta del río Jauna (de la hoya del Salar de Atacama) y desarrolla curso de 17 km en dirección al NO, prácticamente paralelo al del propio río Salado en ese sector y paralelo también a la quebrada Turicuna.

El río Caspana, en cuyas riberas se levanta a 3260 m s.m. el pueblo y los cultivos de Caspana, se forma de la reunión de los arroyos de Coya y de Cáblor, para correr encajonado en una honda quebrada hacia el NO hasta caer al Salado seis kilómetros aguas arriba del pueblo de Ayquina. El recorrido es de unos 20 km. Su principal afluente en su curso inferior es el río Turicuna, de aguas un tanto salobres, que le cae por su margen derecha. Poco más abajo le cae al Caspana, por la ribera opuesta, el arroyo Chilcal de aguas muy contaminadas, aunque de muy pequeño gasto.

El arroyo Cáblor es de corto curso y buena calidad de agua. También el arroyo Coya es de curso breve y drena extensas vegas en sus orígenes.

Desde su nacimiento en los geysers del Tatio hasta su desembocadura en el Loa, tres kilómetros aguas abajo de Chiu Chiu, el Salado tiene un desarrollo de aproximadamente 80 km y su hoya hidrográfica abarca una extensión de 2210 km<sup>2</sup>.

En el curso inferior del Salado, no lejos de su ribera derecha al llegar a Chiu Chiu y a 2560 m s.m., se encuentra una laguna de planta casi circular de unos 150 m de diámetro, de aguas salinas parecidas a las del río Salado, con una conductividad total superior a 5000 m mhos e índice SAR algo superior a 15. El contenido de arsénico es muy elevado, de 2 a 3 ppm. No se ha medido su profundidad, pero se dice que es muy honda.

Río San Salvador. Nace de la reunión de varias quebradas secas con cabeceras en las proximidades del Salar Talabre, del Salar del Indio y de Chuquicamata, entre Calama y Chuquicamata. Después de un desarrollo de aproximadamente 25 km del cauce así formado, se le reúne por su ribera

izquierda, a unos 10 km al SO de Calama, la quebrada de Opachi u Opache, en cuya pared surgen dos poderosas vertientes asociadas a una formación de calizas antiguas y muy compactas. El lugar se conoce con el nombre de Ojos de Opache. Se considera el verdadero origen del río San Salvador. Este corre paralelamente y al norte del Loa, separado de unos 5 km, en una distancia de aproximadamente 56 km, hasta desaguar en su ribera derecha en Chacance, justo en el codo donde el Loa toma rumbo al norte. A 4 km de su nacimiento recibe por su ribera norte la quebrada de Quetena que baja de los cerros de ese nombre. Mientras las vertientes de Opache entregan un gasto de alrededor de 600 l/s, la quebrada Quetena aporta sólo unos 100 l/s.

---o---

El régimen del Loa y de sus afluentes es pluvial y las crecidas obedecen a intensas lluvias de verano caídas en la alta cordillera. Dichas lluvias se producen desde la segunda quincena de noviembre hasta la primera de marzo, pero no es un fenómeno que se repita regularmente. El módulo del Loa en Conchi, en un período de estadística de 1958 a 1970 alcanza a 1,95 m<sup>3</sup>/s. En Escorial, el módulo es de 2,7 m<sup>3</sup>/s en 18 años de observación; se han considerado como de Escorial las observaciones de la estación Yalquincha, suprimida en 1964. El Loa en Quillagua tiene un promedio anual en 11 años de estadística de 0,77 m<sup>3</sup>/s.

Es del mayor interés reconocer que el río Loa <sup>Superior,</sup> a medida que transcurre, va engrosando su caudal en forma notable. Así, desde Lequena hasta la confluencia del río San Pedro el caudal del Loa en su condición natural sube de unos 600 l/s a 1700 l/s con aportes no concentrados o invisibles. Desde la confluencia del San Pedro a la junta del Salado sube el gasto a unos 1900 l/s. El aporte del Salado no es en la actualidad mayor de 400 l/s. Desde este último punto hasta Escorial, continúa incrementándose el caudal hasta cifras cercanas a 2700 l/s.

Respecto a crecidas no hay registros. Sin embargo, se estimó en 100 m<sup>3</sup>/s la crecida que destruyó la Socatoma Nº1 en 1974.

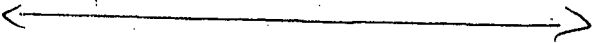
El río Salado en Ayquina presenta un gasto promedio anual de 0,51 m<sup>3</sup>/s obtenido de 10 años de estadística, pero antes de ser captado por el mineral de Chuquicamata aportaba unos 1000 l/s.



Cubierta litológica. Al describir la red hidrográfica se han mencionado las formaciones geológicas que la comprenden, las cuales se pueden resumir así: en la parte oriental de la cuenca el paisaje todo está dominado por el volcanismo cuaternario con sus lavas andesíticas a basálticas; las mesetas que corta el río Loa en su curso superior y parte del medio están constituidas esencialmente por ignimbritas soldadas, cineritas y tobas de carácter riolítico. Más adelante, todo su curso medio corta rocas terciarias del Mioceno-Plioceno, correspondientes a sedimentos continentales lacustres, especialmente calizas, dolomitas y kieselguhr. Al atravesar el macizo costero, el Loa corta en un profundo cañón afloramientos del Paleozoico compuestos de rocas metamórficas<sup>tales</sup> como pizarras, cuarcitas, etc. y calizas, lutitas y areniscas marinas fosilíferas del Liás Inferior a Malm.

La cadena de cerros que flanquea por el occidente el curso superior y parte del curso medio del Loa o Cordillera del Medio, está constituida por rocas mesozoicas entre las cuales destacan plutones graníticos del Cretácico y rocas sedimentarias marinas del Jurásico y del Liásico, entre otras. En esta cadena los afloramientos Paleozoicos son de menor importancia.

Cubierta vegetal. La mayor parte de la hoya se desarrolla en mesetas desérticas. Sin embargo, en la cuenca alta se encuentran distintas especies de tolas y plantas del género *Baccharis*, junto a otras xerófilas; el cactus candelabro (*Cereus atacamensis*) y pastos duros o pajonales. En la caja del río Loa prosperan varias hierbas hidrófilas como la brea, la doca, la grama salada, juncos, la cortadera, etc. y también algunos árboles como el sauce y el pimiento boliviano o molle, que es el más característico. Probablemente en sectores muy elevados e inaccesibles de la cuenca alta aun perdure la llareta, después de la explotación que de este combustible hizo Chuquicamata.

En el Loa Medio-Inferior tipificado por el Oasis de Quillagua, y sus inmediaciones, la flora natural dentro de la caja del río, ya que no existe vegetación visible de ninguna especie fuera de ella, comprende árboles del género *Prosopis* como el algarrobo y el tamarugo; el pimiento boliviano o molle y el chañar.   
Abundan arbustos como la chilca, el cachiyuyo o pillala y hierbas freagófitas y halófitas (muy abundantes) como juncos, la grama salada y la brea.

Dentro del valle, en su sector nororiente, y al oriente del camino principal que conduce al pueblo, se encuentra un área boscosa de considerable extensión conocida con el nombre de Monte de Oro, con cabida de unas 50 ha. Esta área está poblada de algarrobos y de tamarugos, los cuales se han explotado para la fabricación de carbón de madera en grandes hornos de barro.

Calidad del agua. Las circunstancias de que los principales tributarios y fuentes de alimentación del Loa se originen en vertientes asociadas al intenso volcanismo de la región, unido a un clima desértico que determina la existencia de vegas y salares con incremento de evaporitas, provocan que las aguas vayan cargándose de sales en su recorrido, que las contaminan en alto grado.

El incremento de la demanda de agua para usos múltiples, especialmente en agua potable e industrial, ha promovido en los últimos quince años la realización de investigaciones cuidadosa de las causas de la contaminación, al mismo tiempo que la construcción de nuevas obras que permitan un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Se explica así que las aguas de la cuenca del Loa sean quizás las más analizadas de Chile. Estos ensayos han permitido definir los puntos críticos de contaminación, al mismo tiempo que han permitido encontrar la mejor combinación para aprovechar los recursos en forma adecuada a las exigencias y tolerancias de los diferentes usos, determinando prioridades.

En el año 1967 la Dirección de Riego del MOP organizó un ciclo de ocho corridas de muestreo de aguas en el río Loa, entre Lequena y Calama y, simultáneamente en sus tributarios principales, el río San Pedro y el Salado. Ese trabajo le fue encomendado al ingeniero Hans Niemyer F. y se publicó en extenso en un volumen en multilith, de tirada restringida. Dada la importancia del Loa y el hecho de que dichas corridas constituyen en cierto modo una unidad por la sistematización del muestreo como por su simultaneidad, se ha reproducido el cuadro siguiente que consigna los principales resultados de ese esfuerzo, en forma de promedios. En aquella oportunidad los indicadores más importantes de los ensayos químicos se llevaron a gráficos ordenados en la secuencia espacial desde aguas arriba hacia aguas abajo, teniendo a Lequena como punto de origen y la terraza municipal de Calama como término.

Corresponden sus resultados a una situación histórica, ya que no estaban construidas aún las obras tales como la extracción de la SENOS en Lequena para el agua potable de Calama y Tocopilla, de 1969, ni los drenes de los ríos de San Pedro, ni el Embalse Conchi, terminado

## CALIDAD DEL AGUA DE LA HOYA DEL RIO LOA

Promedios de ocho corridas de muestreo realizadas en  
mayo y junio de 1967

Estación	pH	Conduc. total m mhos	SAR	B ppm	As ppm
a) RIO LOA					
Lequena	8,10	1085	2,48	3,6	neg.
Cabrito	8,00	1055	2,71	3,4	0,005
Calachuz	7,7	1119	2,64	3,8	0,005
Chela Cruz	7,6	1251	2,95	4,4	0,005
Taira aforo	7,45	1600	3,22	5,05	-
Taira puente	7,5	1543	3,40	5,0	0,005
La Bajada	7,8	1559	3,31	5,9	0,07
Santa Bárbara	8,0	1619	3,38	5,3	0,07
La Isla	8,1	1642	3,41	5,7	0,07
Alcantarilla Conchi	7,6	1907	3,80	4,9	0,11
Puente Conchi	7,9	2020	4,04	5,6	0,27
Puente Lasana	7,9	2059	4,27	5,7	0,11
Puente Chiu Chiu	8,1	2061	4,36	4,7	0,01
Loa antes junta Salado	8,1	2051	4,55	4,9	0,23
Loa desp. junta Salado	8,1	2495	6,00	5,7	0,28
Angostura	7,9	3886	9,75	7,5	0,18
Escorial	7,9	3936	9,76	7,0	0,09
Terraza Municipal	7,8	4549	11,14	7,8	0,78
b) RIO SAN PEDRO					
Ojo N°1	6,8	1414	3,86	3,2	0,16
Ojo N°2	6,8	818	2,60	2,1	0,33
Ojo N°3	6,8	826	2,21	2,2	0,20
Ojo N°4	6,9	818	2,11	1,9	0,19

## CUADRO Nº (Cont.)

11

Estación	pH	Conduc. total m mhos	SAR	B ppm	As ppm
Ojo Nº5	6,9	820	2,31	2,1	0,19
Ojo Nº6	6,7	869	1,97	1,6	0,44
Laguna	7,7	925	1,94	2,1	0,12
Puente	7,7	1212	2,86	4,9	0,11
Cultivos	8,1	1227	2,76	2,1	0,09
B.T. Chilex	8,3	1245	2,82	2,8	0,15
Encuentro (junta al Loa)	8,4	1306	3,20	3,2	0,28
c) RIO SALADO					
R. Toconce antes junta R. Salado	8,0	2699	7,9	6,1	0,54
R. Caspana en junta	8,0	2752	10,4	2,8	0,25
Ojo de agua	7,0	8386	18,4	10,8	0,12
Represa Chilex	8,1	6395	27,2	29,1	1,96
Antes junta R. Toconce	7,9	6523	29,4	34,2	0,85
Antes junta R. Caspana	7,7	5900	20,3	21,2	1,60
Cultivos Ayquina	7,4	5357	14,2	11,4	1,19
Sifón Ayquina	7,6	5312	12,9	9,4	0,38
Ramadita	7,7	6115	14,1	10,6	0,09
Puente El Diablo	7,7	5943	15,3	9,4	0,15
El Vado	7,8	5991	17,1	27,5	0,15
Antes junta con R. Loa	8,0	5863	14,5	11,0	0,81

Además, se reproduce un gráfico que ilustra la variación de los índices desde Lequena a Calama y en los principales tributarios. De su examen se resumen las siguientes conclusiones: (Ver Gráfico Nº ).

## a) RIO LOA

Conductividad. En Lequena, punto de origen de las distancias de los gráficos, los análisis acusan cifras alrededor de 1100 m mhos que concuerda con los realizados antes de 1967, cifra que se mantiene inalterable hasta Chela Cruz, a 18 km aguas abajo de Lequena. De Chela Cruz a Taira la curva de conductividad se empina a un valor medio de 1500 m mhos. Entre Taira y Santa Bárbara, a 40 km del origen, la pendiente de conductividad es muy suave alcanzando el valor de 1600 m mhos. En el tramo entre Santa Bárbara y Alcantarilla Conchi aumenta la pendiente aunque los ensayos logran aquí mayor dispersión que en las estaciones anteriores. La curva tiene una grada de bajada en El Encuentro, debido a la confluencia de las aguas menos contaminadas del río San Pedro. En Alcantarilla se alcanza 1900 m mhos de promedio, con un máximo de 2060 m mhos y un mínimo de 1700 m mhos. A partir de Alcantarilla, hasta la confluencia del R. Salado, antes de la junta de las aguas, la calidad de éstas se conserva prácticamente inalterable ya que la pendiente de la curva resulta de 100 m mhos en 50 km y un promedio de 2051 MM en dicho punto crítico. En Confluencia se presenta una grada de subida con la llegada de las aguas contaminadas del río Salado. Aguas abajo de la junta se tiene, pues, 2500 m mhos en promedio. El monto de la grada depende de la relación entre los gastos del Loa y del Salado, que son variables no sólo por condiciones naturales sino fundamentalmente por el manejo que hace el hombre aguas arriba de esa localidad. Esto explica la dispersión de valores en ese punto. A partir de él y en un tramo de 14 km, hasta Angostura (km 112), la pendiente de conductividad se inclina fuertemente alcanzando valores fluctuantes entre 4100 y un mínimo de 3800 m mhos, con promedio de ocho ensayos de 3886. De Angostura a Escorial la curva se mantiene horizontal en 5 km para luego empinarse al máximo ángulo en el tramo Escorial-Terraza Municipal (de Calama), a 122 km del origen de distancia.

Indice SAR. El índice SAR en el Loa sigue una curva de variación a lo largo del río muy semejante en forma a la de la conductividad. Empieza con un valor promedio representativo entre 2 y 3. En Chela Cruz la curva

media sube lentamente hasta Taira Puente, manteniéndose horizontal hasta El Encuentro con un valor promedio de 3 a 3,5. En forma similar a lo que acontece con la curva de conductividad, a partir de este punto se empina hasta alcanzar valores superiores a 4 en un corto trecho de 4 km, hasta la Alcantarilla de Conchi. Desde aquí hasta la confluencia del río Salado el índice sube muy lentamente con una gradiente de 0,5 puntos en 50 km. En Confluencia sufre el impacto del río Salado presentando la curva del índice SAR una discontinuidad de 4,5 a 6 (valor medio). Desde aquí las curvas se disparan con una gradiente muy fuerte hasta Angostura, saltando el índice del valor anterior (6) al valor 9,5, que se mantiene prácticamente constante hasta Escorial, punto en el cual nuevamente empieza a aumentar hasta alcanzar valor de 11 y más en Terraza Municipal.

El paralelismo de formas de las curvas Conductividad o Índice SAR puede interpretarse como que las sales de sodio, especialmente cloruros, son los responsables de los incrementos de la conductividad.

Boro. El contenido de boro es muy irregular de una estación a otra en una misma corrida, es decir, es irregular en su distribución espacial; asimismo es irregular en el tiempo. Basta examinar el gráfico correspondiente para visualizar la dispersión de los valores del contenido de boro. Sin embargo, cinco de las ocho curvas resultantes correspondientes a nuestras corridas, se mantienen dentro de un sector central. Arriba de los Ojos de Taira el boro se conserva entre 2 y 5 ppm. A partir de dicho punto la curva media de boro sube a valores sobre 5, señalando la influencia sobre este elemento que tienen las vertientes termales de Taira, probablemente de origen volcánico. (Véase Gráfico 2 del informe citado).

Hacia aguas abajo la tendencia es a bajar levemente hasta la confluencia del río Salado. A partir de este punto el contenido de boro sube considerablemente hasta alcanzar cifras del orden de 10 ppm en Calama.

Arsénico. En cuanto al contenido de arsénico, este elemento se manifiesta levemente sólo a partir de La Bajada. De Lequena a Taira, los ensayos dan negativo. Los valores, a medida que se avanza hacia Calama, sufren variaciones importantes tanto en el espacio como en el tiempo. Los mayores valores se alcanzan en Terraza Municipal (Calama) con cifras que van de un mínimo de 0,40 a un máximo de 1,40 ppm. En realidad, los valores adquieren mayor importancia a partir de la confluencia del río Salado.

pH. Las comprobaciones de pH acusan siempre valores superiores a 7, vale decir, el agua del Loa empieza por ser moderadamente alcalina; sufre en el sector de Taira al Encuentro un incremento de alcalinidad. Se advierte un descenso de pH entre El Encuentro y el Puente Conchi. En lo sucesivo los valores de pH se conservan alrededor de 8,5 hasta el término del sector en estudio, en Calama.

#### b) RIO SAN PEDRO

Sólo se muestreó en 1967 desde Ojos de San Pedro hasta El Encuentro, o sea, hasta la confluencia del Loa. Se sabe que en las nacientes las aguadas son de excelente calidad.

Se muestreó en los seis Ojos de Agua que dan nacimiento al río; en la laguna donde las aguas de los ojos se mezclan en el puente, donde el río está completamente formado; en un sector del curso medio que se denominó "Cultivos"; en bocatoma de la ex-Chilex (hoy Codelco-División Chuquicamata), cerca de la estación ferroviaria San Pedro, y finalmente, antes de la junta del Loa.

Conductividad. Los análisis de las aguas de las vertientes u "ojos" acusan una conductividad de alrededor de 800 a 900 m mhos, resultados que coinciden con los de análisis anteriores hechos por la Dirección de Riego. Si se consideran individualmente las vertientes se advierte una notable discrepancia entre el Ojo Nº1 y las cinco restantes. En efecto, la conductividad de las aguas del Ojo Nº1 es de alrededor de 1400 m mhos, superior en 500 o más unidades a las de los otros ojos, las que a su vez son muy semejantes entre sí en su composición química. Parece que la causa hay

que atribuirla al exceso de cloruro en el Ojo N°1 sobre las otras aguas. Demuestran tener distinto origen.

La conductividad del río San Pedro sube bruscamente en su paso por la laguna y salar, para alcanzar en la estación del Puente - donde las aguas ya están confinadas - una cifra media de 1150 a 1250 m mhos. En el recorrido de 30 km del río San Pedro hasta su junta con el Loa, la conductividad se conserva prácticamente constante.

Índice SAR. El índice SAR es prácticamente constante en todo el recorrido del río San Pedro, desde su origen hasta su desembocadura en el Loa, donde llega con valor de 2,5 a 3,2.

Boro. El contenido de boro se acusa irregular de una corrida a otra, pero en general fluctúa de 2 a 3 ppm. El Ojo N°1 da, otra vez, valores más altos que las otras vertientes. En El Encuentro, siempre este índice como los otros se manifiesta un poco más alto.

Arsénico. En cuanto al contenido de arsénico, los resultados para los ojos de agua N°2 al N°6 son concordantes, con un valor representativo de 0,25 ppm. Desgraciadamente, no se obtuvieron del laboratorio los análisis para el Ojo N°1, el que en otros rubros presenta disparidades respecto a sus hermanos. En las muestras de la laguna, el arsénico ha disminuido a un valor representativo más frecuente de 0,10. En Cultivos de San Pedro se acusa a veces negativo y en dos ocasiones alcanza cifras de 0,30. En Bocatoma Chilex ocurre algo parecido. Finalmente en El Encuentro, antes de la desembocadura del San Pedro en el Loa los valores de arsénico van de 0,20 a 0,35 ppm.

pH. Las aguas de los Ojos de San Pedro son ligeramente ácidas o neutras, ya que acusan un pH comprendido entre 6 y 7, a veces algo superior a 7. En cambio, la laguna y el río en Puente, ya acusan reacción alcalina, la que se acentúa al llegar al Loa donde el pH alcanza cifras sobre 8 la mayoría de las veces.



## c) RIO SALADO

Conductividad. El agua del río Salado tiene un alto contenido salino desde su nacimiento en los geysers del Tatio. El punto más alto del estudio de 1967 es aquel en que una represa de la Chilex (hoy de Codelco-División Chuquicamata) capta gran parte del caudal para llevarlo por cañería a Chuquicamata; dicho punto queda 52 km aguas arriba de la desembocadura del Salado al Loa. En el sector del estudio, la conductividad más alta se logra en el Salado antes de la confluencia del río Toconce-Hojalar, 2 km más abajo que la represa, con un valor medio de 6500 m mhos. Desde dicho punto hacia aguas abajo la conductividad decrece para alcanzar en el sector de los cultivos de Ayquina un valor de 5350 m mhos.

El río Toconce junto al Hojalar, que le tributa unos 2 km antes de su llegada al Salado, tiene una conductividad media según estos muestreos de 2700 m mhos; debe tomarse en cuenta, que ambos ríos tributarios tienen al llegar al Salado un gasto insignificante por cuanto sus aguas han sido tomadas en su mayor parte para el agua potable y por Codelco.

El río Caspana, que llega al río Salado con un caudal aproximado de 80 l/s después de regar unas 75 ha en los alrededores del pueblo de ese nombre, tiene una conductividad en su desembocadura de alrededor de 2500 m mhos. En su zona de riego el agua es de mejor calidad pero la deteriora un pequeño tributario que le cae desde el sur cuatro kilómetros antes de su desembocadura en el Salado, el arroyo Coya.

Sobrepasado el sifón Ayquina, cruce de la cañería de agua potable a Antofagasta, la conductividad vuelve a subir a valores superiores a 6000 m mhos en Ramadita, pero lentamente va descendiendo a partir de dicho punto para llegar a desembocar en el Loa con valores medios de 5800 m mhos.

Índice SAR. Las curvas representativas del índice SAR se desarrollan en gran medida paralelas en su forma a las de conductividad. Los valores máximos se alcanzan inmediatamente antes de la confluencia del Toconce, con valores de 29 a 30. Desciende en Cultivos Ayquina a una cifra representativa de 13, manteniéndose así hasta Ramadita, donde empieza a ascender y llega al Loa con un promedio de 15.

Boro. El contenido de boro también es muy elevado y acusa tendencia semejante a la de los otros índices. El boro se presenta más concentrado en el sector superior del cauce con cifras fluctuantes entre 28 y 38 ppm.

En Cultivos Ayquina desciende el contenido de boro a valores que fluctúan entre 8 a 12 ppm manteniéndose esta concentración hasta la desembocadura.

Arsénico. El contenido de arsénico es variable. En Represa Chilex (hoy Codelco-División Chuquicamata) alcanza su mayor valor con 2,0 ppm; desciende luego a valores de 0,36 a 0,40 ppm antes de la junta del río Toconce.

El río Toconce reunido con el Hojalar tienen un contenido alto; el valor más frecuente es de 0,60 ppm, pero llega en un caso a 0,76 ppm y en otro a 0,19 ppm.

El único muestreo que se practicó en el río Hojalar arrojó la cifra alta de 2,00 ppm, parecido al valor hallado en la Junta del río Caspana, que fluctúa entre 1,12 a 2,00 ppm, con mayor número de valores cercanos a 1,80. El río Caspana lleva un contenido de arsénico más bajo, de 0,30 - 0,32 ppm, bajando en varias ocasiones a 0,12 ppm. En la estación Cultivos Ayquina, el arsénico alcanza cifras de 1,2 a 1,45 ppm, y como otros índices, a partir de este punto empieza a decrecer hasta alcanzar 1,0 ppm en la desembocadura del Salado al Loa. El menor valor se obtiene en la estación de Ramadita.

Como queda dicho al describir el curso del río Salado, en su sector medio, a 2 km aguas arriba de la desembocadura del río

Caspana, sobre su ribera derecha, aparece un importante Ojo de Agua semi-surgente. Lo característico de esta agua es que tiene una muy alta conductividad eléctrica con valores frecuentes entre 8000 y 9500 mmhos, los que están sobre 2000 m mhos más altos que la conductividad del río Salado antes de la Junta del río Caspana. El índice SAR de este ojo es similar al índice del Salado, unas veces un poco más alto y otras veces más bajo.

En cuanto al boro, es notablemente inferior el contenido en el ojo. Las diferencias suelen ser del orden de 10 ppm y llegar a más de 20 ppm. Otro hecho notable que caracteriza el Ojo de Agua es que acusa reacción ácida (pH inferior a 7) en tanto que las aguas del río Salado son manifiestamente básicas.

Por otra parte, los iones bicarbonato y cloruro son los más elevados de toda la serie incluidos el Loa, San Pedro y Salado. El anión  $\text{HCO}_3$  conserva siempre valores cercanos a 29 meq/l, en tanto que los más altos contenidos de él en el Salado - que es de las tres corrientes la que lo acusa en mayor cantidad - no sube de 10 meq/l. El ión cloruro en las aguas del ojo alcanza valores cercanos a 70 meq/l, alrededor de 15 puntos sobre las aguas en general del río Salado.

El contenido de arsénico en el agua de la vertiente es muy constante; fluctúa entre 0,11 a 0,13 ppm. Una sola vez presentó el valor 0,17 ppm. Está en contraste manifiesto con el mayor contenido de arsénico del río Salado antes de su junta al Caspana y también con el de las otras estaciones.

pH. Los análisis de pH acusan alcalinidad leve del agua con un valor que en el sector superior sobrepasa 8 y que después baja hasta 8.

El Cuadro Nº es más general y da índices promedios de muchos ensayos practicados en las aguas de la hoya del Loa, algunos tan antiguos como de 1958, pero la mayoría fueron practicados con posterioridad a las corridas sistemáticas de 1967. Dicho cuadro lleva información de otras estaciones de muestreo no consideradas en 1967, ya que como se dijo, el sector del río de aquella investigación quedaba limitada entre Lequena y Calama.

Se ve también que sobrepasada Calama, las aguas del Loa siguen un acentuado proceso de contaminación, parecido al que sufre el río San Salvador, los que en Chacabuco ofrecen conductividad total pa recidas. En Quillagua los índices han experimentado nuevos retrocesos. El Loa en desembocadura al mar llega convertido en una salmuera, con el mayor valor para sus índices.

También en este último cuadro se da información sobre las aguas del Siloli y del Inacaliri, que demuestran ser las mejores de todo el sistema del Loa, con índices muy bajos.

El problema de la salidad del agua en Quillagua se trata a continuación.

#### CUADRO Nº

#### CALIDAD DEL AGUA EN LA HOYA DEL RIO LOA

1961 a 1977, excepto las 8 corridas de 1967

	pH	Conduc. m mhos	SAR	B ppm	As ppm	Nº de análisis
a) <u>Río Loa</u>						
R. Loa en Lequena	8,11	1094	2,52	5,70	0,20	104
R. Loa en Puente Taira	7,97	1472	4,05	6,41	0,30	6
R. Loa en Alcant. Conchi	7,61	1668	3,03	2,80	-	3
R. Loa en Conchi	8,11	2082	4,96	5,73	0,23	70
R. Loa antes R. San Pedro	7,89	1822	3,90	5,68	0,10	16
R. Loa antes R. Salado	8,04	2103	5,57	5,49	0,16	63
R. Loa después R. Salado	7,77	2873	6,33	7,43	0,22	13

	pH	Conduc. m mhos	SAR	θ ppm	As ppm	Nº de análisis
R. Loa en Angustura	7,86	3690	9,90	8,60	0,27	17
R. Loa en Yalquincha	7,95	4586	11,78	5,75	0,88	2
R. Loa en Escorial	7,75	4373	11,46	9,03	0,41	129
R. Loa en Calama	8,02	5119	11,71	18,31	0,72	61
R. Loa antes R. San Salvador	7,99	6524	16,24	18,77	0,91	101
R. Loa desp. R. San Salvador	8,06	6868	16,42	12,40	1,65	39
R. Loa en embalse Sloman	7,74	7385	22,30	21,62	0,04	5
R. Loa en Quillagua	8,07	8141	17,46	28,24	1,52	267
R. Loa en Desembocadura	8,00	14043	26,20	10,50	0,25	2
<b>b) <u>Río San Pedro</u></b>						
Represa Inacaliri	7,85	283	1,36	0,57	0,04	22
R. Siloli	7,58	240	0,83	1,10	0,02	5
R. San Pedro antes R. Loa (Encuentro)	8,12	1319	3,35	3,61	1,22	41
<b>c) <u>Río Salado</u></b>						
R. Salado desp. R. Tatio	7,85	11685	36,80	43,00	9,7	1
R. Salado en represa Chilex	8,00	6037	36,06	35,10	4,5	13
R. Hojalar antes R. Toconce	7,90	670	4,27	2,34	0,50	6
Toconce en represa DOS	7,50	807	3,30	2,19	0,66	51
R. Curte antes río Salado	7,35	5205	-	1,0	0,232	2
R. Toconce antes R. Salado	8,05	2575	8,42	5,71	0,41	15
R. Turicuna antes R. Caspana	7,97	6547	18,8	2,30	0,215	4
R. Caspana antes R. Turicuna	8,20	2175	6,60	1,03	0,077	4
R. Caspana antes R. Salado	8,08	3097	12,11	1,61	0,14	26
R. Salado antes R. Toconce	8,16	5233	-	2466	0,56	3
R. Salado antes R. Caspana	7,88	6792	23,13	18,33	1,51	15
R. Salado en Ayquina	7,74	5349	13,66	10,75	0,53	57
R. Salado antes R. Loa	7,95	6120	17,68	11,49	6,80	110
Laguna de Chiu Chiu	7,90	5863	14,60	15,80	2,72	10
<b>d) <u>Río San Salvador</u></b>						
Vertiente Ojo de Opache	7,97	4836	14,00	14,19	1,06	10
R. Quetana antes R. Opache	8,06	6823	-	12,90	1,07	3
R. Sn. Salvador antes R. Loa	7,93	7913	18,01	23,00	1,22	114

### Situación de la calidad del agua entre 1970 y 1976

El Cuadro Nº resume los resultados de los análisis químicos practicados en el Laboratorio Hidrológico de la Dirección General de Aguas en muestras colectadas entre los años 1970 y 1976, o sea, cuando ya se extraía agua potable en Lequena y no entraba a funcionar el Embalse Conchi. En la columna situada más a la derecha se indica el número de ensayos con el cual se ha obtenido el promedio en lo que se refiere a conductividad total y a índice SAR, que son aquí los índices que más interesan. Ellos se han llevado también al Gráfico Nº1.

#### CUADRO Nº

#### SALINIDAD DEL CURSO SUPERIOR DEL LOA ENTRE 1970 Y 1976

Estación	Conduct. total m mhos	SAR	Nº de análisis
a) RIO LOA			
Taira	1553	4,05	3
El Encuentro (antes del R. San Pedro)	1829	4,32	9
Conchi	2270	5,67	32
Lequena	1100	2,59	62
Confluencia (antes R. Salado)	2225	6,17	29
Confluencia (después R. Salado)	3525	8,93	10
Angostura	4450	12,0	5
Yalquincha	5440	15,0	24
Terraza Municipal de Calama	5330	11,90	49

Estación	Conduct. total m mhos	SAR	Nº de análisis
b) RIO SALADO			
Represa Codelco	7300	34,0	12
Ayquina	5500	15,66	18
Confluencia	6800	19,40	29

Se advierte en el Gráfico Nº1 que a partir de Lequena hacia aguas abajo, hasta la confluencia del río Salado, la situación general no había cambiado substancialmente en relación a la de 1967. Como es lógico, los índices de conductividad y SAR, con la extracción del agua potable en Lequena, tuvieron un leve ascenso.

Donde se produce un cambio notable es en el tramo confluencia del río Salado-Calama. En 1967 el impacto del río Salado era pequeño debido a que en esa oportunidad el gasto que aportaba era muy bajo. Este caudal de aporte parece que con el correr de los años ha ido en aumento, tal vez porque Codelco tome menos agua en esta fuente. Mientras en 1967 a la entrada de los terrenos agrícolas en Calama el agua llegaba con 4000 m mhos e índice SAR 8,76, en el promedio de los años que computamos ahora llega con aproximadamente 5500 m mhos.

Situación de la calidad del agua en mayo de 1979

Lamentablemente se dispone de muy pocos antecedentes en el año 1979 para tener una visión más real del fenómeno actual, después de entrar en funcionamiento el Tranque Conchí. El Cuadro Nº resume los resultados de una corrida de muestreo practicada en mayo de 1979, entre el Embalse Conchí y la Bocatoma Nº1, aguas abajo de Yalquincha. Incluye, además, análisis de aguas de las principales vertientes que caen al Loa entre la confluencia del Salado y Angostura.

SALINIDAD DEL CURSO SUPERIOR DEL RIO LOA Y DEL RIO SALADO

Mayo de 1979

Estación	pH	Conduct. total m mhos	SAR	As ppm	B ppm
a) RIO LOA					
Tranque Conchi	7,55	2503	5,71	0,190	9,40
Quichira (Lasana)	8,00	2480	5,64	0,508	8,92
C. Grande en bocatoma	7,75	2662	6,00	0,218	9,08
Antes confl. R. Salado	8,04	2587	6,06	0,203	15,52
Después confl. R. Salado	8,12	4582	11,97	0,70	11,36
500 m arriba Vertiente 12	7,55	5000	12,72	0,74	11,36
Angostura	7,57	5340	12,98	0,662	11,36
Bocatoma Nº1	7,87	5430	12,75	0,782	10,92
Vertiente 9 (Afl. del Loa)	7,29	6294	14,54	1,44	11,94
Vertiente 10 (Afl. del Loa)	7,36	6272	14,19	1,24	11,94
b) RIO SALADO					
Represa Codelco	8,05	6842	32,09	8,14	11,36
Sifón Ayquina	7,32	5916	14,89	1,03	12,40
Confluencia (al Loa)	7,88	6418	17,86	1,03	12,40
Laguna de Chiu Chiu	7,99	6606	20,53	2,81	9,40

Esta corrida demuestra que los índices han subido un poco entre Conchi y Confluencia, pero sin significación real. Es aquí, en Confluencia, donde la situación se torna diferente a las anteriores. Esta vez el escalón que provoca en la curva el impacto de las aguas del río Salado es mucho más grande, ya que la conductividad alcanza a 4500 m mhos (desde 2500 m mhos), pero la curva de ascenso en el sector entre Confluencia y Calama es de menor pendiente, para rematar en Bocatoma Nº1 con valores similares a los de los índices de registros anteriores.

El índice SAR sigue un comportamiento parecido. Llega a la entrada de los cultivos de Calama con valores muy altos, mayores de 12.

En resumen, las obras construidas en el río Loa no han alterado en forma decisiva en términos prácticos la situación de los



## MORFOLOGIA DEL CAÑÓN DEL RÍO LOA SUPERIOR Y LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS

En 1967, con ocasión de ocho corridas de muestreo de aguas que H. Niemeyer realizó por mandato de la Dirección de Riego, y después de tener los resultados de los análisis de las dos primeras corridas, hizo un recorrido, en gran parte a pie por el cañón del Loa, o practicando observaciones en distintos puntos de él a fin de visualizar, si fuera posible, los agentes de contaminación del agua.

Se describen en las líneas que siguen las observaciones geomorfológicas hechas en esa oportunidad, tanto en el Loa mismo como en los tributarios principales de la cuenca alta, los ríos San Pedro y Sa lado.

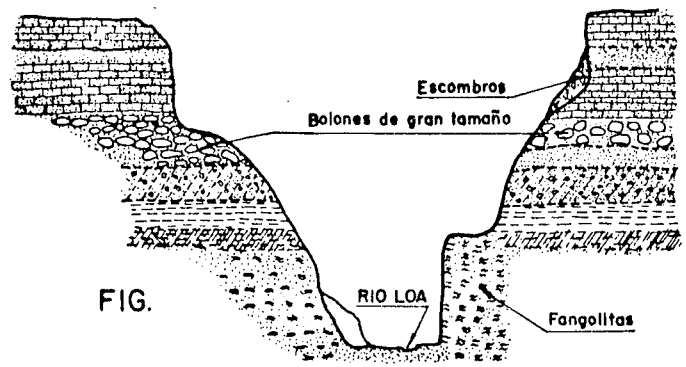
## a) RIO LOA

Entre Lequena y dos kilómetros más abajo de Cabrito, por espacio de 7 km, el río Loa corre en un cajón de paredes relativamente bajas, de 10 a 12 m de altura, constituidas por ignimbritas y tobas de carácter riolítico.

Hasta Calachuz, por otros 3 km, el cañón se estrecha hasta el punto de presentar un ancho basal de unos 15 m y las paredes, conservando el mismo carácter petrográfico, adquieren mayor altura, estimada en 25 a 30 m. Hacia aguas abajo de Calachuz se intensifica la tendencia a aumentar de profundidad, consiguiendo paredes en liparita de 40 a 50 m de altura. El río serpentea en el relleno aluvial reciente, cargándose a una u otra ribera, contactando muchas veces la roca riolítica. En Chela Cruz aparece la pared derecha cubierta en su porción inferior de escombros de faldas.

En el sector de Taira, el río atraviesa con pronunciada pendiente un cañón estrechado con los bloques caídos desde las paredes para luego ensancharse considerablemente, alcanzando así el cañón del Loa su máxima grandiosidad. Antes del ensanche, del lado izquierdo aparece pa

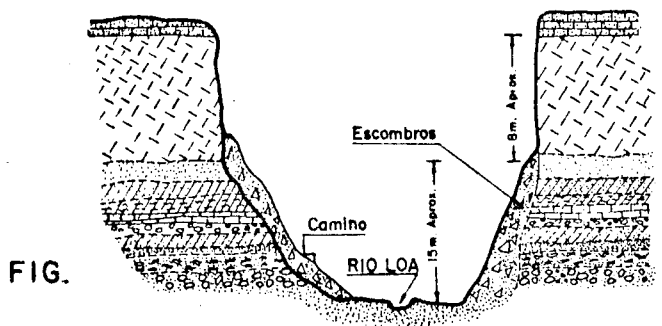
PERFIL 16 ENTRE CONCHI Y LASANA Y EN PARTE ENTRE LASANA Y CHIU-CHIU.



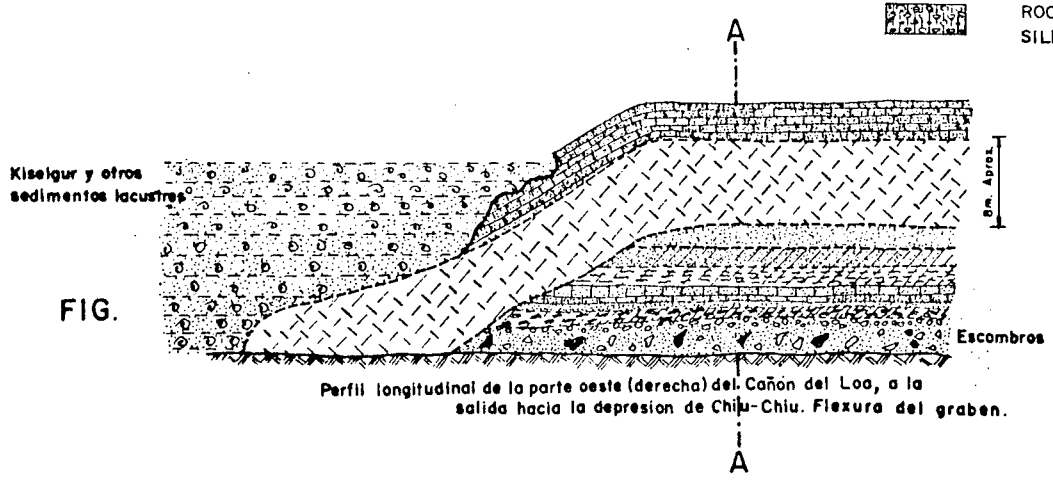
REFERENCIAS

- LIMOS Y ARENAS FINAS RECIENTES
- IGNIMBRITAS Y TOBAS LIPARITICAS, TUFITAS
- CONGLOMERADO
- ESCOMBROS DE FALDA
- LIMOS
- AGLOMERADO ARCILLOSO (CORRIENTES DE BARRO)
- FANGOLITAS
- CALIZAS
- CALIZA ARENOSA
- ARENISCA
- KISELGUR
- ARENISCA CALCAREA
- ROCA SEDIMENTARIA SILICIFICADA

PERFIL 17 SECCION A-A DEL PERFIL 18 ANTES DE SALIR A LA DEPRESION DE CHIU-CHIU.



PERFIL 18 - PARED DERECHA



debajo de la riolita un conglomerado de clastos gruesos, al cual están ligadas las vertientes u "ojos" termales que allí afloran. Una de las mayores vertientes es conocida con el nombre de Baños de Taira o Ampahuasi y sus aguas se envasaron comercialmente bajo el nombre de "Aguas de Vichy". Hoy todo está abandonado. Asociado a este lugar, en los parajes de la liparita, se encuentra uno de los más hermosos yacimientos de arte rupestre indígena chileno, el que fue descubierto y descrito por el arqueólogo sueco Stig Rydén, dando el nombre de "Taira" al peculiar estilo naturalista de pintar y grabar los camélidos.

Los ojos reconocidos de Taira son dieciséis, pero indudablemente hay afloramientos de agua en forma dispersa, no localizada, en toda la ribera del sector.

Se supone que la formación a la cual se asocian los afloramientos tienen que ver con la napa detectada por el Sondaje N°8 que la Dirección de Riego practicó cerca de la Angostura de Conchi. Dicha napa aparece a la profundidad de 101,50 a 103,00 m y se continúa como conglomerado aluvial arcilloso hasta los 111,0 m.

A 500 m más abajo que el puente Taira (que no es más que un tablón frente al sendero que desciende por la ladera derecha) se pone de manifiesto a ambos lados del valle un afloramiento de plutonita por debajo de las ignimbritas y tobas riolíticas. Petrográficamente corresponde a una monzonita, y es idéntica a la roca que constituye el llamado C° Colorado o Sirahue, situado entre La Bajada y Santa Bárbara, en la banda derecha u occidental del cañón.

En La Bajada la ladera derecha la forma el afloramiento de monzonita dicho y la izquierda u oriental la "formación liparítica seguida hacia abajo de un escombros.

Sobrepasado La Bajada hacia valle abajo, el cajón del Loa empieza a ensancharse, el manto de tobas liparíticas se hace más delgado, de unos 5 a 8 m de potencia y lo subyace una capa de conglomerado de grava redondeada. Por encima de las tobas hay sedimentos recientes, especialmente materiales coluviales en pequeño espesor.

En Santa Bárbara desemboca por la derecha al Loa una quebrada lateral en la cual se puede apreciar muy bien el perfil del terreno.

En La Isla aún se conserva el perfil anterior pero la liparita sólo aparece en la ribera derecha con un espesor insignificante.

A partir de El Encuentro, en las inmediaciones de la desembocadura del río San Pedro, la estratigrafía de las paredes del Loa se empieza a complicar. El lecho, o buena parte de él, está ocupado por grandes clastos rodados de basalto, los que se continúan hasta poco más arriba de La Angostura de Conchi. La explicación de la presencia de basalto no es clara. Suponemos que fueron depositados por una quebrada lateral que viene desde el volcán Poruña. Posiblemente también parte de los clastos haya caído como material piroclástico - bombas ardientes - en las erupciones más recientes de los volcanes de la Puna (San Pedro y San Pablo por ejemplo). El perfil de El Encuentro se caracterizaría así: capa superior delgada de roca sedimentaria silicificada. Subyaciéndola, un manto grueso de aglomerado arcilloso, que impresiona como una gran corriente de barro. Este material se hace conspicuo más abajo siempre en la pared izquierda. De la misma manera es conspicuo en el sector inferior del cañón del río San Pedro. Por debajo del barro hay una capa blanca de ceniza, de muy escasa potencia; le sigue en el perfil una sucesión de sedimentos fluviales (gravas, arenas y limos) que alternan con sedimentos lagunares (limos orgánicos, fangolitas).

En Alcantarilla Conchi, el perfil de ambas laderas acusa una capa superior de roca silicificada que va adquiriendo mayor potencia; a ella siguen hacia abajo las tobas riolíticas, a las cuales subyace un conglomerado arcilloso compuesto de grava, arena y limo con arcilla.

Las terrazas bajas en la caja del río empiezan a manifestarse en Santa Bárbara; adquieren aquí mayor desarrollo y en la parte superior aparecen rellenas con bolones de basalto.

En La Angostura de Conchi, las dos formaciones superiores del perfil anterior se conservan, pero por debajo de las tobas y tufitas riolíticas se hace presente en ambas barrancas la roca fundamental de edad mesozoica constituida por una formación brechosa.

Sobrepasado el antiguo puente-viaducto del Ferrocarril Internacional, a 5 km aguas abajo, la roca mesozoica se conserva sólo en la pared derecha en tanto que en la izquierda se hace conspicua una serie sedimentaria en que participan areniscas silicificadas, limolitas, calizas, fangolitas y también, como segundo estrato, la riolita muy disminuida de potencia. Debajo de una grava limosa se manifiestan los "aglomerados arcillosos", semejantes a corrientes de barro.

Poco más aguas abajo la roca fundamental de la derecha se pierde y el perfil sedimentario de la pared izquierda u oriental anterior se manifiesta con ligeras variantes en ambas paredes. Las tobas riolíticas van perdiendo espesor hasta desaparecer, y el espesor de barro inferior es mucho mayor.

A 10 km aguas abajo de La Angostura de Conchi se intercala en la serie sedimentaria, por debajo de las calizas y de la roca silicificada, un estrato de conglomerado muy grueso, con clastos de grandes bolones de basalto. Las tobas riolíticas han desaparecido y también han perdido potencia los aglomerados arcillosos.

Esta situación se conserva hasta un punto intermedio entre Lasana y Chiu Chiu a partir del cual la altura del cañón desciende y nuevamente se hace presente la capa de riolita, que sigue por debajo de las areniscas calcáreas de la superficie. A la riolita siguen en el perfil estratos poco potentes de sedimentos, entre los cuales sobresalen limolitas y fangolitas. Al llegar a Chiu Chiu el cajón se disuelve en una amplia depresión rellena con sedimentos lacustres. Especialmente hace su aparición en forma conspicua el kiselgur. En el Perfil 18 de nuestro estudio puede verse cómo las capas de sedimento del cañón, que han conservado su horizontalidad en todo nuestro recorrido, aquí se sumergen

mediante una flexura muy notable, en los sedimentos lacustres de la Depresión de Chiu Chiu. Es el graben de Chiu Chiu.

Sobrepasada en 800 m la confluencia del Salado en el Loa, el cañón vuelve a formarse con una altura de 10 a 14 metros (Perfil 19). Los estratos superiores son de origen lacustre, entre los que se distingue el kiselgur. Hacia abajo siguen conglomerados, brechas calcáreas y areniscas.

Esta situación del río encajonado en paredes bien definidas se mantiene por unos tres kilómetros. A partir de este punto el valle nuevamente se ensancha para formar amplias vegas donde aparecen testigos de "tortas" de fangos salinos y pequeños salares. La caja de la meseta general del lado derecho se aleja considerablemente de la caja oriente, siendo estos bordes de poca altura. A pocos kilómetros del punto llamado Rinconada, donde se practican pequeños cultivos en "eras", hay un salar de importancia que conserva un remanente de agua salada, que posiblemente esté en comunicación con el río. No habría otra explicación por no existir aquí aportes superficiales. Al otro lado, por la meseta oriente hay también salares y aparecen en la caja del río "ojos" de agua salada que serían demostración de la comunicabilidad de los salares con las aguas del Loa.

El geólogo norteamericano George Ericksen, que conoce la región y a quien se le consultó sobre las posibles causas de la contaminación de las aguas del Loa, confirmó esta suposición de la comunicabilidad entre el río y los salares marginales en este sector.

Se transcribe la comunicación de Mr. Ericksen:

"The rhyolite tuffs of northern Chile contain small amounts of soluble salt but the quantity is so small that it would be impossible to contaminate streams. It would seem to me there are two possible sources for the salts in the Rio Salado, one, the extensive saline lake beds filling the Calama Basin east of Calama or two, salt beds in the Tertiary sediments of this region (an IIG Bull. describes these beds in the region of San Pedro de Atacama). Springs along the Rio Salado and Rio Loa could pick up salts from either of these sources".

A 21 km aguas arriba de la ciudad de Calama, vale decir, a 15 km de la confluencia del río Salado, nuevamente el río Loa comienza a encajonarse entre paredes relativamente bajas constituidas por materiales sedimentarios cementados.

En este punto, las capas sedimentarias se ven hundidas en el paisaje anterior. A partir de él, las paredes ganan altura hacia aguas abajo, pero hay todavía un sector de aproximadamente 10 km en que las paredes acusa una gran destrucción, acumulando al pie, en el lecho del río, grandes bloques de desprendimiento. En la costra superficial de la meseta, sobre todo en el lado derecho que fue por donde se hizo la observación, se presentan inmensas grietas, dislocaciones y derrumbes.

En la zona de Angostura, ubicada 8 km aguas arriba de Calama las paredes están firmemente constituidas, con altura algo inferior a 50 m. El perfil se compone aquí de una serie sedimentaria en su tercio superior, incluyendo areniscas silisificadas, a la cual siguen conglomerados brechosos que llevan cal como cemento. Los clastos son subangulares de tamaño variado. El grado de cementación disminuye con la profundidad. En el fondo del cañón se hallan pequeñas terrazas recientes formadas por fangos, limos lacustres, cal de rama, etc.

En Escorial, donde ya el valle es ancho y cultivado, la altura del cañón es menor, aunque el perfil de rocas sedimentarias es similar al de Angostura.

Poco más abajo, las paredes del Loa se reducen en altura considerablemente y aparecen estratos poco cohesivos de sedimentos muy modernos. A juzgar por el sondaje que la Dirección de Riego practicó en el lugar de ubicación de la Bocatoma N°1, las calizas más antiguas de los perfiles anteriores aparecen sumergidos a los 23 m bajo el fondo del valle.

Más abajo el valle se ensancha en los terrenos cultivados de Calama, conservándose un lecho de paredes bajas donde escurre el

Loa dando pequeños saltos en barreras rocosas calcificadas. Se observa claramente como el agua deposita cal en su lecho, constituyendo una costra dura. En el sitio elegido para la bocatoma definitiva del Canal Sur, frente a la antigua turbina de Abaroa, hay arboramiento de la roca fundamental mesozoica.

Como resumen de la geología del cañón del Loa, se puede afirmar que en el recorrido no se encontraron vestigios de la formación llamada "arcillas rojas", y que es temida por su alto contenido de sales.

#### b) RIO SAN PEDRO

El río San Pedro se recorrió prácticamente en su totalidad desde los Ojos de San Pedro hasta la desembocadura.

A poco de abandonar la laguna, se forma un cauce que corre en un cañón de pequeña altura cuya pared izquierda está constituida por ignimbritas y tobas riolíticas cubiertas con un delgado espesor de escombros, en tanto que la pared derecha lleva un relleno de escombros con rodados de basalto. A tres kilómetros aguas abajo del puente (a la salida del salar) el cauce se ensancha levemente presentándose el perfil 23. A los escombros de superficie sigue una capa de kieselgur a la que subyace un conglomerado de lavas básicas. A partir de un punto situado 5 km aguas abajo del puente el lecho se desarrolla en un estrato inferior de "liparitas", seguido hacia arriba de una espesa acumulación de fragmentos esquinados de roca oscura y de rodados de basalto (¿o andesita?). Más adelante la potencia de la "formación liparítica" toma mayor importancia, conservándose siempre en el lado derecho sobre ella una acumulación de escombros de origen volcánico (Perfil 25). Este perfil se conserva aumentando el espesor de liparita hasta unos 8 km aguas abajo del puente. A partir de este punto, el cauce ya toma característica de profundo cañón y se hace conspicuo en la ladera izquierda un aglomerado arcilloso que impresiona como una gran corriente de barro, análoga a la que se describió en el río Loa. Las tobas liparíticas se conservan arriba



en una capa delgada, pero poco más abajo del perfil 26, vuelve a cobrar importancia esta formación para llegar a constituir un grandioso cañón en este material. Por el lado derecho, poco aguas abajo de Los Cultivos, se sobrepone a la liperita una masa de lava que descendió en alguna erupción no muy antigua por una quebrada lateral desde el volcán San Pedro. Es probable que se haya formado un lago ya que inmediatamente aguas arriba de este posible "taco", hay capas horizontales de kieselgur, las que se visualizan bien en la ladera derecha del cañón, frente a Los Cultivos.

La formación de tobas liparíticas va perdiendo altura hasta reducirse considerablemente hacia la desembocadura del río San Pedro en el Loa.

Cabe recalcar que tampoco aquí se han observado intercalaciones de las famosas "arcillas rojas".

### c) RIO SALADO

El río Salado, cuyo nacimiento se encuentra en la hoyada de los Geiseres del Tatio, labra su cauce general en la llamada "formación liparítica", es decir, en las tobas e ignimbritas soldadas de carácter riolítico, de edad terciaria o del pleistoceno inferior. En algunos puntos, como sucede en Ayquina, intercepta la roca fundamental mesozoica debido a que corta el extremo norte de un cordón de esa formación (Cerros de Ayquina).

Asimismo, tributarios importantes como los ríos Toconce y Hojalar se desarrollan en el fondo de profundos y estrechos cañones abiertos en la liparita. En el río Hojalar, a 1,5 km aguas arriba de la entrada al túnel de Codelco, hay un afloramiento importante de la roca fundamental mesozoica. Adornan este hermoso cajón innumerables "cardones", que es la útil y conocida especie de cactácea Cereus atacamensis, Phil.

En Ramadita, donde el cañón del río Salado alcanza profundidad de más de 100 m, se manifiesta una serie sedimentaria muy similar a la del Loa aguas arriba de Lasana.

A una costra de sedimentos silicificados y tal vez, calificados, sigue un potente manto de tobas e ignimbritas soldadas de la "Formación Riolítica," a la cual subyace una serie de estratos sedimentarios en que alternan areniscas, conglomerados y limolitas, la que al final queda cubierta por escombros de considerable espesor desprendido de las paredes del cañón.

Estos sedimentos cohesivos desaparecen entre el Puente del Diablo y El Vado para originarse un paisaje más moderno, de vegas y salares marginales con sedimentos lagunares no cohesivos, que incluye kiselgur y que conservan una fauna de gastrópodos del Cuaternario.

El recorrido en este cañón fue bastante incompleto y se perdió aquí la sistematización con que se levantaron los perfiles geológicos en el Loa y en el San Pedro. En las observaciones en el tramo de unos 52 km que va desde la bocatoma Codelco en el Salado hasta la desembocadura de éste en el Loa, no se hallaron arcillas saladas, que son tan conocidas en la región de San Pedro de Atacama. J. Brüggén (1930), por su parte, dice haber visto "arcillas rojas" en gran espesor aguas abajo del Salto de Chintoraste bajo la cubierta de calizas del Loa. Dice, además, que las arcillas rojas se extienden desde San Bartolo hacia el noreste explicando así la mala calidad en las vertientes del río Salado. Más al norte y noroeste de las vertientes de Linzor, en las que nace el río Toconce, todos los esteros conducen agua de buena calidad.

En mayo de 1979 se visitó el sector entre Confluencia y Angostura, reconociendo y muestreando las vertientes que caen al Loa por ambas riberas. Las más grandes son las de la ribera derecha. Habían sido señalizadas por la Dirección de Riego de manera que fue fácil detectarlas. Los Nºs 9 y 10 son las más importantes y aportan caudales del orden de 200 l/s al Loa. Al probar al gusto sus aguas no resultaban tanto peor que el agua del Loa después de la confluencia del río Salado. Los análisis practicados en las vertientes de mayor gasto acusaron conductividades del orden de 6000 m mhos que confirmaban que no eran tan

salobres como se decía. Sin duda que tienen conexión con los salares Rudolph y Brickerhoff que flanquean al Loa en este sector, y quizás con el salar de Talabre, que ya está más alejado. De los caudales aportados por estas vertientes no hay información precisa, pero sin duda que colorean al incremento del gasto advertido en Escorial.

En resumen, en relación con la contaminación que sufre el río Loa se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1. Las curvas de variaciones de la salinidad del Loa guardan paralelismo de forma con el hidrógrafo medio del río, lo que indica claramente que el aumento de los índices - principalmente "conductividad" y SAR - proviene de las recuperaciones que recibe el río en su recorrido. Estos aportes substancialmente corresponden a "Ojos de agua" o vertientes, casi siempre termales y/o de origen volcánico, o a filtraciones no localizadas a través de estratos permeables al nivel del actual lecho. Ejemplo típico, fácilmente visitable, lo constituye el sector de Taira.
2. La más intensa y peligrosa contaminación de las aguas del Loa tiene lugar entre la desembocadura del río Salado y Angostura, y entre Escorial y Terraza Municipal, donde los índices alcanzan cifras extremas.

El río Salado mismo que tiene en realidad alto contenido salino tiene en sus actuales condiciones de gasto reducido (debido a las extracciones de Codelco). Solo relativa influencia en las aguas del Loa; se manifiesta con una grada de subida en las curvas, que prácticamente no modifica la gravedad de la situación de más abajo. Esa alta contaminación en el sector inferior tendría relación directa con la intercomunicación de pequeños salares que ocupan la depresión de las Cuencas de Calama con el cauce del río Loa y está ligada siempre a una "disolución" del característico cañón en una caja ancha, de paredes bajas, cubierta de vegas y fangos salinos.

3. El río Loa no presenta afloramientos de formaciones geológicas con contenido alto de sales solubles que por contacto pudiera contaminar las aguas. En el recorrido por el Loa no se encontraron estratos que pudieran identificarse con las llamadas "arcillas rojas", que son fuentes importantes de contaminación en otros valles (Río Damarones, Río San Pedro)

de Atacama, etc). Con seguridad se puede hacer esta misma afirmación para el río San Pedro, desde los Ojos de San Pedro a su desembocadura al Loa. Con menor razón aguas arriba de los Ojos.

En cuanto al río Salado, no se tiene la misma seguridad de la ausencia de "arcillas rojas" porque el recorrido fue más imperfecto. Brüggem por su parte no las señala para este sector y cree que se hallan más bien al norte y noreste de San Bartolo afectando a las vertientes de origen del Salado.

4. Las "liparitas", que en algunos sectores son contactados por las aguas del Loa, tienen aquí un contenido bajo de sales solubles, según un análisis químico practicado en una muestra de roca, y por lo tanto no se las puede responsabilizar de la contaminación de las aguas del Loa. Además, en los sectores que ocurre el contacto no se advierten cambios importantes de la salinidad.

La calidad del agua en Quillagua. Lamentablemente, el muestreo sistemático del agua del Loa que contrató la Dirección de Riego con H. Niemeyer en 1967 no incluyó ninguna estación aguas abajo de Calama, y por lo tanto tampoco Quillagua.

Los antecedentes anteriores a 1977 consistían en una gran cantidad de análisis efectuados a partir de 1961 en Quillagua mis

alcanzaron a 267. En el mismo período se muestreó 5 veces el Loa en Tranque Sloman. El río Loa antes de la confluencia al río San Salvador se analizó 101 veces, y el Loa después de la confluencia, 39 veces.

En análogo período (1961-1977) el río San Salvador se ha muestreado y analizado en su nacimiento en la vertiente Ojos de Opache (10 veces); en la Qda. de Quetena antes de su junta con las aguas del Ojo de Opache (3 veces); y antes de la confluencia al Loa (114 veces).

Los resultados de tales análisis se muestran en el Cuadro Nº

CUADRO Nº  
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO LOA AGUAS ABAJO DE CALAMA  
(Período 1961 - 1977)

Estación	pH	Conduc. m mhos	SAR	B ppm	As ppm	Nº de análisis
RIO LOA EN:						
antes R. San Salvador	7,99	6524	16,2	18,8	0,91	101
desp. R. San Salvador	8,06	6868	16,4	12,4	1,65	39
Embalse Sloman	7,74	7385	22,3	21,6	0,04	5
Quillagua	8,07	8141	17,46	28,2	1,52	267
RIO SAN SALVADOR EN:						
Vertiente Ojo de Opache	7,97	4836	14,0	14,2	1,06	10
Q. Quetena antes R. Opache	8,06	6823	--	12,9	1,07	3
Antes río Loa	7,93	7913	18,0	23,0	1,22	114

La situación precedente puede considerarse histórica en lo que se refiere al río Loa. En diciembre de 1978 se practicaron tres análisis (DGA). Sus resultados completos se transcriben en el Cuadro Nº que sigue. En el mismo cuadro se consignan los resultados de un muestreo reciente, con ocasión de la visita del consultor al valle. Se refieren al río Loa en la bocatoma del canal Uno, y al río Loa inmediatamente aguas abajo del área regada.

CUADRO N<sup>o</sup>  
ANALISIS DEL AGUA DEL RIO LOA EN QUILLAGUA  
(1978 - 1979)

	Canal Uno	Canal Dos	Cruce Panamer.	B.T. Canal Uno	Pte. Sta. Cruz Fin cultivos
Fecha	1.12.78	2.12.78	2.12.78	1.11.79	1.11.79
Hora	17:30	7:45	9:40	12:00	19:30
pH	7,82	7,46	7,25	8,00	7,54
Conduc. m mhos	9300	9240	10340	10450	14970
SAR	20,9	21,4	24,2	18,8	21,3
% Na	73	74	74	69	69
CO <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HCO <sub>3</sub>	4,20	4,30	6,20	4,90	7,10
Cl	87,6	87,7	105,7	81,7	102,9
SO <sub>4</sub>	13,1	12,9	14,2	14,6	20,3
Ca	7,3	7,6	8,4	9,8	13,7
Mg	16,7	16,8	21,8	17,9	22,9
K	2,30	2,35	2,68	3,6	5,1
Na	72,5	74,5	94,0	70,0	91,0
As (ppm)	1,92	2,35	2,72	1,31	0,94
B (ppm)	28,4	33,0	32,8	48,6	81,6

Si se compara en el Cuadro N<sup>o</sup>11 la conductividad total del Loa antes y después de la junta del río San Salvador, se aprecia que éste empeora las aguas del Loa, aunque no en forma muy decisiva. Si, por otra parte, se compara los promedios de aquellos análisis que arrojaban para el Loa en Quillagua conductividad levemente superior a 8000 micromhos, con los análisis más recientes, se advierte un empeoramiento importante de los índices en estos últimos tiempos. Las cifras en diciembre 1978 en ambos canales, que es lo que aquí más interesa, son semejantes.

El análisis del agua que restituye el gasto del río Loa con unos 400 a 500 l/s al término de los cultivos, revela que efectivamente el sistema tradicional del riego es eficiente en cuanto al lavado de suelos. Con esta agua, con un contenido salino de unos 15 000 mg/l y un índice SAR superior a 20 (no ha empeorado abiertamente con respecto al agua de más arriba) habría que regar los posibles cultivos de nuevas superficies habilitadas, por ejemplo en la Poroma, hacia aguas abajo de Quillagua.

El contenido de boro en todos los análisis resulta ser muy alto, y muy superior a la tolerancia establecida tradicionalmente para los cultivos.

Uso del recurso. Los recursos del río Loa son usados exhaustivamente como agua de bebida; extracciones destinadas a la minería, y en el riego de cuatro oasis que se encuentran en sus riberas, y de otros sembríos en sus afluentes o subafluentes. La figura adjunta muestra un esquema de las extracciones de los recursos superficiales del río Loa.

a) Uso agrícola. El Loa superior fertiliza directamente los oasis de Lasana, Chiu Chiu y Calama, y el Loa Medio-Inferior, el valle de Quillagua.

En Lasana hay un área potencialmente apta de ser regada de 112 ha distribuida en 126 propiedades. De éstas se encuentran bajo cultivo en la actualidad sólo 60 ha, destinadas especialmente a hortalizas. El riego se ejerce mediante 8 canales que corren paralelos al río; además nacen en Lasana los dos principales canales de Chiu Chiu que también riegan algo en Lasana.

En Chiu Chiu son susceptibles de regar 213 ha, pero actualmente sólo se riegan 97 ha cultivadas y una buena porción de vegas destinadas al pastoreo de ovinos. El riego se ejerce por tres canales troncales y un gran número de ramales que totaliza 27 750 m. Las propiedades cultivadas en Chiu Chiu llegan a 176.

En Calama la superficie bajo canal alcanza a 1610 ha, pero de ella efectivamente se riegan y cultivan 1 112 ha. Las propiedades ascienden a 139. Los canales del flanco derecho totaliza 15 427 m revestidos de hormigón y 10 160 m de paredes desnudas. Los del flanco izquierdo suman 9 900 m y son todos de paredes desnudas. La deficiente calidad del agua permite que en Calama sólo se cultive la alfalfa y el maíz.

En Quillagua se encuentra bajo cultivo una superficie de 120 ha de unas 160 ha arables dividida en 26 propiedades. El riego se ejerce mediante dos canales, uno del flanco izquierdo y otro del derecho. El canal Uno o izquierdo tiene longitud de 9 km, de los cuales 7,0 km son revestidos de hormigón. El canal Dos, del flanco derecho, tiene longitud de 2,1 km y sus paredes son desnudas. El alto contenido de sales del Loa en Quillagua permite sólo el cultivo de alfalfa.

En Caspana se riegan unas 20 ha; en Toconce, unas pocas "eras", y en Ayquina, con aguas de vertiente, se riegan andenes de cultivos en la ladera del cañón. Otros sembríos son los de Cupo y Topaín.

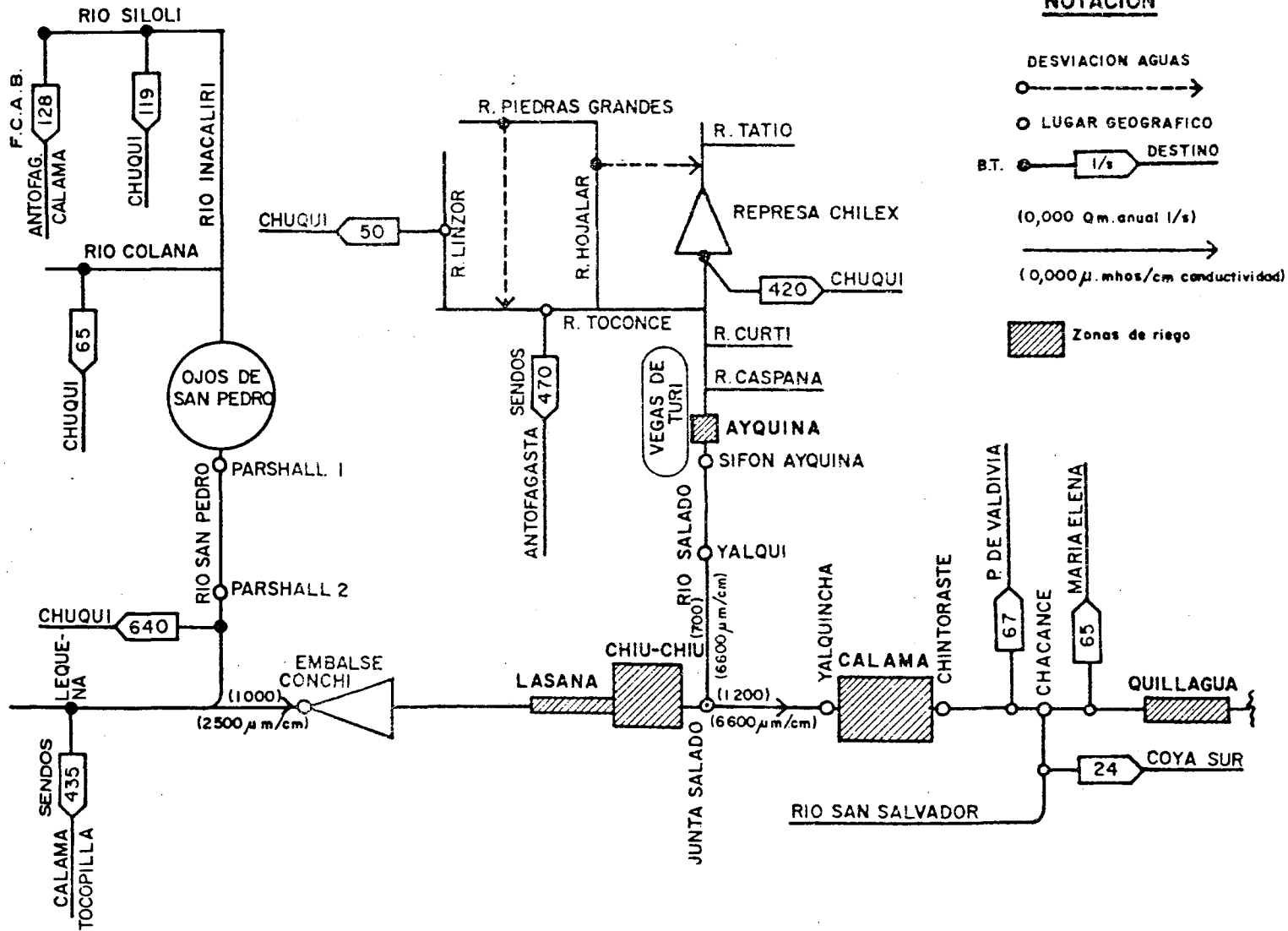
Desde 1975 entró en funcionamiento el embalse Conchi, destinado a regular el río Loa con propósitos múltiples. Tiene capacidad útil de 22 millones de m<sup>3</sup>.

- b) Uso doméstico. Las aguas de mejor calidad son tomadas para el abastecimiento de agua potable de las poblaciones. Las fuentes principales son los orígenes del río San Pedro; el Loa en Lequena y el río Toconce. Con ellas se abastecen los servicios domésticos de Antofagasta, Calama, Chuquicamata, Tocopilla y las oficinas salitreras de María Elena y Pedro de Valdivia. Toman un gasto continuo cercano a 1,1 m<sup>3</sup>/s.



ESQUEMA DE RECURSOS SUPERFICIALES DEL RIO LOA

FIG.



NOTACION

- DESVIACION AGUAS
- LUGAR GEOGRAFICO
- BT. DESTINO
- (0,000 Qm. anual l/s)
- (0,000  $\mu\text{.mhos}/\text{cm}$  conductividad)
- Zonas de riego

- c) Uso minero. Los procesos mineros de la gran minería del cobre en los centros de Chuquicamata y la Exótica y los centros salitreros de María Elena y Pedro de Valdivia, requieren de un gasto continuo aproximado de 1,1 m<sup>3</sup>/s, que se extrae de varias fuentes dentro de la hoya. Se capta el río San Pedro poco más arriba de su desembocadura en el Loa; el río Salado aguas arriba de la junta con el río Toconce, en el lugar llamado Represa Chilex (hoy Codelco-División Chuquicamata). Con estos mismos propósitos, en la hoya se encuentran dos pequeñas centrales hidroeléctricas: una en Ojo de Opa<sub>che</sub> y otra en Tranque Sloman, aunque ambas están fuera de funciones.

## HOYA DE LA QUEBRADA DE TALTAL

La cuenca de la quebrada de Taltal es calificada de arreica, porque no tiene cursos de agua "vivos" que produzcan movimientos de sedimentos. Su desarrollo es considerable, con cabeceras que se inician muy al interior de la provincia de Taltal, en la II<sup>a</sup> Región de Chile, en la cual ocupa una posición en su sector sur. Comprende una superficie de 5853 km<sup>2</sup>, entre los paralelos sur extremos 25°03' y 25°39' y los meridianos oeste 69°00' y 70°30'.

Deslinda por el norte con otras hoyas arreicas de quebradas que desaguan independientes al Pacífico como las de las quebradas Santa Lucía y San Ramón, y con cuencas cerradas situadas en la depresión intermedia. Al oriente limita con las hoyas endorreicas de los salares de Punta Negra, Pajonales y Agua Amarga. Al sur con hoyas semejantes a ella, de quebradas de desagües independientes como las de las quebradas Cifuncho, La Cachina y tributarias del norte de la de Pan de Azúcar, la que desagua entre Taltal y Chañaral.

La quebrada Taltal no lleva agua superficial y sólo en los nacimientos de las quebradas tributarias se presentan unas vegas y un poco de agua aparente. Se han practicado pozos que alcanzan a 90 m de profundidad, de los cuales se extrajo algo de agua para las salitreras.

En su desembocadura, en el extremo sur de la gran bahía de Nuestra Señora, se levanta la ciudad portuaria de Taltal.

En esta cuenca se han explotado numerosas minas, especialmente de cobre, y en ella proliferaron oficinas salitreras hoy paralizadas.

Cubierta litológica. En la costa, la cuenca participa del batolito andino granodiorítico. Hacia el interior abundan los sedimentos cuaternarios cubriendo grandes extensiones, pero también rocas volcánicas.

Cubierta vegetal. En el interior de la cuenca, en sus sectores más altos, se encuentran escasos pajonales y la vegetación en general es muy pobre. Sólo en la falda occidental de la cordillera de la costa, hasta el límite alcanzado por las características neblinas, la vegetación se torna relativamente lozana.

En general, la faja costera de la provincia de Antofagasta, al norte de Taltal, especialmente la zona de Paposo, es considerada para la geobotánica como una de las más interesantes que se ofrecen al naturalista. Así, le prestaron atención el Dr. Rodolfo Amando Phillippi (1853) y el Dr. Iván Murray Johnston (1925), aparte de muchos otros naturalistas. Se trata de un oasis de neblina, rodeado por uno de los desiertos más secos del mundo.

En la cercanía de la playa hay docas y otras especies halofíticas. Luego sobre la terraza marina, al pie del acantilado costero, crecen arbustos de consistencia más lignificada como el churco, varias especies de heliotropos (palo negro, etc), el cachiyuyo y otras que-  
nopodiáceas, y compuestas. En el talud acantilado entre 300 a 450 m s.m. y a causa de la camanchaca aparece una faja francamente verde formada por un alto número de especies. Entre ellas varias cactáceas columnares y suculentas (especialmente de los géneros *Cereus*, *Opuntia*, *Eulychnia*, etc), la puya, el tabaco cimarrón, la alcaparra; especies de los géneros Oxalis, *Adesmia*, *Calandrinia*, *Cristaria* y varias compuestas. *Alstroemeria*, etc. Hay curiosas plantas que son endémicas del sector Taltal-Antofagasta.

Sobre la línea de neblinas, pero cercana a ella, la vegetación es escasa aunque se encuentra el espinillo, cachiyuyo y otras pocas plantas aisladas. Sobre 1000 m el desierto es absoluto.

Uso del recurso. En esta hoya se explotaban pozos para faenas mineras, especialmente en relación con oficinas salitreras.

HOYA DEL SALAR SAN MARTIN O CARCOTE

El Salar de San Martín o Carcote constituye la base de equilibrio de una cuenca interandina de 473 km<sup>2</sup> de extensión, situada al extremo nororiental de la 2<sup>a</sup> Región de Chile, entre latitudes sur extremas 21°13' y 21°28' y longitudes oeste 68°12' y 68°31'. Limita al norte con afluentes del Salar de Oyahue de cuya línea divisoria forman parte los cerros y volcanes de Auncanquilcha (6180 m ); La Campana (4716 m ); Ingenio (4302 m) y Oyahue (5670 m). Al oriente, con cuencas altiplánicas menores bolivianas. Al sur, con la cuenca semejante del Salar de Ascotán, de la cual queda separada por los cerros Chijliapichina ( 4932 m ); Puntilla (4549 m) y Cipullo (3953 m). Por el oeste limita con afluentes del río Loa Superior especialmente con los formativos de la quebrada de Chela, afluente de la ribera oriente del Loa. El cordón divisorio ostenta cumbres como el C<sup>o</sup> Chaiguire (5111 m) y el C<sup>o</sup> Chela (5646 m

El Salar de Carcote, cuya superficie alcanza a 108 km<sup>2</sup>, en su orilla occidental posee los remanentes de tres pequeñas lagunas, la más boreal de las cuales se llama laguna Verde.

La cota media del salar es de 3690 m s.m. y en sus orillas abunda la piedra pómez. La composición del salar acusa proporciones altas de boratos mezclados con sulfatos y carbonatos. Los afluentes que alimentan el salar son de cursos muy breves y de escaso o ningún caudal visible. En la ribera norte le cae un cauce que se origina en la aguada de Caichape, a los 3900 m s.m.

El ferrocarril de Antofagasta a Bolivia lo cruza longitudinalmente por el medio, en un recorrido de aproximadamente 15 km.

Este salar, según C. Ochsenius ocupa el centro del eje paleohidrográfico que unió varios ambientes paleolacustres desde el Poo-pó hasta el Salar de Ascotán. Estas cuencas serían de profundidad moderada a baja, aunque de dilatada extensión.

Cubierta litológica. Las dos formaciones más características de estas cuencas de altura en esta latitud son la Formación Riolítica, del Terciario Medio a Superior, y las lavas basálticas y andesíticas del Pleistoceno. Los sedimentos actuales provienen de la destrucción de estas rocas.

Cubierta vegetal. Priman, como en toda cuenca altiplánica, formaciones vegetales de tolares con diferentes especies, y pastos duros de pajonales, propios de las estepas frías. También destaca el cardón o cactus candelabro. A orillas del salar, en ciertos sectores, crecen plantas halófitas como juncos y grama salada.

### HOYA DEL SALAR DE ASCOTAN O CEBOLLAR

Esta cuenca altiplánica, interandina, se desarrolla en la región limítrofe con Bolivia al noreste de la 2<sup>a</sup> Región de Chile. Tiene por base de equilibrio el propio salar de Ascotán. Tiene carácter de cuenca de recurso hídrico compartidos internacionalmente debido a que algunos afluentes menores emplazan sus cabeceras en el país vecino de Bolivia. La extensión de la cuenca es de 1455 km<sup>2</sup>, de la cual 224 km<sup>2</sup>, equivalente al 15%, pertenece a Bolivia, y el resto a Chile.

La cuenca limita al norte con su similar del salar de San Martín a Carcote; al este, con pequeñas cuencas cerradas altiplánicas como las de las lagunas Cañapa, Hedionda, Charcota, Honda, Pujio e Inca Corral separada de ellas por el cordón de los cerros de Cañapa; Araral (5680 m); Ascotán o del Jardín (5473 m) y el portezuelo de Ascotán (4430 m). Al sur limita con las cabeceras del río Inacaliri o San Pedro, afluente del este del curso superior del río Loa, y por el oeste con las cabeceras de tributarios menores orientales del curso superior del Loa. De éstos queda separada por una cadena montañosa que ostenta cumbres como el C<sup>o</sup> Palpana (6045 m); De la Cueva (5297 m); Cebollar (5722 m); Polapi (5957 m) y Carasella (5262 m).

Los paralelos extremos son 21°23' y 21°59' L.S. y los meridianos, 68°01' y 68°32' L.W.

Como el Salar de Carcote de más al norte, esta cuenca se sitúa en el eje del sistema paleohidrográfico que unió varios ambientes paleolacustres puneños de mayor desarrollo en el Pleistoceno final.

El salar tiene una extensión de 246 km<sup>2</sup> con abundante cantidad de bórax. Es atravesado por varias corrientes de agua que forman innumerables pequeñas lagunas. Los llamados Ojos de Agua de Ascotán son tres y están situados a 3730 m s.m. en la parte SE del salar; el de más al sur proporciona mejor agua de bebida a 21°C de temperatura. La

alimentación actual la obtiene de una decena de quebradillas que bajan del cordón occidental hacia su ribera poniente, y de otros tantos que provienen del oriente. La profundidad de este salar sería moderada.

El ferrocarril de Antofagasta a Bolivia bordea su ribera occidental por más de 35 km.

Cubierta litológica. Dos formaciones geológicas configuran el paisaje, aparte de los sedimentos holocénicos. Priman lavas andesíticas y basálticas ligadas a la actividad de los grandes volcanes cuaternarios de la Puna, y las lavas e ignimbritas de carácter riolítico de edad terciaria que subyacen a aquéllas.

Cubierta vegetal. En los alrededores del salar predomina la estepa de tolares, con varias especies de pajonales y cachiyuyos, y de la cual emergen, en los faldeos más pronunciados, los cactus candelabros conocidos con el nombre de cardón (Cereus atacamensis). En las orillas del salar se encuentran plantas freatófitas como la brea o sorona; grama salada, juncos y otras monocotiledóneas.

Uso del recurso. A principios del siglo un establecimiento minero situado en el extremo sur explotaba con éxito el bórax.



### HOYA DEL SALAR DE ATACAMA

La cuenca del Salar de Atacama se desarrolla al centro oriente de la II<sup>a</sup> Región de Chile y es, después de la del Loa, la segunda en tamaño de ella. Se extiende con una superficie aproximada de 15 620 km<sup>2</sup>, entre las latitudes 22°22' y 24°17' L.S. y longitud oeste 68°43' y 67°38'. En el sentido norte-sur tiene una longitud aproximada de 210 km y un ancho máximo de 110 km.

La hoya del Salar de Atacama limita al norte con la porción sur y sureste de la cuenca del río Salado, afluente del Loa, en cuya divisoria de aguas destaca el cordón de cerros del Tatio que culmina con el volcán de ese nombre (5314 m). Otro cerro de cierta importancia de esa divisoria es el cerro Chuschul (4027 m). Al este limita con Bolivia. La línea divisoria coincide en su sector norte, desde poco más al norte del portezuelo Panizo hasta algo más al sur del C<sup>o</sup> Licancabur, hasta el portezuelo del Cajón, en más de 50 km con la línea límite internacional, excepto en un pequeño sector en que la hoya se interna en territorio boliviano, en un área cercana a 100 km<sup>2</sup>.

Las cuencas del lado oriental de esa divisoria son cuencas endorreicas relativamente pequeñas pertenecientes a la puna boliviana. Las cumbres más notables en el cordón divisorio son las de Tocopuri (589); Sairecabur (5970 m); Curiquinca (5769 m); Licancabur (5921 m) y Juriques (5662 m).

Al sur del portezuelo Cajón, la divisoria de aguas sigue en toda su extensión en territorio chileno, coincidente con una línea de volcanes antepuestos de la alta puna. Queda separada de cuencas endorreicas menores de la puna chilena. Las cumbres más notables de esa cadena son los cerros o volcanes Purico (5782 m); Honar (5389 m); Putas (5465 m); Yalquis (5236 m); Potor (5330 m); Colachi (5618 m); Pili (6050 m); Lascar (activo, de 5641 m); Pajonales (5558 m); Del Abra (5266 m); Tumisasa (5671 m); Lejía (5790 m); Chiliques (5796 m); Miscanti (5613 m); Toloncha (4479 m); Pular (6225 m).

Por el sur, el límite es algo impreciso, y le siguen en esa dirección algunas cuencas cerradas menores.

Al oeste la cuenca del Salar de Atacama limita en el sector norte con tributarios menores del río Loa, de cuyas cabecezas queda separada por el cordón Barros Arana, y por los cerros de Purilactis. Las cumbres aquí no sobrepasan los 3600 m. Más al sur se interpone entre el Salar de Atacama y una serie de grandes cuencas arrecas del desierto antofagastino la llamada Cordillera de Domeyko que se inicia por el norte con su cumbre más prominente, el cerro Quimal (4302 m), y que con una longitud de algo más de 100 km, engrana hacia el sur en la Sierra del Medio y con la Sierra Almeida, la que en definitiva separa el extremo sur oeste de la hoya del Salar de Atacama de la del Salar de Punta Negra. Al sur del Quimal, en la cordillera Domeyko, se levantan las cumbres C<sup>o</sup> Loma Ancha (3203 m); C<sup>os</sup> Negros (3340 m); C<sup>o</sup> Cerrillos (3594 m).

El fondo de la cuenca de Atacama está ocupado por el salar propiamente, en el cual subsisten algunas lagunas remanentes. La extensión del salar húmedo alcanza a aproximadamente 1500 km<sup>2</sup>, lo que representa un 9,6% de la cuenca total.

El Salar de Atacama con una altitud media cercana a 2400 m s.m., constituye la base de equilibrio de una profusa red de drenaje, pero sin duda que la principal alimentación la recibe por su cabecera norte a través de los ríos San Pedro de Atacama y Vilama. Sin embargo un gran número de pequeños aportes hídricos, generados en vertientes le caen desde el oriente y aún por el extremo sur.

El río San Pedro de Atacama o simplemente Atacama, como se llamaba antiguamente, se genera de la confluencia de los ríos Grande que viene del NE y del Salado o Chuschul que cae desde el NO. La junta de ambos se produce a unos 12 km aguas arriba del pueblo de San Pedro de Atacama poco más arriba de la localidad de Cuchabrache. El río Grande proviene de la reunión de los ríos de alta cordillera, Jauna y Putana. Más abajo de esa junta le cae el río Machuca.

El río Putana nace con el nombre de arroyo Ojos de Agua del Putana, en la falda norte del volcán Putana; desde allí dirige su curso en ruta general al oeste por longitud de 22 km. Recibe en la alta cordillera varios tributarios, uno de los cuales se origina en territorio boliviano, al pie de los cerros Volcanes y Agüita Brava. Otros dos afluentes de cierta importancia provienen del norte, del portezuelo y de los cerros Tocorpuri; le caen por la ribera derecha para formar el río Putana propiamente tal. Este dobla bruscamente hacia el sudoeste y en el codo de cambio de ruta, se le reúne por su ribera derecha el arroyo de Jauna que viene directamente desde el norte. Nace éste de la falda sudoccidental del volcán Tatio y se dirige al SSE en una longitud de 10 km. Drena las Vegas de Jauna, a 4240 m donde se encuentra el caserío de ese nombre.

Desde la junta de los dos ríos formativos, el río Grande se dirige al SO por unos 50 km hasta su junta al río Salado. En este trayecto recibe por su ribera izquierda poco aguas arriba de Cuchabache la quebrada de Caire.

El río Machuca proviene del oriente, con un desarrollo aproximado de 15 km y un gasto de 40 l/s; nace con el nombre de Turitama en la falda norte del cerro Saye (4989 m) y riega el poblado de Machuca. Corre en una quebrada estrecha y pedregosa, de rocas riolíticas, y se junta al río Grande poco más abajo de la localidad de San Juan de Peñalire.

El río Grande corre en general, encajonado en un verdadero cañón labrado en tobas riolíticas, aunque experimenta algunos ensanchamientos donde asientan las localidades de Río Grande y San Bartolo.

El río Salado o Chuschul, con un gasto medio cercano a 200 l/s, escurre en un estrecho cajón labrado en tobas riolíticas y en formaciones saladas de arcillas rojas, en unos 43 km, en un curso sensiblemente paralelo al del río Grande. Se origina en la Aguada Puripica, sobre la línea divisoria de aguas con la hoya del río Caspana, subafluente del Loa. Corre casi sin variaciones directamente hacia el sur, juntándose con el río Grande cerca de la localidad de Cuchabache para formar

el río San Pedro de Atacama. Son varios los afluentes menores que recibe tanto por su ribera izquierda como por la derecha, pero sin duda la quebrada Pélon o Pelún es la principal. Proviene del oriente de la línea divisoria con la quebrada de Tuina y desarrolla un curso de 10 km. Todos estos afluentes normalmente son de cauce seco. El nombre indígena Chuschul proviene del cerro de ese nombre que se levanta en su curso medio, en su flanco derecho u occidente.

El río San Pedro de Atacama a partir de Cuchabrache toma dirección franca al sur desarrollando un cauce definido de 12 km hasta el pueblo de San Pedro de Atacama. En este lugar se dispersa en una especie de delta para sumirse prácticamente en sus propios sedimentos.

En esta trayectoria riega los ayllos de Cuchabrache, Catarpe, Tambillo, Guachar, Bellavista, Aguilar, Suchor y Quitar.

El módulo del río San Pedro es 0,88 m<sup>3</sup>/s.

El otro río de importancia por su caudal es el río Vilama, cuyo cauce corre más o menos paralelo al San Pedro y desemboca en el salar a unos 5 km al oriente de éste. Se origina en Guatín a unos 22 km al norte de San Pedro de Atacama, de la confluencia de los ríos Puripica y Puritama, a 3170 m. El río Puripica nace bastante al poniente de la falda poniente del C<sup>o</sup> Sairecabur. En sus primeros 8 km se dirige al oeste para doblar luego al SO con desarrollo de otros 12 km. Sus aguas son frías y tienen aspecto blanquecino y su gasto viene a ser como un décimo del río Puritama, aunque con lluvias estivales presenta crecidas de importancia. El río Puritama nace en los Baños de Puritama, vertiente sita a 3460 m a los pies de un grandioso anfiteatro de la Formación Altos de Pica. Unas quebradillas secas confluyen a ese punto. El río corre al O. por unos 300 m y luego se dirige al SO. En este cambio recibe por su ribera derecha el río Agua Helada, que aporta unos 10 l/s de excelente agua. Corre luego por una quebrada profunda entre barrancos de 50 m de altura hasta el ensanchamiento de Guatín, primer lugar habitado en el Vilama. La temperatura del agua en los baños es de unos 32°C en tanto que a las aguas del Puritama en Guatín se les ha medido 24,5°C.

A la hoya del Vilama pertenece la quebrada de Turipita, que también tiene cabeceras al oeste del cordón limitáneo en la cordillera. Se trata de un gran cañón labrado en tobas riolíticas de cuyas paredes, y a pocos metros del piso, brotan sendos ojos de agua dulce que fertiliza sembríos a lo largo de unos doscientos metros de la quebrada, constituyendo uno de los oasis más significativos al mismo tiempo que menos conocido de este sector cordillerano. El cauce seco se junta al Puritama por su ribera derecha, a 3200 m s.m. y a unos 500 m aguas arriba de Guatín.

En su curso inferior a la llegada de su base de equilibrio, el Vilama recibe por su ribera izquierda las quebradas habitualmente secas de Patica y de Chaxas.

El caudal medio del río Vilama en bocatoma del canal Vilama es cercano a 240 l/s, y goza de bastante estabilidad. En su nacimiento, el Puritama acusa un gasto cercano a los 400 l/s.

Por el flanco oriental entran al Salar de Atacama numerosas quebradas que escinden el plano inclinado que une el altiplano puneño a la llanura.

Sigue al sur de la quebrada Chaxas la quebrada El Cajón, también habitualmente seca; se genera en las inmediaciones del portezuelo de ese nombre, sobre la línea limítrofe, y se vierte al selar en las proximidades del ayllu de Poconche.

Al sur de la del Cajón caen al salar a lo menos ocho quebradas secas con cabeceras en la falda poniente de la divisoria de aguas y con cauces paralelos entre sí que no tienen nombre en la carta.

Más al sur, algo al oriente de la localidad de Tambillo, se encuentran los sembríos de Zapar, en el lecho de la quebrada de ese nombre. Se genera ésta en la divisoria de aguas entre los cerros de Macón y Honar, y desarrolla su curso en unos 25 km hacia occidente; el gasto no alcanza a 5 l/s, con el cual se cultivan menos de 10 ha por pobladores de Toconao.

La quebrada de Honar sigue al sur de la de Zapar. Nace entre el cerro de este nombre y el cerro Putas. Corre en longitud de 35 km en dirección al poniente. En su curso superior recibe como tributario el río Zilapeti, y en su curso inferior desembocan varias otras quebradas como las vertientes de Poquios y Sapaque. En su extremo inferior asienta el oasis de Toconao donde se regulan sus aguas durante la noche en un embalse artificial de 60 000 m<sup>3</sup> de capacidad con lo que se consigue regar unas 33 ha de cultivos selectos, especialmente de frutales.

El gasto del Honar es muy uniforme y en el mes de mayor estiaje asciende a unos 90 l/s.

Unos cinco kilómetros más al sur que el cauce anterior se desarrolla la quebrada de Pocor o Vilaco. Se origina de la reunión en Vilaco de dos cauces. Uno que bordea el C<sup>o</sup> Vilaco por el norte y proviene de la Laguna Verde y otro que bordea al C<sup>o</sup> Vilaco por el sur. Las aguas alcanzaban hasta los sembríos de Pocor, inmediatamente al sur de Toconao, pero con los años malos los escasos habitantes tuvieron que abandonarlos por falta de agua.

La quebrada de Aguas Blancas, que sigue inmediatamente al sur de la anterior descrita, es por su caudal de 220 a 240 l/s, la principal de la serie. Nace en la divisoria de aguas, entre los cerros Colachi y Fili para desarrollar un curso de 50 km hacia el oeste. Recibe por su ribera derecha el río Hecar que nace del drenaje de las vegas de ese nombre, y casi en el mismo punto, algo más abajo, las aguas de la quebrada de Potor cuyo principal tributario es el río Atana. El río Potor nace en la falda occidental del volcán apagado de ese nombre.

Por el lado sur o izquierdo se le reúne la quebrada Catarape de cauce paralelo al principal y que presenta escurrimiento solo en la parte alta.

El excesivo boro hace prácticamente inaprovechable en la agricultura las aguas de Aguas Blancas, salvo para el riego de pastos.

La quebrada de Soncor, situada más al sur de la de Aguas Blancas, se forma de la unión de las quebradas Talabre y Los Patos, aunque se trata de la junta de los cauces y no de los caudales los cuales se infiltran antes de ese punto. Corre hacia el oeste en un cauce profundo de paredes medanosas. Riega unas chacras en el caserío de Soncor.

La quebrada de Talabre, en su curso superior lleva el nombre de Tumbre, y nace de la falda noroccidental del volcán Lascar. En el fondo de ella se alzan los caseríos de Tumbre y Talabre.

La quebrada de Camar fertiliza el pequeño oasis de ese nombre, de no más de 5 ha de extensión, situado a 25 km al sur de Toco-nao, en el borde del salar de Atacama. Tiene su nacimiento en la falda norte del cerro Tumisa y corre primero hacia el norte y después directa mente al oeste. Con sus filtraciones y derrames se forman las vegas y aguadas de Carvajal situadas 10 km al poniente de Camar.

La quebrada de Socaire lleva aguas de régimen permanente y de buena calidad. Tiene sus formativos en un anfiteatro que forman los cerros Lejía, Chiliques y Miscanti y un sector del cordón de Pun tas Negras que constituye parte de la línea divisoria de aguas con la Pu na, donde se encuentran los volcanes Laúsa y Liquintiqui. El aporte princi pal del gasto lo hace la vertiente de Socaire, cuyas aguas se toman más abajo mediante un canal de unos 5 km de longitud y pronunciada pendien te; se riegan así hasta 300 ha de alfalfa y maíz en las inmediaciones del pueblo de Socaire. Los derrames siguen el curso de la quebrada y se pierden en la llanura aluvial.

Inmediatamente al sur de la de Socaire se desarrolla paralelamente la quebrada Algarrobilla, hoy prácticamente seca. Nace de la falda norte del cerro Colajti y tiene una longitud de 35 km. La desembo cadura propiamente tal en el piedemonte general, queda a 5 km al orien te del camino principal. En el interior, en los primeros dos kilómetros a partir de la desembocadura se encuentran terrazas de cultivos abandona das; más adentro, la quebrada ha labrado su cauce profundo encajonado en

la roca paleozoica del macizo de Cas, aunque sobre ella se advierte la roca riolítica y una cubierta de bloques y rodados basálticos, de la Formación Altos de Pica.

En el pueblo de Peine, situado en el extremo sudoriental del gran salar, se riegan unas 50 ha con una cocha o estanque que reúne el agua de una vertiente que brota en el cauce seco de la quebrada de Peine, ya que el régimen de esta quebrada es esporádico. Tiene un desarrollo de aproximadamente 25 km y un lecho donde abundan algarrobos y chañares.

A 13 km al sur de Peine se encuentra el caserío de Tilomonte, en medio de un bosque de chañares y algarrobos. Se riega con la quebrada de Tarajne de 40 km de desarrollo, la que se origina a occidente del bordo que confina las lagunas Miscanti y Meniques. En su margen se encuentra la aguada de Tulán. El gasto de la quebrada es constante a lo largo de su recorrido y las aguas son salinas. Estas son reguladas diariamente en una cocha lateral a la quebrada. Los cultivos son restringidos y pertenecen a habitantes de Peine, es decir, Tilomonte es estancia de Peine.

Por el sur entran al salar una serie de filtraciones, de las cuales las principales son las que brotan en Tilopozo, y forman una extensa vega. La vertiente más importante es un pozo de 3 a 4 m de diámetro y de 2 m de profundidad, con agua a 25°C.

Cubierta litológica. En una extensión tan considerable como es la de la cuenca de Atacama se encuentra variada litología, de diferentes épocas. Primeramente, sin embargo, en un alto porcentaje, en más de 75% del área, los materiales terciarios y cuaternarios. Los primeros tienen alta representación en la Cordillera de la Sal, compuesta en gran parte por sedimentos arcillosos salinos, la que hace parte de la Formación San Pedro, del Terciario Inferior, y en las ignimbritas y tobas riolíticas de la Formación Altos de Pica.



Los materiales cuaternarios tienen representación en los basaltos y andesitas que escurrieron desde los volcanes del pleistoceno y posteriores; y en las masas de sedimentos que ocupan los cauces de los ríos actuales y la fosa misma del salar. Estos sedimentos rellenan <sup>también</sup> el valle lateral conocido como Llano de la Paciencia.

Entre los sedimentos se suelen encontrar estratos de kieselgur que tendrían relación con la existencia de un gran lago que ocupaba la cuenca antes del escurrimiento de las lavas riolíticas desde el cordón fronterizo.

Al oeste, la cordillera de Domeyko está constituida por rocas mesozoicas, sedimentarias marinas y metamórficas, especialmente del Cretácico Inferior.

Al sur de la cuenca y del extremo sur del salar se encuentran importantes afloramientos de intrusivos graníticos del Paleozoico y del Mesozoico, y calizas y lutitas del Lías Inferior. Finalmente al sudoriente del salar, en relación con el macizo de Cas, afloran rocas del Paleozoico como filitas, pizarras, cuarcitas, etc.

Cubierta vegetal. En la cuenca del Salar de Atacama se encuentra una variedad de formaciones vegetales silvestres condicionadas por la altura, el clima y la calidad de los suelos y del agua.

Se hará a continuación una reseña de las principales plantas de esa área, dando el nombre vernacular en español o actualmente en uso más frecuente y su equivalente en idioma atacameño indígena o cuñza, cuando se conozca, como una manera de preservarlo. Es sabido que ya ese idioma no se habla en el área y sólo se conservan los topónimos y los nombres de algunas plantas y animales.

Especialmente en el norte de la cuenca, sobre los 2700 m de elevación, pero también en otros sectores a esa altura crece el cactus columnar de múltiples brazos llamado vulgarmente cardón (Trichocereus atacamensis). En la alta puna prosperan varias especies de tolas,

del género Baccharis; senecios como la chachacoma; pastos duros e ichus conocidos allí como pajonal (Stipa sp.); el cacho de cabra o añagua cuya raíz es usada como excelente combustible en la alta puna; el bailahuén; el soico; la lejfa. A menores alturas, en el piedemonte que bordea el salar y en el curso inferior de algunas de las aguadas tributarias se encuentran tres importantes árboles: el pimienta boliviano o muelle; el algarrobo<sup>#</sup> (lari o yali en idioma cunza); y, el chañar o cocho. En lugares húmedos abunda la brea o turi y en relación con los cursos de agua, la cortadera o cola de zorro.

Proliferan también gran cantidad de arbustos y hierbas como el cachiyuyo u ojalar (Atriplex sp.); algarrobilla; pega-pega; rica-rica; cadillo; basal; chuquican o chuquicanga;<sup>soico;</sup> guasal o baj-chal; pingo-pingo o miri; culiculi; conte o quela; cepacaballo; copacopa; tolilea; tamaro; el sirantur, una gramínea forrajera; el marancel, una com puesta; malva blanca; la estrella; chacha; pata de <sup>u villa;</sup> perdiz; etc.

La llareta se encontraba en forma natural hasta en la cuenca del río Alitar, límite sur de su dispersión, mas hoy prácticamente ha desaparecido de la cuenca a raíz de su explotación intensiva por el Mineral de Chuquicamata. Sólo se encuentran formaciones parecidas más esparagadas, conocidas como llaretilla.

En el salar mismo crece la grama salada, juncos, junquillo o pilur y otras gramíneas resistentes a la sal.

Calidad del agua. En la cuenca de Atacama priman las aguas químicamente contaminadas, y son muy escasas las de baja conductividad total. Con todo, hay numerosos oasis que riegan con dichas aguas.

---

# Se encuentran varias especies del género Prosopis. De hecho H. Niemeyer colectó en la caja del río Salado o Chuschul para el Herbarium Gunckel: P. juliflora; P. alba y P. chilensis.

El Cuadro N<sup>o</sup> que sigue reúne los valores promedios de las observaciones por subcuenca o por agrupaciones de aguadas. Si bien alguna información respecto a calidad del agua se obtuvo en los años 1961 y 1962, sólo a partir del año 1966 hasta 1971 se consiguió cierta sistematización en los muestreos. Muy posteriormente, en 1978 se lograron cuatro, y en algunos casos cinco corridas de muestreos y análisis de aguas de la cuenca, con una representativa distribución en el año. Los promedios de estas observaciones, distanciadas en el tiempo de las anteriores, se insertan en el Cuadro N<sup>o</sup> separado del anterior a fin de poder establecer comparaciones.

En la subcuenca del río San Pedro de Atacama, se dispone de un número bajo de análisis en la zona de mayor altura, en cambio en los ríos Salado y San Pedro en Cuchabrache el número de análisis es considerable.

Asimismo, el río Vilama en Guatín cuenta con suficiente cantidad de análisis.

En general, en los dos ríos principales se advierte un deterioro en la calidad del agua desde aguas arriba hacia aguas abajo. Es sabido que en el sector de Lagunita comienza un franco deterioro del agua del río Grande, el que se acentúa con la mezcla del río Chuschul que aporta una carga considerable de sales y posee un alto índice SAR. Sin embargo el boro se mantiene en límites tolerables. No ocurre lo mismo con el río Vilama. Los dos ríos formativos tienen alta conductividad y alto índice SAR. La mezcla posee la importante limitante de un elevado contenido de boro, que sobrepasa toda tolerancia. Esta situación ha tendido a empeorarse de acuerdo con los análisis de 1978.

De las aguadas riberanas del Salar, no cabe duda que el agua de la quebrada Honar que se embalsa en Toconao es prácticamente pura, lo que permite que sea este oasis un vergel donde se producen frutales y todo otro cultivo. También es muy buena, aunque demasiado escasa, el agua de Zapar. Alejado hacia el este, a superiores alturas, tienen sus nacientes algunos ríos que presentan agua de buena calidad tal como la quebrada de Soncor en Talabre y la propia aguada de Talabre; el

río Lampasar antes de entrar al río Hecar. Otros en cambio, tienen un altísimo grado de contaminación como ocurre con el río Las Cuevas y el río Volcancitos, ambos afluentes de la quebrada Aguas Blancas, y la quebrada de Potor. Aguas tales como Las Ruinas, Soncor, Quelana, Carvajal, Peine, Tilomonte y Tilopozo son altamente contaminadas. Otras son mejores como la de Tambillo y Camar y, sobre todo, la de quebrada Socaire. La quebrada de Aguas Blancas, que tiene un gasto considerable, es de regular calidad, con indicadores altos, pero mejores que la mayoría de las quebradas hermanas.

De los muchos pozos profundos que se han perforado en el Salar de Atacama, el único que en cierta medida se explota es el llamado Pozo N°3 de San Pedro, perforado por Corfo. Se dispone de tres análisis del agua de 1971 y de un análisis en 1978. Tiene una conductividad total superior a 3500, un índice SAR elevado sobre 10. Alto contenido de boro, el que con el transcurrir de los años se ha ido acentuando; ocurre lo mismo con el contenido de arsénico. Sin embargo, este pozo se aprovecha en riego de pastoreo y en recreación.

CUADRO Nº

CALIDAD DEL AGUA EN LA HOYA DEL SALAR DE ATACAMA

	pH	Conduc. m mhos	SAR	B ppm	As ppm	Nº de análisis
<u>I. Subcuenca R. San Pedro de Atacama</u>						
Vegas de Jauna	7,94	517	0,89	1,00	-	2
Río Jauna antes Aguas Calientes	8,02	517	1,29	0,75	-	2
Río Jauna antes junta R. Putana	7,92	525	1,06	0,14		4
Río Tatío antes río Putana	7,90	1139	2,85	2,40		1
Río Putana antes junta Río Jauna	7,63	1099	3,24	1,40		4
Río Grande después junta ríos Jauna y Putana	7,77	525	1,04	0,5		5
Río Grande en Río Grande	7,65	1497	6,90	1,8		4
Río Salado o Chuschul en cruce camino a San Bartolo	7,90	4300	20,1	0,61		18
Río Salado o Chuschul antes de río Grande	7,63	6139	23,73	4,22		13
Río San Pedro en Cuchabrache	8,10	2557	8,46	1,12	0,06	44
Río San Pedro en Quitar	8,03	3230	11,72	-		1
<u>II. Subcuenca Río Vilama</u>						
Termas de Puritama	7,85	2370	5,30	7,0	0,380	2
Río Puritama en Guatín	8,09	2474	6,61	9,14	0,396	24
Río Puripica en Guatín	8,05	2445	6,71	9,62	0,323	26
Río Vilama en Vilama	8,10	2946	6,78	8,48	0,26	28
Río Puritama en Termas de Puritama(mayo 1979)	7,70	2510	7,85	10,62	0,474	1

CUADRO Nº (Cont.)

	pH	Conduc. m mhos	SAR	B ppm	As ppm	Nº de análisis
<u>III. Aguadas y quebradas afluentes del Salar</u>						
Aguada Las Ruinas	7,74	12 050	29,60	31,4	-	1
Aguada Tambillo	8,07	2 349	8,47	7,98	-	2
Aguada Zapar	7,97	1 505	3,65	2,90	-	1
Quebrada Honar en Toconao	7,98	466	1,74	0,80	0,065	2
Hecar antes de Las Cuevas	7,70	1 290	2,50	6,0	0,75	2
R. Lampasar antes R. Hecar	7,55	244	0,20	0,50	0,358	2
R. Hecar antes R. Lampasar	8,05	2 185	6,60	17,5	3,45	2
R. Hecar bajo R. Lampasar	7,90	2 070	-	15,0	2,50	1
R. Volcancitos (afluentes del R. Aguas Blancas)	7,92	11 287	-	107,5	15,437	4
R. Cuevas (afluente del R. Aguas Blancas)	8,15	8 010	-	29,50	10,09	4
R. Aguas Blancas en cruce camino Hualtiquina	8,30	1 700	4,50	11,5	0,42	2
R. Aguas Blancas frente a Hecar	8,46	2 156	6,41	16	3,17	1
Aguada Soncor	7,82	3 946	4,55	28	-	1
Quebrada Soncor en Talabre	7,90	510	-	1,0	0,30	
Aguada de Talabre	8,01	590	1,33	0,70	-	
Aguada de Camar	8,03	2 104	4,65	2,80	-	
Aguada de Quelana	8,0	5 414	13,33	9,70	-	
Aguada de Cas	8,01	1 683	3,92	1,90	-	
Quebrada Potor en Viluco	8,0	10 000	-	1,0	0,158	11
Aguada de Peine	7,65	3 894	5,69	6,13	0,13	12
Aguada Tilomonte	7,74	4 660	6,80	-	-	17
Qda. Tilomonte en tranque	7,90	4 740	7,50	7,0	0,085	2
Pozo Nº3 de San Pedro de Atacama (Corfo)	8,10	3 713	11,30	18,0	0,056	3
Aguada de Tilopozo	7,92	3 620	11 17	5,90	-	
Aguada Carvajal	8,00	3 730	8,41	7,50	-	
Quebrada Socaire	8,0	1 054	1,68	2,53	-	

CUADRO NºCALIDAD DEL AGUA EN LA HOYA DEL SALAR DE ATACAMA

(Análisis de 1978)

	pH	Conduc. m mhos	SAR	B	As	Nº de análisis
Río Jauna después de río Putana	7,65	860	2,15	1,60	0,135	4
Río Grande en río Grande	7,92	1676	-	2,06	0,15	3
Río San Pedro en Cuchabrache	7,85	2900	11,62	2,03	0,27	5
Canal Vilama en Vilama	8,26	1093	2,33	2,80	0,25	4
Qda. Socaire en Cuno (Canal)	8,17	2624	6,77	13,40	0,576	4
Qda. Aguas Blancas-Canal	8,21	1896	6,25	22,28	2,02	1
Pozo Nº3 (Corfo)	7,21	3300	9,20	40,80	0,473	1

Uso del recurso. Las áreas agrícolas más importantes son las regadas por los ríos San Pedro y Vilama, en la cabecera norte del Salar, y las quebradas Honar y Aguas Blancas al oriente de él.

En el valle del río Atacama y aguas arriba del pueblo de San Pedro, se riegan los ayillos de Machuca, Río Grande, San Bartolo, Cuchabrache, Catarpe, Tambillo, Guáchar y Quitar.

Aguas abajo, los ayillos Conde Duque (el cual incluye el pueblo de San Pedro), Solcor, Larache, Yaye, Checar, Sequitor, Solor, Cucu<sub>ter</sub> y Coyo.

Aguas arriba de San Pedro, con aguas del río Vilama se riega en Guatín, y el canal Vilama que toma la totalidad del río riega Purico, Vilama y los ayillos Poconche, Eter y Tulo.

Para mejorar las condiciones del riego de la zona, la Dirección de Riego construyó entre 1963 y 1965 una red de canales con más de 50 km de longitud revestidos con losetas prefabricadas, a partir de sendos canales matrices de secciones rectangulares.

El canal San Pedro Alto tiene longitud de 9,8 km y capacidad de 1,4 m<sup>3</sup>/s; el canal Vilama tiene 14,2 km de desarrollo y capacidad para 0,5 m<sup>3</sup>/s. El proyecto comprendió el mejoramiento del riego de 1700 ha.

En Toconao, el estanque de 60 000 m<sup>3</sup> que regula las aguas de noche de la qda. Honar, riega una superficie hasta de 33 ha. La obra se complementa con más de 60 km de acequias revestidas.

El agua de la qda. de Aguas Blancas se lleva mediante un canal revestido hasta terrenos apotrerados situados a valle del pueblo de Toconao donde se destina al riego de pasturas.

En Socaire se riegan hasta 300 ha de alfalfa y maíz mediante un canal de 5 km de longitud que toma en la quebrada de ese nombre.

Los otros oasis como Zapar, Camar, Peine son de escasa monta, aunque en Peine se riegan hasta 50 ha con las aguas almacenadas en una cocha.

El agua subterránea. La Corporación de Fomento realizó perforaciones de pozos profundos a fines de la década del 50 en la cuenca del Salar de Atacama. Eligió un área al oriente del camino que va de San Pedro a Toconao. Los cuatro primeros pozos los proyectó en una línea de dirección noreste que va desde el extremo sur del ayillo de Solcor al Licancabur. El pozo 2 del 1 dista 530 m; el 3 del 1, 3600 m y el 4 del 1, 7740 m. Los pozos 5 y 6 los instaló en una línea perpendicular a la



anterior en el sondeaje 3. El sondeaje 5 estaba 5 km al sureste y el 6, 3 km al noroeste del sondeaje de la referencia.

Estos sondeajes tuvieron las profundidades finales y rendimientos que se indican.

Sondeajes	Profundidad m	Gasto de prueba l/s
1	575	
2	264	40
3	221	150
4	196	
5	303	50
6	247	50

La calidad promedio del agua de estos sondeajes fue: Conductividad total, 3760 m mhos; pH : 7,2; B : 15 ppm.

La limitante para el uso del agua subterránea es la mala calidad química del agua. Tal vez las mejores provienen de perforaciones en la quebrada Algarrobilla.

Con posterioridad a esta primera fase, se continuó con la exploración del salar llegando a perforarse hasta 160 pozos, de los cuales 124 fueron destinados a pozos de observación del nivel freático; otros se abandonaron. De hecho el único que queda en funciones para riego es el N°3 al oriente de San Pedro. Otro lo ocupa la Dirección de Riego para los servicios del campamento. Se trata de pozos artesianos profundos.

## HOYA DEL SALAR DE TARA

El salar de Tara constituye la base de equilibrio de una típica cuenca puneña de cierta envergadura, localizada en el extremo centro-oriente de la II<sup>a</sup> Región. De ella participan las repúblicas de Bolivia, Argentina y Chile. La extensión de esta cuenca alcanza a 1 710 km<sup>2</sup>. Corresponde a Chile 923 km<sup>2</sup> (54%); a Bolivia 382 km<sup>2</sup> (22%) y a la Argentina 405 km<sup>2</sup> (24%). Se desarrolla entre las latitudes sur extremas 22°27' y 23°40' y longitudes oeste 66°58' y 67°35'.

Limita al norte con otras cuencas puneñas de escaso desarrollo como son las de las lagunas Caruta, Choiles y Peñita Blanca, todas situadas en territorio boliviano. Queda separada de ellas por los cerros Loro Mayo (5660 m); Bravo (5750 m) y Totoral. También al noroeste limita con la cuenca pequeña de la laguna Guallaques a la cual alimenta el río Chajnantor. Al este deslinda con tributarios del sur de la ya mencionada laguna Caruta y con la hoya de la laguna de Vilama, de las cuales queda separada por la serranía del Dulce Nombre. Además, con otras pequeñas cuencas cerradas y con las cabeceras del río Rosario, principal tributario del Salar de Cauchari. Estos últimos accidentes geográficos nombrados pertenecen a La Argentina.

Al sur quedan las cuencas vecinas de Guachalajte constituyendo la separación el Nevado de Poquis, y del Salar de Quisquiro. Al oriente deslinda en pequeña escala con el curso superior del río Alitar, de la cuenca del Salar de Pujsa, de la cual queda dividida por el cordón de cerros de Guayaques. Al suroeste se sitúa el Salar de Aguas Calientes (23°10' L.S.). Los cerros Negro (5157 m), Aguas Calientes (5177 m) y Los Loyo (5343 m) establecen la separación.

El punto inferior de la depresión lo ocupa la laguna de Tara que se encuentra al pie del portezuelo de acceso. Este se encuentra confinado entre dos mesetas de lavas: la del norte es riolítica y su borde o ceja se encuentra erosionada en esbeltas columnas testigos; la del sur es basáltica.

La fuente principal de alimentación del salar de Tara y de su laguna remanente es el río Sapaleri que viene del norte. El río Sapaleri se origina en Bolivia, en la serranía del Dulce nombre, cordón orográfico orientado aproximadamente de norte a sur con cumbres cercanas a los 5500 m de altitud. En el recorrido de unos 20 km por territorio boliviano recibe buena parte de su caudal, aportado por numerosos cursos de agua que descienden de la falda oeste de la serranía nombrada. Se incrementa su gasto con tributarios recibidos en su recorrido de otros 18 km por la Puna Argentina. En Chile, el Sapaleri recorre unos 20 km en un lecho de escasa pendiente sobre suelos arenosos donde presenta un desarrollo meándrico.

Muy cerca de la línea de frontera Chile-Argentina el Sapaleri sale a la llanura abandonando el confinamiento entre cerros. Este paso se produce al pie del apagado volcán Sapaleri, en cuya cumbre convergen las tres líneas de frontera. Resulta ser el Sapaleri un río de recursos hídricos compartido por tres países. La longitud final se aproxima a los 60 km y su curso tiene la dirección sensiblemente orientada de norte a sur en sus primeros 30 km, para luego cambiar a la dirección NE-SO.

En territorio chileno el río Sapaleri recibe el pequeño aporte del río Chacaliri que lleva un gasto de unos 15 a 20 l/s. Este le cae por su ribera derecha a 18 km de su desagüe en el salar.

El Chacaliri tiene cabeceras en Bolivia, cerca de la línea de frontera, y desarrolla su curso de aproximadamente 16 km hacia el SE.

La variación del gasto del río Sapaleri a lo largo del año es prácticamente desconocida, ya que casi siempre se lo ha visitado en época de primavera, antes que las lluvias de verano inutilicen el acceso. Dos atoros fueron practicados con fechas 2-XI-1959 y el 2-XI-1961 que arrojaron gastos de 303 l/s y 370 l/s, respectivamente. El primero poco aguas abajo del cruce de la línea Chile-Argentina, y el segundo, 15 km más abajo que ese punto. Sin embargo, el caudal medio anual debe ser superior, y se lo ha estimado por comparación de hoyas semejantes, en 500-600 l/s.

Además de las alimentaciones nombradas, la laguna de Tara recibe vertientes de aguas dulces y tibias a los pies del portezuelo de Tara. Buscan aquí su refugio las aves acuáticas, como las parinas que son abundantes, cuando el resto del espejo de agua de la laguna se congela.

Por la ribera oriente, el salar recibe algunos arroyos que provienen del Nevado de Poquis y de la falda occidental de los cerros de San Pedro. El principal es el estero Cueva Blanca que casi se sume en las arenas de la pampa.

Cubierta litológica. Priman en la hoya dos tipos de rocas volcánicas: las oscuras de carácter basáltico y andesítico que provienen de la actividad de los volcanes cuaternarios tan característicos de la alta puna, y tobas e ignimbritas riolíticas que a veces afloran en amplias mesetas de bordes erosionados o subyacen a las rocas oscuras. Las pampas que rodean el salar están cubiertas de sedimentos que provienen de la destrucción de las rocas.

Cubierta vegetal. La vegetación en las pampas de altura es escasa. En la cuenca de Tara, prima la paja brava o pajonal, a lo menos en el sector chileno de la cuenca. Tolares se encuentran en el sector en que el río Sapaleri viene encajonado y a orillas de la laguna de Tara.

Calidad del agua. El 2 de noviembre de 1961 se colectó una muestra en el lugar de aforo antes explicado, la que fue analizada en el actual Laboratorio de Hidrología de la D.G.A., con los siguientes resultados:

Conductividad	368 $\mu$ mhos
Reacción pH	7,8
Sodio (%)	46
Boro	Tr.
SAR	1,80

Aniones (meq/l)

Carbonato	CO <sub>3</sub>	-
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub>	1,65
Cloruros	CL	1,85
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	0,46

Cationes (meq/l)

Calcio	Ca	1,31
Magnesio	Mg	0,58
Potasio	K	0,12
Sodio	Na	1,74

El análisis precedente permitió calificar el agua del Sapaleri de excelente a buena para su uso en la agricultura y desde luego muy superior en calidad al agua actual de riego de San Pedro de Atacama.

En 1971 se realizaron nuevos muestreos tanto en el Sapaleri mismo como en vertientes y otras aguadas en relación al Salar de Tara, análisis que confirman la buena calidad química del agua en la cuenca.

CUADRO Nº

CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL SALAR DE TARA  
Año 1971

Estación	pH	Conduc. m mhos	SAR	B ppm	As ppm	Nº de análisis
R. Sapaleri en desembocadura Tara	7,24	369	1,95	0,000	0,096	2
Q. Chacaliri	7,73	166	0,89	0,00	0,000	2
Vert. Lag. Tara Nº1	8,02	1315	7,12	3,80	0,232	1
Vert. Tara Nº2	7,82	1390	7,30	5,10	0,395	1

Estación	pH	Conduc. m mhos	SAR	B ppm	As ppm	Nº de análisis
R.Sapaleri desp. Chacaliri	7,71	367	1,88	0,10	0,084	1
Aguada Socol	6,80	837	0,51	0,00	0,050	1
Vert. en R.Blanco	6,65	93	0,58	0,00	0,000	1

Sin embargo, en el cuadro resumen, se advierte una mayor salinidad de las vertientes de Tara, acusada tanto por la conductividad total como por el índice SAR. En un posible aprovechamiento del río Sapaleri, éste tendrá que ser tomado en un punto alejado de su base de equilibrio, donde su agua es de excelente calidad.

Uso del recurso. En 1959 y 1961 Niemeyer hizo un reconocimiento de la factibilidad física de desviar las aguas del río Sapaleri hacia la cabecera del Salar de Atacama, antes que se vacien al salar de Tara. Esto, con objetivo de riego en los aylllos de San Pedro. El reconocimiento en carácter muy preliminar, definió que se requería de un canal revestido de 115 km de longitud con capacidad para 1 m<sup>3</sup>/s y pendiente de 0,0008, y de un túnel de 15 km de longitud, para efectuar el trasvasijo de una cuenca a otra. Un avalúo de las obras puso de manifiesto que el costo de ellas era extraordinariamente alto en rela-ción con el beneficio del riego de unas 1 110 ha de baja productivi-dad.

HOYA DEL SALAR DE PUJSA

Se trata de una depresión intermontana de la alta Puna de Atacama que tiene por base de equilibrio el Salar de Pujsa. Se extiende entre los paralelos extremos 22°54' y 23°18' L.S. y entre los meridianos 67°27' y 67°46' L.O. Limita al norte con algunos cauces que son afluentes menores de salares bolivianos situados inmediatamente al norte de la línea fronteriza chileno-boliviana. Al este limita con tributarios occidentales del Salar de Tara, del de Aguas Calientes (23°10') y del de Quisquiro. La separación la establecen los cordones de los cerros de Guayaques y de los cerros de Pucana. Al sur, limita con la cuenca del salar de Aguas Calientes (23°30'). Al oeste, limita con las cabeceras de los afluentes orientales del Salar de Atacama. La línea de separación la establece una cadena de volcanes, de la cual los principales en un sentido norte a sur son: Purico (5782 m), Putas (5465 m), Valquis, Alana, Potor (5330 m), Colachi (5518 m) y Pili (6050 m).

La cuenca se desarrolla a una altitud sobre 4500 m s.m., con una extensión de 770 km<sup>2</sup>.

El río principal es el Alitar, cuyo origen se encuentra en la falda occidental de los cerros Guallaques, sobre la línea fronteriza chileno-boliviana. Desarrolla su curso en dirección general norte a sur con una longitud aproximada a 38 km, hasta vaciarse en la orilla del Salar de Pujsa. El gasto de este río cerca del salar es del orden de 200 l/s. Se cuenta con muy escasa información al respecto.

El afluente principal del río Alitar es el río Quipiaco o Quepiaco que le cae por su ribera derecha en su curso medio. Este afluente proviene del oeste y nace en las faldas orientales del Cerro Putas de la reunión de dos arroyos formativos. Su longitud se estima en 20 km. El gasto de este río alcanza a unos 100 l/s.

Aguas arriba de la junta del Quipiaco, el río Alitar recibe varios afluentes en forma de arroyuelos que nacen en relación a bofedales o vegas.

La quebrada de Colachi que desciende de la falda oriente del C<sup>o</sup> Potor se reúne al emisario de la pequeña Laguna Helada para caer al Salar de Pujsa por su costado occidental. Muy próximo a esta desembocadura, un poco al sur, cae también el salar otro afluente que proviene de la falda oriente del C<sup>o</sup> Pili y tiene 12 km de desarrollo.

La Laguna Helada es pequeña, de forma elongada, con una superficie aproximada de 1,5 km<sup>2</sup>. El salar de Pujsa tiene una extensión de unos 22 km<sup>2</sup>.

Cubierta litológica. La cubierta litológica de esta cuenca, como las de las vecinas, está formada por lavas de carácter andesítico y basáltico que sobreyacen a los miembros superiores de la cubierta ignimbrítica de constitución riolítica, del Terciario.

Cubierta vegetal. Corresponde a la característica del paisaje de alta puna (Véase la cuenca de las lagunas Miscanti y Meniques). Sin embargo, debe anotarse que en esta cuenca estaba el límite sur de dispersión de la llareta, antes que fuera prácticamente exterminada por su explotación como combustible por el Mineral de Chuquicamata.

Calidad del agua. Se dispone de escasa información. En general el agua del río Alítar es de mejor calidad que la del Quipiaco o Quepiaco; en este último es ligeramente salobre.

En 1968 se analizaron muestras de la cuenca. Los resultados se consignan en el Cuadro N<sup>o</sup>

CUADRO N<sup>o</sup>

CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL SALAR DE PUJSA  
(1968)

	pH	Conduc. m mhos	SAR	Boro ppm	As
Río Quipiaco	8,00	1433	-	13	0,457
Río Alítar	7,95	400	3,35	1,0	0,00
R. Alítar en posible bocatoma	8,10	460	3,20	1,0	0,05
R. Quipiaco bajo vegas	8,30	1160	3,70	7,0	0,340
Ojos del Quipiaco	5,10	2170	6,60	31,0	6,50
Vert. afluente al R. Quipiaco	8,20	650	-	5,0	0,258



Se advierte que hay fuentes como la de los Ojos del Quipiaco de muy mala calidad.

Interesa sobre todo la calidad del agua en el punto donde se situaría una posible toma del Alítar. Felizmente en él las condiciones químicas son bastante aceptables.

Uso del recurso. Se han hecho algunos reconocimientos, hace ya varios años atrás, para ver la factibilidad de trasvasar las aguas del Alítar y de su afluente Quipiaco hacia el Oasis Toconao. No se concretó un informe al respecto.

HOYA DEL SALAR DE QUISQUIRO.

La hoya del Salar de Quisquiro es una típica cuenca endorreica de alta puna, que se desarrolla al oriente de la II Región de Chile, próximo a la línea de frontera Chile-Argentina. Se extiende con una superficie total de 800 km<sup>2</sup> entre las latitudes extremas 23°07' y 23°30' L.S. y las longitudes 67°10' y 67°30' L.O. Deslinda al norte con las cuencas de los salares Aguas Calientes (23°10') y la laguna de Tara; al oriente con la cuenca del Salar de Jama cuya mayor extensión se encuentra en Argentina; al sur con el Salar de Aguas Calientes (23°30') y al oeste con el Salar de Pujsa y con el mismo Salar de Aguas Calientes. El fondo de la depresión lo ocupa el propio salar de Quisquiro, a 4170 m s.m. de altitud y con una superficie cercana a 94 km<sup>2</sup>.

Las principales corrientes de alimentación provienen del oeste. En su extremo noroeste le cae la quebrada de Taina que baja desde los cerros de La Pacana y se dirige en un curso de unos 15 km hacia el este. También del mismo lado le cae en el extremo suroeste del salar la quebrada de Quisquiro que nace en la falda oriental de la divisoria de aguas. Tiene un desarrollo de 12 km y lleva rumbo al este. En el extremo sur le cae el río Salado que se origina en los Ojos del río Salado. Finalmente en el extremo SE se vacía al salar la quebrada de Puripica, contribuyendo a la alimentación de las vegas del mismo nombre, junto con las aguas de Quisquiro y del río Salado, todas las cuales convergen a ese punto. La Qda. Puripica se genera en la línea de displuvio oriente en las vecindades del CP Puripica (4943 m).

Cubierta litológica. Como en las cuencas puneñas vecinas, priman en ésta rocas volcánicas, tanto oscuras (andesitas y basaltos) ligadas a la actividad del Pleistoceno y reciente, como claras o ácidas, de carácter riolítico en forma de ignimbritas soldadas y de tobas.

Cubierta vegetal. Muy escasa. Se encuentran, sin embargo, dos o tres especies de tolas y pastos duros o pajonales. En la desembocadura de la quebrada Puripica hay vegas con sus características formaciones compactas de juncos y gramíneas.

Calidad del agua. Se carece de antecedentes analíticos.

### HOYA DE LA LAGUNA LEJIA

La hoya que tiene por base de equilibrio la laguna de Lejía se desarrolla en la alta puna de Atacama, en el centro oriental de la IIª Región de Chile. Ocupa una situación muy semejante a la de las lagunas Miscanti y Meniques que sigue directamente al sur. La cuenca tiene una extensión de 280 km<sup>2</sup> entre las coordenadas extremas, los paralelos 23º31' y 23º34' L.S. y los meridianos 67º39' y 67º49' L.O. La cuenca limita al norte y al este con la del Salar de Aguas Calientes (23º30') de la cual queda separada en el extremo norte por el Cº Aguas Calientes (5937 m) y por el oriente, por los cerros de Tumbres; al sur con las nacientes de la quebrada de Socaire, tributaria del Salar de Atacama, separada por el Cº Chiliques (5791 m); y al oeste con la parte oriental de la cuenca del Salar de Atacama. La separación la establecen una serie de cumbres de volcanes apagados como son el Cº Lejía (5790 m); Cº Tumisa (5671 m); Cº del Abra (5265 m) y el volcán activo Lascar (5641 m).

La laguna Lejía ocupa el centro de la cuenca a 3895 m s.m. Tiene forma equidimensional, casi circular, con un espejo de agua cercano a 2 km<sup>2</sup> de superficie. No se conoce su profundidad. Es de aguas salobres, pero ofrece vertientes de agua dulce en su alrededor.

La principal alimentación le cae por su ribera norte en forma de dos chorrillos de cursos paralelos y de dirección general norte-sur. Uno baja de la falda sur del Cº Aguas Calientes, el otro, desde la falda sudoriente del volcán Lascar, al cual se le reúne por su ribera derecha un afluente que baja desde el Cº del Abra. Desde la falda norte del Chiliques y de la noreste del Lejía bajan sendos arroyuelos que se reúnen para tributar juntos en el extremo sur de la laguna. No se cuenta con más antecedentes.

Cubierta litológica. Semejante a las de las lagunas Miscanti y Meniques (Véase esa hoya).

Cubierta vegetal. Véase lo aportado para la hoya de las lagunas Miscanti y Meniques.

Calidad del agua. Se carece de antecedentes analíticos.

HOYA DEL SALAR DE AGUAS CALIENTES (23º10')#

Se trata de una típica cuenca cerrada puneña, situada directamente al oriente de San Pedro de Atacama, en la II Región de Chile. Cuenta con una extensión de 290 km<sup>2</sup> entre los paralelos 22º59' y 23º10' L.S. y los meridianos 67º22' y 67º34' L.O.

Deslinda por el norte con la Pampa de Guallaquer, de la hoya del Salar de Tara, de la que queda separada principalmente por el CQ Negro (5157 m); al este, con esta misma última cuenca, de la que queda separada por los cerros Aguas Calientes (5177 m) y Losloyo (5343 m). Por el sur limita con la cuenca del Salar de Quisquiro; y por el oeste, con la del Salar de Pujsa. La separación con esta última la establecen los cordones de cerros de Guallaques y de la Pacana.

La base de equilibrio del sistema es el salar de Aguas Calientes con 26 km<sup>2</sup> de extensión y cuyo fondo lo ocupan tres lagunas: una más grande, con 5 km<sup>2</sup> de superficie, y dos pequeñas con diámetro cercano a 1 km cada una. El salar mismo es muy pequeño.

La alimentación la recibe el salar a través de varios arroyos que descienden desde las faldas de los altos cerros circundantes. Así, desde los cerros Guallaques descienden no menos de media docena de arroyos que finalmente se funden en tres que independientes afluyen por el occidente al salar. Ligada a esta alimentación se encuentra la Aguada de la Pacana, que proporciona agua de buena calidad.

Por el extremo norte, llega el río Aguas Calientes que es el que impide que la laguna se congele. Se genera en la falda norte del cerro Aguas Calientes, y describe un arco hacia el norte para doblar luego a occidente. Su recorrido asciende a 6 km.

---

# Debido a que se repite el topónimo en muchas cuencas cerradas de la IIª Región, se ha identificado cada una por el paralelo representativo que la atraviesa.

También el salar recibe alimentación de tres pequeños cursos de agua que bajan de la falda poniente del C<sup>o</sup> Losloyo, y de otros dos arroyos generados en la falda oriental de los cerros de Pacana.

Cubierta litológica. Priman en la cuenca las rocas volcánicas, especialmente las de carácter andesítico y basáltico, que están ligadas al volcanismo cuaternario. Estas rocas sobreyacen a rocas riolíticas del Terciario que suelen aflorar en la alta puna.

Cubierta vegetal. Compuesta especialmente de tolas (Baccharis) y pajonales.

Calidad del agua. No se dispone de antecedentes analíticos.

HOYA DEL SALAR DE AGUAS CALIENTES (23º30')#

Se trata de otra cuenca cerrada de la alta puna, situada al oriente del Salar de Atacama, a una altitud cercana a 4500 m s.m., al centro oriente de la II Región de Chile. Abarca una superficie de 900 km<sup>2</sup> entre las latitudes extremas 23º y 23º41' L.S. y las longitudes extremas de 67º22' y 67º42' L.O. El fondo de la depresión, base de equilibrio del sistema es el salar, donde permanecen como lagunitas relictuales, una al norte, dos centrales y dos al sur. La superficie del salar asciende a 114 km<sup>2</sup>.

La cuenca tiene por vecina al norte la hoya del Salar de Pujsa; de la cual queda separada por un cordón de cerros que se inicia en el Pili (6050 m), siguen el Acamarachi (5498 m) y otro de 5290 m; al oriente deslinda en parte con la cuenca cerrada del Salar de Quisquiró y la meseta alta de Lari; al sur colinda con las cuencas endorreicas del salar de Laco y del sistema de las lagunas Miscanti y Meniques de las cuales se aísla por el cordón de Puntas Negras. Finalmente, al oeste deslinda en parte con las cabeceras que alimentan desde el este al Salar de Atacama, como las de las quebradas de Tumbre, Catarape, etc. y con la cuenca cerrada de la laguna Lejía de la cual queda separada por el cordón de cerros de Tumbres en el sector central de la divisoria de aguas y el Cº Aguas Calientes, en el norte de ella.

Muchos son los arroyos que se generan en las faldas de los cerros que circundan al salar y que lo alimentan por todos sus flancos. Uno de los más notables es la quebrada de Chamaca que desciende de la divisoria de aguas del oriente y cae al flanco este del salar.

Cubierta litológica. Aparte de los sedimentos recientes, que provienen de la destrucción de las rocas más antiguas, priman en esta cuenca rocas volcánicas de constitución andesítica, provenientes de los centros de emisión pleistocénicos y holocénicos, y riolítica, que a veces subyacen a las lavas básicas.

# Como en la geografía chilena hay varios salares que tienen la denominación de Aguas Calientes, se ha preferido identificarlo por el paralelo que pasa próximo a su centro de gravedad.

Cubierta vegetal. La vegetación es escasa en esta cuenca y se reduce a tolares y pajonales, característicos de la alta puna.

Calidad del agua. Se carece de antecedentes analíticos.

### HOYA DE LAS LAGUNAS MISCANTI Y MENIQUES

La cuenca de las lagunas Miscanti y Meniques está situada en la alta Puna, al oriente de la II<sup>a</sup> Región de Chile, al sur este del Salar de Atacama y al oeste del cordón de Puntas Negras. El pueblo más cercano a las <sup>lagunas</sup> Socaire, del que distan aproximadamente 20 km en dirección sudeste.

La inmediata vecindad de las lagunas Miscanti y Meniques y el hecho que subterráneamente la primera alimenta a la segunda, aconseja que sean tratadas como una sola cuenca, pese a que superficialmente aparecen como independientes. Está comprendida por las coordenadas geográficas extremas 23°38' y 23°51' L.S. y 67°34' y 67°49' L.O., inserta en una extensa altiplanicie de 4200 m s.m. de altitud media, desde la cual sobresalen cordones montañosos con cumbres de 5 a 6000 m constituidos por volcanes cuaternarios.

Un cordón de baja altura relativa o "bordo", elevado unos 60 m sobre los espejos de agua de las lagunas cierra por el oeste las depresiones que ellas ocupan, separando su cuenca de la del Salar de Atacama.

Por el norte limita con las cabeceras de la quebrada de Socaire, tributaria del Salar de Atacama y de las cuales queda separada por el macizo del volcán Miscanti. Hacia el este limita con la cuenca del Salar de Aguas Calientes<sup>#</sup> (el de latitud 23°30'), con la altiplanicie del Lari y con la cuenca del Salar del Lago. Al sur, limita con otra cuenca cerrada de importancia cuyo fondo lo ocupan los salares de Talar y Aguas Calientes o Purisunchi (24° L.), de la cual queda separada por el macizo del volcán Meniques. La hoya hidrográfica comprometida tiene una extensión de 360 km<sup>2</sup>.

---

# En la Puna de Atacama hay a lo menos tres salares grandes que llevan el mismo nombre. Se diferenciarán por su latitud central.



La laguna de Miscanti es de forma aproximadamente oval, con un eje <sup>mayor</sup> de 6 km y uno menor cercano a 5 km. La actual superficie mojada es de 15 km<sup>2</sup> y la cota sobre el nivel del mar, de 4140 m. La profundidad media de sus aguas se estima baja. En el extremo norte existe una muy reducida vertiente de agua potable, pero la principal alimentación la obtiene en forma de agua subterránea. Llegan, sin embargo, a ella tres quebradas secas de cierto desarrollo que cuando bajan en épocas de lluvias estivales, aportan caudales de importancia, no medidos. Dos de ellas caen por su ribera oriental y la tercera por el sur, del faldeo del Vn. Meniques. Esta última recibe el nombre de qda. de Chaquisoqui.

La laguna Meniques, Meñiques o Miñiques, que con los tres nombres se la conoce, tiene un espejo de agua a cota 5 a 6 m inferior a la de su vecina del norte, la laguna Miscanti, de la cual sin duda recibe alimentación subterránea. Superficialmente quedan separadas por una cerrillada de lava de menos de 3 km de ancho donde existe una especie de corredor despejado de piedras que permite la fácil comunicación entre ellas. Entre el pie sur de esta cerrillada y la orilla misma de la laguna se interpone una terraza lacustre bien conservada con una superficie prácticamente plana elevada 20 m sobre el espejo de agua.

La laguna Meniques, como la Miscanti, tiene forma oval con un eje mayor de 2,5 km y uno menor de 1,5 km. El perímetro del espejo de agua es de 6,4 km y su superficie se calcula aproximadamente en 4 km<sup>2</sup>.

En la cabecera norte, al nivel de la terraza, aflora una vertiente de agua dulce de ínfimo caudal, la que ha permitido asentamientos temporales en el lugar.

En épocas de lluvias descienden seguramente torrentes desde la falda occidental del volcán Meniques por algunos cauces poco señalados.

Cubierta litológica. La mayor parte del área donde se sitúan las lagunas Miscanti y Meniques está constituida por una secuencia en posición subhorizontal de tobas e ignimbritas de composición riolítica con intercalaciones sedimentarias continentales (Formación Riolítica o Altos de Pica). Se encuentra penetrada por aparatos volcánicos cuaternarios y recientes que sobrepasan con mucho el nivel medio, y cuyos productos andesíticos y basálticos cubren una gran extensión de la cubierta ignimbrítica, sobreyaciéndola. La destrucción de esas lavas produce los detritus actuales.

Cubierta vegetal. La flora de la cuenca es la característica del paisaje de puna, es decir, la de una estepa fría en la cual priman pastos duros (ichus) y tolas (Baccharis sp.). Después de las lluvias estivales, crecen hierbas de la cual aprovechan los pastores de los pueblos ribereños del salar para forrajear sus ganados temporalmente.

Calidad del agua. Muy escasos son los antecedentes de que se dispone. Se sabe que las aguas de las lagunas son salobres, parecidas en sabor entre sí y que sólo los animales soportan beberlas. En cambio las vertientes que surgen en la cabecera norte de cada laguna son potables.

En una visita que Niemeyer realizó a las lagunas en noviembre de 1961 tomó muestras cuyos análisis se consignan en el Cuadro Nº. siguiente. En 1966 el mismo Niemeyer volvió a obtener muestras tanto de las vertientes como de las lagunas.

CUADRO Nº

CALIDAD DEL AGUA EN LA HOYA DE LAS LAGUNAS  
MISCANTI Y MENIQUES

	Fecha	Conduc. m mohs	SAR	Boro ppm	pH	Clasificación
Laguna Miscanti	XI 1961	5927	9,40	18	-	C4-S3
Laguna Miscanti	XII 1966	3540	12,5	8	7,9	
Vertiente Miscanti	XI 1961	740	0,70		-	C2-S1
" "	XII 1966	830	4,5	0,1	7,9	

	Fecha	Conduc. m mohs	SAR	Boro ppm	pH	Clasifica ción
Laguna Meniques	XI 1961	7279	4,50	18		-
" "	XII 1966	8020	14,0	15	7,7	
Vertiente Meniques	XII 1966	4300	6,8	6	7,8	

Uso del recurso. En 1961 Hans Niemeyer hizo un reconocimiento para trasvasar agua.

### HOYA DEL SALAR DEL LACO

Se trata de una cuenca cerrada o endorreica situada en el corazón de la Puna de Atacama, en el sector centro oriental de la II<sup>a</sup> Región de Chile, muy próxima al límite internacional Chile-Argentina.

Tiene una extensión de 325 km<sup>2</sup> comprendida entre las coordenadas geográficas extremas, las latitudes sur 23°44' y 24°00', y las longitudes oeste 67°19' y 67°32'. Limita al norte con la altiplanicie Alto del Lari que la separa de la cuenca del Salar Aguas Calientes (23°30'). Al oriente, con la Pampa del Lari; al sur deslinda en parte con otra cuenca endorreica y en parte con el Salar de Incaguasi. Finalmente al occidente deslinda con la cuencas de las lagunas Miscanti y Meniques, donde la separación la establecen el cordón de Puntas Negras y el C<sup>o</sup> Tuyajto (5685 m), y la cuenca de la laguna Tuyajto de la cual queda separada por un cordón de cerros que culmina el C<sup>o</sup> Laco (5472 m).

La base de equilibrio de la hoya es el Salar del Laco, cuya extensión alcanza a 18 km<sup>2</sup>. Es alimentado desde los cordones de cerros que circundan la hoya. Los más numerosos le caen por el norte y el oeste, desde los cerros Overo y Laco. Desde el sur también recibe alimentación a través de uno de los cauces más desarrollados. En el extremo suroccidental aflora una vertiente conocida con el nombre de Aguada de Luco que es de calidad aceptable para la bebida.

En esta hoya se conserva como una pequeña subcuenca la laguna Sico, situada en el borde oriental de ella.

Cubierta litológica. En esta cuenca, como en las vecinas de la Puna, predominan rocas volcánicas y los sedimentos cuaternarios provenientes de su destrucción. Las volcanitas tienen carácter andesítico-basáltico y están ligadas a la actividad del Pleistoceno y más reciente. Pero también afloran rocas de carácter riolítico que por lo general subyacen a aquellas.

Cubierta vegetal. La flora de la cuenca es la característica de la pu  
na, donde hay primacía de tolares y pajonales. En las vegas, hay forma  
ciones compactas de gramíneas, compuestas y juncáceas.

Calidad del agua. No se dispone de antecedente analítico.

HOYA DEL SALAR DE TALAR

Se trata de una hoya cerrada pequeña, enclavada en la alta puna de Atacama, en la II Región de Chile. Tiene una extensión de 300 km<sup>2</sup> y queda comprendida por las coordenadas geográficas extremas, los paralelos 23°49' y 24°03' L.S. y los meridianos 67°38' y 67°52' L.O. Limita al norte con la hoya de las lagunas Miscanti y Meniques, de la cual queda separada por el macizo del C° Meniques (5916 m) y por el cerro Tuyajto (5685 m); al oriente y al sur deslinda con la hoya del salar de Purisunchi; al oeste con las cabeceras de tributarios del salar de Atacama, especialmente con las de la quebrada Tarajne.

Su base de equilibrio es el Salar de Talar que ocupa una extensión de alrededor de 30 km<sup>2</sup>, de la cual la mayor parte corresponde a una laguna de aguas playas. La alimentan numerosos y breves cursos de agua que descienden desde las faldas de los cerros vecinos.

Cubierta litológica. Véase la hoya de las lagunas Miscanti y Meniques.

Cubierta vegetal. Véase la hoya de las lagunas Miscanti y Meniques

Calidad del agua. No se dispone de antecedentes

HOYA DEL SALAR DE PURISUNCHI

Se trata de una cuenca típicamente peneña situada al centro oriental de la II Región de Chile, al SE del gran salar de Atacama. Tiene por base de equilibrio el Salar de Purisunchi, llamado también en su porción norte, salar de Aguas Calientes.

La hoya tiene una extensión de 370 km<sup>2</sup>, y se desarrolla entre las latitudes extremas, 23°50' y 24°09' L.S. y longitudes extremas 67°37' y 67°50' L.O. Queda delimitada al norte por la cuenca de las lagunas Miscanti y Meniques, separada de ella por el CQ Meniques (5916 m) y el CQ Tuyajto (5695 m); al oriente, con la pequeña cuenca del salar y de la laguna Tuyajto, y con la cuenca de recursos internamente compartida el salar de Incaguasi; al sur con esta misma cuenca y con la del salar de Pular que queda cortada por la línea limítrofe internacional chileno-argentina. De ellas queda separada por los cordones de cerros Puruchare (5590 m) y Coransoque (5321 m). Al oeste, principalmente por la cuenca cerrada del Salar de Talar, de la cual queda separada por cerros de 4620 m y 4650 m s.m.

Una buena parte de la cuenca, el 25%, lo ocupa el salar propiamente, que de acuerdo con la carta, tiene una superficie de 90 km<sup>2</sup>. Recibe alimentación desde el norte, desde la falda sur del cerro Tuyajto, y del sur, desde los cerros Puruchare.

Cubierta litológica. Priman en esta cuenca como en las vecinas de la alta puna, las rocas volcánicas andesítico-basálticas del Cuaternario, que sobreyacen a rocas riolíticas del Terciario. Estas rocas últimas presentan algunos afloramientos dentro de la hoya.

Cubierta vegetal. La flora xerófila de alta puna, con tolares y pajonales. Además, formaciones compactas de gramíneas y juncos en vegas.

### HOYA DEL SALAR DE PULAR

Se trata de una cuenca endorreica de alta Puna, situada sobre la línea de frontera internacional Chile-Argentina, al SE de la II Región de Chile. Tiene, por lo tanto, carácter de hoya de recursos hídricos compartidos. Su extensión alcanza a 723 km<sup>2</sup>, de los cuales 443 km<sup>2</sup> (61%) se desarrollan en Chile y 280 km<sup>2</sup> (39%) en la República Argentina. Queda comprendida entre las coordenadas extremas, los paralelos 24°03' y 24°26' L.S. y los meridianos 67°47' y 68°07' L.O. La hoya del salar de Pular limita al norte y al oeste con las cabeceras sur del salar de Atacama de la cual queda separada por los cerros Salín (6033 m); Pajonales (5958 m); Pular (6225 m) y los cerros de Coransoque. También al norte de ella queda una pequeña cuenca cerrada innominada en la carta, y las cuencas del Salar de Purisunchi cuya separación la establecen los cerros de Puruchare. Al oriente deslinda con las pequeñas cuencas de la laguna Aracar, con la del salar Incaguasi y con la gran cuenca del salar de Arizaro. La separación con esta última la establecen los cerros Aracar (6080 m); un amplio portezuelo mesetoso y otros cerros de altura superiores a 5500 m. Su base de equilibrio es el salar de Pular situado a 3560 m de altitud; el cual es cruzado por la línea de frontera política. Tiene una extensión de 68 km<sup>2</sup> y es alimentado por una decena de pequeños cursos de agua que descienden desde las alturas que confinan la cuenca. Así, por el norte recibe alimentación desde los cerros de Coransoque y Puruchare; por el oriente, desde el CQ Aracar (6080 m) situado en La Argentina; por el sur, desde otros cerros con alturas de más de 5500 m; y por el oeste, por cursos de agua que bajan desde el CQ Pular y Pajonales.

El salar ofrece vegas en sus alrededores, aptas para el pastoreo en pequeña escala.

Cubierta litológica. Está constituida por rocas volcánicas cuaternarias andesíticas-basálticas, pero en parte incluye ignimbritas y tobas riolíticas de edad más antigua que en general, subyacen a aquéllas.

Cubierta vegetal. Es la propia de la alta puna, en la cual priman tolas de varias especies, y pajonales o pastos duros, y formaciones compactas de vegas.



HOYA DEL SALAR DE AGUAS CALIENTES (250)#

La hoya del Salar de Aguas Calientes (250) se desarrolla al sudeste de la II Región de Chile casi enteramente en territorio nacional, en un ambiente de puna. Sólo un pequeño cauce tributario nacería allende la línea de frontera internacional con Argentina. Queda comprendida entre las coordenadas extremas, las latitudes 24°43' y 25°13' L.S. y las longitudes 68°28' y 68°45' L.O. Deslinda al norte con la cuenca del Salar Punta Negra y con la de la Salina Llullaillaco, de la Argentina. Al este, con parte de esta última cuenca en cuya línea descuello el Cº León (5240 m) y con la hoya de la laguna de la Azufrera; al sur con una pequeña cuenca endorreica independiente y con la del Salar de Pajonales. Al oeste, finalmente con las hoyas de los salares Pajonales y Punta Negra. En esta última divisoria sobresalen las cumbres del Cº Pirámides, en el sur, y del Cº de La Pena (5260 m); del Cº Aguas Calientes (5070 m) y, ya bien al norte, el Cº Toconar y el Vn. Llullaillaco (6723 m).

La base de equilibrio de este sistema hidrográfico es el salar de Aguas Calientes, situado a 3670 m s.m. y con una superficie de unos 25 km<sup>2</sup>. En su ángulo NO brotan por debajo de capas de lavas dos vertientes de agua de alto contenido salino.

De la falda sur del Vn. Llullaillaco y del Portezuelo Llullaillaco Sur, se genera un curso de agua que va a parar al extremo norte del salar tras un recorrido de unos 35 km en dirección norte-sur. Casi al arribar al salar se le junta por su derecha una quebrada que desciende del Cº Aguas Calientes hacia el SE. Otra alimentación le cae en el flanco occidental proveniente del Cº La Pena. Finalmente, desde el sur y por su extremo sur, le cae una quebrada que proviene de la falda del Vn. Lastarria, que se encuentra en el extremo sur de la hoya, sobre la línea internacional.

# La existencia de varias cuencas cerradas que llevan en Chile el mismo nombre obliga a identificarlas por el paralelo que pasa aproximadamente por su centro de gravedad.

Cubierta litológica. En la cuenca del Salar de Aguas Calientes priman las rocas volcánicas cuaternarias, principalmente las de carácter andesítico-basáltico, aunque también afloran rocas más antiguas de carácter riolítico. No se excluyen los sedimentos cuaternarios que está rellenando la depresión.

Cubierta vegetal. Se la supone pobre. Seguramente se encuentran pajonales y tolares, y formaciones de vegas.

Calidad del agua. No se dispone de antecedentes analíticos

HOYA DEL SALAR DE PUNTA NEGRA

La cuenca endorreica del Salar de Punta Negra es una de las más extensas de este tipo en la II<sup>a</sup> Región de Chile. Ocupa una porción al suroriente de ella, entre la cordillera de Domeyko y la línea de frontera. Su extremo sur queda a la cuadra de Taltal en tanto que su extremo norte, coincide en parte con el ferrocarril de Antofagasta a Salta. Tiene una extensión cercana a 5320 km<sup>2</sup> y se desarrolla entre las coordenadas geográficas extremas 24°04' y 25°20' L.S. y 68°25' y 69°15' L.O.

La hoya limita al norte con el salar de Atacama; al oriente con varias cuencas endorreicas puneñas, entre ellas la del salar de Monturaquí, las de las lagunas Tecar y Socompa, y la del salar de Llullaillaco. Estas últimas se sitúan en territorio argentino. La línea límite con sus altas cumbres del volcán Socompa (6050 m); el cerro Socompa Caipis (5370 m); el C<sup>o</sup> Bayo (5340 m); el C<sup>o</sup> Tecar (5590 m); el C<sup>o</sup> Inca, el C<sup>o</sup> Chuculay (5420 m), y el Vn. Llullaillaco (6723 m), la separa de ellas. También por el oriente limita con la cuenca del salar de Aguas Calientes (25°00') y con la del salar de Pajonales. De la primera queda separada por un cordón en que destacan los cerros Tocomar (4790 m) y Aguas Calientes (5070 m) y de la de Pajonales por la cordillera de Domeyko. Al sur limita con las cabeceras de la quebrada de Taltal. Al oeste, también con dichas nacientes y más al norte con quebradas arreicas de la depresión intermedia entre Antofagasta y Paposo, por donde corre la Carretera Panamericana.

De estas queda separada por una serie de cordones montañosos orientados de norte a sur; entre ellos se cuenta la propia cordillera de Domeyko con las más importantes sierras, la de Imilac por el norte; el Morro de la Mina, y la principal, la sierra de Varas más al sur.

La depresión del salar, de marcada orientación nortesur, se encuentra a cota de 2960 m s.m. y su extensión alcanza a 1275 km<sup>2</sup>, teniendo el eje longitudinal cerca de 90 km.

Por la superficie del salar corren aguas saladas, pero los pozos que se han excavado al oriente de él con fines de aprovechamiento de recursos hídricos en las salitreras del Cantón de Taltal han proporcionado agua de buena calidad.

La principal alimentación la recibe el salar desde el río Frío que le cae por su extremo sur. Nace éste en la falda oriental, en el sector sur de la Sierra de Varas. Corre hacia el N en una quebrada profunda de 25 a 50 m de ancho encajonado por paredes de rocas riolíticas. Concluye por infiltrarse en un plano arenoso antes de alcanzar el extremo sur del salar tras un recorrido de no menos de 40 km. El gasto es de unos 25 l/s.

Desde las sierras a occidente bajan al salar por su ribera occidental más de 20 pequeñas quebradas, algunas ligadas a pequeñas vegas. Por la ribera oriental llegan al salar otras quebradas que bajan desde el cordón limitáneo o desde cerros cercanos a él. Tales son las quebradas Guanaqueros que desciende desde la falda noroccidental del Cº Guanaqueros (5131 m); la quebrada de las Zorras que se genera en la falda del cerro Chuculay (5420 m). La quebrada Llullaillaco generada al pie del volcán homónimo e innumerables otras quebraditas de curso paralelo que surcan el suave plano inclinado que muere en el salar y que nace en mayores alturas al oriente. Al pie del Morro Negro, que se levanta al SE del salar y que constituye el término de una inmensa corrida de lava basáltica de 10 a 15 km de extensión, hay una vega pequeña de agua salobre que proporciona al viajero algún alivio.

Cubierta litológica. El fondo de la cuenca está constituido por sedimentos cuaternarios y/o terciarios. En el salar mismo abundan los depósitos salinos. Marginalmente se encuentran volcanitas andesítico-basálticas e ignimbritas riolíticas a dacíticas. La serranía occidental está constituida en parte por rocas del Mesozoico, principalmente de calizas, lutitas y areniscas del Liásico.

Cubierta vegetal. La vegetación es muy escasa y se reduce a algunas tolas, cachiyuyo y pajonales, aparte de las formaciones acojinadas de las vegas. No se encuentran mayores antecedentes sobre la flora de esta cuenca.

Uso del recurso. Se han explotado borateras en el centro del salar y sal común que se transportaba en el siglo pasado hasta la costa.

### HOYA DEL SALAR DE PAJONALES

La hoya del Salar de Pajonales es una cuenca cerrada de carácter puneño que con una extensión de 1806 km<sup>2</sup> ocupa una posición sudoriental de la II Región de Chile. Sus coordenadas geográficas extremas son: 24°54' y 25°23' L.S. y 68°33' y 69°06' L.O.

Limita al norte y al oeste con la cuenca del Salar de Punta Negra, de la cual queda separada por la Cordillera de Domeyko; al oriente, por la cuenca endorreica del Salar de Aguas Calientes (25° L. S.), de la cual queda separada por varios cerros entre los cuales descuellan el Cº Aguas Calientes (5070 m); el Cº de La Pena (5260 m) y el Cº Pirámides. Pero también por el oriente limita con otra cuenca pequeña, de la cual queda separada por el Cº de La Niebla (4500 m), y con la del Salar de Gorbea, cuya separación la materializa la Sierra de Gorbea con su cima el Cº Quebrada, con 5180 m s.m. Por el sur limita con las pequeñas cuencas de los salares de La Azufrera y de Agua Amarga; y en cierta medida con la cuenca alta de la quebrada de Taltal. En su línea divisoria de aguas sur se levantan los cerros del Azufre (5480 m) y del Medio.

El salar ocupa una posición central en la cuenca y tiene una extensión de 186 km<sup>2</sup>. Recibe alimentación pequeña por todos sus costados, siendo quizás la principal la que baja de la falda sur del Cº Aguas Calientes cuyo curso se dirige al SO con longitud superior a 30 km.

Cubierta litológica. Imperan rocas derivadas de la actividad volcánica del Pleistoceno, que tienen carácter andesítico-basáltico. Los sedimentos que rellenan la cuenca proceden de la destrucción de dichas rocas.

Cubierta vegetal. No se dispone de antecedentes ciertos, mas se piensa que la flora es escasa y se reduce a tolares y pajonales (pastos duros) de los cuales deriva el nombre.

### HOYA DE LA LAGUNA DE LA AZUFRERA

Se trata de una pequeña cuenca situada en el sector sudoriental de la II Región de Chile, junto al límite internacional. Tiene una extensión de 276 km<sup>2</sup>, comprendida entre los paralelos 25° y 25°09' L.S. y los meridianos 68°20' y 68°35' L.O.

Deslinda al norte con otra depresión cerrada pequeña; al este, con afluentes occidentales del Salar de Arizaro, de la puna argentina. Al sur y al este con la cuenca del Salar de Aguas Calientes (25°).

La base de equilibrio de esta cuenca es la laguna de la Azufrera, cuyo espejo de agua tiene una superficie cercana a 8 km<sup>2</sup>. Es un cuerpo de agua profundo y de sus bordes se desprenden surgidores de agua a temperaturas de 17° a 20°C que impide la congelación de sus aguas a pesar de su elevación de 4235 m s.m.

Recibe alimentación por todos sus flancos. Algunas bradas provienen desde el cordón limítrofe que aquí se confunde con la Corrida de Cori, cordón de cerros en el cual descuellan los cerros Negro o Volcán (5590 m), Escorial (5440 m) y Cumbre de Cori (5295 m). También recibe alimentación desde el Portezuelo del Azufre y desde el volcán Lastarria (5700 m).

Cubierta litológica. Predominan en esta cuenca rocas volcánicas de carácter riolítico como ignimbritas y tobas.

Cubierta vegetal. No se dispone de antecedentes, aunque se supone que se encuentran tolares y pajonales.

### HOYA DEL SALAR DE GORBEA

La cuenca del Salar de Gorbea es pequeña, de sólo 336 km<sup>2</sup> de extensión. Queda situada en el borde oriental de la Puna Chilena, en la II<sup>a</sup> Región de Chile, junto a la frontera internacional Chile-Argentina y a la cuadra del puerto de Taltal. Se extiende entre las latitudes sur 25°17' y 25°32' y las longitudes oeste 68°32' y 68°44'. El salar mismo, que constituye la base de equilibrio del sistema, ocupa una superficie de 32 km<sup>2</sup> a 3944 m s.m.

La cuenca limita al norte con otra pequeña depresión innominada en la carta. Al oriente, con una extensa peniplanicie, situada en la República Argentina, y de la cual queda separada por el cordón del Azufre cuyas cumbres más elevadas son el C<sup>o</sup> Atalaya

y C<sup>o</sup> Bayo (5409 m). Por el sur limita con la cuenca del Salar de la Isla. Los cerros Los Patitos (5000 m) y el Port. Aguas Calientes (4713 m), aparte de otro portezuelo secundario, son los principales puntos de esta divisoria de aguas. Al oeste de la cuenca de Gorbea se extienden las cuencas del Salar de Pajonales y del Salar de La Azufrera o de Agua Amarga. De la primera lo separa la llamada Sierra de Gorbea cuya principal cumbre es el C<sup>o</sup> Quebrado (5180 m). Entre el Salar de Gorbea y el Salar de Azufrera se interpone el C<sup>o</sup> de la Azufrera (4850 m).

La principal alimentación le cae el salar por su ribera oriente en forma de varios chorrillos que bajan desde la falda oeste del cordón limitáneo, especialmente desde el C<sup>o</sup> Bayo. También desde el sur le cae un afluente cuyo curso es de unos 15 km. Nace de la falda oriental del C<sup>o</sup> Los Patitos. Algunos nacen allende la línea fronteriza.

Cubierta litológica. La cuenca del Salar de Gorbea se encuentra inserta en un ámbito de rocas volcánicas andesítico-basálticas pleistocénicas que sobreyacen a ignimbritas y tobas riolíticas de edad Terciaria la que presenta algunos afloramientos de escasa extensión.

Cubierta vegetal. Se desconocen referencias a la flora. Dada la altura de la cuenca, se supone haya pajonales en los faldeos y plantas halofíticas en las riberas del salar.

Uso del recurso. Ninguno.



HOYA DEL SALAR DE LA ISLA

Se desarrolla enteramente en territorio chileno, con una extensión de 770 km<sup>2</sup>, inmediatamente al poniente del cordón limitáneo, el cual está materializado aquí por la sierra de Aguas Blancas. Se sitúa al interior de Taltal, en latitudes extremas sur 25°31' y 25°55' y longitudes oeste 68°29' y 68°47'. Limita al norte con la cuenca del Salar de Gorbea de la cual queda separada por un cordón en que destacan el Cº de Los Patitos (5000 m) y el portezuelo de Aguas Calientes (4713 m). Al oriente, la sierra de Aguas Blancas con la cumbre más prominente del mismo nombre (5780 m), <sup>que</sup> la separa de la cuenca de la salina de Aguas Calientes, perteneciente a la puna argentina; también hacia el sudeste deslinda con la depresión del Salar de Las Parinas separada por un lomaje de escasa altura relativa. Al sur limita con la cuenca del Salar Grande (el de los 26° de L.S.). La cumbre principal de la correspondiente divisoria es el Cº Punttiagudo de La Isla (5170 m). Finalmente al oeste se sitúan las cuencas del Salar de Agua Amarga y la del Salar de Aguilar. En la divisoria destacan el Cº Dos Conos (5000 m) y el Cº Manchado (5060 m).

El salar mismo ocupa una extensión de 163 km<sup>2</sup>. Su principal alimentación le cae por su extremo norte, a través de un arroyo con origen en el portezuelo de Aguas Calientes, de 16 km de longitud y de dirección norte-sur. Otras quebraditas le caen tanto por el flanco oriente, con cabeceras en la Sierra de Aguas Blancas, como del flanco occidental generadas en el faldeo del Cº Manchado.

Cubierta litológica. Las rocas predominantes en esta cuenca corresponden a volcanitas andesítico-basálticas del Cuaternario y, en una muy baja minoría, a afloramientos de ignimbritas y tobas riolíticas que, en general, subyacen a aquéllas.

Cubierta vegetal. La vegetación en estas cuencas cerradas de la Puna es pobre. Se presentan pajonales (ishus) en las laderas y plantas halofíticas a orillas del salar. En las vegas abundan formaciones de gramíneas y junceas.

Uso del recurso. Ninguno especial.