



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE LAS CUENCAS
ALTIPLÁNICAS FRONTERIZAS MUCAR Y SICO, II REGIÓN DE
ANTOFAGASTA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

TOMÁS PATRICIO OPAZO GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA:
Sra. SOFÍA REBOLLEDO LEMUS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
Sr. CARLOS ESPINOZA CONTRERAS
Sr. CARLOS PARRAGUEZ DECKER

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2009

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue definir un modelo hidrogeológico conceptual para las cuencas vecinas Mucar y Sico, ubicadas en el altiplano de la II Región de Antofagasta en Chile y en las provincias de Salta y Susques, en Argentina.

Para lograr el objetivo se caracterizó la geología superficial y subsuperficial mediante campañas de terreno, mapeo de pozos y análisis de perfiles geofísicos TEM. Paralelamente, se muestrearon las aguas superficiales y subterráneas para análisis hidroquímico y se especificaron y cuantificaron las zonas de recarga y descarga, estimando un balance hídrico. Los datos directos de terreno corresponden al sector chileno, equivalente a un tercio del área total de las cuencas.

La geología de ambas cuencas está caracterizada por ignimbritas pliocenas fracturadas, que en Mucar corresponden a la Ignimbrita Atana y en Sico a la Ignimbrita Guatiquina. Estas unidades están depositadas sobre ignimbritas del Mioceno, las cuales sobreyacen a las gravas de la Formación Pastos Chicos del Mioceno Superior. En Mucar, bajo esta unidad, yacen areniscas y limolitas de la unidad miocena Sedimentita Vizcachera y en Sico, areniscas y limonitas paleocena-eocenas de la Formación Siglia. Como basamento se encuentran las areniscas y limolitas silicificadas de la Formación Aguada de la Perdiz del Paleozoico, afectadas por deformación dúctil y fallamiento inverso de bajo ángulo.

En base a características cualitativas de permeabilidad las unidades geológicas señaladas fueron reunidas en cuatro unidades hidrogeológicas. La unidad más antigua corresponde a la Unidad de Basamento Impermeable (UBI), compuesta por las areniscas y limolitas de la Formación Aguada de la Perdiz, con un espesor mínimo de 300 m. La presencia de vetillas rellenas de fracturas, y el fuerte grado de silicificación, sugieren una permeabilidad nula para esta unidad. Sobre la unidad descrita se definió la Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad (USBP), compuesta por las areniscas y limolitas de la Formación Siglia y de la unidad Sedimentita Vizcachera, con un espesor mínimo de 300 m y conductividad hidráulica del orden de 10^{-2} m/día. Esta unidad concentra el agua en profundidad pero sus características sugieren un limitado flujo subterráneo. Sobre la USBP se ubica la Unidad Sedimentaria de Alta Permeabilidad (USAP), conformada por gravas de la Formación Pastos Chicos, la cual se distribuye de manera irregular, encontrándose en algunos sectores en superficie, con lagunas asociadas, y en otros a gran profundidad. Su espesor es variable, en promedio de 50 m, y su permeabilidad fluctúa entre 10^1 y 10^2 m/día. Finalmente, sobreyaciendo a todas las unidades hidrogeológicas anteriores se ubica la Unidad Piroclástica de Permeabilidad Media (UPPM), compuesta por todas las ignimbritas que se extienden en el área. Su espesor medio es de 150 m y su permeabilidad es variable (entre 10^{-2} y 10^2 m/día), dependiendo del grado de fracturamiento y soldamiento.

Las aguas que precipitan en el límite hidrográfico entre Mucar y Sico, se infiltran en la UPPM dividiéndose en dos flujos preferenciales NNE y SSE, debido a la presencia de la UBI que actúa como una divisoria hidrogeológica. En ambas cuencas, parte de las aguas se acumulan y fluyen subsuperficialmente por los niveles basales de "surges" existentes entre unidades ignimbritas, aflorando y dando origen a lagunas, vegas, y vertientes esporádicas.

En Mucar, el agua subsuperficial, de poco recorrido, presenta una química general cálcica sulfatada. El agua infiltrada y acumulada en la USBP fluye lentamente hacia el NNE; este mayor recorrido y profundidad genera aguas sódicas sulfatadas-cloruradas, las cuales al ascender debido a la superficialización de la UBI hacia el norte, comienzan su evaporación y concentración salina, dando origen a los salares de Mucar, Jama, Xilón y otros menores.

En Sico, el agua subsuperficial presenta una química general cálcica sulfatada-clorurada. El agua infiltrada y acumulada en la USBP fluye hacia el SSE condicionado por la profundización de la UBI en esa dirección. El mayor recorrido y profundidad resultan en una química sódica sulfatada-clorurada. Hacia el sur, las aguas entran en contacto con la USAP mezclándose con aguas provenientes desde el O, resultando en aguas sódicas cloruradas, las cuales fluyen hacia el SE en dirección al Salar del Rincón en Argentina, donde finalmente evaporarían.

Los datos isotópicos de deuterio y oxígeno muestran que la mayoría de las aguas de ambas cuencas se encuentran evaporadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me incentivaron a seguir y seguir estudiando pese a mis cuestionamientos vocacionales. Finalmente me enamoré de esta carrera.

Agradezco a mis padres por su esfuerzo diario, por su constante preocupación, por sus grandes decisiones que favorecieron mi futuro. Para ellos es todo esto.

Doy gracias a mi abuelo Germán, que me ofreció un buen lugar donde estar, que me ayudó a terminar la Geología pese a preferir la Ingeniería.

Igualmente importante fue mi abuela Gabriela, que aunque ahora no vea los resultados de estos 6 años, su preocupación incondicional ha estado ahí desde que tengo uso de razón.

Agradezco también el apoyo de mis hermanos, Trini, Juan, y Cata, quienes siempre han creído y confiado en mis aptitudes, quizás más que yo mismo.

Agradezco a mi polola Angelita, que pese a haber tenido un hiatus amoroso, en los momentos presentes estuvo ahí siempre el apoyo, por lo demás totalmente necesario.

Doy gracias a todos mis compañeros de carrera, quienes de manera casi natural me empujaban al estudio. A mis amigos de viaje geólogo, Gonzalo y Coni, con quienes las conversaciones y discusiones nos han ayudado mutuamente a comprender más y más. A Surjan, la Maca, y la Fer, juntos nos motivamos a avanzar rápido y certero. A todos los he aprendido a querer.

Finalmente me disculpo, por los que no agradezco, por los que olvido en ocasiones. La memoria es frágil sobretodo en estos momentos de tensión. Gracias a todos ellos.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Formulación General del Estudio	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologías	2
1.4 Ubicación y Acceso	3
1.5 Estudios Anteriores	4
2. MARCO GEOLÓGICO	6
2.1 Generalidades	6
2.2 Unidades Litológicas	6
2.3 Correlación de Unidades	20
2.4 Estructuras	20
2.5 Evolución Geológica	22
3. GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA LOCAL	25
3.1 Geología Superficial	25
3.2 Geología Subsuperficial	40
3.3 Geofísica de Transiente Electromagnético	56
3.4 Perfiles Geológicos	64
4. HIDROGEOLOGÍA	68
4.1 Niveles Piezométricos	68
4.2 Parámetros Hidráulicos	69
4.3 Unidades Hidrogeológicas	76
4.4 Hidroquímica	77
4.5 Modelo Hidrogeológico	85
5. HIDROMETEOROLOGÍA Y BALANCE HÍDRICO	89
5.1 Meteorología regional	89
5.2 Meteorología Local	90
5.3 Balance Hídrico	103
6. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	122
6.1 Discusión	122
6.2 Conclusiones	127
7. REFERENCIAS	130
8. ANEXO	142
8.1 Mapa Geológico Escala 1:250000	142
8.2 Descripción Litológica de Pozos	143
8.3 Hidrometeorología	148
8.4 Balance Hídrico	188

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación General del Estudio

El agua es un recurso cada día más demandado en la población mundial (Rijsberman, 2005). Se estima que gran parte de ésta (cerca de dos tercios) será afectada por escasez de agua en las próximas décadas (Alcamo et al., 1997, 2000; Vorosmarty et al., 2000; entre otros). En Chile, el recurso hídrico en el norte grande, y en particular en la II Región, se ha convertido actualmente en un bien escaso (Pourrut y Covarrubias, 1995; Alcamo et al., 2000). Debido a la creciente economía del cobre y a la necesidad del agua en sus procesos productivos, se ha visto imperiosa la extracción del agua subterránea en zonas alejadas a los centros mineros, tales como la Puna. Las condiciones climáticas reinantes en la II Región son de hiper-aridez (Pourrut y Covarrubias, 1995; Risacher et al., 1999; Dunai et al., 2005) por lo que la recarga actual a los sistemas hidrogeológicos parece ser mínima (Pourrut y Covarrubias, 1995). Sin embargo, es en esta zona donde, desde un tiempo a esta parte, se han incrementado notablemente las extracciones sin encontrar un descenso notable en la producción de las aguas (Pourrut y Covarrubias, 1995). En este marco, el entendimiento de la dinámica hídrica en el norte grande de Chile se vuelve una necesidad de primer orden, dadas las proyecciones del aumento en la demanda de agua. Surge entonces la necesidad de comprender el funcionamiento hidrogeológico de las cuencas de la Puna y así tener claridad sobre la real disponibilidad del recurso hídrico en esta zona. Para esto, se estudian en específico dos cuencas contiguas, Mucar y Sico, ubicadas en el límite fronterizo de la II Región entre Chile y Argentina. Las cuencas de Mucar y Sico son parte ejemplar de cuencas endorreicas presentes en el alto Andino de la II Región de Antofagasta, conformando un elemento distintivo entre éstas. La geología no está necesariamente constituida por unidades volcano-clásticas si no que también por unidades sedimentarias antiguas, a diferencia de las cuencas ubicadas inmediatamente al oeste, como lo son: El Laco, Puntas Negras, Aguas Calientes, entre otras. Dada esta configuración, es de esperar que el funcionamiento de estas cuencas sea de alguna manera distintivo dentro de la dinámica hídrica en la Puna. Este estudio se enmarca dentro del proyecto Sico-Mucar, desarrollado por Geo-Aguas Consultores.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Este trabajo tiene por objetivo general definir un modelo hidrogeológico conceptual para las cuencas Mucar y Sico.

1.2.2 Específicos

Definir las principales unidades geológicas superficiales, unidades estratigráficas, estructuras principales, así como la geometría integrada resultante.

Establecer zonas de recarga, movimiento y descarga, del agua subterránea.

Caracterizar física y químicamente el o los acuíferos estimando las constantes hidráulicas y la calidad del agua.

Establecer una relación entre unidades litológicas y las unidades acuíferas.

1.3 Metodologías

Para comprender el funcionamiento de las cuencas en estudio, es necesario analizarlas por completo. Sin embargo, la información directa de terreno (pozos, muestras litológicas, muestras de agua, geofísica, etc.) sólo abarca el sector chileno debido a complicaciones en el acceso a Argentina, entre otras. Por lo tanto, el estudio se realizó con el siguiente enfoque: el análisis se efectuó por una parte de manera regional (totalidad de las cuencas) y por otra parte de manera local (sector chileno; geología, geofísica, hidroquímica, etc.), integrando ambas escalas espaciales para un entendimiento total de las cuencas.

Para lograr los objetivos expuestos, se siguió la siguiente metodología:

Se recolectó e integró la información geológica de superficie existente en la zona, elaborando un mapa geológico escala 1:250000 junto con un marco geológico regional. Se realizó un reconocimiento en terreno de las principales unidades geológicas que afloran en el sector chileno y en parte del sector argentino. Se recolectó e integró la información geológica de subsuperficie a través de pozos de exploración y producción, y geofísica mediante el método Transiente Electromagnético (TEM) en el sector chileno, para luego confeccionar perfiles geológicos.

Se realizó la toma de muestras de agua tanto superficial como subsuperficial (pozos) y se analizó la hidrogeoquímica obtenida.

Se analizaron ensayos de bombeo para cálculos de permeabilidad y transmisividad.

Se estimó la recarga mediante datos indirectos de estaciones meteorológicas cercanas y de mapas de isoyetas existentes tanto en Chile como en Argentina. Se estimó la descarga definiendo las zonas evaporantes en el área y el modo en que éstas descargan a la atmósfera. Se establecieron las zonas de entrada, flujo, y salida en base a topografía, unidades geológicas, estructuras, y geomorfologías existentes en el área. Finalmente se realizaron balances hidrológicos para cada cuenca en estudio.

1.4 Ubicación y Acceso

Las cuencas Mucar y Sico se ubican en la Región de Antofagasta, en la frontera entre Chile y Argentina entre los 23° y 24° S y los 67° y 67,5° W (Fig. 1.1). La manera de acceder a ellas es desde la ciudad de Calama, a través de la carretera CH-23 que une esta ciudad con la localidad de San Pedro de Atacama, y luego con las localidades de Toconao y Socaire, en donde comienza un camino de ripio, en general en estado regular, que finaliza en el Paso Sico. Desde ahí existen huellas que permiten recorrer el sector chileno de ambas cuencas casi por completo.

1.5 Estudios Anteriores

La Geología del área ha sido estudiada por Gardeweg y Ramírez (Hoja Río Zapaleri; 1985) y Lindsay et al. (2001) en el sector chileno, y por Donato y Vergani (1985a, b), Blasco y Zappettini (1996), Seggiaro et al. (En prep.), entre otros, en el sector Argentino. Gardeweg y Ramírez (1987), Lindsay et al. (2001) y Schmitt et al. (2002) estudiaron un rasgo morfológico característico, la Caldera La Pacana, ubicado inmediatamente al oeste del área de estudio. Los depósitos extracaldera se extienden hasta la zona de estudio, reunidos en la unidad Ignimbrita Atana que cubre gran parte de la cuenca de Mucar. Rasgos geomorfológicos, principalmente de carácter eólico, han sido analizados por Bailey et al. (2007).

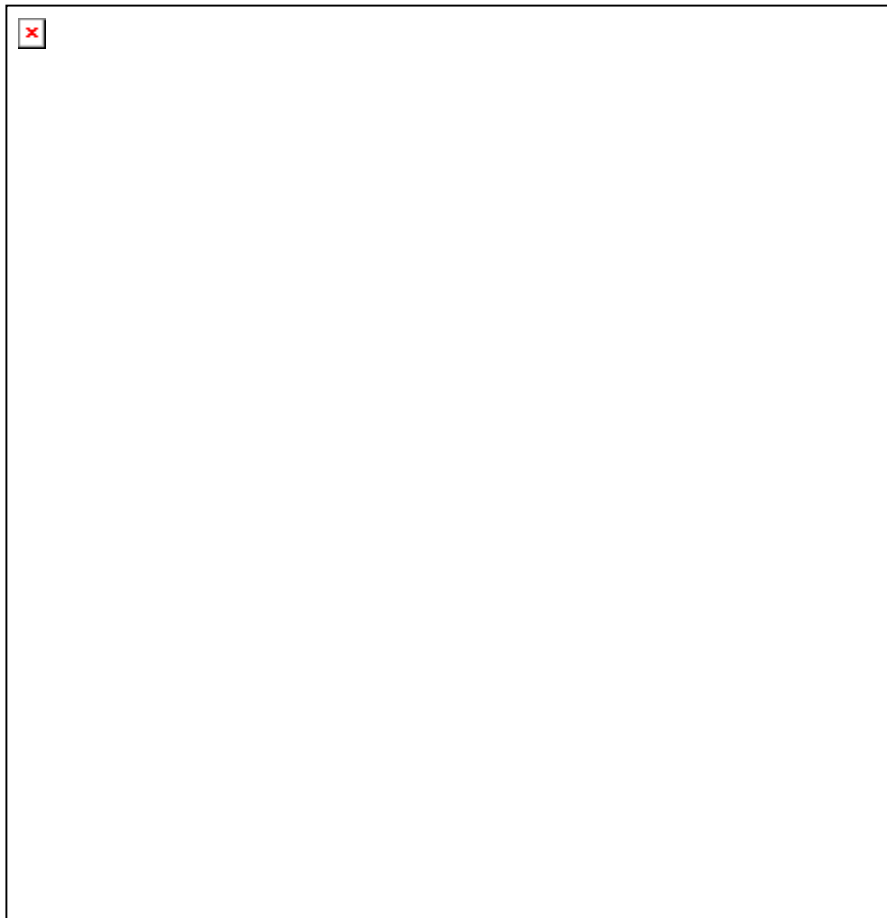


Figura 1.1 Mapa de ubicación del área de estudio. En achurado se encuentran las cuencas Mucar y Sico. En la bifurcación, el camino más hacia el sur finaliza en el paso Sico mientras que hacia el norte corresponde al paso Guaitiquina. Datum: Provisional Sudamericano 1956 (UTM).

No existen trabajos sobre precipitación ni evaporación en el área de estudio, pero si estudios a nivel regional en Chile y Argentina, como los estudios de precipitación realizados por Dirección General de Aguas D.G.A. (Grilli et al., 1986), Bianchi y Yañez (1992) sobre Precipitaciones en el Noroeste Argentino, Houston y Hartley (2003). La evaporación ha sido estudiada a nivel teórico por Philip (1957), y a nivel local en el Salar de Atacama por Mardonez (1986), Muñoz et al. (2004), y Houston (2006).

Estudios hidrogeológicos a nivel de cuenca no existen en la zona, pero si en las cuencas vecinas del oeste (e.g., Laguna Tuyajto) realizados por GeoAguas Consultores S.A. (estudios no publicados). Estudios locales han sido realizados por Argentina Diamonds Ltd. (2004) en el Salar del Rincón, en la cuenca de Sico.

2. MARCO GEOLÓGICO

2.1 Generalidades

El norte de Chile presenta un rasgo morfoestructural distintivo de los Andes Chilenos. Existe un “plateau” con notable extensión areal (350 a 400 Km. de ancho) que presenta alturas mayores a los 3000 m denominado Altiplano-Puna (Figura 2.1; Isacks, 1988; Allmendinger et al., 1997), que coincide con un segmento de la placa de Nazca que inclina 25°-30° por debajo de América del Sur (Jordan et al., 1983). La subdivisión de este “plateau” entre Altiplano hacia el norte y Puna hacia el sur, se basa en rasgos tanto geomorfológicos como tectónicos, ubicándose el límite cercano a los 23° S, donde el sistema de antepaís de las Sierras Subandinas (tectónica de capa delgada) pasa transicionalmente al Sistema de Santa Bárbara (tectónica de capa gruesa) (Allmendinger et al., 1997). Internamente, la Puna se caracteriza por bloques de basamento plegados de manera inversa separados por cuencas intermontanas, las cuales han desarrollado drenaje interno y potentes rellenos sedimentarios y evaporíticos desde el Mioceno (Figura 2.2; Vandervoort et al., 1995; Chernicoff et al., 2002). Dentro de la Puna, existe una subdivisión estructural importante definida por el lineamiento NW-SE denominado Calama-Olacapato-El Toro (Alonso et al., 1984; Salfity, 1985; Chernicoff et al., 2002) ubicado en el margen sur del área de estudio, y que limita la Puna Norte y la Puna Sur (Caffe et al., 2002). Ambas zonas presentan diferencias en la deformación y el volcanismo, como consecuencia de las diferencias mecánicas de los conjuntos de rocas en las regiones Norte y Sur (Seggiaro y Hongn, 1999) y de las estructuras preandinas existentes ante la orogenia andina (Allmendinger et al., 1983; Kley et al., 1999; entre otros). Por lo tanto, la zona de estudio, perteneciente a la Puna norte, tiene características estructurales y litológicas que la diferencian de las regiones ubicadas inmediatamente al sur y que definen una historia geológica particular.

2.2 Unidades Litológicas

La geología regional del área de estudio se ha realizado en base a la hojas Río Zapalero (Chile), San Antonio de Los Cobre y Susques (Argentina), Imagen Satelital SPOT, y

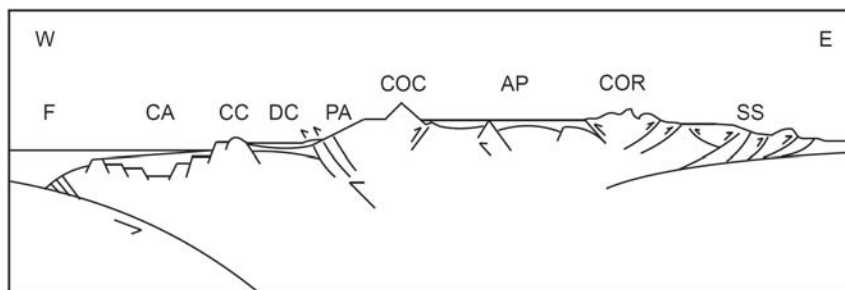


Figura 2.1 Perfil transversal esquemático a lo largo de los andes centrales entre Arica y Copiapó (Modificado de Charrier et al., 2007), mostrando los principales rasgos morfológicos de oeste a este: Fosa (F), Cuenca de Arica (CA), Cordillera de la Costa (CC), Depresión Central (DC), Precordillera de Antearco (PA), Cordillera Occidental (COC), Altiplano-Puna (AP), Cordillera Oriental (COR), y Sierras Subandinas (SS).

modelo de elevación digital SRTM (90 m) del USGS, a partir de lo cual se obtuvo un mapa geológico a escala 1:250000 (Mapa 1 en Anexo) que se encuentra reducido al final del capítulo (Mapa 2.1).

2.2.1 Paleozoico

2.2.1.1 Formación Coquena (Schwab, 1971; Arenigiano-Llandeilliano) (Oco)

Secuencia volcano-sedimentaria que aflora en el centro y margen este del área de estudio, y en menor medida en el margen sur, en el sector argentino. Está compuesta de ortocuarcitas, lutitas, pizarras (Koukharsky y Mirre, 1974), metapelitas y metapsamitas (Koukharsky, 1988), metarenitas volcánicas (Blasco y Zappettini, 1996) con intercalaciones de tobas finas y tobas ignimbríticas gruesas (Koukharsky y Mirre, 1974). El espesor es cercano a los 400 m. La unidad se encuentra muy plegada e invertida con dirección general de los ejes de pliegues norte-sur, y afectada por fallas inversas de bajo ángulo (Coira et al., 1987; Koukharsky et al., 1987). De acuerdo a su contenido fósil (Schwab, 1973; Aceñolaza y Durán, 1975; Coira y Nullo, 1987) es posible asignar una edad Arenigiana-Llandeilliana para esta formación.

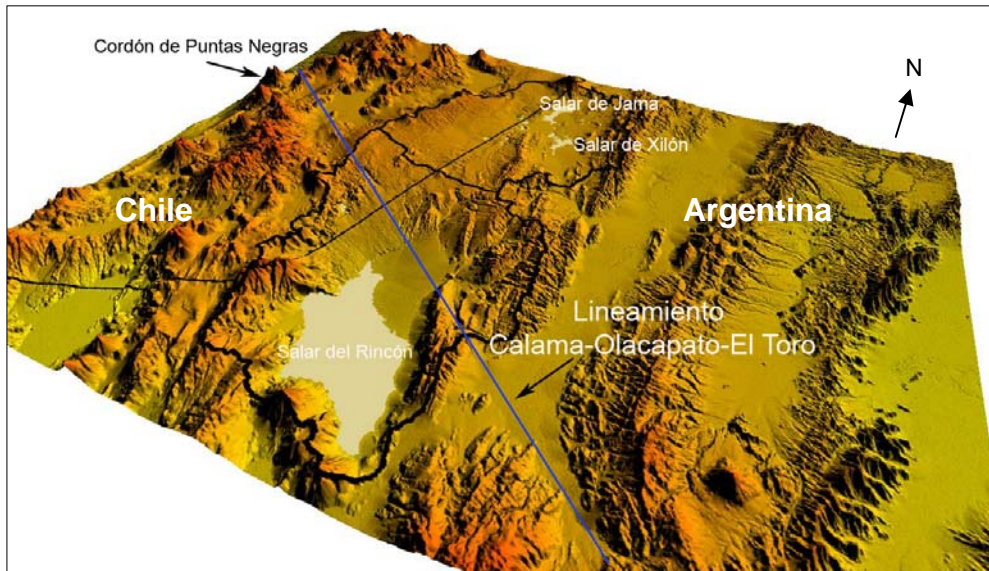


Figura 2.2 Vista 3D desde Argentina de las cuencas intermontanas donde se destacan las cuencas de Mucar (Norte) y Sico (Sur), y los principales rasgos morfoestructurales. Se destaca la presencia de sierras y valles orientados NS.

2.2.1.2 Formación Aguada de la Perdiz (García et al., 1962; Areniginiano-LLandeilano) (Pzap)

Secuencia de areniscas cuarcíferas y capas de pedernal, que aflora en la parte central y norte del área de estudio, en las cercanías de la frontera con Argentina (García et al., 1962). Está compuesta por una alternancia de areniscas y limolitas verde-amarillentas, con areniscas y limolitas rojas en la base, con silicificación, cuyo espesor no superaría los 700 m (Gardeweg y Ramirez, 1985). Las capas se disponen según una estructura anticlinal de rumbo general NNW y manteos variables, tanto al SW como al NE, entre los 40° y 80° (Gardeweg y Ramirez, 1985). La base de la formación no aparece expuesta y su techo corresponde al contacto discordante con las ignimbritas Atana y Guatiquina. Por los antecedentes fosilíferos, Gardeweg y Ramirez suponen una edad Areniginiano-LLandeilano para esta formación, asignándola en forma amplia al Ordovícico. La Formación Aguada de la Perdiz se correlaciona con la Formación Coquena (Schwab, 1973) que aflora en Argentina 15 Km. al este.

2.2.1.3 Complejo Turbidítico de la Puna (Unidad Informal; Bahlburg, 1990; Ordovícico) (Otp)

Bahlburg (1990) denominó Complejo Turbidítico de la Puna (CTP) al conjunto de unidades litológicas Ordovícicas que se relacionan genéticamente entre sí y que afloran en el margen oriental del área de estudio. Lo componen parte de la Formación Coquena, y el Grupo Calalaste. Corresponden a secuencias de areniscas turbidíticas con intercalaciones volcánicas. La edad del Complejo queda limitada al Arenigiano-Llandeilano y quizás incluso hasta el Caradociano inferior (Bahlburg, 1990).

2.2.1.4 Formación Cerro Oscuro (Aceñolaza et al., 1972; Carbonífero superior) (Cco)

Sedimentitas continentales de casi 200 m de espesor que afloran en el margen sur del área de estudio, en el sector argentino, compuestas por conglomerados morados y grises (Koukharsky, 1988) que en general poseen clastos de la Formación Coquena (Blasco y Zappettini, 1996), y areniscas (Koukharsky, 1988; Blasco y Zappettini, 1996). Yace en discordancia erosiva sobre la Formación Coquena (Blasco y Zappettini, 1996). Diferentes autores (Aceñolaza et al., 1972; Koukharsky, 1988; entre otros) concluyen una edad Carbonífero Superior para estos depósitos.

2.2.1.5 Formación Arizaro (Aceñolaza et al., 1972; Pérmico inferior) (Pa)

Conjunto clástico, piroclástico y carbonático (Donato y Vergani, 1985b) de más de 180 metros de espesor que aflora en el margen sur del área de estudio, en el sector argentino, formado por arenitas cuarzosas calcáreas, arcillitas rojizas, calizas oscuras fosilíferas, nódulos de sílice, tobas finas, areniscas, conglomerados finos y fangositas (Blasco y Zappettini, 1996). La secuencia se encuentra en contacto transicional sobre la Formación Cerro Oscuro. Sobre la base de su contenido fósil Aceñolaza et al. (1972) asignan edad Pérmico Inferior a esta formación.

2.2.2 Mesozoico

2.2.2.1 Subgrupo Pirgua (Reyes y Salfity, 1973; Valanginiano-Campaniano) (Kpi)

Secuencia sedimentaria que aflora en la parte suroriental argentina del área de estudio, y que está compuesta por conglomerados polimícticos rojos y areniscas rojas conglomerádicas (Ramos, 1973). Cronoestratigráficamente yace sobre la Formación Arizaro y bajo el Subgrupo Balbuena (Blasco y Zappettini, 1996). Dataciones radiométricas de volcanitas que se intercalan dentro del subgrupo arrojan edades entre 99 y 77 Ma (Reyes et al., 1975) situándolo entre el Valanginiano y Campaniano.

2.2.2.2 Formación Lecho (Turner, 1959; Maastrichtiano) (Ksl)

Corresponde a una secuencia sedimentaria que aflora en el sector oriental argentino del área de estudio, compuesta de areniscas calcáreas blanquecinas (Blasco y Zappettini, 1996). Los depósitos son transicionales con los del techo del Subgrupo Pirgua (Blasco y Zappettini, 1996). La edad correspondiente a esta formación es Maastrichtiano en base a su contenido fósil (Bonaparte et al., 1977) y a sus relaciones estratigráficas (Gomez Omil et al., 1989).

2.2.3 Cenozoico

2.2.3.1 Formación Siglia (Bruggen, 1942; Tavera, 1962; Paleoceno-Eoceno temprano) (Pesi)

La Formación Siglia aflora en la parte occidental del área de estudio cercano al margen de cuenca, en dos ventanas de erosión, en la cubierta de ignimbritas y volcanitas del Cenozoico Superior (Gardeweg y Ramirez, 1985). Está compuesta por lutitas pardas oscuras, bien estratificadas, con bancos de lutitas arenosas y yeso, 100-150 m de brechas y alternancia de lutitas arenosas, moradas y amarillo-verdosas, 130-150 m de sedimentos finos, con lutitas esquistasas con bitumen (Tavera, 1962; Vogel et al., 1947)

La secuencia se encuentra intensamente plegada y está intruida por pequeños diques y filones de pórfidos riolíticos, monzonítico-cuarcíferos y dioríticos, que destacan en el paisaje ya que, comúnmente forman la cumbre de los pequeños cerros donde aflora esta secuencia (Gardeweg y Ramírez, 1985). En base a sus características litológicas, Gardeweg y Ramírez (1985) correlacionaron la Formación Siglia con el subgrupo Santa Bárbara, asignándole una edad Paleoceno-Eoceno temprano.

2.2.3.2 Subgrupo Santa Bárbara (Moreno, 1970; Paleoceno-Eoceno temprano) (Pesb)

Aflora en el sector oriental argentino del área de estudio, de manera discontinua y orientada norte-sur. Está compuesto por arcillitas calcáreas rojizas, areniscas cuarzosas, grauvacas, ortoconglomerados, y paraconglomerados (Donato y Vergani, 1988). El espesor es cercano a los 300 m. Cronoestratigráficamente yace sobre la Formación Lecho. En base al contenido fósil, a este subgrupo se le asigna una edad Paleoceno-Eoceno temprano (Pascual y Rivas, 1972; Pascual et al., 1978; Fernández et al., 1973).

2.2.3.2 Formación Pozuelos indiferenciada (Donato y Vergani, 1985a; Eoceno medio-Mioceno tardío) (Emp)

Aflora de manera reducida en el margen suroccidental del área de estudio. Según Alonso (1993) está compuesta por una sucesión de bancos de sal de roca con areniscas finas, limoarcillitas, con intercalaciones de tobas. No existen elementos directos que permitan datar a la Formación Pozuelos; sin embargo, una datación de la base de la Formación Sijes de 6.8 Ma y las edades mamífero de la parte superior de la Formación Geste la acotan entre el Eoceno Medio-Superior y el Mioceno Superior (Blasco y Zappettini, 1996).

2.2.3.3 Sedimentita Vizcachera (Unidad Informal; Alonso, in Hong et al., 1998; Mioceno temprano - Mioceno tardío) (Mvi)

Secuencia sedimentaria denominada informalmente por Alonso (in Hong et al., 1998) que aflora ampliamente en el sector oriental del área de estudio, en Argentina. Está compuesta por 3500 m de conglomerados rojos en la base y areniscas rojas con niveles

de pelitas y evaporitas (yeso) en la parte superior, donde además intercala un nivel de eolianitas. Se han realizado dataciones en la base (23.8 ± 0.4 Ma, Vandervoort, 1993) y en el techo (10.8 ± 2.0 , Alonso et al., 1991), lo que sitúa a esta formación entre el Mioceno temprano y Mioceno tardío.

2.2.3.4 Complejo Volcánico Aguiliri (Seggiaro, R., Becchio, R., Ramallo, E., en prep.; Mioceno medio) (Mag)

Conjunto de domos y stocks de composición andesítica y dacítica (Caffe et al., 2002; Seggiaro et al., 1989; Gorustovich et al., 1985) que afloran en el sector norte del área de estudio e intruyen sedimentos terciarios. Una datación K-Ar en biotita da una edad de 12.7 ± 1.3 Ma situando al complejo en el Mioceno Medio (Caffe, datos no publicados, 2002).

2.2.3.5 Complejo Volcánico Cerro Bayo (Seggiaro, R., Becchio, R., Ramallo, E., en prep.; Mioceno Superior) (Mcb)

Lavas andesíticas porfíricas de color oscuro y domos dacíticos porfíricos que afloran en el margen este de la cuenca de Sico. Según Seggiaro et al. (en prep.) su edad correspondería al Mioceno Superior.

2.2.3.6 Pórfidos Dacíticos de Quilapana y Ceja Alta (Gardeweg y Ramírez, 1985; Mioceno tardío) (Msqca)

Afloran de manera reducida en el margen oeste del área de estudio, y corresponden a cuerpos dacíticos (Gardeweg y Ramírez, 1985). Dataciones K/Ar dan edades de 8 ± 2 Ma y 10.9 ± 0.4 Ma, asignando esta unidad al Mioceno tardío (Gardeweg y Ramírez, 1985).

2.2.3.7 Diques y Pórfidos de Siglia y Lari (Brüggen, 1942; Vogel et al., 1947; Mioceno Superior) (Mssl)

Afloran en el margen oeste del área de estudio con escasa extensión areal, no siendo mapeados por razón de escala, atravesando los estratos sedimentarios de la Formación Siglia (Gardeweg y Ramírez, 1985). Son rocas de color gris claro o verde claro de granulometría variada, de fina a porfírica, excepcionalmente con fenocristales de hasta 1.5 cm. de diámetro, cuya composición varía de pórfidos riolíticos a monzonitas y monzonitas cuarcíferas con extremos de dioritas cuarcíferas (Gardeweg y Ramírez, 1985). De acuerdo a una datación radiométrica K-Ar en anfíbola de 10 ± 0.9 Ma es posible asignar una edad mínima absoluta Mioceno Superior (Gardeweg y Ramírez, 1985).

2.2.3.8 Formación Tajamar (Blasco y Zappettini, 1996; Mioceno tardío) (Msta)

Secuencia volcanoclástica que aflora en el margen sur del área de estudio. La componen aglomerados andesíticos, tobas dacíticas blancas, areniscas conglomerádicas grises y moradas, tobas y tufitas intruidas por pórfidos dacíticos del mismo complejo (Koukharsky, 1988; Turner, 1964; entre otros). Por dataciones radiométricas en la Formación Trinchera (equivalente hacia el norte de esta formación) de 10.8 ± 0.3 – 8.9 ± 0.7 y 15.2 ± 0.5 Ma (Schwab, 1971), es posible asignar a la Formación Tajamar una edad Mioceno tardío.

2.2.3.9 Formación Pucará (Turner, 1964; Mioceno tardío) (Mspu)

Corresponde a lavas y cuerpos subvolcánicos, compuestos de dacitas, andesitas cuarcíferas, andesitas brechosas, y pórfidos andesíticos, con sus correspondientes elementos piroclásticos, que afloran de manera escasa al sur del Salar del Rincón, cercano al margen sur del área de estudio (Turner, 1964). Blasco y Zappettini (1996) las correlacionan con las andesitas del cerro Incahuasi Sur cuya edad es 10.5 ± 0.9 Ma (Ramírez y Gardeweg, 1982). Con esto, se le asigna una edad Mioceno Superior a la Formación Pucará.

2.2.3.10 Conjunto de Volcanes I (Unidad Informal; Gardeweg y Ramírez, 1985; Mioceno tardío) (Msv)

Conjunto de estrato-volcanes, domos y secuencias de lavas estratificadas que afloran principalmente en el margen sur y en menor medida en el sector norte del área de estudio, y que se disponen discordantemente sobre la Formación Siglia e infrayacen en discordancia de erosión a todas las ignimbritas presentes en la zona (Gardeweg y Ramírez, 1985). Lo constituyen andesitas de piroxeno y hornblenda, andesitas de hornblenda y/o biotita, andesitas afaníticas, basaltos de olivino y dacitas (Gardeweg y Ramírez, 1985). Dataciones K/Ar limitan a esta unidad entre 7.5 ± 0.9 Ma y 11.7 ± 1.7 Ma (Ramírez y Gardeweg, 1982; Gardeweg y Ramírez, 1985) asignándole una edad mínima Mioceno tardío.

2.2.3.11 Formación Pastos Chicos (Schwab, 1971; Mioceno tardío-Plioceno temprano) (Mspc)

Aflora en el sector central del área de estudio. Presenta diferencias litológicas entre Chile y Argentina, pudiendo no ser correlacionables en este sentido. En Argentina se trata de conglomerados arenosos y areniscas conglomerádicas rojizas con intercalaciones de tobas y aglomerados volcánicos, apoyándose en concordancia sobre las tobas de la Formación Tajamar (Blasco y Zappettini, 1996). En Chile, al este de Cerros de Perdiz y al sur de Lari, se observan depósitos de gravas mal estratificadas, en afloramientos pobremente expuestos, los cuales, por continuidad lateral, corresponderían a la Formación Pastos Chicos definida por Schwab (1971) en Argentina (Gardeweg y Ramírez, 1985). Al oeste de Jachi, estas gravas sobreyacen en discordancia angular a la Formación Aguada de la Perdiz y están cubiertas por la Ignimbrita Guatiquina (Gardeweg y Ramírez, 1985). Dataciones radiométricas K/Ar en las ignimbritas subyacentes de 10.8 ± 0.3 Ma, 8.9 ± 0.7 Ma y 15.2 ± 0.5 Ma (Blasco y Zappettini, 1996), y en intercalaciones de tobas riódacíticas de la Formación Pastos Chicos de 9.5 ± 0.3 Ma (Schwab y Lippolt, 1974), junto con las relaciones estratigráficas, permiten asignar a esta formación una edad entre Mioceno tardío-Plioceno temprano.

2.2.3.12 Formación Abra del Gallo (Coira y Paris, 1981; Mioceno tardío-Plioceno) (Msa)

Corresponden a tobas e ignimbritas que afloran en el límite sureste del Salar del Rincón en el margen suroriental del área de estudio, de composición dacítica a andesítica con cristales de plagioclasa, biotita y hornblenda, proporciones variables de líticos, y de texturas variables desde tobas a brechas (Blasco y Zappettini, 1996). Cubren en discordancia a la Formación Tajamar y a la Formación Rumibola (Blasco y Zappettini, 1996). Blasco y Zappettini (1996) correlacionan estos flujos con el ciclo volcánico al cual pertenece también la Formación Rumibola, que es posterior al Mioceno tardío. Con esto, a esta unidad se le asigna una edad Miocena tardía-Pliocena.

2.2.3.13 Formación Rumibola (Turner, 1964; Mioceno superior- Plioceno) (PIr)

Corresponde a lavas y cuerpos subvolcánicos, compuestos de andesitas de hornblenda, basaltos hipersténicos, tobas andesíticas, dacitas, stocks, pórfidos andesíticos (Blasco y Zappettini, 1996), que afloran al sur del Salar del Rincón en el margen sur del área de estudio. Sobreyacen en discordancia de erosión a la Formación Pucará, Tajamar, Coquena, entre otras (Blasco y Zappettini, 1996). Koukharsky (1988) correlaciona a las rocas de la Formación Pucará con los Estratovolcanes II de Ramírez y Gardeweg (1982) que arrojaron edades variables entre 3 Ma y 3.7 Ma, estableciendo que la edad de la Formación Rumibola sería Plioceno con límite inferior el Mioceno tardío (Blasco y Zappettini, 1996).

2.2.3.14 Ignimbritas Antiguas (Gradeweg y Ramírez, 1985; Mioceno Superior)

Flujos de ignimbritas más antiguos, de escasa expresión superficial y que se reconocen típicamente en quebradas profundas, bajo otras ignimbritas. Corresponden a tobas blancas a rojizas con distintos grados de soldamiento, fenocristales en general pequeños, de plagioclasa, biotita y cuarzo (Gardeweg y Ramírez, 1985). Dataciones K-Ar en biotita por estos autores entregaron edades de 5.7 ± 0.4 Ma, 7.6 ± 0.3 Ma y 10.1 ± 0.5 Ma.

2.2.3.15 Ignimbrita Guatiquina (Francis y Baker, 1978; Plioceno inferior) (Plig)

La Ignimbrita Guatiquina aflora principalmente en la zona sur occidental del área de estudio. Corresponde a una unidad de enfriamiento constituida por al menos dos flujos de toba de color pardo-rojizo a gris rosáceo e inclusive blanco, caracterizada por la presencia ocasional de fiammes negras y/o rojas (Gardeweg y Ramírez, 1985). Comúnmente la base es poco soldada, con lentes de fragmentos líticos, ígneos y sedimentarios, y grandes pómez blancas, sedosas, con escasos fenocristales de plagioclasa y biotita; se presenta ocasionalmente vitrofírica, de color levemente anaranjado, con abundantes pómez pequeñas, sedosas, de color rosado anaranjado (Gardeweg y Ramírez, 1985). Hacia el techo presenta un soldamiento mediano, con menor proporción de líticos, pequeñas y abundantes pómez blancas y rojizas que más arriba, en niveles de mayor soldamiento, ocurren como alargados fiammes negros de sección basal circular de diversos tamaños, con aspectos de obsidiana, dando a la roca una textura eutaxítica; progresivamente hacia arriba los fiammes disminuyen en tamaño, presentándose desvitrificados y de color rojizo, comúnmente asociados a biotita cobriza, siendo éste el nivel que se observa con mayor frecuencia en los afloramientos de la unidad (Gardeweg y Ramírez, 1985). Localmente presenta zonas muy blandas y poco soldadas, con biotita oxidada cobriza y pómez deleznable (Gardeweg y Ramírez, 1985). La Ignimbrita Guatiquina se ubica estratigráficamente sobre las formaciones Siglia, Pastos Chicos, pórfidos y diques de Siglia y lavas de Cerro Sico, pertenecientes al Conjunto de Volcanes I como también sobre algunas ignimbritas antiguas (Gardeweg y Ramírez, 1985). Dataciones de K/Ar por Gardeweg y Ramírez (1985) y por Lindsay et al. (2001) muestran que la depositación de esta Ignimbrita es entre 4.9 ± 0.7 Ma y 5.1 ± 0.4 Ma, correspondiente al Plioceno Inferior.

2.2.3.16 Ignimbrita Toconao (Guest, 1969; Ramírez y Gardeweg, 1982; Plioceno inferior)

Esta unidad fue definida en la vecina Hoja Toconao en la localidad homónima. Trabajos de Lindsay et al. (2001), muestran que esta ignimbrita también aflora en el área de estudio, en quebradas profundas. Según este autor, la Ignimbrita Toconao presenta dos facies, una facies inferior no consolidada y una facies superior de fase de vapor alterada. Localmente hay un depósito de caída pumíceo delgado (>10 cm.) en la base de la

Ignimbrita. La facies inferior es una unidad blanca homogénea no soldada, de cerca de 15 m de espesor, pero alcanzado espesores de hasta 50 m. Contiene abundantes pómez vidriosas, pobres en cristales, distribuidas aleatoriamente en una matriz suave pobre en cristales (<10 %). La facies superior es de color gris púrpura, no compactada y no soldada, aunque presenta zonas parcialmente litificadas producto de la alteración de fase de vapor, lo que resulta en una recristalización de la matriz de grano fino y desvitrificación de los shards de vidrio. La Ignimbrita Toconao sobreyace a la Ignimbrita Pujsa en su localidad tipo y a capas sedimentarias plegadas de los Estratos de Quepe en Quebrada Nacimiento; subyace directamente a la Ignimbrita Atana en Toconao y a la Ignimbrita Patao en Quebrada Nacimiento (Lindsay et al., 2001). Debido a la naturaleza pobre en cristales de la Ignimbrita Toconao, es muy difícil obtener edades confiables. Es por esto que las edades obtenidas yacen entre 4.0 ± 0.9 (Gardeweg y Ramírez, 1987) y 5.81 ± 0.38 Ma (Lindsay et al., 2001), quedando inconclusa la determinación de la edad de la ignimbrita. Dataciones más confiables obtenidas por Schmitt et al. (2002) en circones de fragmentos de pómez, dan una edad promedio de 4.65 ± 0.13 Ma, situando a la Ignimbrita Toconao en el Plioceno temprano.

2.2.3.17 Ignimbrita Atana (Ramírez y Gardeweg, 1982; Plioceno) (Pla)

Corresponde a la más extensa de las ignimbritas en la zona de estudio, aflorando ampliamente en el sector sur occidental. Consiste en dos facies, una facies intracaldera fuera del área de estudio, y una facies de extracaldera correspondiente a una toba homogénea de color rosado claro, rica en cristales (40-45% de cristales), con aproximadamente 30-40 m de espesor, que varía con la distancia al margen de la caldera, siendo generalmente mayor hacia el W de la caldera que hacia el E (Lindsay et al., 2001). Hacia el E de la caldera, el flujo de Atana decrece en espesor desde 50 m en la pared hasta 20 m a cerca de 20 Km. del margen de la caldera (Lindsay et al., 2001). La roca está típicamente moderada a fuertemente consolidada, presentando grados variables de soldamiento, compuesta por cristales de plagioclasa (25-30%), biotita (5-8%), cuarzo rosado distintivo (2-6 %), hornblenda (1%), escasos fragmentos líticos, juveniles pómez ricos en cristales de composición similar a la roca, en una matriz compuesta predominantemente por ceniza desvitrificada y shards de vidrio (Lindsay et al., 2001). Localmente presenta un nivel de facies brechosa que contiene fragmentos grandes de

pómez densos y de líticos angulares (Lindsay et al., 2001). La base de la ignimbrita es una capa blanca no consolidada, no soldada, de 3-20 m de espesor, generalmente de grano fino y pobre en cristales, abundante en pómez (Lindsay et al., 2001). La Ignimbrita Atana se apoya sobre todas las formaciones sedimentarias que afloran en el área, y sobreyace además a las ignimbritas Antiguas, Guatiquina y Toconao como también a las rocas intrusivas miocenas y volcánicas del Conjunto de Volcanes I (Gardeweg y Ramírez, 1985). Subyace a la Ignimbrita Pampa Chamaca, y a las lavas del Conjunto de Volcanes II y III (Gardeweg y Ramírez, 1985). Edades obtenidas por K/Ar (de Silva, 1989b; Gardeweg y Ramírez, 1985, 1987) y U/Pb (Schmitt et al., 2002) varían de 3.9 a 4.5 Ma, lo que sitúa a la Ignimbrita Atana en el Plioceno temprano.

2.2.3.18 Depósito Piroclástico de Corral Coquena (Gardeweg y Ramírez, 1985; Plioceno) (Plcc)

Aflora en el margen oeste del área de estudio, y corresponde a un depósito mal estratificado, compuesto por cenizas y pómez blancas angulosas, y grandes fragmentos angulosos de vitrófiros riolíticos (Gardeweg y Ramírez, 1985). Se ubica sobre el Conjunto de Volcanes I y sobre pórfidos dacíticos del Mioceno medio-tardío, cubriendo parcialmente a la Ignimbrita Atana, mientras que subyace a la Ignimbrita Pampa Chamaca (Gardeweg y Ramírez, 1985). Con estas relaciones, es posible asignarle una edad Pliocena (Gardeweg y Ramírez, 1985).

2.2.3.19 Conjunto de Volcanes II (Unidad Informal; Gardeweg y Ramírez, 1985; Plioceno) (Plv)

Constituido por estrato-volcanes, domos, conos piroclásticos y estructuras subcirculares, cuyos productos engranan con las ignimbritas del área de estudio (Gardeweg y Ramírez, 1985) aflorando en el margen occidental de éste. Están formados por andesitas de piroxeno, dacitas de biotita, dacitas de biotita y hornblenda, riolitas de biotita, basaltos de olivino, y escasas andesitas de hornblenda y biotita (Gardeweg y Ramírez, 1985). De acuerdo con las relaciones estratigráficas y dataciones radiométricas realizadas por Gardeweg y Ramírez (1985) entre 2.0 ± 0.3 Ma y 4.9 ± 0.4 Ma, la actividad volcánica que dio origen a esta unidad se habría desarrollado durante todo el Plioceno .

2.2.3.20 Ignimbrita Pampa Chamaca (Gardeweg y Ramírez, 1985; Plioceno tardío) (Plpc)

Se extiende en el sector centro-norte del área de estudio. Corresponde a una toba con notables variaciones de color, textura y proporción de cristales, las cuales, en general, están relacionadas con el grado de soldamiento y la potencia del afloramiento (Gardeweg y Ramírez, 1985). La base de esta unidad está comúnmente caracterizada por unos pocos metros de toba no soldada, blanca a anaranjada suave, pobre en cristales, que gradúa usualmente hacia una toba soldada anaranjada, la cual a su vez gradúa transicionalmente hacia una porción soldada vitrofírica negra o hacia una zona soldada púrpura grisácea rica en cristales (Gardeweg y Ramírez, 1985). Se encuentra estratigráficamente sobre las lavas del Conjunto de Volcanes I y II, como también sobre la Ignimbrita Guatiquina, Ignimbrita Atana, y los depósitos piroclásticos de Corral de Coquena. Dataciones K/Ar en la base de esta unidad entregaron edades de 2.4 ± 0.4 Ma y 2.5 ± 0.3 Ma (Gardeweg y Ramírez, 1985), permitiendo asignar a esta ignimbrita al Plioceno tardío.

2.2.3.21 Conjunto de Volcanes III (Unidad Informal; Gardeweg y Ramírez, 1985; Pleistoceno-Holoceno) (Qv)

Corresponde a una colada de lava basáltica que sobreyace a las ignimbritas antiguas, Guatiquina, Atana y a lavas del Conjunto de Volcanes II, mientras que subyace exclusivamente a depósitos no consolidados, aluviales y coluviales (Gardeweg y Ramírez, 1985). De acuerdo a las relaciones estratigráficas, se sitúa a esta unidad en el Pleistoceno-Holoceno, informalmente Cuaternario.

2.2.3.22 Depósitos Aluviales (Pleistoceno-Holoceno) (Qal)

Los depósitos aluviales se extienden por toda el área y agrupan materiales de piedemonte, bajadas, coluvios y depósitos fluviales (Gardeweg y Ramírez, 1985). Están constituidos por clastos en general angulosos, de muy distintos tamaños y formas,

predominando las gravas y arenas con matriz de limo, mezclados con material piroclástico como ceniza y pómez (Gardeweg y Ramírez, 1985).

2.2.3.23 Depósitos Salinos (Pleistoceno-Holoceno) (Qs)

Corresponden a salares compuestos de cloruros, sulfatos y suelos salinos ubicados en las depresiones de las cuencas y que generalmente presentan un control volcánico-tectónico (Gardeweg y Ramírez, 1985). Asociados a estos depósitos, existen lagunas salmueras que bajo las altas tasas de evaporación del altiplano aumentan el contenido de sales y la extensión de los salares.

2.3 Correlación de Unidades

Dado el carácter nacional en el estudio de las unidades geológicas, existen formaciones en Chile que tienen su símil en Argentina pero que han sido designadas con diferente nombre (Formación Aguada de la Perdiz con Formación Coquena, entre otras), mientras que otras han sido denominadas con el mismo nombre pero que corresponden a litologías diferentes (Formación Pastos Chicos). Por tanto, para comprender la evolución geológica de la zona de estudio, es necesario tener una idea clara de las unidades tanto en Chile como en Argentina que representan un tiempo y un contexto geológico determinado. Para esto, se resumen todas las unidades estudiadas en una tabla cronológica (Tabla 2.2).

2.4 Estructuras

2.4.1 Pliegues

Las rocas que se encuentran intensamente plegadas son principalmente las formaciones paleozoicas. Aguada de la Perdiz en la localidad de Mucar-Lever, en el sector norte del área de estudio, está plegada con rumbo norte-sur, con flancos localmente subverticales (Gardeweg y Ramírez, 1985). En Cerros de Perdiz, en el sector centro del área, en rocas de esta misma formación se observa una sucesión de anticlinales y sinclinales apretados

de rumbo aproximado N20°W y flancos con inclinaciones variables de 40-60° y verticales (Gardeweg y Ramírez, 1985).

		Chile			Argentina				
		Sedimentarias	Intrusivos	Volcánicas	Piroclásticas	Sedimentarias	Volcánicas	Piroclásticas	
CENOZOICO	Neógeno	Pleistó-Holo	Aluviales	Salinos	Conjunto de Volcanes III	Aluviales	Salinos		
		Plioceno	S			Pampa Chamaca			
			I		Conjunto de Volcanes II	Corral de Coquena			
	Mioceno	S			Conjunto de Volcanes I		Rumibola	Abra del Gallo	
			Pastos Chicos	Pórfidos de Siglia	Pórfidos de Quilapana		Pucará	Cerro Bayo	Tajamar
		M							
		I							
	Paleógeno	Oligoceno					Pozuelos		
		Eoceno					Santa Bárbara		
		Paleoceno		Siglia			Lecho		
MESOZOICO	Cretácico	Superior				Pirgua			
		Inferior							
	Jurásico	Superior							
		Medio							
	Triásico	Superior							
		Medio							
PALEOZOICO	Pérmico					Arizaro			
	Carbonífero					Cerro Oscuro			
	Devónico								
	Siluriano								
	Ordovícico								
	Cámbrico								
			Aguada de la Perdiz				Coquena	Complejo Turbidítico de la Puna	

Tabla 2.1 Relaciones cronoestratigráficas entre las unidades que afloran en Chile y Argentina.

De manera similar en la Formación Coquena, análoga a la Formación Aguada de la Perdiz, existen pliegues apretados con orientación norte-sur (Blasco y Zappettini, 1996) En las ventanas de Lari y Siglia, en el sector suroccidental del área, las rocas de la Formación Siglia están fuertemente plegadas en anticlinales, domos y sinclinales apretados, con rumbos muy variables pero que podrían agruparse en noroeste, norte-sur y noreste (Gardeweg y Ramírez, 1985).

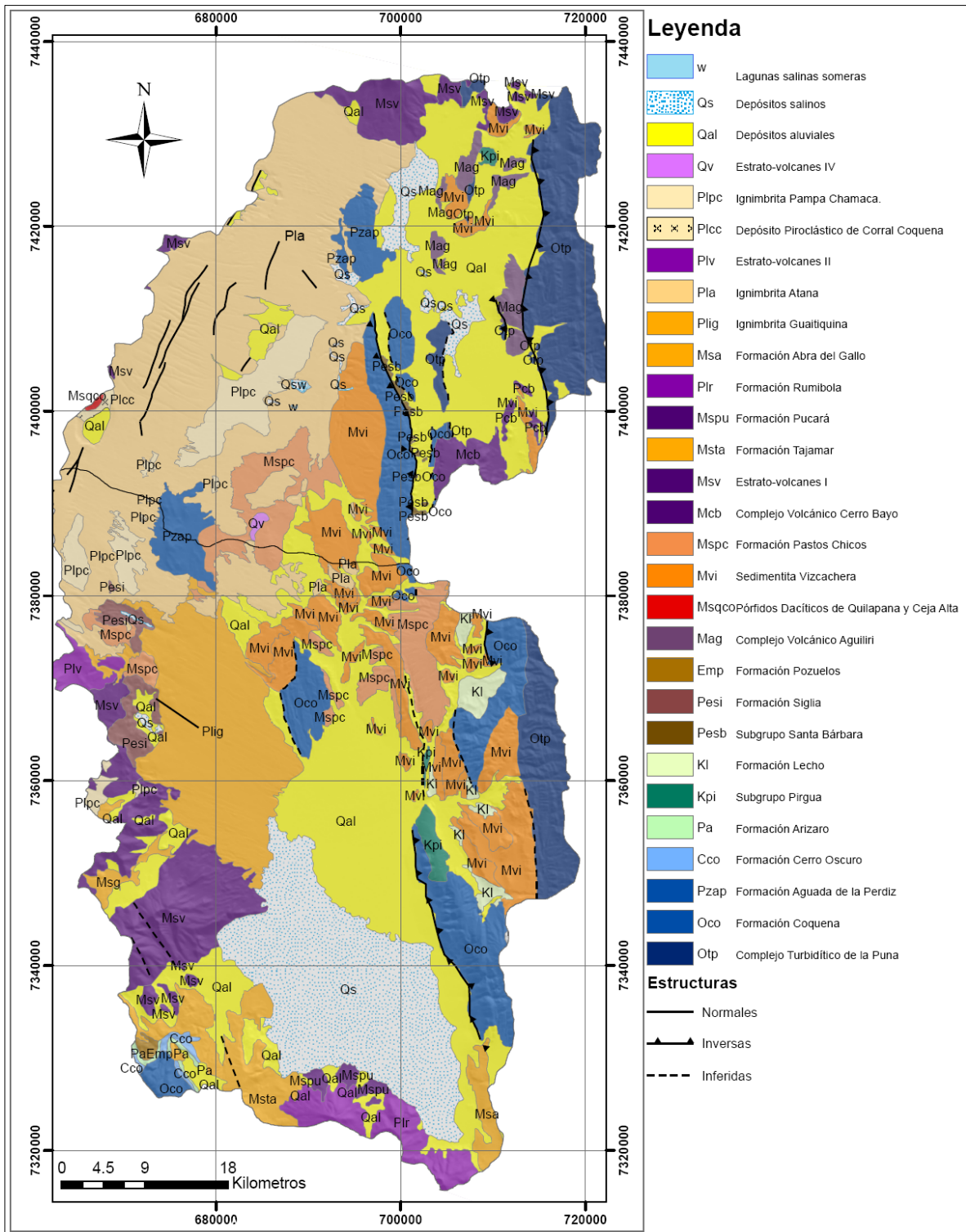
2.4.2 Fallas

Según Gardeweg y Ramírez (1985) numerosas fallas inversas se encuentran afectando a las formaciones Siglia y Aguada de la Perdiz, pero que no han sido mapeadas. En la Pampa Siglia, en el sector suroccidental del área, existe una falla de rumbo N50°W que afecta a la Ignimbrita Guatiquina y que hunde el bloque meridional de 2 a 3 m (Gardeweg y Ramírez, 1985). En la Ignimbrita Atana se observan fallas normales con el bloque hundido tanto al este como al oeste con orientación general NE, desplazamientos de metros a decenas de metros y extensión máxima de 10 Km. (Gardeweg y Ramírez, 1985). En el sector argentino existen fallas (en general inversas) que ponen en contacto las unidades paleozoicas con unidades terciarias, de orientación general norte-sur, y que presentan vergencias tanto al este como hacia el oeste (Blasco y Zappettini, 1996; Cladouhos et al., 1994; Kay et al., 1999; Allmendinger, 1983; entre otros)

2.5 Evolución Geológica

Las rocas más antiguas están representadas por una unidad volcano-sedimentaria (VS) Arenigiana media-tardía, que incluye a la Formación Aguada de la Perdiz (Bahlburg, 1990a). La VS corresponde a un delantal submarino ("submarine apron") en el flanco de tras-arco de un arco con volcanismo subaéreo principalmente silíceo (Breitkreuz et al., 1989). Hacia el este del sitio depositacional de VS, se formó el Complejo Turbidítico de la Puna (CTP) desde el Arenigiano tardío hasta el Llandeilano incluyendo parte de la Formación Coquena (Bahlburg, 1990a, b). Las turbiditas volcanoclásticas que componen el CTP son usualmente depósitos lateralmente continuos de lóbulos deposicionales, cuyos detritos se originaron casi exclusivamente en la fuente del arco magmático, el cual parece haber estado inactivo desde el Arenigiano (Bahlburg, 1990a). La compactación incremental de los sedimentos muestra que desde el Arenigiano tardío la cuenca ordovícica subsidió rápidamente, sugiriendo que la cuenca original de trasarco evolucionó hacia una cuenca de antepaís, y luego cerrada durante la orogenia Ocoyica en la transición Ordovícico-Silúrico (Bahlburg, 1990a). No hay registros en la zona de tiempos Silúrico-Devónico. En el final del Devónico tuvo lugar una fase erosiva que produjo depósitos continentales de tipo fluvial, con la Formación Cerro Oscuro, correspondientes al Carbonífero superior (Blasco y Zappettini, 1996), y luego depositación marina somera

con la Formación Arizaro (Blasco y Zappettini, 1996). Desde este tiempo hasta el Cretácico no existe registro geológico en la zona. Durante el Cretácico Inferior (primera etapa del ciclo Andino) el régimen presente fue la tectónica extensional que dio origen a rifts rellenados por depósitos fluviales, con intercalaciones marinas someras, representados por el Subgrupo Pirgua y por la Formación Lecho, ambas pertenecientes al Grupo Salta (Blasco y Zappettini, 1996). En el límite Cretácico-Paleógeno se produce la inversión tectónica de las cuencas cretácicas extensivas (Cornejo et al., 2003; Charrier et al., 2007) generando depósitos continentales lacustres (Gardeweg y Ramírez, 1985), en un ambiente de antepaís, representados por el Subgrupo Santa Bárbara (Blasco y Zappettini, 1996) y Formación Siglia. No existe registro geológico hasta el Eoceno, con la Formación Pozuelos, momento en que se produce la fase compresiva llamada Fase Incaica principal (Coira et al., 1982; Cornejo et al., 2003), provocando la deformación de todas las unidades más antiguas. Hasta este momento el arco magmático estaba situado en la ladera oeste de la actual cordillera occidental (Coira et al., 1982; Gregory-Wodzicki, 2000), migrando hacia el este en la cordillera occidental hacia los 25 Ma (Coira et al., 1982; Jordan y Alonso, 1987; Allmendinger et al., 1997; Gregory, 2000), junto con el inicio del alzamiento del Altiplano y posteriormente (5 -10 Ma.) de la Puna (Allmendinger et al., 1997), y la formación de la faja plegada y corrida Miocena de la Cordillera Oriental (“thin skinned tectonics”) y del Sistema Inverso de Santa Bárbara (“Thick skinned tectonics”) más al sur (Jordan et al., 1997; Allmendinger et al., 1997; Gregory-Wodzicki, 2000; Charrier et al., 2007), migrando luego la deformación hacia las cuencas de antepaís. El desarrollo volcánico y tectónico en la Puna, provoca el inicio de sistemas de drenaje interno, similares a los encontrados en la actualidad (Vandervoort et al., 1995). El sistema magmático-volcánico en el área de estudio es representado por los pórfidos de Siglia y de Quilapana y la Formación Aguiliri, mientras que las rocas sedimentarias por las formaciones Pastos Chicos y Vizcachera. De aquí en adelante comienza a imperar el ambiente volcánico (formaciones Pucara, Cerro Bayo, Conjunto de volcanes I), con actividad piroclástica explosiva principalmente entre 12 y 5 Ma (Gregory-Wodzicki, 2000) correspondiente inicialmente a la Formación Tajamar, luego a Abra del Gallo-Guatiquina, Toconao, Atana, finalizando con los depósitos más recientes de Pampa Chamaca y los Depósito Piroclásticos de Corral de Coquena. Desde este momento hasta la actualidad las morfologías permanecen casi invariables, con desarrollo de grandes cuerpos salinos (e.g., Salar del Rincón) a causa del drenaje interno de las cuencas.



3. GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA LOCAL

3.1 Geología Superficial

La geología de superficie se obtuvo en base a los mapas geológicos existentes en la zona y reconocimiento en terreno de las principales unidades que afloran en el sector chileno y en parte del sector argentino, cercano al límite fronterizo. Adicionalmente se reconocieron unidades fuera de las cuencas, próximas al límite de éstas (Fig. 3.1).

3.1.1 Rocas Paleozoicas

Las rocas más antiguas que afloran en el área corresponden a la Formación Aguada de la Perdiz y a rocas muy deformadas y silicificadas ubicadas fuera de la cuenca de Mucar, cercano al margen oeste.

3.1.1.1 Formación Aguada de la Perdiz (Pzap)

Aflora en el límite entre las cuencas de Mucar y Sico y en la parte norte de la cuenca de Mucar. En este último sector corresponde a areniscas negras-verduscas de grano medio muy silicificadas, con vetas de cuarzo con desarrollo de cristales euhedrales (cuarzo pata de perro; Foto 3.1).



Foto 3.1 Arenisca media silicificada de la Fm. Aguada de la Perdiz (RSM-6).

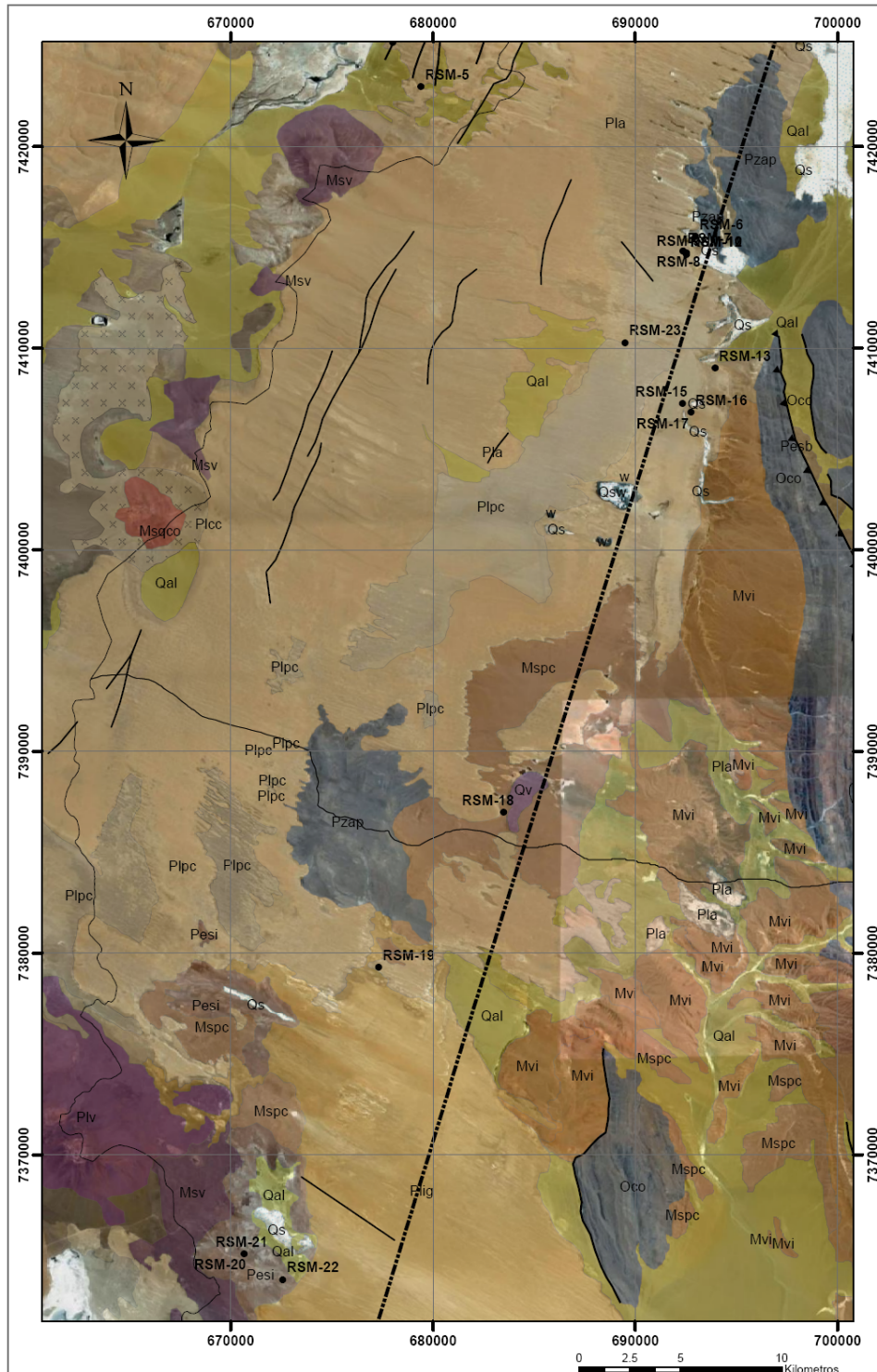


Figura 3.1 Ubicación de muestras de roca superficial (**RSM**), junto con unidades geológicas y estructuras principales. **Oco**: Fm. Coquena, **Pzap**: Fm. Aguada de la Perdiz, **Pesb**: Grupo Santa Bárbara, **Pesi**: Fm. Siglia, **Mvi**: Sedimentita Vizcachera, **Mspc**: Fm. Pastos Chicos, **Msv**: Conjunto de Volcanes I, **Msqca**: Pórfidos de Quilapana y Ceja alta, **Plig**: Ig. Guaitiquina **Pla**: Ig. Atana, **Plv**: Conjunto de Volcanes II, **Plpc**: Ig. Pampa Chamaca, **Plcc**: Dep. Piroclástico Corral de Coquena, **Qal**: Dep. Aluviales recientes, **Qs**: Depósitos salinos.

La secuencia se encuentra plegada con rumbo NS y manteo cercano a 90° (Foto 3.2). En afloramientos más al Sur en Argentina, la secuencia mantiene el manteo subvertical pero varía en el rumbo a NW (Foto 3.3).



Foto 3.2 Vista hacia el sur de superficie de erosión formada por Fm. Aguada de la Perdiz en Argentina, cercano a la laguna Mucar.



Foto 3.3 Vista hacia el norte de afloramiento de Fm. Aguada de la Perdiz en Argentina.

3.1.1.2 Rocas Estratificadas Antiguas

Al oeste de la cuenca de Mucar, cercano al límite de cuenca (muestra RSM-5 en Fig. 3.1), aflora una unidad sedimentaria intensamente deformada e intensamente silicificada, que está en contacto con Ignimbritas Neógenas (Foto 3.4). Está compuesta de conglomerados matriz soportado con clastos (60%) muy redondeados y de esfericidad moderada a buena, compuestos de sílice con los centros en ocasiones huecos, con tamaños de 2 a 15 mm, con matriz (40%) de limo blanca amarillenta (Foto 3.5), de areniscas grises líticas de grano medio silicificadas, y de menores niveles limolíticos color café. Las litologías

alternan rítmicamente en la secuencia con espesores variables entre 10 y 40 cm. (Foto 3.6).



Foto 3.4 Vista hacia el este de estratos sedimentarios antiguos que afloran al oeste de la cuenca de Mucar, subyaciendo a Ignimbritas Neógenas.

La secuencia está inclinada 40° NW con rumbo $N30^{\circ}E$ (Foto 3.6). La intensa deformación está evidenciada por la presencia de planos de falla con estrías en la dirección del manto de los estratos, y por pliegues de longitud de onda cercana a 30 cm., que en conjunto indican fallamiento inverso con vergencia este (Foto 3.7).



Foto 3.5 Paraconglomerado silicificado (RSM-5). Obsérvese la deformación de los clastos.



Foto 3.6 Izquierda: Alternancia rítmica de paraconglomerados, areniscas grises y limolitas cafés en la secuencia de rocas estratificadas antiguas. Derecha: Acercamiento a calco de carga de arenisca sobre limolita.

De acuerdo con Gardeweg y Ramírez (1985) estos afloramientos corresponderían a los Estratos del Salar de Quisquiro de García (1967) compuestos por areniscas de cuarzo con intercalaciones de granulometrías más finas. Contrastando con la litología observada, este afloramiento no parece corresponder a esta unidad. En comparación con la Formación Aguada de la Perdiz, este afloramiento pareciera tener mayor similitud de acuerdo a lo descrito por Gardeweg y Ramírez (1985). Por esta razón y por la evidencia de fuertes episodios de deformación, estas rocas se correlacionan indiferenciadamente con las formaciones del Paleozoico (Aguada de la Perdiz, Coquena).

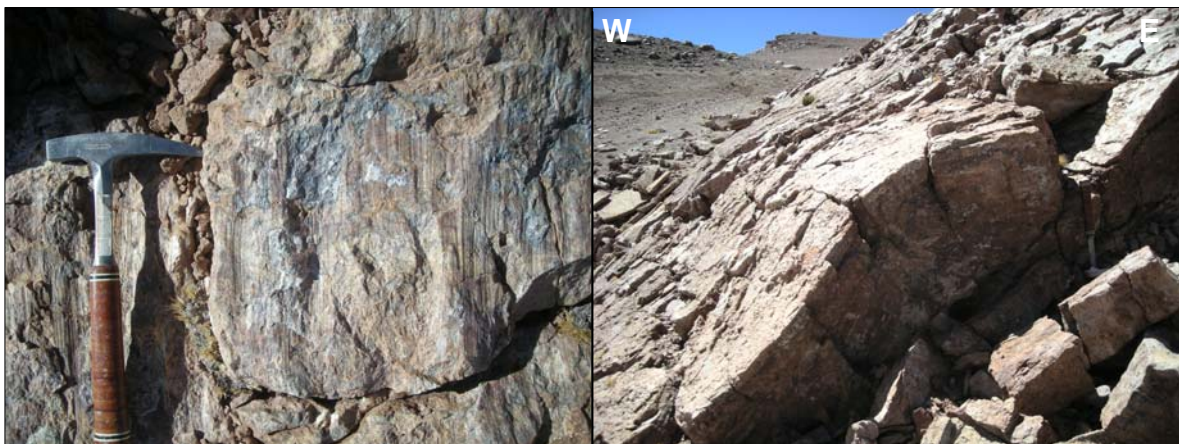


Foto 3.7 Evidencias de deformación en rocas estratificadas antiguas. Izquierda: Estrías y plano de falla. Derecha: Pliegues de escala métrica en los estratos.

3.1.2 Rocas Cenozoicas

3.1.2.1 Formación Siglia (Pesi)

Esta unidad aflora en el sector sur del área de estudio, en la cuenca de Sico. Cercano al paso homónimo se observaron secuencias de areniscas limolíticas moradas de grano muy fino, con clastos monomícticos compuestos por material probablemente de origen volcánico, con intercalaciones de yeso impuro en forma de vetas y de diapiros clásticos con fragmentos de areniscas (Foto 3.8).



Foto 3.8 Izquierda: Muestra de mano de arenisca morada de grano fino (RSM-20). Derecha: Diapiro de yeso con clastos de arenisca, dentro de la Fm. Siglia.

La secuencia se encuentra inclinada con los estratos manteados con 40°E y rumbo NS (Foto 3.9), e intruida por cuerpos subvolcánicos de variada composición que en sectores obliteran a la secuencia. Más al Sur, en el Salar de Lari se observan los mismos depósitos que mantea hacia el oeste (Foto 3.9). La variación en el manteo indica la existencia de anticlinales y/o sinclinales, lo que sumado a la presencia de diapiros de yeso evidencia la deformación que ha afectado a esta formación.

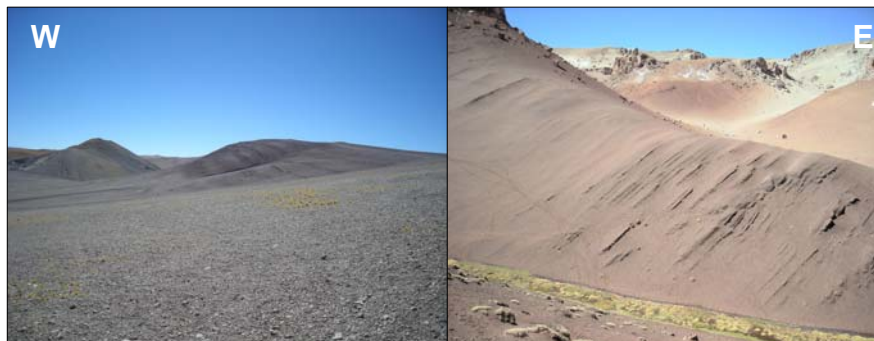


Foto 3.9 Fm. Siglia. Izquierda: Vista hacia el norte de afloramiento manteados hacia el este, en Siglia. Derecha: Vista hacia el noreste de afloramiento manteados hacia el oeste, en Lari.

3.1.2.2 Sedimentita Vizcachera (Mvi)

Esta unidad aflora en la cuenca de Mucar, en el sector argentino cercano al límite fronterizo. Los afloramientos tienen escasa extensión areal, y en general se observan en quebradas bajo las ignimbritas Neógenas. Al norte de la Laguna Pampa Ciénaga se observa una secuencia limolítica medianamente consolidada color rojo-morado con laminación paralela que grada hacia areniscas conglomerádicas pobremente consolidadas morado-rojizas de grano medio con clastos (20%) polimícticos de tamaños entre 1 y 4 mm, con matriz (80%) de arena fina (Foto 3.10).



Foto 3.10 Muestra de mano rocas de Sedimentita Vizcachera. Izquierda: Limolitas rojo-moradas (RSM-16). Derecha: Areniscas conglomerádicas morado-rojizas (RSM-17).

Los estratos mantean ligeramente al oeste con 10° y rumbo SW (Foto 3.10, izquierda). Al sur de la Laguna Pampa Ciénaga aflora la misma unidad pero únicamente la facies limolítica. La secuencia mantea ligeramente hacia el oeste (Foto 3.11, derecha).



Foto 3.11 Sedimentita Vizcachera. Izquierda: Vista hacia el este de afloramiento limolítico y arenoso al norte de Laguna Pampa Ciénaga. Vista hacia el norte de afloramiento limolítico manteano hacia el oeste, al sur de Laguna Pampa Ciénaga.

3.1.2.3 Unidad Rocas Sedimentarias Miocenas

Al oeste de la cuenca de Mucar, en el borde este del Salar de Quisquiro, se observa una secuencia sedimentaria muy consolidada que se sitúa bajo las ignimbritas Neógenas y sobre una ignimbrita antigua. Está compuesta por subarcosas finas a gruesas grises a negras grisáceas, compuestas de cuarzo ahumado subhedral a euhedral tamaño hasta 2 mm, feldespato potásico subanguloso tamaño 1-2 mm, menores ferromagnesianos (incluida Bt) (10%), con escasa matriz de limo (Foto 3.12).



Foto 3.12 Subarcosas de sedimentitas antiguas. Izquierda: Subarcosas gruesas grises (RSM-2). Derecha: Subarcosas finas negras grisáceas (RSM-3).

Los estratos tienen disposición subhorizontal y un espesor total de 15 a 20 m. Bajo la unidad sedimentaria yace una unidad de toba (Foto 3.13). De acuerdo a Gardeweg y Ramírez (1985), esta unidad correspondería a Estratos de Quisquiro de edad paleozoica según García (1967), compuestos por subarcosas y wacas arcósicas con granulometría variable, que evidencian una fase de deformación incipiente. Sin embargo, a pesar de que en litología se corresponden, por la relación de contacto con la unidad de toba antigua y por la escasa deformación, a diferencia de la mayoría de las unidades Paleozoicas, esta unidad pareciera ser más joven que Paleozoico. Dado que las ignimbritas más antiguas que se conocen en la zona corresponden al Mioceno Superior, y que esta unidad subyace a las ignimbritas neógenas (del Mioceno Superior-Plioceno), se establece una edad máxima Mioceno Superior para esta unidad.

3.1.2.4 Unidad Ignimbritas Antiguas

En el borde este del Salar de Quisquiro, bajo las areniscas miocenas, aflora una toba de ceniza cristalina rosada clara con cristales de cuarzo ahumado (60%) subhedral y anhedral tamaño 1 a 3 mm, y Biotita (25%) euhedral oxidada tamaño 1-5 mm, con matriz (15%) de ceniza blanca y vidrio rosado claro (Fotos 3.13 y 3.14).



Foto 3.13 Vista hacia el oeste de rocas sedimentarias antiguas sobreyaciendo a ignimbrita antigua.

La base de esta unidad no aparece expuesta. Por las relaciones estratigráficas, esta unidad podría correlacionarse con las Ignimbritas Antiguas definidas por Gardeweg y Ramírez (1985): una de estas ignimbritas es la Ignimbrita Antigua Mucar, que aflora bajo las Ignimbritas Toconao y Atana y que ha sido datada por Lindsay et al. (2001) al este del Salar de Quisquiro y en la Pampa Mucar, cercano al afloramiento en cuestión, con edades entre 9.29 ± 0.27 y 9.44 ± 0.60 Ma. En general, Gardeweg y Ramírez (1985) y Lindsay et al. (2001) establecen un nivel erosivo entre las Ignimbritas Antiguas y las Ignimbritas del Mioceno Superior tardío – Plioceno (Toconao, Atana) lo que podría corresponder a los afloramientos de areniscas cuarzosas previamente descritas. Con todo, se concluye una edad Mioceno Superior para esta unidad.



Foto 3.14 Toba de ceniza cristalina rosada clara (RSM-4)

3.1.2.5 Unidad Ignimbritas Recientes

Se han agrupado bajo esta denominación todos los flujos ignimbríticos que son correlacionables con las ignimbritas Pujsa, Toconao, Guatiquina, Atana, y Pampa Chamaca. En general, la litología de estas rocas es muy similar, lo que dificulta su reconocimiento en el campo. En la cuenca de Mucar, cercano a la laguna Mucar, aflora una secuencia ignimbrítica que se apoya sobre la Formación Aguada de la Perdiz y que sirve de base para caracterizar las principales unidades de toba. Comienza con cerca de 6 m de toba de ceniza cristalina blanca medianamente soldada con cristales de cuarzo ahumado (40%) subhedral y anhedral incoloro tamaño 1 a 3 mm, menores Biotitas (10%) euhedrales tamaño 1 mm, juveniles pómez blancos (5%) tamaño hasta 15 mm y escasos pómez negros, y matriz (45%) de ceniza blanca. Continúan 6 m de toba muy similar a la que se encuentra en la base, pero ahora rica en biotita. Está compuesta por cristales de cuarzo ahumado (20%) subhedral e incoloro anhedral tamaño 1 a 3 mm, Biotita (35%) euhedral tamaño 1-3 mm, juveniles pómez (5%) tamaño hasta 15 mm, y matriz (40%) de ceniza blanca. Dada la ausencia de niveles de erosión entre estas dos tobas, se concluye

que forman parte de un solo flujo (Ignimbrita basal; Foto 3.15). Sobre este nivel, existe un horizonte de erosión menor al metro que continúa con cerca de 1 m de depósitos de flujo piroclástico laminar (“surges”) pobremente consolidados, en sectores compuestos casi exclusivamente por cuarzo subhedral (80%) y matriz (20%) de ceniza blanca, y en otros por líticos y matriz de ceniza con estratificación cruzada (Foto 3.16).



Foto 3.15 Flujo ignimbrítico basal. Abajo: Muestra de toba inferior (RSM-7). Arriba: Muestra de toba superior (RSM-8)

Inmediatamente sobre el depósito de “surges” se encuentran cerca de 7 m de una toba de ceniza vítrea blanca (Flujo ignimbrítico central), pobremente consolidada con abundante fragmentos pumíceos blancos fibrosos (30%) con tamaños que varían desde 5 a 15 mm, líticos angulares de 3 a 10 mm (10%), y matriz de ceniza blanca (60%), y que finaliza en una superficie con mayor consolidación (Foto). Más arriba los depósitos coluviales no permiten seguir la secuencia hasta cerca de 10 m, donde aflora una toba de ceniza cristalina blanca (flujo ignimbrítico superior), bien consolidada, con espesor cercano a los 2 m, con cristales de cuarzo (30%) subhedrales tamaño hasta 1mm, Biotita (20%) euhedrales tamaño hasta 1 mm, líticos (20%) redondeados tamaño hasta 5 mm, y matriz de ceniza fina (30%).



Foto 3.16 Depósito de “surge” sobre toba de ceniza cristalina. Arriba: Rico en líticos y pobre en cristales, con estratificación cruzada. Abajo Izquierda: “surge” con laminación paralela. Abajo Derecha: muestra de mano de “surge” con laminación paralela (RSM-9).

En esta unidad se intercalan dos depósitos de “surge” con espesores cercanos a 60 cm., con estratificación cruzada, compuestos por cristales de cuarzo ahumado y transparente (35%) tamaño hasta 2 mm, biotitas euhedrales (40%) tamaño hasta 2 mm, y matriz (25%) de ceniza muy oxidada (Foto 3.17). Ambos depósitos se diferencian en el grado de oxidación, estando el inferior más oxidado.



Foto 3.17 Depósito de “surge”. Derecha abajo: acercamiento a estratificación cruzada. Derecha arriba: Muestra rica en biotita y matriz muy oxidada (RSM-11).

Finaliza el flujo ignimbrítico superior con una toba de ceniza cristalina blanca grisácea, con cristales de cuarzo subhedral (40%) tamaño 1-3 mm con los cristales más grandes ahumados, biotita euhedral (20%) tamaño <1mm hasta 2 mm en general alineados, menores juveniles pómez negras (5%), escasos líticos, y matriz de ceniza blanca (35%). La secuencia total tiene un espesor aprox. de 40 m.

Gardeweg y Ramírez (1985) reconocieron el mismo flujo ignimbrítico basal en esta zona, cuyo nivel superior más rico en cristales fue datado mediante K-Ar en biotita resultando una edad de 5.7 ± 0.4 Ma. A partir de esto, ambos autores identifican a esta unidad como la Ignimbrita Antigua Mucar, que aflora en quebradas bajo las ignimbritas más recientes en quebradas de la Pampa de Mucar. Sin embargo, Lindsay et al. (2001) realizaron 3 dataciones (dos en roca total y una en pómez) obteniendo edades cercanas a los 9 Ma para la Ignimbrita Antigua Mucar. Más aún, dos dataciones K-Ar en biotita en la Ignimbrita Pujsa por Gardeweg y Ramírez (1987) y de Silva (1989b), resultaron en 5.8 ± 0.1 Ma y 5.87 ± 0.23 Ma, valores muy cercanos a la edad obtenida por Gardeweg y Ramírez (1985) en la base de la secuencia en cuestión. Por lo tanto, el flujo ignimbrítico basal podría corresponder a la **Ignimbrita Pujsa**. El flujo ignimbrítico central, pobre en cristales y rico en pómez, fue asignado tentativamente por Gardeweg y Ramírez (1985) a la Ignimbrita

Guatiquina. Sin embargo, en base a las características litológicas y a que este nivel pareciera estar en continuidad estratigráfica con el flujo ignimbrítico superior, es más probable que el flujo ignimbrítico central corresponda a la **Ignimbrita Toconao**, que según Lindsay et al. (2001) se extiende hasta esta zona. Finalmente, el flujo ignimbrítico superior es fácilmente asignado a la **Ignimbrita Atana**, en base a las características litológicas (toba rica en cristales de cuarzo y biotita; presencia de depósitos de “surges” descritos por Gardeweg y Ramírez (1985) y por Lindsay et al. (2001)) y estratigráficas. Este flujo culmina la secuencia y corresponde a la superficie de erosión actual en gran parte de la porción norte del área de estudio). Las relaciones estratigráficas entre las Ignimbritas y el basamento paleozoico se ilustran en la Foto 3.18.

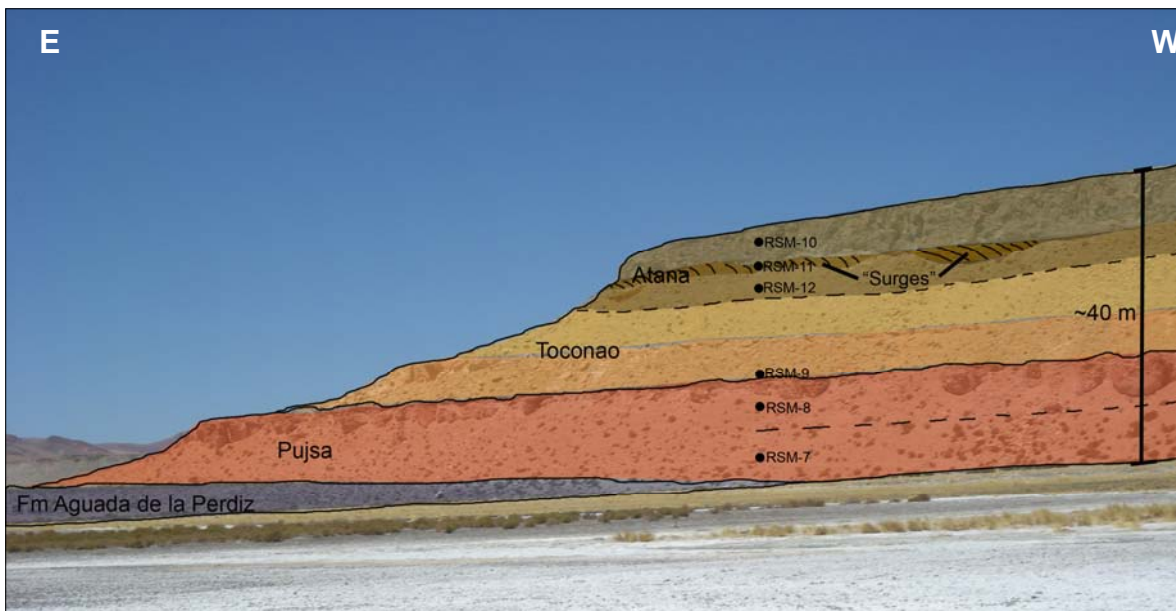


Foto 3.18 Vista al sur de secuencia ignimbrítica apoyándose sobre Fm. Aguada de la Perdiz. Línea discontinua: a) en Pujsa indica límite inferido entre toba rica en cuarzo abajo y toba rica en biotita arriba, b) entre Toconao y Atana indica contacto estratigráfico inferido. Se agrega además la ubicación en la vertical de las muestras de mano.

En la cuenca de Mucar, al este de la laguna Pampa Ciénaga se extiende la **Ignimbrita Pampa Chamaca**, sobreyaciendo a la Ignimbrita Atana. En esta localidad corresponde a una toba de ceniza cristalina gris clara con cristales de cuarzo (40%) subhedral ahumado y anhedral incoloro tamaño hasta 2 mm, biotitas euhedrales (10%) tamaño 1 mm, y matriz (50%) de ceniza blanca (Foto 3.19). Por las relaciones estratigráficas, esta ignimbrita es la más reciente de todas.



Foto 3.19 Muestra de toba de ceniza cristalina de Ignimbrita Pampa Chamaca (RSM-23).

En la cuenca de Sico, al sur de cerros de Perdiz se extiende en superficie la **Ignimbrita Guaitiquina**. Es la unidad ignimbrítica con mayor extensión areal dentro de la cuenca, casi comparable con la extensión de la Ignimbrita Atana. Corresponde a una toba de ceniza lítica blanca rosácea con líticos (20%) tamaño hasta 5 cm. redondeados y esféricos, juveniles pómez blancos (10%) tamaño 1 cm., cristales de cuarzo (15%) ahumado subhedral a anhedral redondeados tamaño hasta 4 mm y matriz (55%) blanca rosácea compuesta por ceniza, cristales euhedrales de biotita cobriza, anhedrales de cuarzo ahumado, y líticos (Foto 3.20).

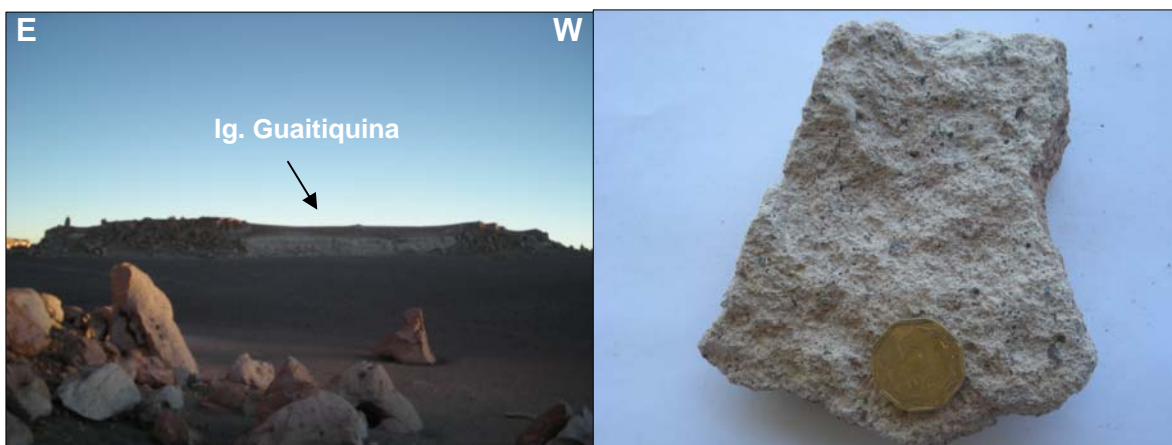


Foto 3.20 Ignimbrita Guaitiquina. Izquierda: Vista hacia el sur de afloramiento. Derecha: Muestra de mano de toba de ceniza lítica (RSM-19).

3.2 Geología Subsuperficial

La geología de subsuperficie se obtuvo en base a 5 pozos de exploración y 6 pozos de producción, perforados mediante aire reverso (Fig. 3.2). Esta metodología dificulta el reconocimiento litológico dado que en su funcionamiento tritura la roca, por lo que para identificar las unidades es necesario tener claridad sobre la petrografía de las unidades que afloran en superficie. A continuación se describe la estratigrafía de los 11 pozos, separados por cuenca.

3.1.1 Pozos Mucar

Los pozos de la cuenca de Mucar son 4 y corresponden exclusivamente pozos de producción, ordenados de norte a sur.

3.1.1.1 Pozo MU-8 (689467/ 7410351 (4243 m.s.n.m.))

Desde superficie a base, está compuesto por 64 m de toba de ceniza cristalina gris clara con cristales de biotita euhedral que aumenta hacia la base y cuarzo anhedral. Continúan 10 m de gravillas y arenas gruesas con fragmentos de composición análoga a la toba superior, cuarzo y líticos rosados. Siguen 26 m de tobas cristalinas y vítreas, en sectores de color blanco y en otros rosado claro. Aparecen luego 52 metros de arenas medias a gravas gruesas, que a partir del metro 114 aumentan su contenido de limos color rojizo. Finaliza con 72 m gravillas, arenas, y limolitas rojizas, con éstas últimas aumentando en profundidad (Fig. 3.3). De acuerdo a lo observado en superficie, la unidad más somera es identificada como la Ignimbrita Atana. Las tobas cristalinas y vítreas así como las gravas tobáceas que se encuentran bajo la Ignimbrita Atana, se agrupan bajo el nombre Ignimbritas Indiferenciadas, dado que no es posible correlacionarlas con certeza con alguna unidad de toba conocida en superficie. Finalmente, la unidad basal compuesta por limolitas, arenas, gravillas y gravas rojizas son asignadas a la Sedimentita Vizcachera, unidad que aflora unos 4 Km. al sureste del pozo.

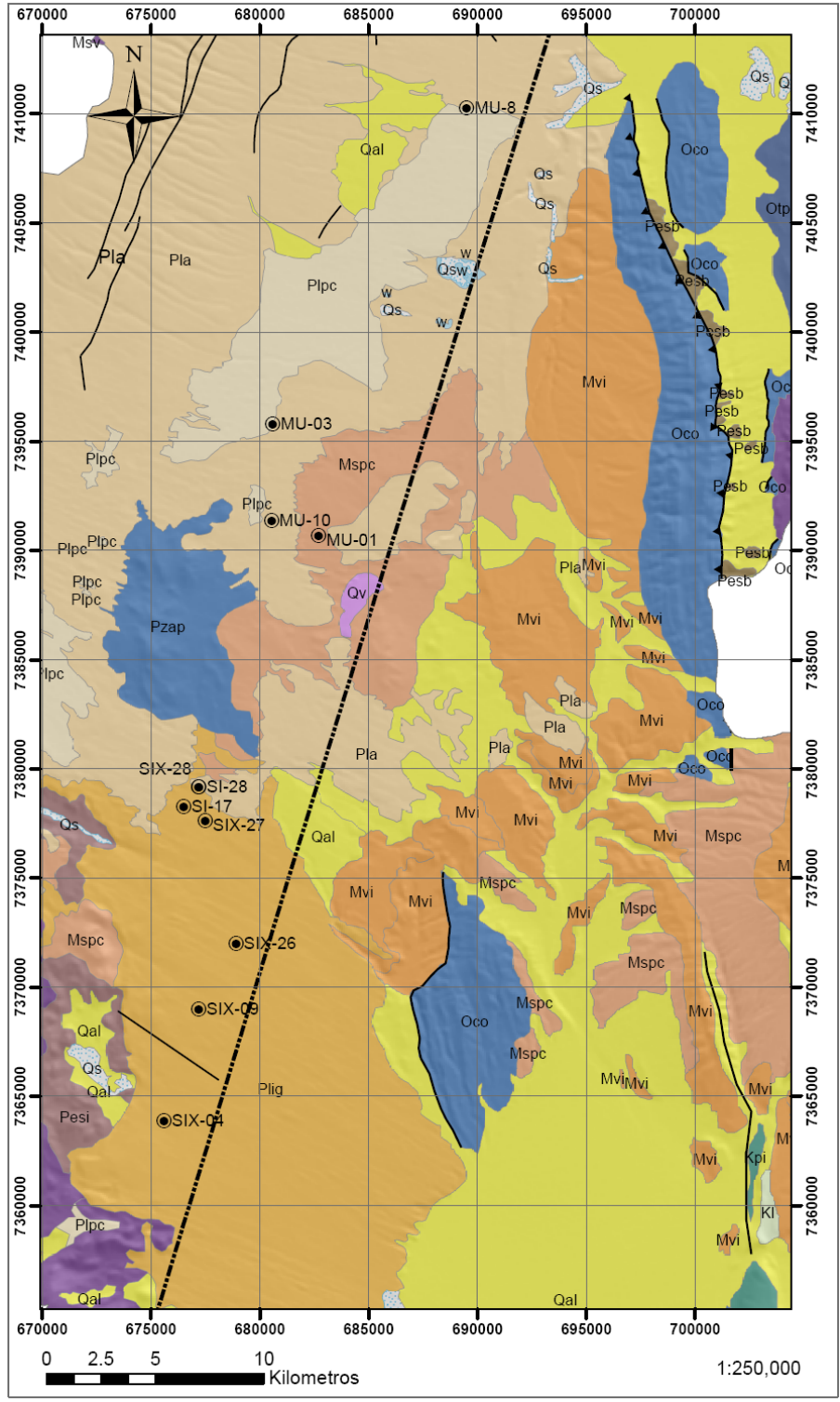


Figura 3.2 Ubicación de pozos de producción (**MU** y **SI**) y de pozos de exploración (**SIX**). **Oco**: Fm. Coquena, **Pzap**: Fm. Aguada de la Perdiz, **Pesb**: Grupo Santa Bárbara, **Pesi**: Fm. Siglia, **Mvi**: Sedimentita Vizcachera, **Mspc**: Fm. Pastos Chicos, **Msv**: Conjunto de Volcanes I, **Msqca**: Pórfidos de Quilapana y Ceja alta, **Plig**: Ig. Guaitiquina **Pla**: Ig. Atana, **Pliv**: Conjunto de Volcanes II, **Plpc**: Ig. Pampa Chamaca, **Picc**: Dep. Piroclástico Corral de Coquena, **Qal**: Dep. Aluviales recientes, **Qs**: Depósitos salinos.

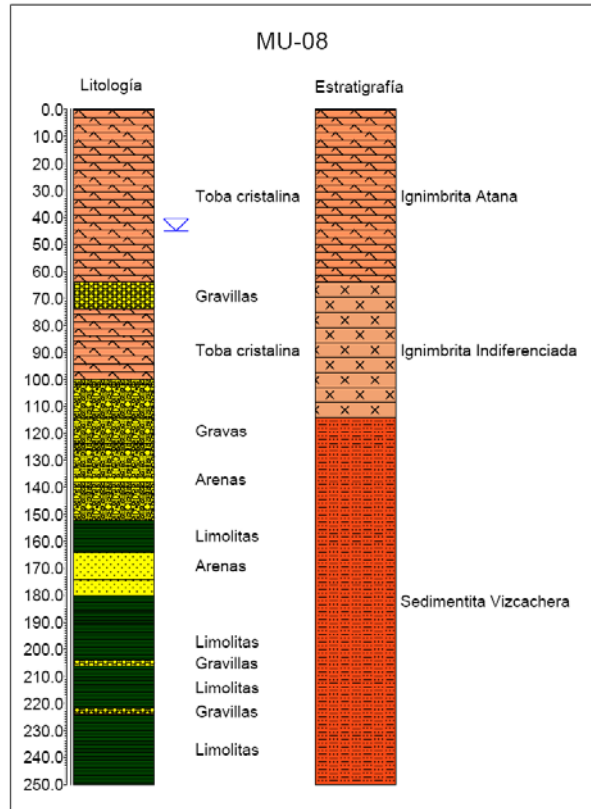


Figura 3.3 Litología y estratigrafía de pozo de producción MU-8. El triángulo en azul representa el nivel estático del agua promedio.

3.1.1.2 Pozo MU-3 (680576 / 7395828 (4404 m.s.n.m.))

Desde superficie a base, está compuesto por 84 m de toba de ceniza cristalina gris clara con cristales de biotita y cuarzo, éste último disminuye en profundidad. Continúa con 34 m de tobas de ceniza cristalinas negras grisáceas con cristales de biotita y escasos cuarzo, con intercalaciones de tobas vitrofíricas de composición similar (Fig. 3.4). Siguen 22 m de arenas, gravillas y gravas grises claras polimícticas con fragmentos tobáceos, volcánicos y de pedernal. Luego aparecen 64 m de limolitas grises oscuras silicificadas con laminación paralela, finalizando con 28 m de riolitas y 28 m de andesitas grises oscuras. La unidad continua de toba es identificada como la Ignimbrita Atana. Bajo esta unidad, se agrupan las tobas cristalinas y vitrofíricas en la unidad Ignimbrita Indiferenciada, debido a que no es posible asignarla con certeza a alguna unidad de toba conocida. La unidad de arenas, gravillas y gravas polimícticas han sido agrupadas en la Formación Pastos Chicos de Chile, debido a que la potencia y la variedad de litologías existentes evidencia más bien un origen aluvial-coluvial antiguo. Bajo esta unidad de gravas, el conjunto de limolitas

grises es asociado con la Formación Aguada de la Perdiz, mientras que las riolitas y andesitas parecieran ser diques y/o sills que cortan a esta última formación (las andesitas de la base tienen buena similitud litológica con la colada andesítica que aflora unos 9 Km. al sureste del pozo).

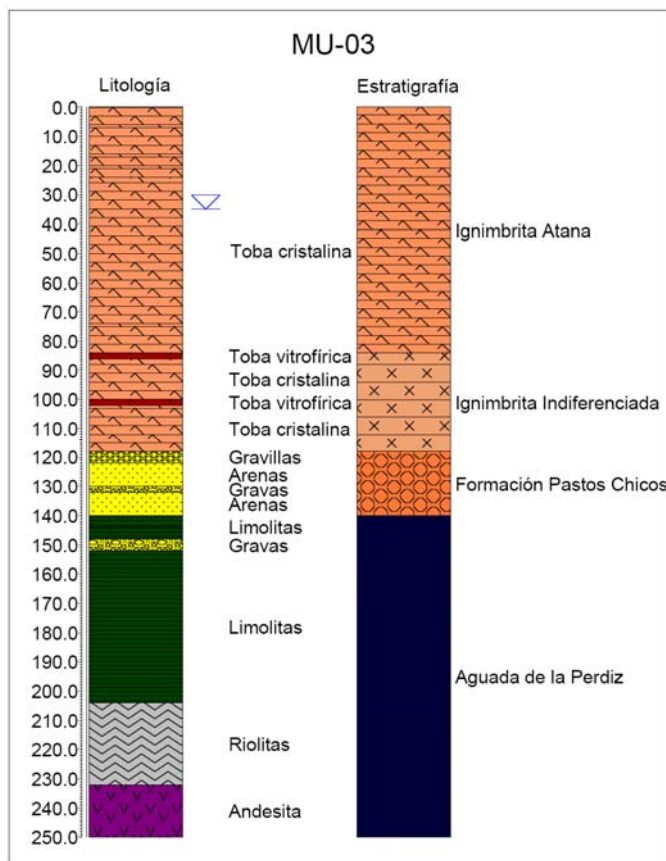


Figura 3.4 Litología y estratigrafía de pozo de producción MU-3. El triángulo en azul representa el nivel estático del agua promedio.

3.1.1.3 Pozo MU-10 (680521 /7391444 (4414 m.s.n.m.))

Desde superficie a base, comienza con 100 m de toba de ceniza cristalina con cristales de cuarzo redondeado anhedral y biotita euhedral de tamaños hasta 3 mm con una matriz gris clara. Continúan 14 m de gravas polimícticas con fragmentos subredondeados formados por limolitas y tobas inmersos en una matriz de limo-arcillosa color gris verdosa. Siguen 32 m de limolitas gris verdosas silicificadas y niveles con pedernal, con fragmentos de tobas líticas rosadas hacia el techo. Finaliza con 104 m de andesitas porfíricas grises claras y oscuras intercaladas con fenocristales de plagioclasa tamaño 2 mm en promedio

con una masa fundamental afanítica (Fig. 3.5). La unidad más superficial es asignada a la Ignimbrita Atana. La unidad de gravas es reunida en la unidad Gravas Antiguas por sus fragmentos polimícticos y subredondeados. Finalmente, la unidad de limolitas y andesitas ha sido asignada a la Formación Aguada de la Perdiz debido a la presencia de fragmentos limolíticos silicificados y de pedernal, y a que las andesitas parecen estar cortando a la secuencia sedimentaria.

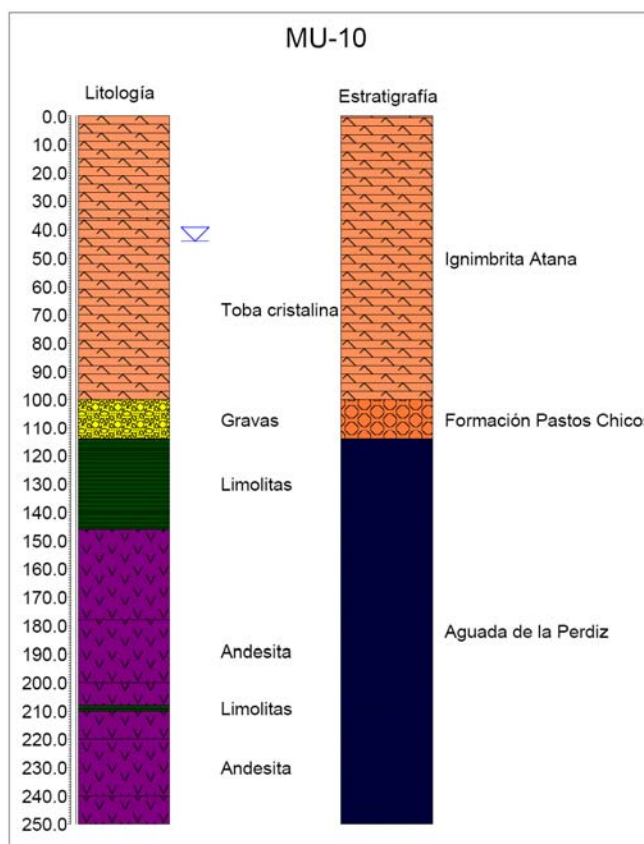


Figura 3.5 Litología y estratigrafía de pozo de producción MU-10. El triángulo en azul representa el nivel estático del agua promedio.

3.1.1.4 Pozo MU-1 (682678/ 7390721 (4385 m.s.n.m.))

Desde superficie a base, comienza con 32 m de gravillas y gravas polimícticas, con clastos angulosos de baja esfericidad, de composición areniscas verdes, volcánicas, y en algunos sectores tobas rosadas de ceniza líticas. Continúan hasta el término del pozo 218 m de limolitas rojizas monótonas que en general se encuentran en estado de pobre consolidación conformando en general una masa homogénea plástica (Fig. 3.6). La unidad de gravas y gravillas corresponde a un depósito aluvial-coluvial que podría ser

identificado por sedimentos recientes. Sin embargo, la ausencia de clastos que provengan de la unidad ignimbrítica que se encuentra alrededor de los depósitos (Ignimbrita Atana) y por el contrario la presencia de clastos de unidades más antiguas (por ejemplo, areniscas probablemente de la Formación Aguada de la Perdiz) indican que esta unidad más superficial de gravas podría corresponder a depósitos más antiguos que las unidades Ignimbríticas más recientes, probablemente pertenecientes a la Formación Pastos Chicos de Chile. Por otra parte, la unidad que subyace a las gravas y gravillas es asignada a la Sedimentita Vizcachera en base a que presenta la misma litología y color que ésta unidad.

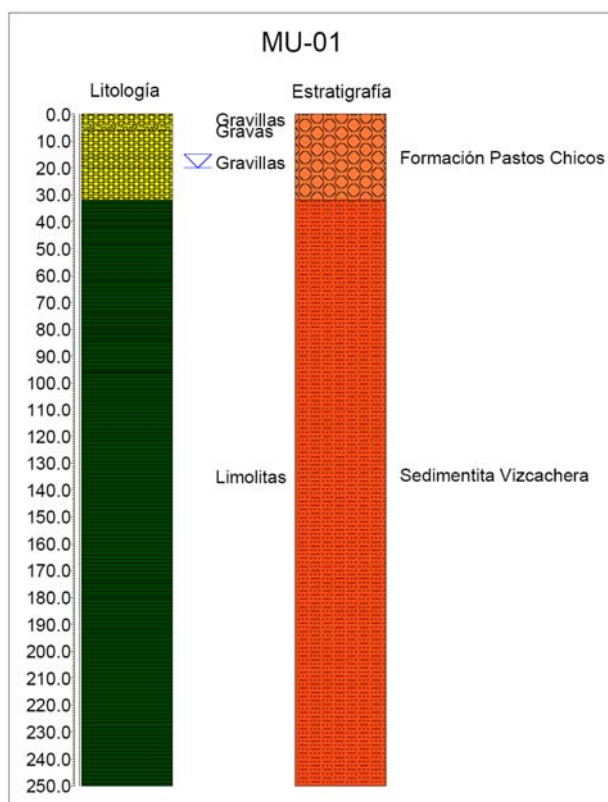


Figura 3.6 Litología y estratigrafía de pozo de producción MU-1. El triángulo en azul representa el nivel estático del agua promedio.

3.1.1.5 Estratigrafía Generalizada

En base a la información reunida en los 4 pozos de la cuenca de Mucar, es posible tener una idea clara de la estratigrafía representativa en esta cuenca. El basamento paleozoico de la Fm. Aguada de la Perdiz se distingue únicamente en los pozos ubicados en el sector sur de la cuenca, cercanos a los cerros de Perdiz, localidad tipo de esta formación. Tiene

un espesor promedio de 120 m, y está cortado por diques y/o filones andesíticos y riolíticos (Fig. 3.7). Sobre esta unidad están depositadas las rocas limolíticas rojizas de la Sedimentita Vizcachera, que se observan únicamente en los pozos ubicados más hacia el este (pozos MU-8 y MU-1). Presentan un espesor promedio de 170 m. Entre esta unidad y las unidades ignimbríticas, se disponen en el área norte las gravas polimícticas correspondientes a la Formación Pastos Chicos con un espesor promedio de 20 m, que finalizan con los depósitos ignimbríticos recientes de Ignimbrita Indiferenciada (probablemente Toconao y/o Pujsa), Ignimbrita Atana y Pampa Chamaca, de espesores promedio 40 m, 80 m, y 20m respectivamente.



Figura 3.7 Columna estratigráfica tipo de la cuenca de Mucar. Los espesores son relativos.

3.1.2 Pozos Sico

Los pozos de la cuenca de Sico corresponden principalmente a pozos de exploración, siendo únicamente dos de producción. Ordenados de norte a sur son los siguientes.

3.1.2.1 Pozo SIX-28 (677200/ 7379200 (4384 m.s.n.m.))

Desde superficie a base, comienza con 30 m de toba de ceniza cristalina rosada clara con cristales de biotita cobriza, cuarzo, y escasos líticos marrones rojizos y grises, con matriz

de ceniza rosada (Fig. 3.8). Continúan 10 m de toba de ceniza lítica rosada con líticos marrones rojizos y grises, con matriz de ceniza rosada. Siguen 38 m de alternancia entre tobas cristalinas y tobas líticas iguales a las descritas anteriormente. Luego existen 12 m sin recuperación de muestras para finalizar con 186 m de areniscas marrones rojizas y gris verdosas, con intercalaciones de limolitas gris verdosas con clastos principalmente de cuarzo y volcánicos. La unidad superior de tobas se asigna a la Ignimbrita Guatiquina que aflora en el lugar debido a la considerable proporción de líticos y a la presencia de botitas cobrizas, características de esta unidad. El conjunto de areniscas se asignan a la Fm. Aguada de la Perdiz principalmente por la abundancia de cuarzo en su composición como también por su color.

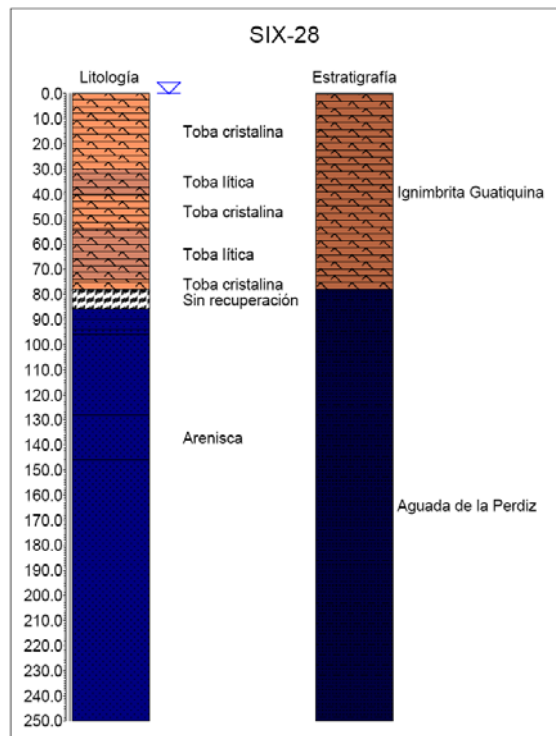


Figura 3.8 Litología y estratigrafía de pozo de exploración SIX-28. El triángulo en azul representa el nivel estático, que en este caso está en superficie (pozo surgente).

3.1.2.2 Pozo SI-28 (677175/ 7379228 (4383 m.s.n.m.))

Desde superficie a base, comienza con 22 m de toba de ceniza cristalina rosada con cristales de cuarzo y biotita cobriza, escasos líticos marrones rojizos y grises oscuros, con matriz de ceniza rosada clara (Fig. 3.9). Continúan 64 m de toba de ceniza lítica rosada

con fragmentos líticos color marrón rojizo y gris oscuro que aumentan en proporción hacia la base, menores cristales de cuarzo y biotita cobriza, y matriz de ceniza rosada. Siguen 2 m de riolita con masa fundamental de cuarzo y fenocristales ferromagnesianos, finalizando con 162 m de areniscas finas silicificadas y limonitas grises verdosas, café rojizas, y areniscas negras grisáceas hacia la base. La unidad de toba se asigna a la Ignimbrita Guatiquina que aflora en el lugar y dada su similitud litológica. La unidad de areniscas se asigna a la Fm. Aguada de la Perdiz por la presencia general de areniscas oscuras y limonitas. El nivel riolítico se interpreta como un dique o filón que probablemente corta esta formación.

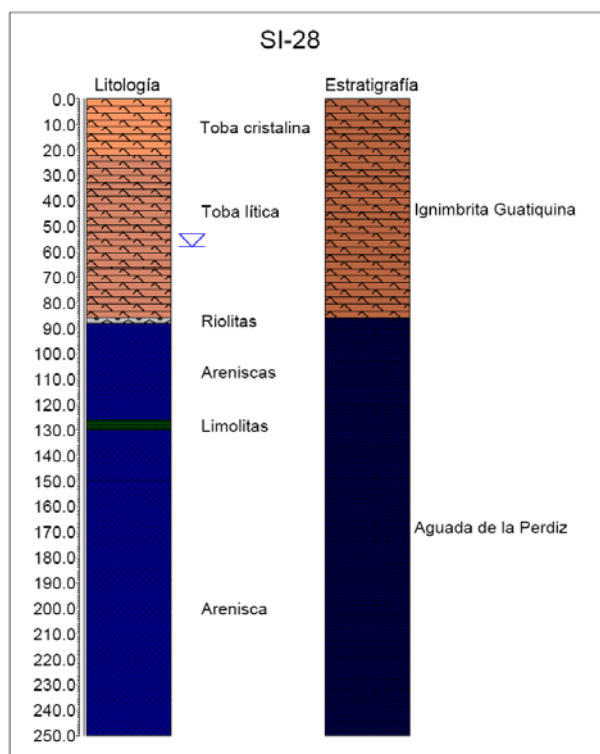


Figura 3.9 Litología y estratigrafía de pozo de producción SI-28. El triángulo en azul representa el nivel estático.

3.1.2.3 Pozo SI-17 (676473/ 7378328 (4387 m.s.n.m.))

De superficie a base, comienza con 96 m de toba de ceniza cristalina rosada clara con cristales de biotita cobriza y cuarzo anhedral, escasos líticos rojizos, y matriz de ceniza fina (Fig. 3.10). Continúan 92 m de toba de ceniza lítica café rosácea con líticos café rojizos y grises oscuros que aumentan hacia la base, y matriz de ceniza fina con cristales de biotita cobriza y cuarzo. Siguen 28 m de limolitas y areniscas finas verde amarillentas

en general deleznales, finalizando con 36 metros de limolitas y areniscas calcáreas negras grisáceas con intercalación de toba de ceniza lítica con líticos cafés rojizos y cristales de biotita cobriza y cuarzo. La unidad de toba cristalina más superficial se asigna a la Ignimbrita Guatiquina porque aflora en el lugar y por la presencia de líticos. Lo unidad de toba lítica que continúa se asigna como Ignimbrita indiferenciada ya que no es posible identificarla con alguna Ignimbrita conocida. Por sus características probablemente sea la misma ignimbrita que Lindsay et al. (1998) reconocen hacia el sureste bajo la Ignimbrita Guatiquina y que denominan informalmente “Ignimbrita sin nombre”, de edad 10 Ma. La unidad de limolitas verde amarillentas deleznales se asigna a la Fm. Siglia debido a que no posee el grado de dureza propio de Aguada de la Perdiz, por lo que parece ser una unidad más joven. Finalmente la unidad de areniscas y limolitas oscuras se asignan a la Fm. Aguada de la Perdiz por su estado de dureza y color. La unidad andesítica se interpreta como una intrusión de tipo dique o sill.

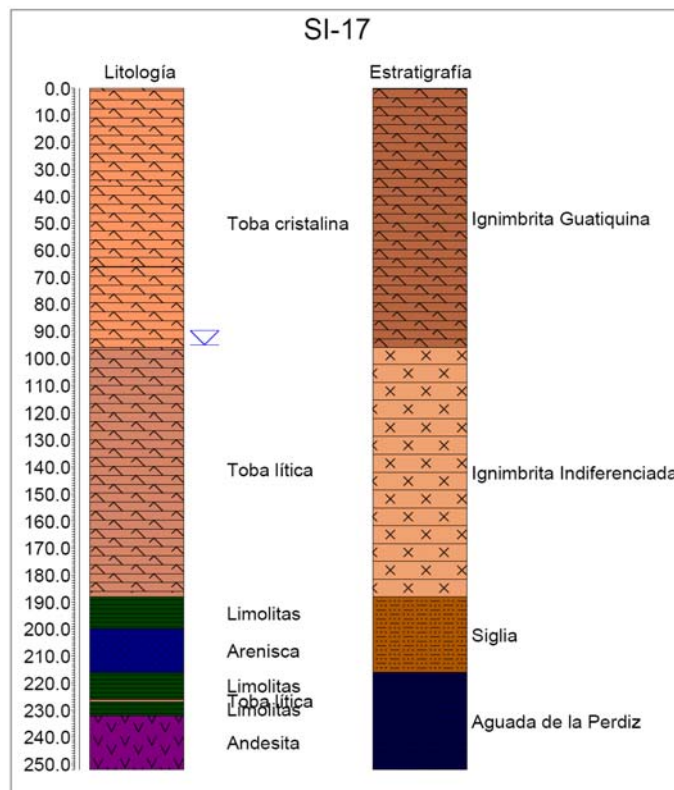


Figura 3.10 Litología y estratigrafía de pozo de producción SI-28. El triángulo en azul representa el nivel estático.

3.1.2.4 Pozo SIX-27 (678383/ 7377658 (4360 m.s.n.m.))

De superficie a base, comienza con 52 m de toba de ceniza cristalina rosada clara con cristales de cuarzo anhedral, biotita subhedral cobriza, escasos líticos cafés rojizos, y matriz de ceniza fina (Fig. 3.11). Continúan 46 m de toba de ceniza lítica con líticos color café rojizo y gris oscuro, cristales de cuarzo anhedral y biotita subhedral cobriza, y matriz de ceniza fina rosada clara. Existen 20 m sin recuperación siguiendo con 42 m de toba de ceniza lítica café rojiza con abundantes líticos del mismo color y grises oscuros, y cristales de cuarzo anhedral y biotita cobriza. Continúan 18 m de limolitas verde amarillentas y rojizas, finalizando la secuencia con 102 m de monótonas limolitas y areniscas grises oscuras silicificadas. La unidad de toba rosada tanto cristalina como lítica se asigna a la Ignimbrita Guaitiquina porque aflora en el lugar y por la presencia de líticos. La unidad de toba que subyace (bajo la zona sin recuperación) es asignada como Ignimbrita Indiferenciada, similar a la encontrada en los pozos anteriores, ya que por la excesiva abundancia de líticos no parece ser parte de la Ignimbrita Guaitiquina. Las limolitas verde amarillentas que continúan son asignadas a la Fm. Siglia, principalmente por su baja dureza, de manera análoga a lo observado en SI-17. Finalmente la secuencia de areniscas y limolitas grises oscuras se asigna a la Fm. Aguada de la Perdiz por su mayor dureza y silicificación.

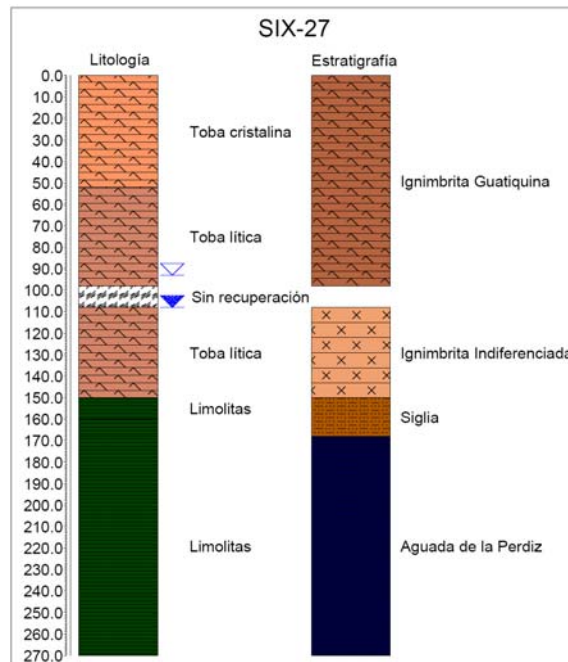


Figura 3.11 Litología y estratigrafía de pozo de exploración SIX-28. El triángulo en azul: a) sin relleno, representa el nivel estático, b) relleno, representa el nivel que se encontró el agua durante la perforación.

3.1.2.5 Pozo SIX-26 (678845/ 7374372 (4302 m.s.n.m.))

De superficie a base, comienza con 84 m de toba de ceniza cristalina gris rosácea con cristales de cuarzo, biotita cobriza, escasos líticos color café rojizo y gris oscuro, y matriz de ceniza gris rosácea (Fig. 3.12). Existen 42 m sin recuperación para continuar con 62 m de toba de ceniza lítica con fragmentos líticos color café rojizo y gris oscuro, y matriz de ceniza con cristales menores a 1 mm de cuarzo y biotita cobriza. Siguen 10 m de gravas finas y gravillas, con clastos angulosos de composiciones areniscas, volcánicas, cuarzo, y limonitas. Finaliza la secuencia con 56 m de areniscas finas y limolitas moradas, rojizas, y gris verdosas. La unidad de toba más superficial se asigna a la Ignimbrita Guatiquina, por su similitud litológica y porque aflora en el lugar. La unidad de toba que aflora bajo la zona sin recuperación se identifica como Ignimbrita Indiferenciada, tal como en el pozo anterior. Las gravas que están bajo la ignimbrita podrían ser asociadas con la Fm. Pastos Chicos, dado su carácter polimíctico y a que están situadas bajo una ignimbrita antigua. Finalmente, las areniscas y limonitas bajo las gravas son asignadas a la Fm. Siglia debido a que poseen litología y color muy similar a lo observado en superficie de esta formación.

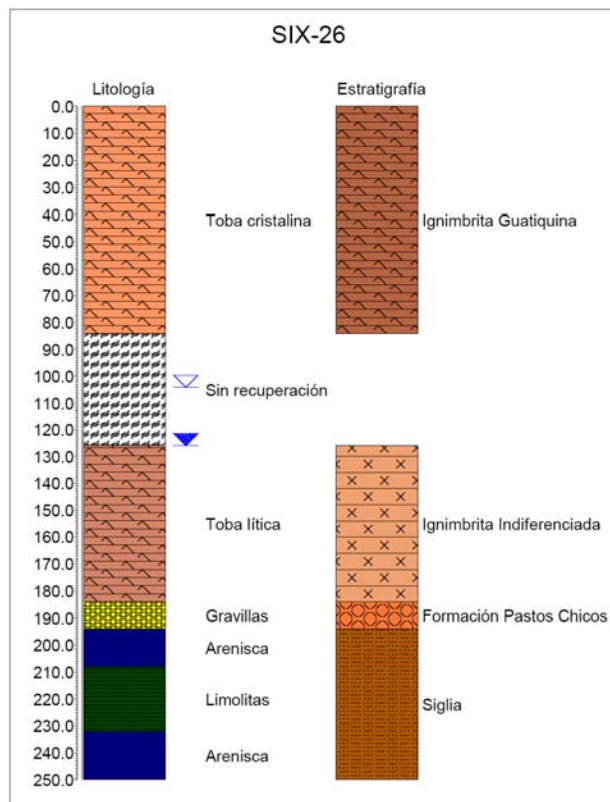


Figura 3.12 Litología y estratigrafía de pozo de exploración SIX-28. El triángulo en azul: a) sin relleno, representa el nivel estático, b) relleno, representa el nivel que se encontró el agua durante la perforación.

3.1.2.6 Pozo SIX-9 (677172/ 7369032 (4226 m.s.n.m.))

De superficie a base, comienza con 68 m de toba de ceniza cristalina rosada clara con cristales de biotita negra y cobriza, menores líticos pardos y rojizos, juveniles pómez negras, y matriz de ceniza fina (Fig. 3.13). Continúan 18 m de toba de ceniza lítica rosada clara con fragmentos pardos y rojizos, menor pómez negra, y matriz de ceniza fina. Siguen 78 m de toba de ceniza cristalina rosada clara y gris blanquecina con cristales de biotita, cuarzo, menor pómez negras, y matriz de ceniza fina con escaso cuarzo. Luego existe 58 m sin recuperación, para continuar con 20 m de alternancia de areniscas verde oscuras, rojizas y moradas, y limolitas arcillosas rojizas. Finaliza la secuencia con 8 m de pórfido riolítico gris verdosos, con abundantes cristales de cuarzo, biotita, epidota y clorita. La unidad de toba superficial, tanto lítica como cristalina, es asignada a la Ignimbrita Guatiquina porque aflora en el lugar, y porque posee el color característico rosado y la presencia constante de líticos, en mayor o menor medida, y de pómez negras. Bajo el metro 86 desaparecen los fragmentos líticos y predomina una toba cristalina que es asignada como Ignimbrita Indiferenciada debido a que no es posible asociarla con ninguna ignimbrita conocida. La unidad de areniscas y limolitas es asignada a la Fm Siglia, debido a la presencia de areniscas moradas similares a las observadas en superficie, limolitas rojizas, que en general presentan menor silicificación que las rocas de la Fm. Aguada de la Perdiz. El pórfido riolítico es interpretado que intruye a esta última formación, tal como ha sido descrito por Gardeweg y Ramírez (1985).

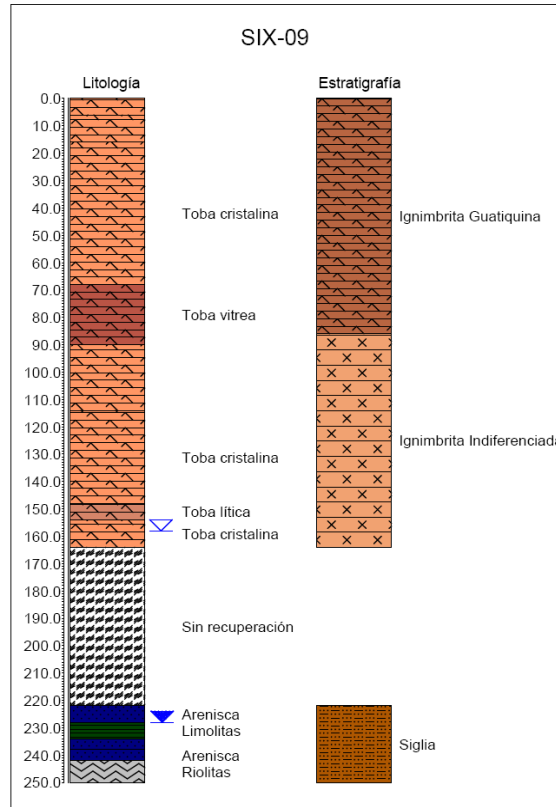


Figura 3.13 Litología y estratigrafía de pozo de exploración SIX-9. El triángulo en azul: a) sin relleno representa el nivel estático, b) relleno representa el nivel que se encontró el agua durante la perforación.

3.1.2.7 Pozo SIX-4 (675554/ 7363944 (4112 m.s.n.m.))

De superficie a base, comienza con 22 m de toba de ceniza cristalina rosada con cristales de biotita cobriza y negra, menores líticos, y matriz de ceniza fina (Fig. 3.14). Continúan 24 m de toba de ceniza lítica rosada y blanca grisácea hacia la base, con líticos grises oscuros y café, y matriz de ceniza fina. Siguen 134 m de la misma toba lítica blanca grisácea pero con aumento creciente de líticos hacia la base, llegando a proporciones del 80%. Luego existen 18 m sin recuperación continuando con 18 m de la misma toba lítica, 10 m sin recuperación, 2 m de ceniza fina, 12 m sin recuperación, finalizando con 26 m de gravas polimícticas con fragmentos angulosos blancos grisáceos y negros grisáceos probablemente de composición volcánica y tobácea. La unidad más superficial de toba se agina a la Ignimbrita Guatiquina por las características litológicas antes dichas. El límite entre ésta y la unidad inferior de toba rica en líticos y muy pobre en cristales no parece claro, pero se define arbitrariamente donde la cantidad de líticos es muy abundante,

cercano a los 120 m. La toba que entonces continúa se asigna como Ignimbrita Indiferenciada (podría corresponder a una o más unidades ignimbríticas), por la imposibilidad de asociarla a alguna Ignimbrita conocida (tiene similitud con la “Ignimbrita sin nombre” de Lindsay et al. (1998)). Sin embargo, es de características similares a las tobas líticas asociadas con esta unidad en los pozos anteriores. Finalmente el nivel de grava es asignado a la Fm. Pastos Chicos, debido a su carácter polimíctico y a que subyace a una ignimbrita antigua.

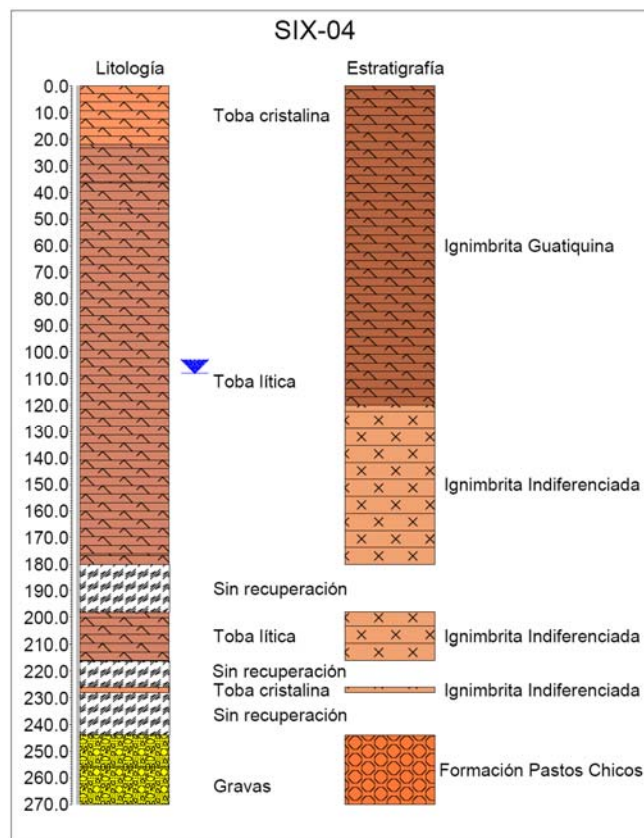


Figura 3.14 Litología y estratigrafía de pozo de exploración SIX-9. El triángulo en relleno representa el nivel que se encontró el agua durante la perforación.

3.1.1.5 Estratigrafía Generalizada Sico

En base a la información estratigráfica de los 7 pozos se construye una columna estratigráfica tipo para la cuenca de Sico (Fig. 3.15). La Fm. Aguada de la Perdiz se reconoce únicamente en los pozos ubicados al norte, cercanos a los cerros de Perdiz. Tiene un espesor promedio de 65 m y está cortada por diques y/o sills de composición andesítica y riolítica. Sobreyace en discordancia de erosión la Fm. Siglia, que presenta

espesores promedios de 30 m y está intruida por pórfidos riolíticos. Sobre esta unidad están depositados niveles de gravas de la Fm Pastos Chicos de espesor promedio 20 m, que por su presencia únicamente en los pozos del sector sur parecen ser un fenómeno local. En aparente continuidad estratigráfica sobreyace la unidad de Ignimbrita Indiferenciada con espesor promedio de 70 m, que en la mayoría de los pozos es muy abundante en líticos pero que excepcionalmente en SIX-9 es cristalina y rica en pómez negras. Finalmente sobre esta unidad está depositada la Ignimbrita Guatiquina, de espesor promedio 95 m.

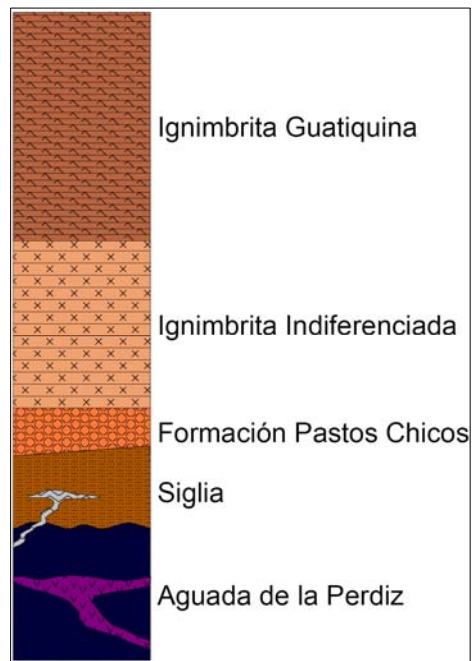


Figura 3.15 Columna estratigráfica tipo de la cuenca de Sico. Los espesores son relativos.

3.3 Geofísica de Transiente Electromagnético

La herramienta geofísica para la interpretación geológica e hidrogeológica es de gran ayuda. El método de transiente electromagnético (TEM) desarrollado por Edwards (1997) está diseñado para medir variaciones en la resistividad del sustrato, por lo que es muy apropiado para encontrar zonas de baja resistividad donde puede estar albergado un acuífero. La técnica esencialmente consiste en inducir un campo magnético en el subsuelo a través de corrientes eléctricas en superficie, para estudiar la respuesta magnética transiente del medio luego del cese eléctrico. Se realizan transectas con mediciones puntuales equiespaciadas obteniendo valores de resistividad en profundidad. Luego mediante modelación inversa se ajustan distintos espesores de capas con distinta resistividad tal que concuerde con los valores puntuales registrados. Así se obtienen perfiles de resistividad en profundidad. La empresa GEODATOS realizó transectas TEM en el sector chileno de las cuencas de Mucar y Sico de las cuales se seleccionaron 7. Su ubicación se muestra en la Figura 3.16.

La metodología a seguir consiste en integrar los perfiles de resistividad con los datos litológicos de profundidad obtenidos a partir de los pozos para así calibrar la geofísica y constreñir con claridad la geología de subsuperficie. En la cuenca de Mucar se ubican 3 perfiles, de norte a sur L4, L2, y L1. En el perfil L4 de disposición SSW-NNE que pasa por el pozo MU-8 se observan dos capas bien definidas con resistividades muy diferentes (Fig. 3.17). La capa superior de espesor promedio 200 m es más resistiva con valores entre 923 y 154 $\text{ohm}\cdot\text{m}$, y se relaciona con las tobas de la ignimbrita Atana y las gravas de la Fm. Pastos Chicos. La capa inferior de espesor mínimo 300 m presenta resistividades marcadamente más bajas, en promedio de 4 $\text{ohm}\cdot\text{m}$, que se relacionan con las areniscas finas y limolitas de la Sedimentita Vizcachera.

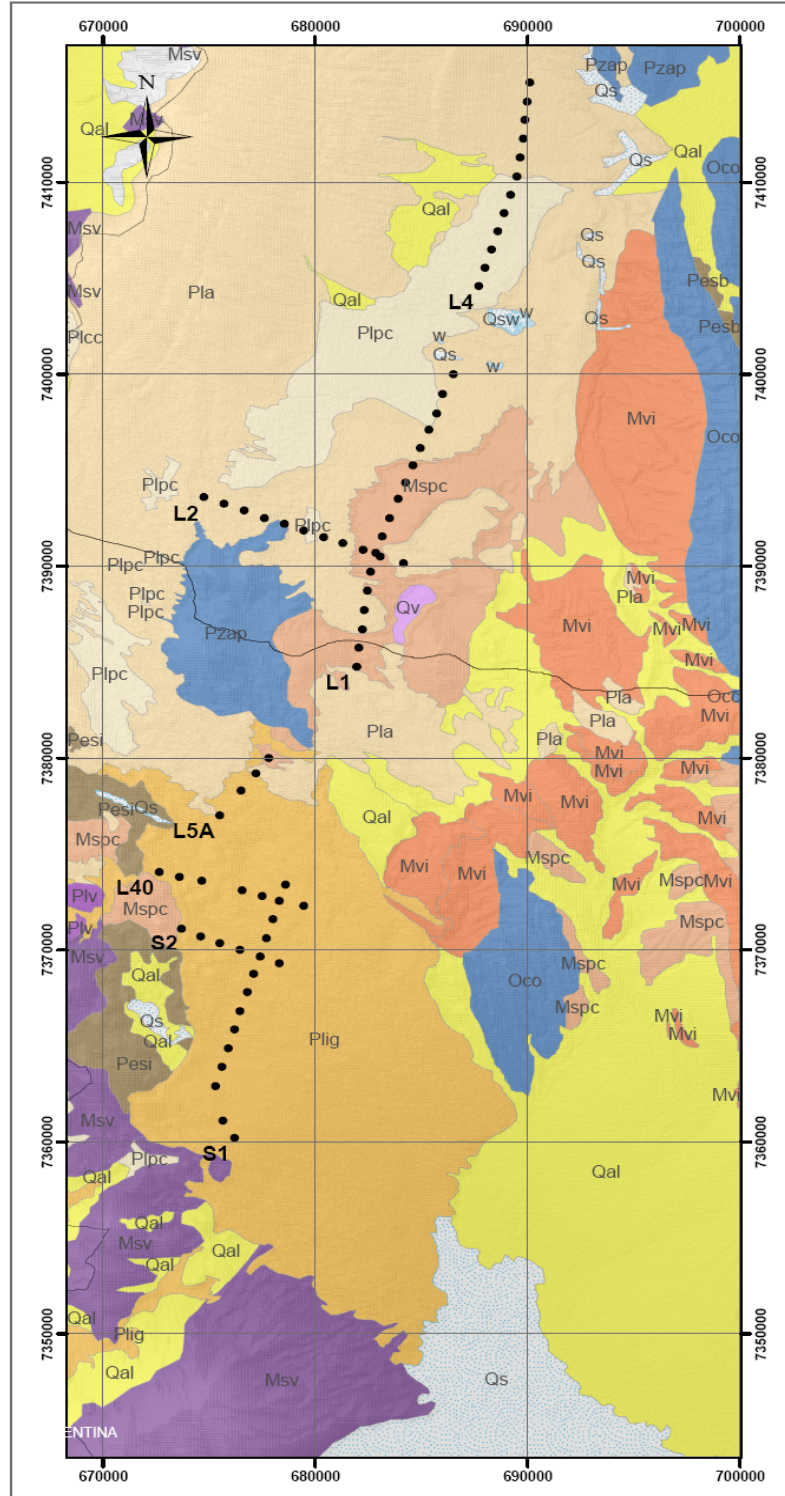


Figura 3.16 Ubicación de transectas de transiente electromagnético. **Oco**: Fm. Coquena, **Pzap**: Fm. Aguada de la Perdiz, **Pesb**: Grupo Santa Bárbara, **Pesi**: Fm. Siglia, **Mvi**: Sedimentita Vizcachera, **Mspc**: Fm. Pastos Chicos, **Msv**: Conjunto de Volcanes I, **Msqca**: Pórfidos de Quilapana y Ceja alta, **Plig**: Ig. Guaitiquina **Pla**: Ig. Atana, **Plv**: Conjunto de Volcanes II, **Plpc**: Ig. Pampa Chamaca, **Plcc**: Dep. Piroclástico Corral de Coquena, **Qal**: Dep. Aluviales recientes, **Qs**: Depósitos salinos.

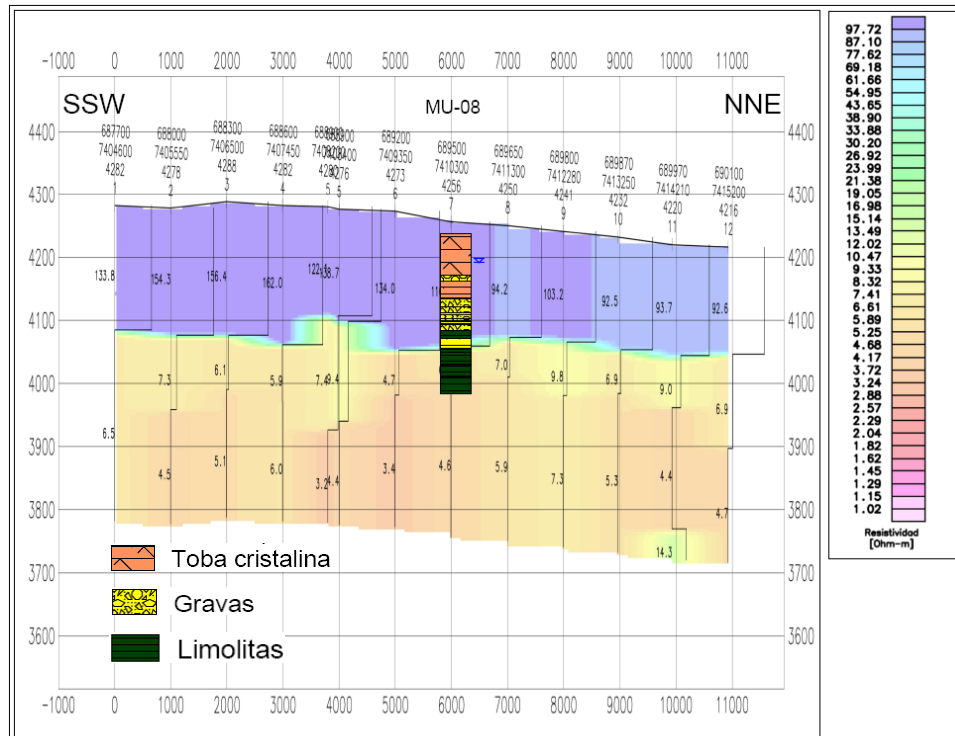


Figura 3.17 Perfil TEM L4 cuenca de Mucar. El triángulo en azul representa el nivel estático.

Transversalmente a éste, más al sur se dispone el perfil L2 que pasa por MU-10 y MU-1 con dirección WNW-ESE, donde se observan dos capas con resistividades contrastantes que están en contacto lateral (Fig. 3.18). La capa de mayor resistividad y de espesor mínimo 500 m, se ubica en el sector W del perfil presentando valores desde 100 ohm*m hasta 500 ohm*m y se relaciona con el conjunto de tobas de la Ignimbrita Atana y limolitas y andesitas de la Fm. Aguada de la Perdiz. La capa de menor resistividad se divide a su vez en dos subcapas en la vertical, una superior de espesor promedio 50 m y resistividad promedio de 90 ohm* m que se relaciona con las gravas de la Fm pastos Chicos, y otra inferior de espesor mínimo de 300 m y resistividades marcadamente menores, en promedio 10 ohm*m, que se relaciona con las limolitas de la Sedimentita Vizcachera. El contacto lateral entre la capa de muy alta resistividad por el oeste y la capa de muy baja resistividad por el este, podría reflejar la presencia de una falla.

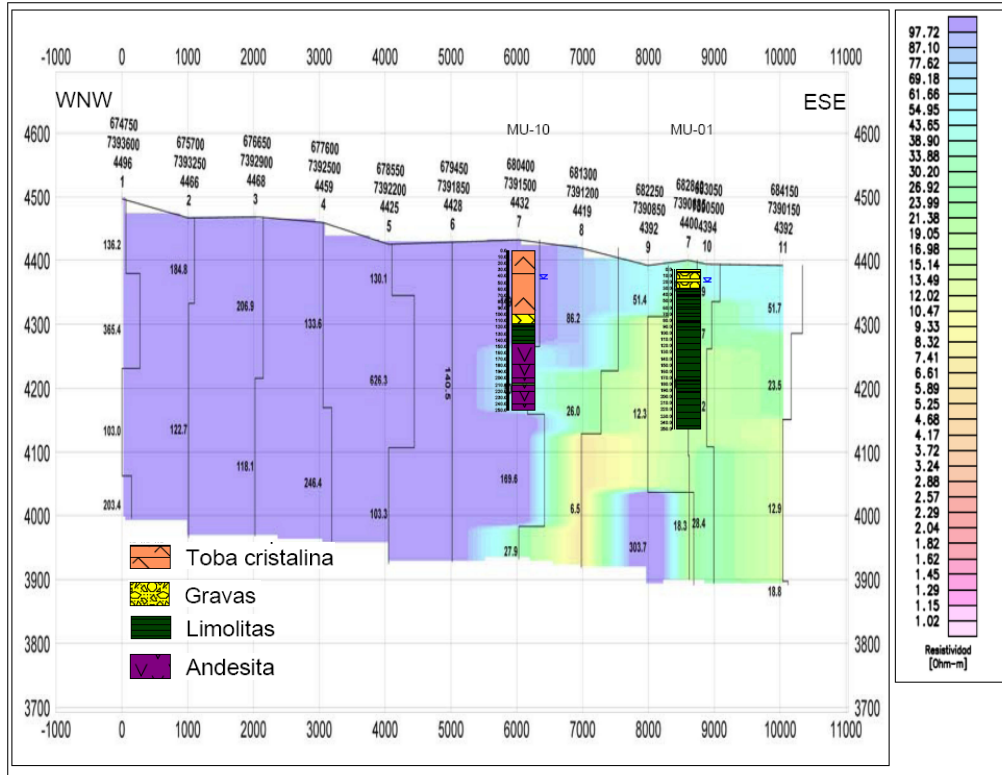


Figura 3.18 Perfil TEM L2 cuenca de Mucar. El triángulo en azul representa el nivel estático.

Longitudinalmente en dirección SSW-NNE se dispone el perfil L1 que pasa por MU-1, donde se observan 4 capas que disminuyen la resistividad en profundidad (Fig. 3.19). La capa superficial, cuyos valores promedian 150 ohm*m, tiene un espesor medio de 100 m. Por la ubicación de la transecta se relaciona esta capa con el conjunto formado por la Ignimbritas Atana y Pampa Chamaca. En contacto lateral se sitúa otra capa superficial con espesor cercano a 50 m y resistividad promedio de 60 ohm*m, que se relaciona con la Fm. Pastos Chicos. Abajo se dispone una capa de espesor irregular en promedio de 200 m con resistividad de 15 ohm*m que se relaciona con las limolitas de la Sedimentita Vizcachera. Finalmente en profundidad se distingue una capa resistividad 5 ohm*m en promedio y espesor mínimo 200 m, que se podría relacionar también con las limolitas de Vizcachera, aunque no es claro.

En resumen, las resistividades observadas en los perfiles de la cuenca de Mucar se relacionan de buena manera con las variaciones litológicas presentes en el área. Sin embargo, esto no quiere decir que efectivamente las unidades tengan estas resistividades ya que se está midiendo en el conjunto potencial de roca más agua.

En la cuenca de Sico se ubican 4 perfiles, de norte a sur L5A, L40, S2, y S1. En el perfil L5A, que pasa por SI-17 y SI-28, tiene dirección SW-NE y se distinguen principalmente dos capas de alta resistividad (Fig. 3.20). La superior tiene un espesor de 200 m que va disminuyendo hacia el NE y resistividad de 130 $\text{ohm}\cdot\text{m}$ que se relaciona con el conjunto de ignimbritas Guatiquina e Indiferenciada. Bajo se dispone una capa de relativamente menor resistividad (70 $\text{ohm}\cdot\text{m}$) y espesor mínimo de 300 m, que se relaciona con el conjunto de rocas de la Fm. Aguada de la Perdiz. Hacia el oeste presenta un nivel superior de muy baja resistividad (8 $\text{ohm}\cdot\text{m}$) que podría relacionarse con las limolitas de la Fm. Siglia, que se reconoce en profundidad un poco más al sur en el pozo SIX-26, aunque la relación es poco clara.

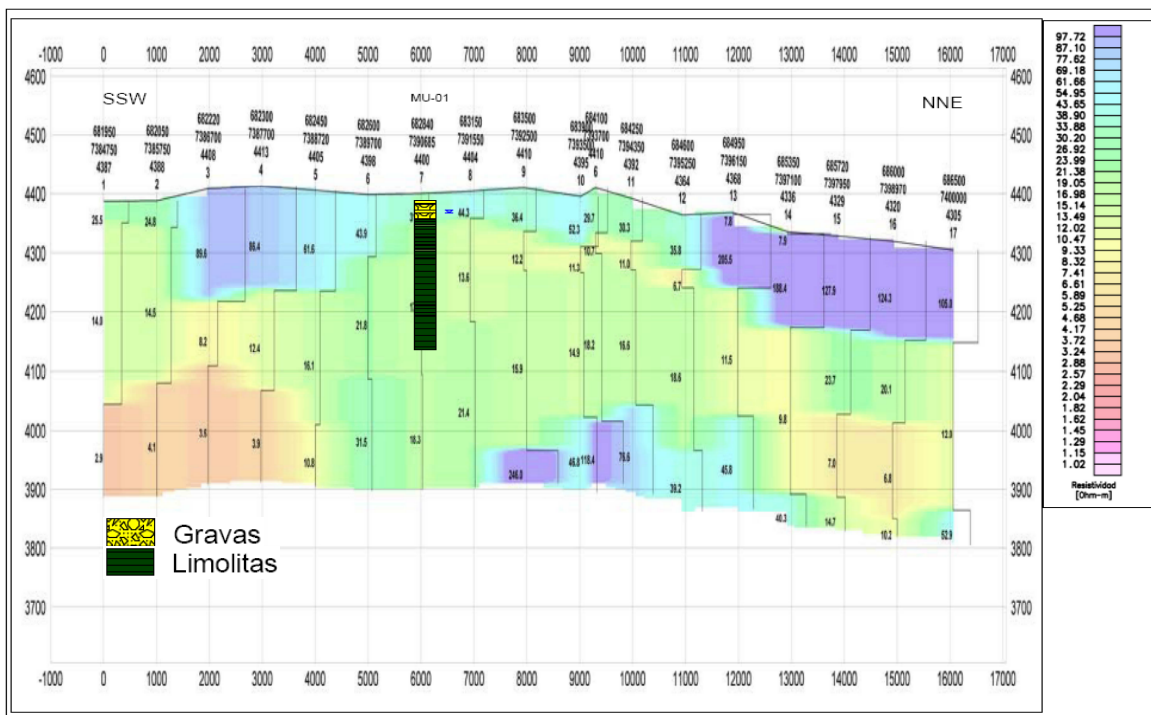


Figura 3.19 Perfil TEM L1 cuenca de Mucar. El triángulo en azul representa el nivel estático.

Más al sur, en dirección WNW-ESE se sitúa el perfil L40, que muestra dos capas con alta y baja resistividad. Una capa superficial de espesor promedio 150 m que disminuye hacia el W, con resistividad media de 500 $\text{ohm}\cdot\text{m}$, y que se relaciona con las ignimbritas Guatiquina e Indiferenciada (Fig. 3.21). Abajo una capa de espesor mínimo 300 m y resistividad media de 20 $\text{ohm}\cdot\text{m}$, y que se relaciona con las areniscas y limolitas de la Fm. Siglia. Esta unidad aflora hacia el W, evidenciando su continuidad lateral hasta el límite este del perfil TEM.

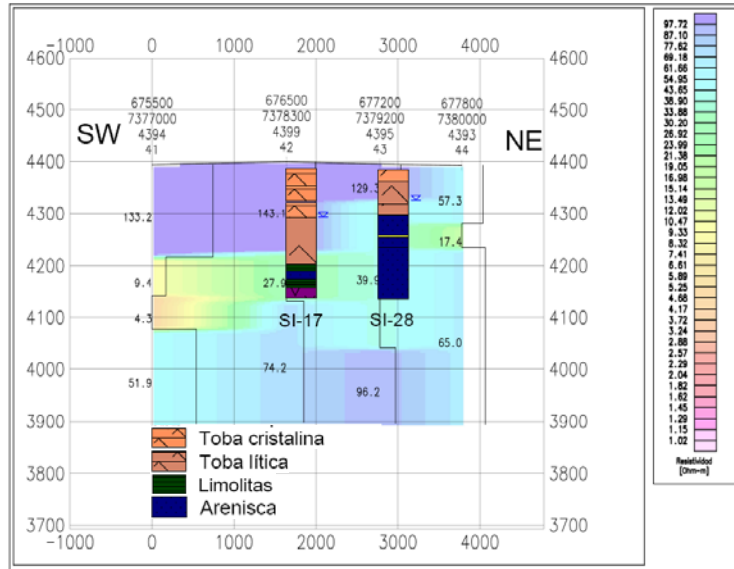


Figura 3.20 Perfil TEM L5A cuenca de Sico. El triángulo en azul representa el nivel estático.

Paralelamente hacia el sur se ubica el perfil S2 que pasa por SIX-9, presentando las mismas características resistivas que el perfil L40A, dejando en evidencia la continuidad norte-sur de las areniscas y limolitas de la Fm Siglia (Fig. 3.22). Hacia el límite oeste del perfil se distingue un contacto lateral de la capa inferior de baja resistividad (relacionada a la Fm. Siglia) con otra capa de alta resistividad. Esto puede ser asociado con las gravas de la Fm. Pastos Chicos que afloran hacia el oeste, en las proximidades del final del perfil.

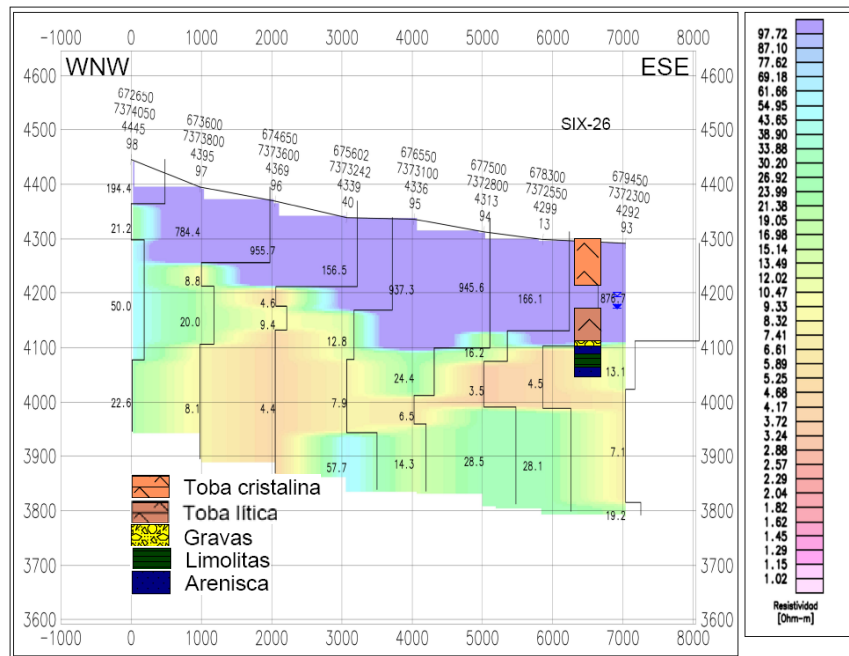


Figura 3.21 Perfil TEM L40 cuenca de Sico. El triángulo en azul: a) sin relleno representa el nivel estático, b) relleno representa el nivel que se encontró el agua durante la perforación.

Longitudinalmente con orientación SSW-NNE, cruzando los perfiles L40 y S2 y pasando por los pozos SIX-4, SIX-9 y SIX-26, se sitúa el perfil S1 que muestra en esencia tres capas. Una capa superior de espesor medio 200 m y resistividad en promedio de 200 ohm*m, que se relaciona con el conjunto de ignimbritas Guatiquina e Indiferenciada. Abajo, hacia el sector oeste se ubica una capa de baja resistividad (15 ohm*m) y espesor medio 150 m que se relaciona con las areniscas y limolitas de la Fm. Siglia, y que se acuña bajo una capa de muy baja resistividad hacia el oeste. Esta capa tiene espesor medio de 150 m, resistividad promedio de 2 ohm*m, y consecuentemente se acuña superiormente a la capa antes descrita. Por la estratigrafía del pozo SIX-4 es posible relacionarla con las gravas de la Fm. Pastos Chicos. Sin embargo, estas gravas han sido en general relacionadas a zonas con altas resistividades, hecho evidenciado por los perfiles antes descritos. Por lo tanto, probablemente esta capa de muy baja resistividad podría estar asociada con la presencia de agua en las gravas de la Fm. Pastos Chicos.

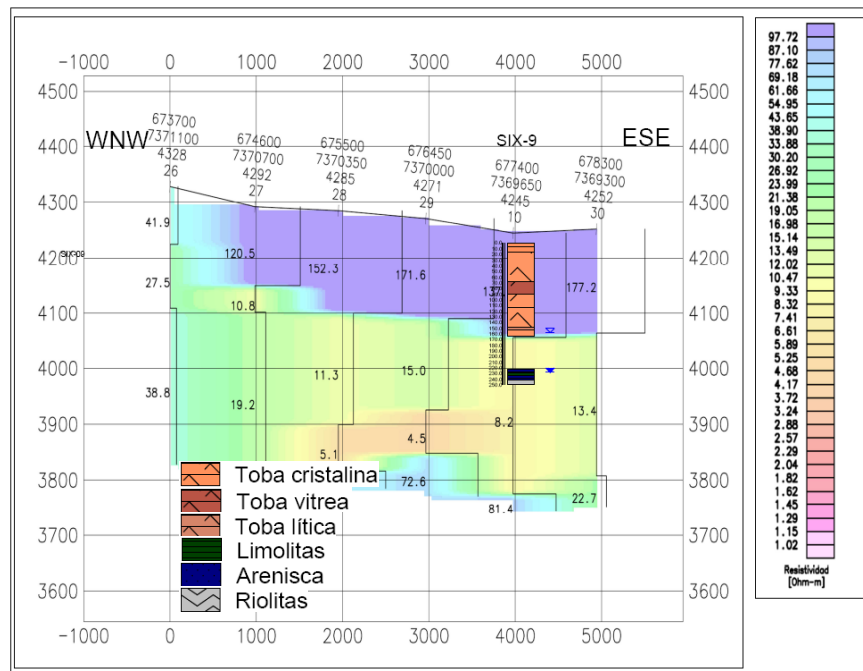


Figura 3.22 Perfil TEM S2 cuenca de Sico. El triángulo en azul: a) sin relleno representa el nivel estático, b) relleno representa el nivel que se encontró el agua durante la perforación.

En resumen, al igual que para los perfiles TEM de la cuenca de Mucar, las resistividades se relacionan en general de buena manera con cada una de las litologías que se observan en subsuperficie. Integrando la información de ambas cuencas se concluye que las mayores resistividades están dadas por el conjunto de unidades ignimbríticas que

afloran en el área. Menores resistividades pero igualmente altas en general se asocian con las formaciones Aguada de la Perdiz y Pastos Chicos. Esta última formación se relaciona con bajas resistividades excepcionalmente en el sector sur de Sico, cercano al pozo SIX-4. Las menores resistividades se asocian en general a limolitas y areniscas de la Fm. Siglia y de la Sedimentita Vizcachera.

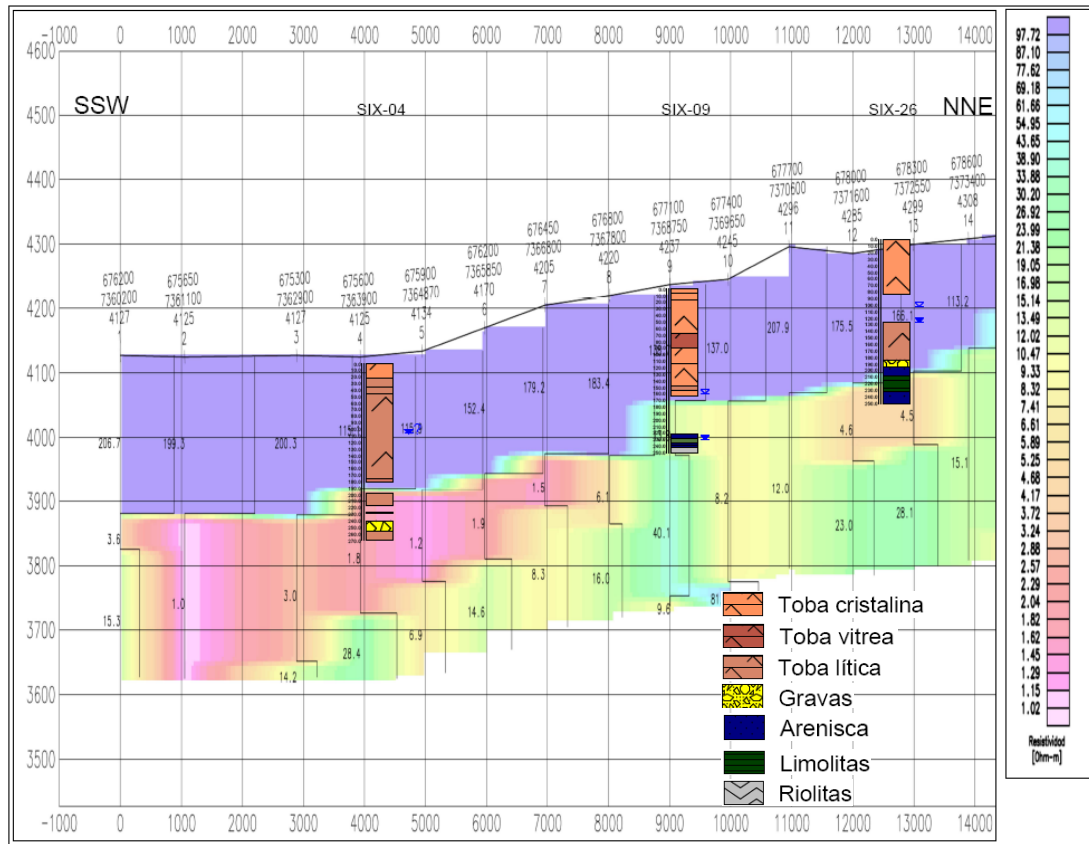


Figura 3.23 Perfil TEM S1 cuenca de Sico. El triángulo en azul: a) sin relleno representa el nivel estático, b) relleno representa el nivel que se encontró el agua durante la perforación.

En el perfil longitudinal P1 se observan las principales unidades estratigráficas y sus relaciones de contacto en la cuenca de Mucar (Fig. 3.25). La Fm. Aguada de la Perdiz se encuentra deformada con manteo general de los estratos cercanos a la vertical y rumbos variables, y corresponde al basamento de las unidades cenozoicas, a lo largo del todo el área. En discordancia angular sobreyacen las areniscas y limolitas rojizas de la Sedimentita Vizcachera, que se extiende en toda la pampa de Mucar, con un espesor mínimo de 400 m. Los estratos mantean ligeramente al oeste con rumbos cercanos a NS. Sobre esta unidad están depositadas las gravas de la Fm. Pastos Chicos, con amplia distribución areal, presentándose con mayor potencia hacia el sector sur promediando un espesor de 100 m. En aparente continuidad estratigráfica se disponen las unidades ignimbríticas Pujsa, Tocona, y Atana, con espesores medios de 40 m, 30 m, y 80 m respectivamente.

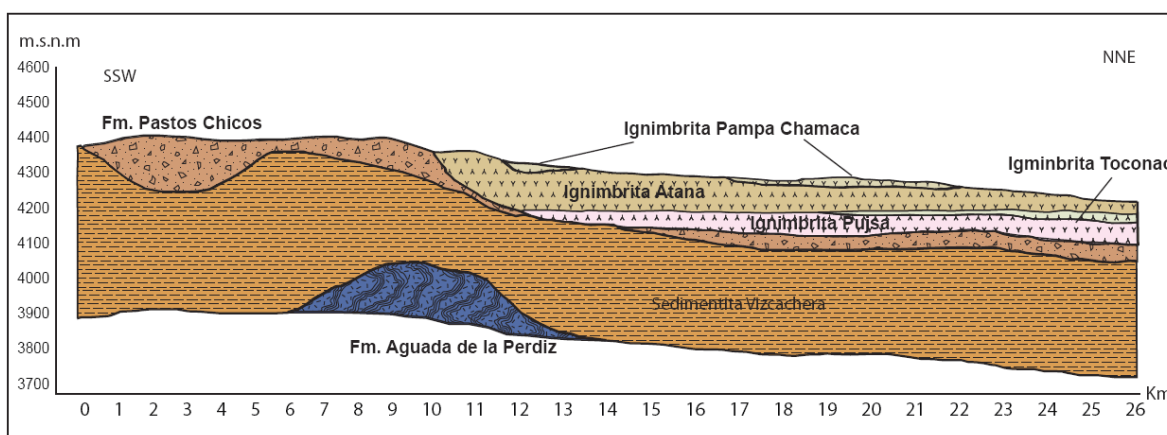


Figura 3.25 Perfil geológico esquemático P1 en sector Mucar

El perfil transversal P2 muestra que la relación estratigráfica entre la Fm. Aguada de la Perdiz y la Sedimentita Vizcachera es probablemente por falla (Fig. 3.26), tal como lo señalan Seggiaro et al. (en prep.). Esta relación entre las unidades paleozoicas y terciarias es una característica común a lo largo de las cuencas Mucar y Sico, manifestada por fallas inversa de bajo ángulo con vergencia principalmente hacia el oeste y menores hacia el este que se observan en el sector argentino.

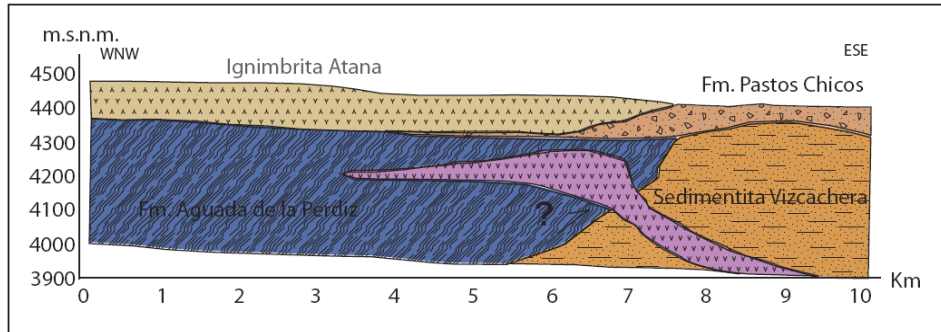


Figura 3.26 Perfil geológico esquemático P2 en sector Mucar

En el sector de Sico, las unidades estratigráficas no son las mismas a las observadas en Mucar. El perfil P3 muestra que la Fm. Aguada de la Perdiz hacia el sur desaparece en profundidad, probablemente por alguna estructura que sitúa a las rocas de esta formación bajo los 3700 m (Fig. 3.27). Sobre esta unidad se dispone la Fm. Siglia que posee manteos y rumbos variables debidos su fuerte plegamiento. Esta unidad se encuentra intruida por pórfidos de composición variable, reconociéndose principalmente de composición riolítica. En discordancia angular sobreyace a Siglia la Fm. Pastos Chicos, con potentes depósitos de gravas que se reconocen en profundidad hacia el sur, con un espesor medio de 100 m. En aparente concordancia con la Fm. Pastos Chicos y discordancia con las formaciones Aguada de la Perdiz y Siglia, se disponen las unidades ignimbríticas Indiferenciada y Guaitiquina, promediando espesores de 80 m cada una.

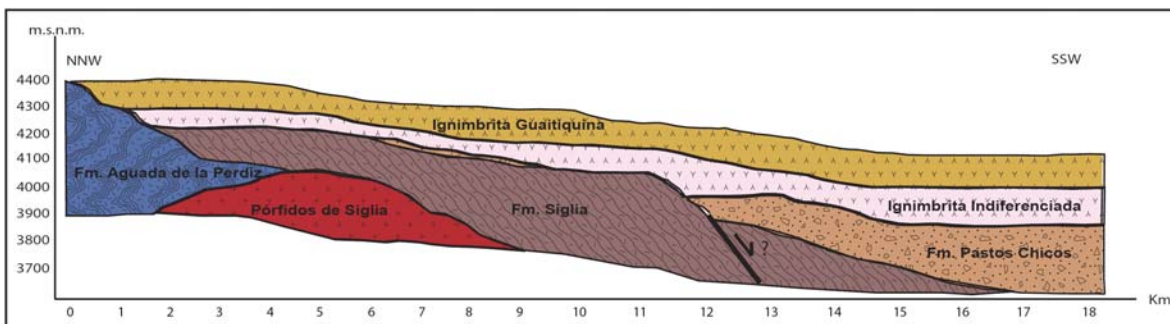


Figura 3.27 Perfil geológico esquemático P3 sector Sico

Transversalmente, el perfil P4 muestra que la Fm. Siglia presenta continuidad en la horizontal, por lo que estas rocas probablemente se extienden a lo largo de todo el sector de Sico, bajo las cubiertas ignimbríticas (Fig. 3.28).

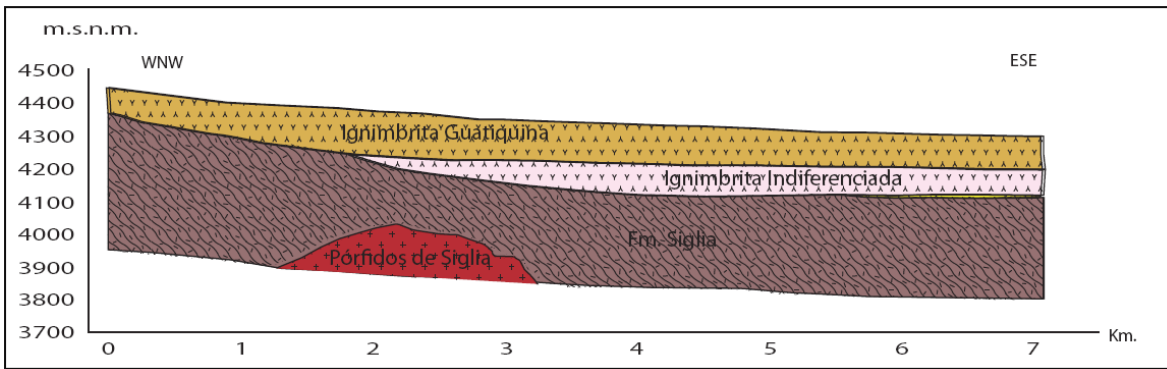


Figura 3.28 Perfil geológico esquemático P4 sector Sico.

4. HIDROGEOLOGÍA

4.1 Niveles Piezométricos

Los niveles estáticos observados entre febrero y mayo del 2008 en los pozos de Mucar y Sico permanecieron prácticamente a una misma profundidad, a excepción del pozo SIX-28 que corresponde a un pozo surgente, y del pozo SIX-4 que presentó variaciones en torno a los 150 m para luego descender hasta profundidades que no fueron posibles de medir (mayores al máximo de 200 m del pozómetro) (Tabla 4.1). Para efectos de cálculo de gradiente se omiten estos dos pozos. Para el sector de Mucar, la pendiente piezométrica aparente posee gradientes que varían de norte a sur de 0.28% a 0.003% (Tabla 4.2). Los gradientes más altos en general se presentan en los pozos cercanos a los afloramientos de la Fm. Aguada de la Perdiz. Para el sector de Sico los gradientes aparentes son más variables, presentando valores entre 0.02% y 3.26 %. Dado que existen gradientes piezométricos cercanos a los afloramientos de Aguada de la Perdiz que poseen valores mayores al 0.1%, no es posible asegurar que el flujo subterráneo sea laminar. A diferencia del sector de Mucar, existen gradientes igualmente altos hacia el sur, posiblemente debido a que el acuífero se encuentra particionado, o que existe un cambio drástico en la permeabilidad del acuífero que provoca un fuerte descenso en los niveles. Lo segundo se sustenta bien dado que hacia el sur aparece un depósito de grava de claramente mayor permeabilidad que las limolitas de la Fm. Siglia.

Tabla 4.1 Niveles estáticos promedios observados desde febrero a mayo del 2008.

Pozo	Nivel estático medio (m)	Desviación Estándar
MU-1	19.74	0.50
MU-3	35.43	0.15
MU-10	44.10	0.19
MU-8	44.75	0.01
SI-28	58.47	1.16
SIX-28	0.00	0.00
SI-17	95.67	0.98
SIX-27	93.27	0.26
SX-26	103.53	1.99
SIX-9	158.27	0.35
SIX-4	164.98	14.87

Tabla 4.2 Gradientes piezométricos aparentes entre pozos consecutivos hacia el norte (Mucar) y hacia el sur (Sico).

Gradiente piezométrico aparente	
Pozos	Gradiente (%)
MU-1 y MU-10	1.07%
MU-10 y MU-3	0.20%
MU-3 y MU-8	0.05%
SI-28 y SI-17	3.26%
SI-17 y SIX-27	-0.12%
SIX-27 y SIX-26	0.31%
SIX-26 y SIX-9	0.98%

Tomando en consideración las zonas de descarga de las cuencas Mucar y Sico, y a partir de las observaciones de los niveles estáticos en los pozos, es posible definir líneas de flujo del agua subterránea (Fig. 4.1). Estas muestran que en la cuenca de Mucar el agua subterráneamente viaja de sur a norte, y de oeste a este, mientras que en la cuenca de Sico fluye de norte a sur y de oeste a este.

4.2 Parámetros Hidráulicos

4.1.1 Teoría de Ensayos de Bombeo

El flujo subterráneo hacia un pozo de bombeo puede ser modelado como dentro de un reservorio de agua subterránea heterogéneo por capas con valores paramétricos constantes para cada capa. Usando la caída del nivel de agua durante una prueba de bombeo pueden ser calculados entonces los parámetros hidráulicos de la capa permeable, utilizando soluciones analíticas (Lebbe, 1999). Estos modelos corresponden a una esquematización simple del reservorio con rigurosas condiciones de borde, limitando en ciertas ocasiones la interpretación realista de los resultados. Los modelos analíticos más usados son los modelos de Theis, Jacob-Hantush, Hantush y Boulton-Cooley, y Neuman. El modelo de Theis (1935) describe el flujo estable de agua subterránea en un acuífero confinado. Se considera aquí que la capa permeable esta limitada arriba y abajo por una capa impermeable. Todas las capas son consideradas de extensión lateral infinita, homogéneas, y de espesor constante. La tasa de descarga es constante y el

pozo de bombeo esta habilitado con criba en todo el espesor de la capa permeable. El diámetro del pozo es lo suficientemente pequeño como para despreciar su

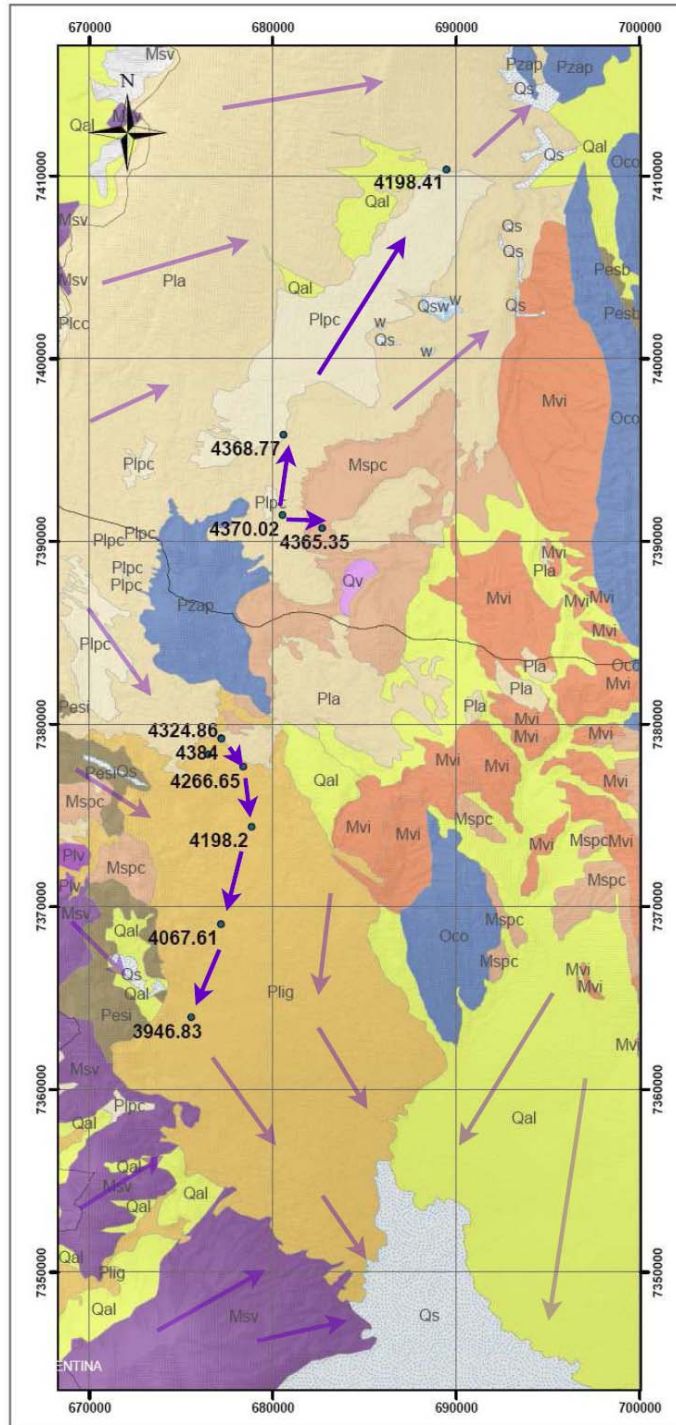


Figura 4.1 Líneas de flujo del agua subterránea obtenidas mediante niveles piezométricos (flechas moradas oscuras) y mediante interpretación (flechas moradas claras). **Oco**: Fm. Coquena, **Pzap**: Fm. Aguada de la Perdiz, **Pesb**: Grupo Sta. Bárbara, **Pesi**: Fm. Siglia, **Mvi**: Sedimentita Vizcachera, **Mspc**: Fm. Pastos Chicos, **Msv**: Conjunto de Volcanes I, **Msqca**: Pórfidos de Quilapana y Ceja alta, **Plig**: Ig. Guaitiquina **Pla**: Ig. Atana, **Piv**: Conjunto de Volcanes II, **Plpc**: Ig. Pampa Chamaca, **Plicc**: Dep. Piroclástico Corral de Coquena, **Qal**: Dep. Aluviales recientes, **Qs**: Depósitos salinos.

almacenamiento. Considerando estos supuestos, a partir de las observaciones de la caída del nivel de agua durante la prueba de bombeo es posible calcular la conductividad horizontal (permeabilidad) y el almacenamiento específico elástico. Este último es la cantidad de agua volumétrica que es almacenada o liberada debido a la compresibilidad del esqueleto mineral y de las aguas en los poros debido a un cambio unitario en el nivel de agua en el acuífero. Cooper y Jacob (1946) basados en las mismas suposiciones que Theis, desarrollaron otra técnica interpretativa muy similar. Existen otros modelos para acuíferos semiconfinados que toman en consideración los flujos desde zonas semipermeables hacia las más permeables tales como los modelos de Hantush y Jacob (1955), Walton (1962). Por otra parte, para acuíferos no confinados existe un modelo comúnmente aplicado para pruebas de bombeo constante desde un pozo que penetra parcialmente la zona saturada, desarrollado por Neuman (1972). Se basa en las siguientes hipótesis:

- El acuífero es no confinado.
- La zona no saturada no tiene influencia sobre el descenso del nivel freático.
- El agua que es bombeada al inicio proviene de una liberación instantánea desde el almacenamiento elástico.
- Al final del proceso el agua viene desde el drenaje de poros interconectados.
- El descenso es despreciable comparado con el espesor saturado del acuífero
- La capacidad específica (almacenamiento en los tiempos tardíos de la prueba de bombeo), es al menos diez veces mayor que la capacidad de almacenamiento elástica.

A diferencia de los modelos antes expuestos, este modelo toma en cuenta los componentes verticales de velocidad, debido a que cuando un pozo está parcialmente penetrado los flujos no son únicamente radiales, sino que existen también flujos verticales en respuesta a la caída del nivel dinámico. Las curvas de caída del nivel versus el tiempo graficadas en escala logarítmica usualmente presentan forma de "S", donde es posible reconocer tres segmentos distintivos: un segmento de pendiente relativa pronunciada en los primeros tiempos, un segmento intermedio relativamente de baja pendiente, y nuevamente un segmento de pendiente relativamente alta en los tiempos tardíos. Hoy en día, la explicación ampliamente usada para explicar esta forma de la curva se basa en el concepto de respuesta retardada de la tabla de agua (Boulton 1954, 1963). El primer

segmento refleja la liberación instantánea desde el almacenamiento y se relaciona con la respuesta elástica del acuífero asociada directamente con el almacenamiento elástico, que puede ser calculado mediante el ajuste del modelo de Theis (1935). El segmento intermedio plano refleja el efecto de la deshidratación que acompaña la caída del nivel de agua. El tercer segmento de pendiente relativamente pronunciada refleja las situaciones donde el flujo en el agua es esencialmente horizontal y la curva de caída del nivel versus tiempo tiende a conformar la curva de Theis. En este momento, las propiedades de almacenamiento son las de un verdadero acuífero libre, obteniendo el valor de la capacidad específica. Este valor refleja realmente el comportamiento a largo plazo de la caída del nivel estático.

4.1.2 Ensayo de Bombeo

Se realizó una prueba de bombeo en el pozo de producción MU-8, perforado con diámetro de 17.5" y habilitado con ciegos y cribas de diámetro 12". La litología del pozo junto con su construcción se muestra en la Figura 4.2. La prueba de bombeo a caudal constante fue realizada durante 74 horas, midiendo en el mismo pozo la caída del nivel dinámico durante la extracción, así como durante el tiempo de recuperación del nivel estático a valores originales de 45 m (Gráfico 4.1). Usando el Software Aquifer Test de Waterloo Hydrogeologics Inc., se ajustaron los datos a las curvas teóricas de Theis, Cooper-Jacob, y Neuman. En la zona donde se ubica el pozo MU-8 no se reconoció el basamento impermeable. Se define un espesor de acuífero de 175 m dado por el nivel estático (45 m) y el límite de habilitación del pozo (220 m).

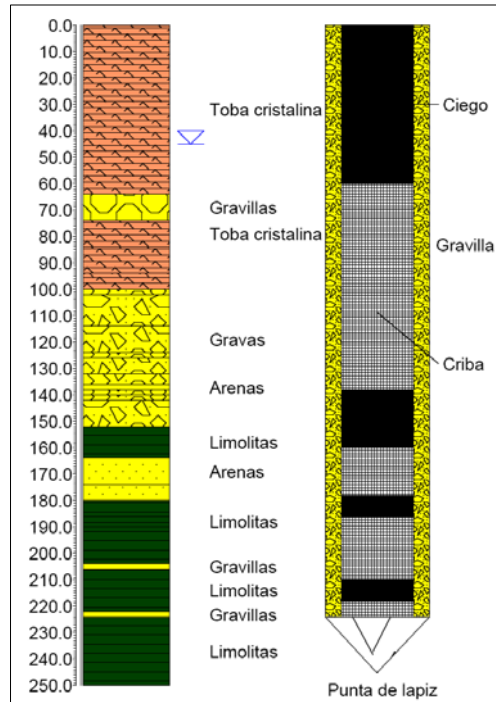


Figura 4.2 Litologías y construcción del pozo MU-8. El nivel estático se sitúa a los 45 m.

El ajuste a la curva de Theis dio como resultado una transmisividad de $31.9 \text{ m}^2/\text{día}$, una permeabilidad de $1.8 \times 10^{-1} \text{ m/día}$. Si se observa con detalle el ajuste a la curva, los datos no parecen tener un comportamiento de este tipo (Grafico 4.2).

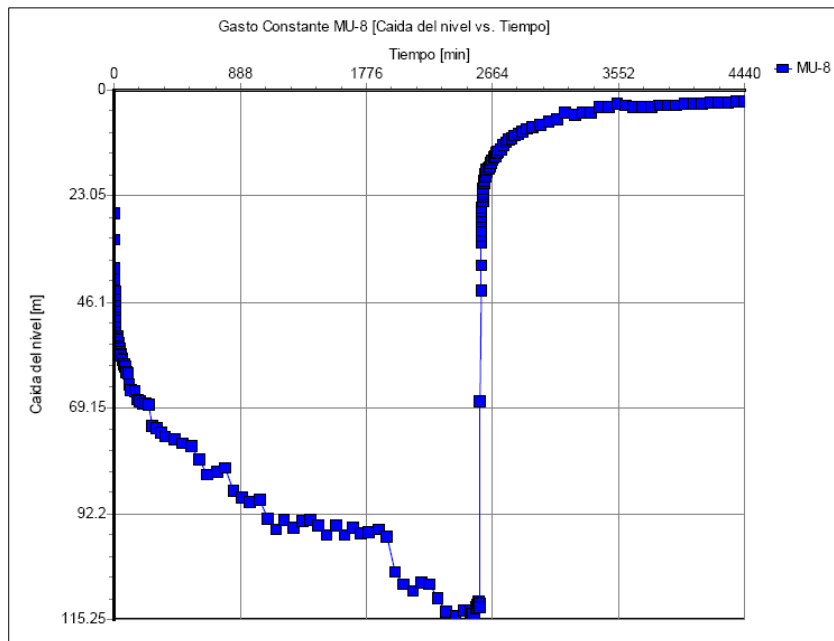


Grafico 4.1 Caída del nivel dinámico en el tiempo en pozo MU-8

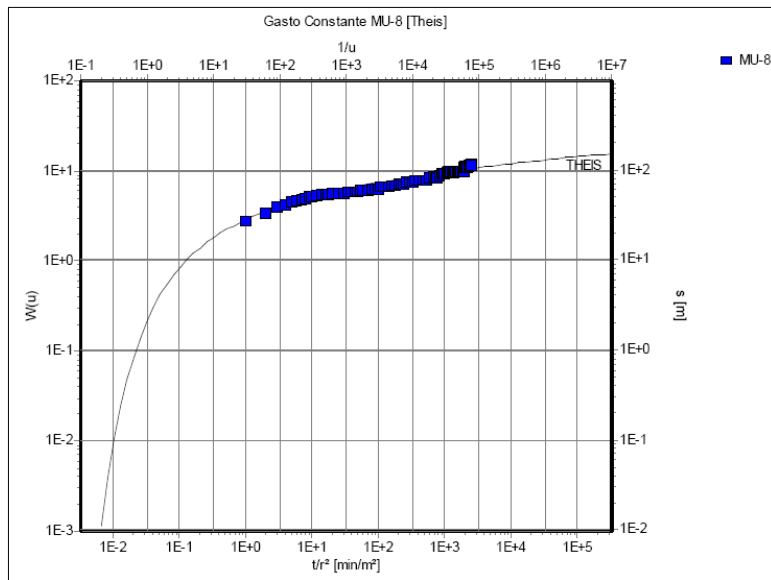


Grafico 4.2 Ajuste de los datos a la curva de Theis para acuífero confinado.

El ajuste a la curva de Cooper-Jacob dio como resultado una transmisividad de de 19.7 m²/día y una permeabilidad de 1.13 x 10⁻¹ m/día. En general el ajuste a la curva no es bueno, por lo que los valores encontrados no parecen representar al acuífero (Grafico 4.3).

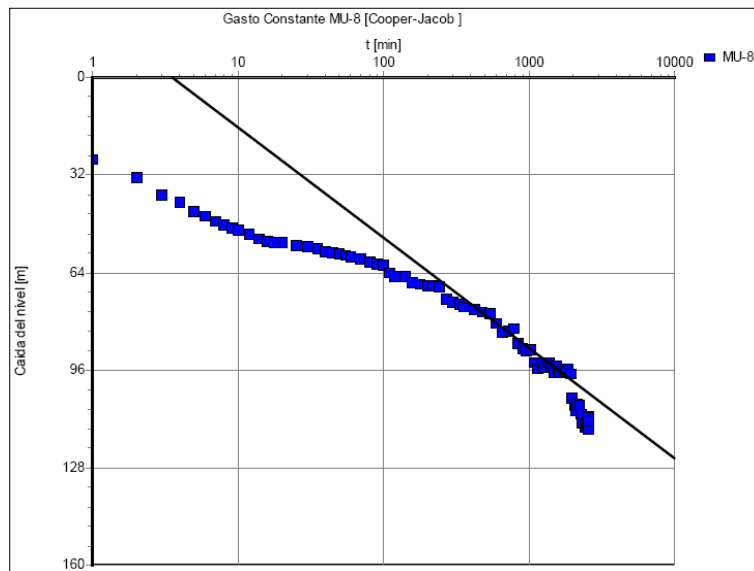


Grafico 4.3 Ajuste de los datos a la curva de Cooper-Jacob para acuífero semiconfinado.

Finalmente, el ajuste de los datos a la curva de Neuman dio como resultado una transmisividad de 11.3 m²/día y una permeabilidad de 6.46 x 10⁻² m/día. Los datos se

ajustan de muy buena manera a la curva, por lo que los resultados obtenidos de transmisividad y permeabilidad parecen representar al acuífero (Grafico 4.4).

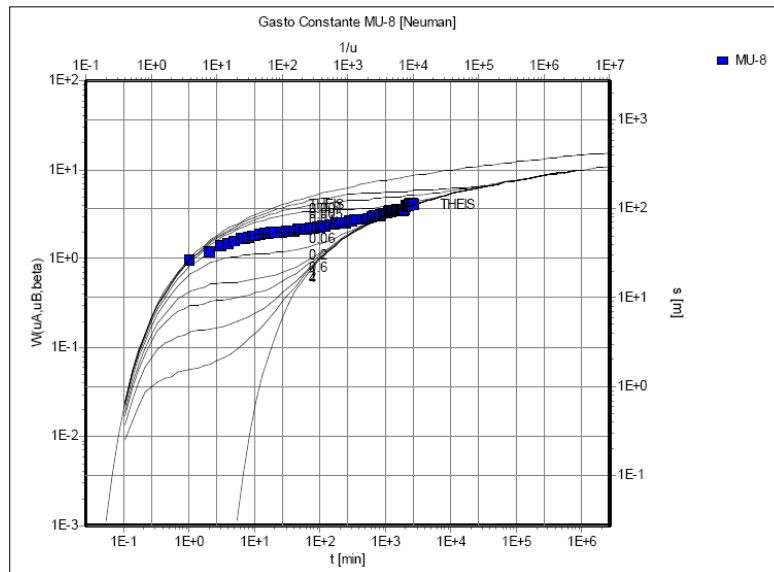


Grafico 4.4 Ajuste de los datos a la curva de Neuman para acuífero no confinado.

El buen ajuste a la curva de Neuman puede explicarse por las siguientes razones: a) este modelo se aplica para acuíferos en que el pozo penetra parcialmente, tal como es el caso del pozo MU-8, b) el acuífero podría ser libre, c) el comportamiento del acuífero podría ser un artefacto de las variaciones involuntarias de la tasa de descarga durante la prueba de bombeo. La permeabilidad se interpreta como la suma de las permeabilidades de las litologías saturadas en el pozo, que corresponden a limos, arenas y gravas. Los valores de permeabilidad del orden de 10^{-2} tradicionalmente se asignan a arenas arcillosas (González de Vallejos et al., 2002), por lo que el valor calculado a través del modelo de Neuman no está de acuerdo con la litología del pozo. Por otra parte, los valores de almacenamiento específico elástico y de capacidad específica no pueden ser calculados debido a que el punto de observación está ubicado en el mismo pozo y a que los cálculos de Theis para estos valores no suponen flujos turbulentos, tal como ocurre en un pozo parcialmente penetrado.

4.3 Unidades Hidrogeológicas

A partir del comportamiento diferencial de los distintos tipos de litologías ante el flujo de agua subterránea, es posible definir unidades hidrogeológicas con características cualitativas de permeabilidad.

4.3.1 Unidad de Basamento Impermeable

Esta unidad esta compuesta por el conjunto de rocas que conforman la Fm. Aguada de la Perdiz, que se extiende en afloramientos en general orientados NS, tanto en los sectores de Mucar como de Sico. Está formada por areniscas finas y limolitas silicificadas, con un espesor mínimo de 300 m. Subyace a todas las unidades hidrogeológicas presentes en el área. Debido a la presencia de vetillas relleno de fracturas, y del fuerte grado de silicificación que afecta a las rocas, provoca que éstas se comporten de manera impermeable ante el paso de fluidos.

4.3.2 Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad

Esta unidad esta compuesta por las rocas y sedimentos limolíticos-arenosos de la Fm. Siglia y de la Sedimentita Vizcachera, que se extienden tanto en Mucar como en Sico. Sobreyace en discordancia angular a la Unidad de Basamento Impermeable y subyace a la Unidad Piroclástica de Permeabilidad Media y a la Unidad Sedimentaria de Alta Permeabilidad. Está formada en la base por areniscas limolíticas de variados colores, bien consolidadas, con intercalaciones de yeso clástico, y hacia el techo por limolitas y areniscas conglomerádicas rojizas pobremente consolidadas, y sedimentos limosos rojizos, con un espesor mínimo de 300 m. Esta unidad concentra el agua en profundidad, pero por sus características litológicas provoca que ésta fluya muy lentamente. Mediciones puntuales de permeabilidad en Mucar indican una permeabilidad de 6.46×10^{-2} m/día, dando de manera amplia a esta unidad una permeabilidad del orden de 10^{-2} m/día (González de Vallejos et al., 2002).

4.3.3 Unidad Piroclástica de Permeabilidad Media

Esta unidad está compuesta por el conjunto de flujos ignimbríticos correspondientes a las ignimbritas Indiferenciada, Pujsa, Toconao, Guaitiquina, Atana y Pampa Chamaca, que se extienden en toda el área de estudio, sobreyaciendo a todas las unidades hidrogeológicas. Está formada por tobas de ceniza cristalinas y vítreas con variado grado de soldamiento y consolidación, con intercalaciones de flujo ignimbríticos basales de granulometría mayor (“surge deposits”), y espesor promedio de 150 m. La permeabilidad primaria de esta unidad depende fuertemente del grado de consolidación y soldamiento de las tobas, así como de la presencia de los depósitos de flujo basal, mientras que la permeabilidad secundaria está condicionada por el grado de fracturamiento. En este caso, la permeabilidad de esta unidad está dada principalmente por la permeabilidad secundaria.

4.3.4 Unidad Sedimentaria de Alta Permeabilidad.

Esta unidad esta conformada por todos los depósitos de gravas que se ubican estratigráficamente bajo la Unidad Piroclástica de Permeabilidad Media y sobre la Unidad Sedimentaria Impermeable y Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad, y que han sido asignadas dentro de la Fm. Pastos Chicos. Espacialmente se distribuyen de manera irregular, encontrándose en sectores en superficie con pequeñas lagunas asociadas, y en otros a gran profundidad donde albergan el agua. Se componen de gravas y gravillas polimícticas con matriz en general de limo, con espesores muy variables en promedio de 50 m. La permeabilidad fluctúa entre 10^1 y 10^2 m/día (González de Vallejos et al., 2002).

4.4 Hidroquímica

Se realizó un muestreo geoquímico de las aguas tanto superficiales como subterráneas para el análisis de elementos totales y de isótopos de deuterio y oxígeno (Fig. 4.3). Se efectuaron 5 muestreos de agua superficial en vertientes, lagunas y ríos: Vertiente Monte Colorado (VMC), Vertiente Salar de Lari (VSL), Vertiente del Salar de Quebrada de Loroguz (LQL), Río Paso Huaytiquina (RPH), y Lagunita en Pampa Pedregal (LPP).

Además se obtuvieron muestras subterráneas de los pozos MU-3, MU-8, MUX-8, SIX-4, y SIX-28 (a, b, c). Entre los elementos que se consideran importantes por ser mayoritarios, se encuentran: calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), sodio (Na^+), potasio (K^+), bicarbonatos (HCO_3^-), sulfatos (SO_4^-), cloruros (Cl^-), y como parámetros de campo, la conductividad eléctrica, la temperatura, y el pH. Para verificar la calidad de los análisis químicos se realizó el cálculo del balance iónico (porcentaje de error) aceptando como máximo un valor de 10% de error, de tal manera que las muestras que superaron este límite no fueron consideradas para fines de interpretación. La fórmula para el balance iónico es la siguiente (Custodio y Llamas, 1983):

$$\%error = \frac{\sum Cationes - \sum Aniones}{\sum Cationes + \sum Aniones} \times 100$$

4.4.1 Elementos Mayores

Para las aguas superficiales, se realizó un muestreo de la química natural, metales totales, e isótopos ambientales, y también se obtuvieron los parámetros de campo (in situ; Tabla 4.3). El balance iónico entregó porcentajes de error menores al 10% para todas las muestras. En cuanto a los sólidos totales disueltos, se registran concentraciones de 475 y 575 mg/l para Mucar, y de 2700 a 3000 mg/l para Sico, teniendo un valor excepcional de 500 mg/l para RPH. Los valores de pH varían de 6 a 7.3, que pueden considerarse normales cerca de la neutralidad. La concentración de elementos mayores se muestra en un diagrama de Schoeller-Berkalof (Grafico 4.5). Se observa que las muestras tienen un comportamiento similar a excepción de la muestra LPP que comparativamente es más pobre en ion bicarbonato. Las muestras VMC y VSL presentan concentraciones totales muy similares (con valores máximos de cloruros), así como también las muestras LQL y RPH, teniendo estas últimas valores comparativamente menores a las primeras.

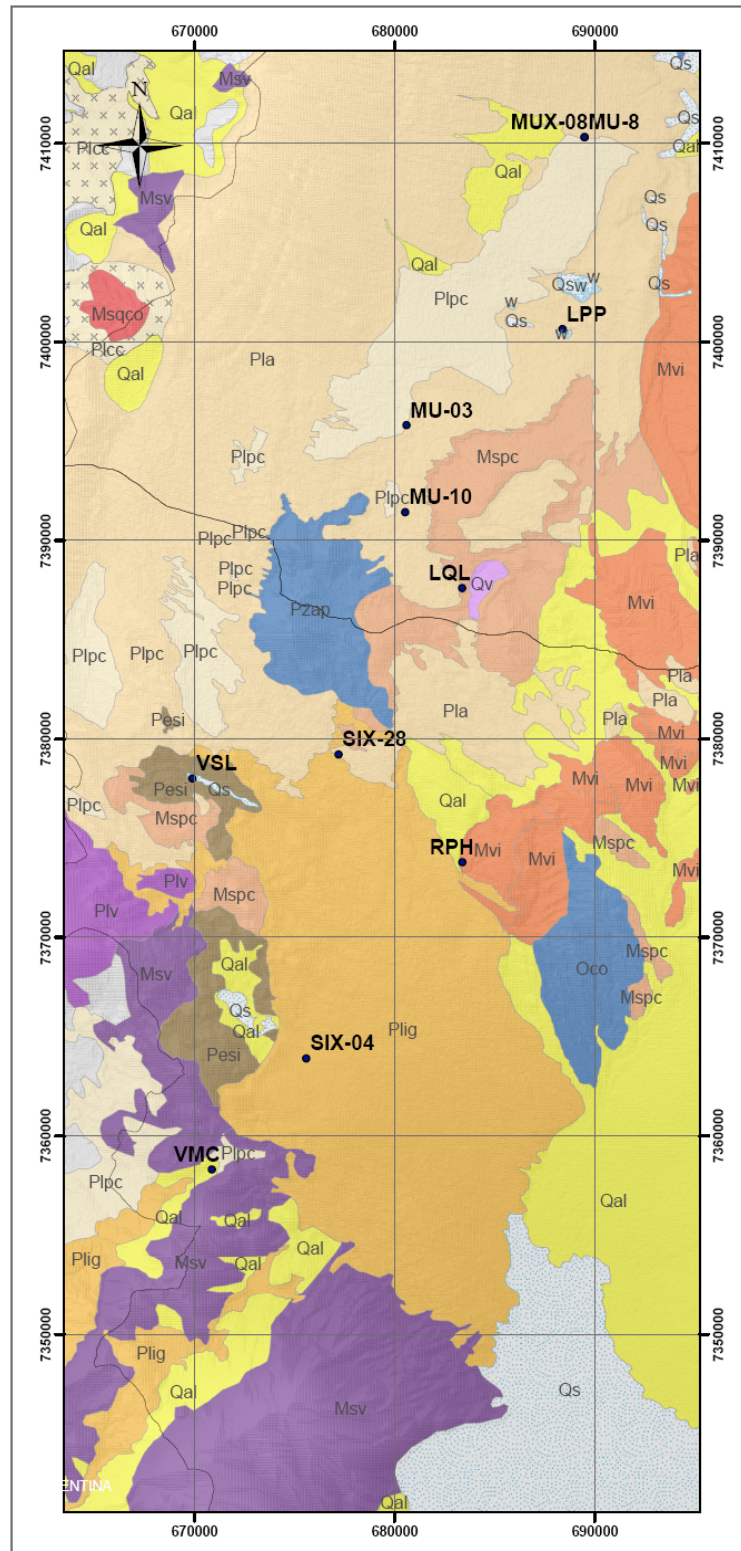


Figura 4.3 Ubicación de muestras de agua superficial y subterránea. **Oco**: Fm. Coquena, **Pzap**: Fm. Aguada de la Perdiz, **Pesb**: Grupo Sta. Bárbara, **Pesi**: Fm. Siglia, **Mvi**: Sedimentita Vizcachera, **Mspc**: Fm. Pastos Chicos, **Msv**: Conjunto de Volcanes I, **Msqca**: Pórfidos de Quilapana y Ceja alta, **Plig**: Ig. Guaitiquina **Pla**: Ig. Atana, **Plv**: Conjunto de Volcanes II, **Plpc**: Ig. Pampa Chamaca, **Plcc**: Dep. Piroclástico Corral de Coquena, **Qal**: Dep. Aluviales recientes, **Qs**: Depósitos salinos.

Tabla 4.3 Muestras de agua superficial y parámetros de campo.

Muestra	Ubicación	Norte (m)	Este (m)	Altitud (m.s.n.m.)	Fecha	Hora	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Ta (°C)	pH
VMC	Vertiente Monte Colorado	7358305	670879	4228	19/06/2008	11:50	3.46	4.7	6.57
VSL	Vertiente Salar de Lari	7378002	669907	4363	19/06/2008	13:30	4.07	6	7.24
RPH	Río Paso Huaytiquina	7373779	683402	4225	19/06/2008	14:30	0.79	3.1	7.93
LQL	Vertiente en salar de la Quebrada del Loroguz	7387597	683388	4340	19/06/2008	16:00	0.17	3.5	7.1
LPP	Laguna en Pampa Pedregal	7400640	688399	4284	20/06/2008	12:00	0.88	5.5	6.01

Para definir el tipo de agua del conjunto de muestras superficiales, éstas se grafican en un diagrama triangular de Palmer-Piper (Fig. 4.4). Se observa que la mayoría de las muestras pertenece al tipo cálcico sulfatado a excepción de la muestra LQL que es del tipo sódico sulfatado.

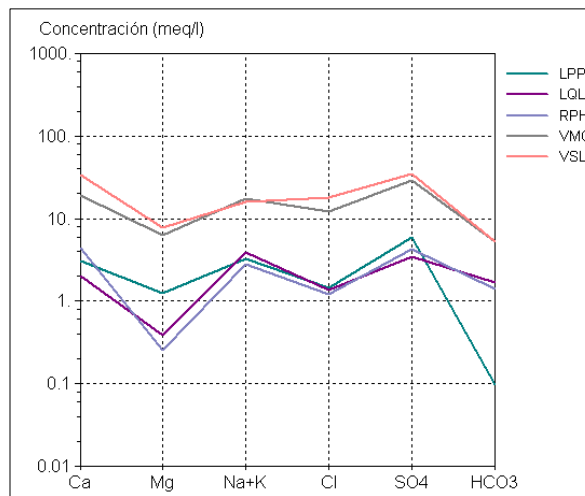


Grafico 4.5 Concentración de elementos mayores (Diagrama Schoeller-Berkalof) de aguas superficiales.

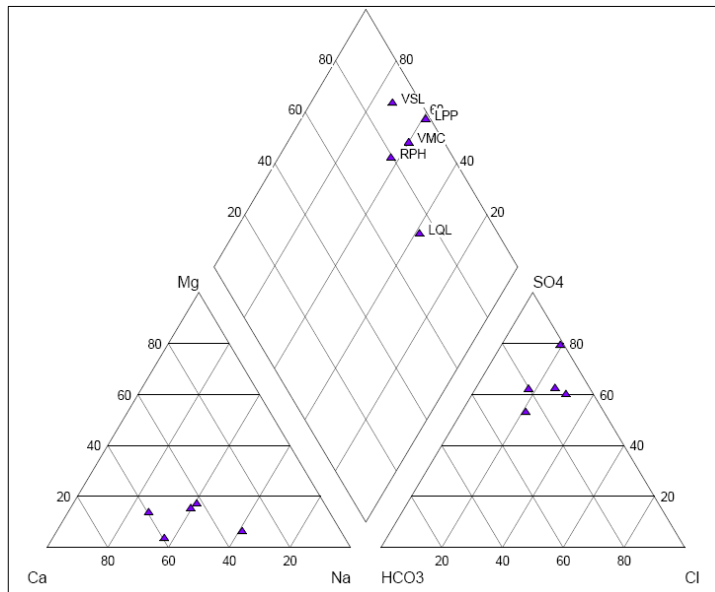


Figura 4.4 Diagrama Dalmer-Piper para aguas superficiales.

En cuanto a las muestras subterráneas, la mayoría posee un error en el balance iónico menor al 10%, a excepción de la muestra SIX-28a. El Pozo SIX-28, desde donde se extrajo la muestra, es un pozo surgente que expulsa agua a la atmósfera de manera intermitente. Debido a esta particularidad y a que la muestra de agua posee un valor muy alto de error en el balance, no será tomada en consideración. Los datos de profundidad, ubicación, entre otros, se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Muestras de agua subterránea.

Pozos	Profundidad (m)	Coordenadas UTM		Fecha	Parámetros Fisicoquímicos	Isótopos Ambientales
		Este (m)	Norte (m)			
MU-03	Bombeo	680600	7395800	19-12-07	Si	Si
MU-10	Bombeo	680540	7391409	03-02-08	Si	Si
SIX-04	262	675600	7363900	10-02-08	Si	Si
SIX-28a	100	677210	7379210	12-02-08	Si	No
SIX-28b	154	677210	7379210	13-02-08	Si	Si
SIX-28c	250	677210	7379210	13-02-08	No	Si
MUX-08	112	689500	7410300	14-02-08	Si	Si
MU-8	Bombeo	689500	7410300	18-03-08	Si	Si

De manera análoga a las muestras superficiales, se grafican los elementos mayores en un diagrama de Schoeller-Berkalof (Gráfico 4.6). Se observa que en general las muestras poseen un comportamiento similar, con mayores concentraciones en sodio+potasio y cloruro, y menores concentraciones en magnesio. La muestra SIX-28b posee valores totales comparativamente más altos a la mayoría, con concentraciones relativamente homogéneas. La muestra SIX-4 es altamente salina, con máximas concentraciones en sodio más potasio y cloruros.

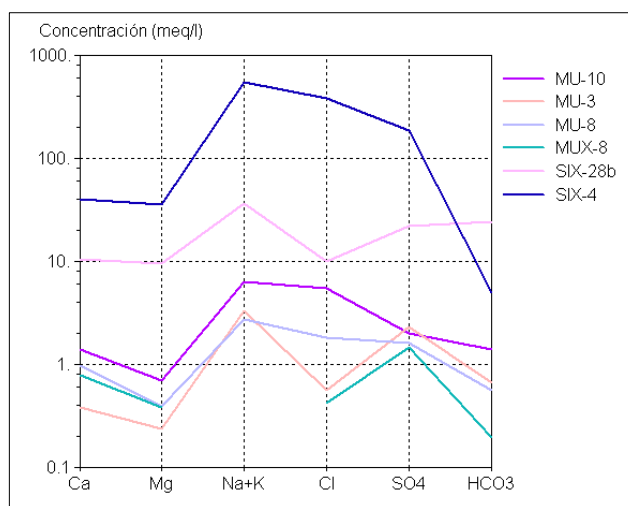


Gráfico 4.6 Concentración de elementos mayores (Diagrama Schoeller-Berkalof) de aguas subterráneas.

De acuerdo al diagrama de Palmer-Piper (Fig. 4.5), la mayoría de las muestras corresponden al tipo sulfatado-clorurado sódico (clorurados: MU-10, SIX-4; sulfatados: MU-3; clorurados-sulfatados: MU-8), a excepción de la muestra MUX-8 que corresponde al tipo sulfatado-clorurado cálcico, y de la muestra SIX-28b que pertenece al tipo sódico bicarbonatado. Existe la particularidad de que las muestras MU-8 y MUX-8 extraídas del mismo pozos, tiene diferencias en la proporción sulfato-cloruro. Esto probablemente se debe a que la muestra MU-8 fue tomada durante la prueba de bombeo, por lo que de alguna forma su química representa a gran parte del acuífero (aguas más salinas), mientras que la muestra MUX-8 fue tomada a una profundidad particular (112 m) manifestando las características químicas más superficiales del acuífero.

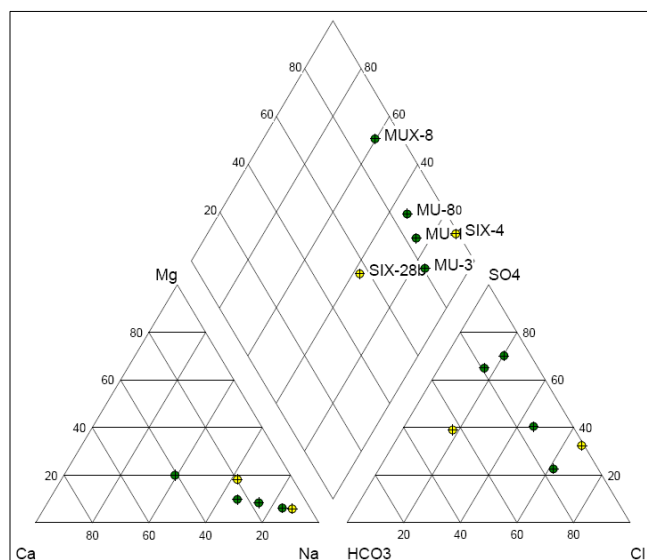


Figura 4.5 Diagrama Palmer-Piper para aguas subterráneas.

La evolución de las aguas de superficie a profundidad queda evidenciada por las diferencias en la química de éstas. Las aguas superficiales son principalmente cálcicas sulfatadas, mientras que las subterráneas varían concentrándose principalmente en el campo sódico sulfatado-clorurado. A su vez, existe divergencia en la proporción sulfato-cloruro en las aguas subterráneas, evidenciando probablemente que éstas sufrieron procesos fisicoquímicos de algún modo diferentes. En cuanto a la calidad de las aguas, de acuerdo a la norma chilena de agua potable NCh 409/1, solamente el hierro presenta de manera generalizada concentraciones mayores a las permitidas, tanto en el pozo SIX-4 y SIX-28 a los 154 m, como en la mayoría de las muestras superficiales (VMC, VSL, LQL, y LPP). La única muestra que presenta más de un elemento minoritario superando

los límites máximos establecidos por esta norma es el pozo SIX-4, que sobrepasa las concentraciones de As, Cr, F y Fe.

4.4.2 Isotopía de Deuterio y Oxígeno

Con el conjunto de muestras se realizó un análisis isotópico de deuterio y oxígeno para comprender el origen y evolución de las aguas. La mayor o menor variación en las cantidades isotópicas de una región dan cuenta de la mayor o menor cantidad de fuentes que dieron origen a las aguas. Las razones $\delta^2\text{H} / \delta^{18}\text{O}$ registradas en la precipitaciones en el norte de Chile generan la Línea Meteórica Local (LML), que en algún modo puede diferir de la Línea Meteórica Global (LMG) definida por Craig (1961). La comparación entre los datos isotópicos de Mucar y Sico con la LML entrega información clave sobre los procesos (evaporación, mezcla) que ha sufrido el agua hasta el momento y lugar que se muestrea. Se graficaron las muestras con datos isotópicos en un gráfico $\delta^2\text{H}$ vs $\delta^{18}\text{O}$, junto con la LML encontrada por Aravena et al. (1999) para el norte de Chile (Gráfico 4.7). Los valores de $\delta^2\text{H}$ varían entre -100.6 y -82.2 mientras que los de $\delta^{18}\text{O}$ varían entre -13.29 y -8.17, siendo éstos rangos muy estrechos. Si se quitan del análisis las muestras SIX-28b y SIX-28c los rangos en que fluctúan los isótopos es aún más ajustado, pudiendo establecer a priori que éstas muestras podrían tener un origen diferente al resto. En cuanto a la tendencia lineal de las muestras, ésta no corresponde a una línea de evaporación local dado que no existe ninguna relación entre el contenido de isótopos pesados y la salinidad (Gráfico 4.8). Sin embargo, todas las muestras del área de estudio, excepto las de SIX-28, están afectadas por el proceso de evaporación. Para las aguas superficiales, este hecho se puede deber a que su flujo probablemente es de tipo subsuperficial, de poco recorrido (no llegan a los niveles limo-arcillosos y por lo tanto no realizan intercambio catiónico con estos niveles) y afectado por evaporación de manera constante y principalmente una vez que aflora como vertiente. Para las aguas subterráneas, dado que en profundidad no pueden ser evaporadas, éstas debieron haber sufrido evaporación previo al ingreso en la cuenca, abriendo la interrogante que exista un flujo subterráneo extracuenca. Las muestras SIX-4 y SIX-28b se alejan del comportamiento de la mayoría: la muestra SIX-4 presenta la mayor salinidad y composición isotópica pesada, dejando en evidencia que ésta podría provenir de aguas

evaporadas, mientras que la muestra SIX-28b tiene una salinidad similar a la mayoría pero presenta valores isotópicos relativamente menores.

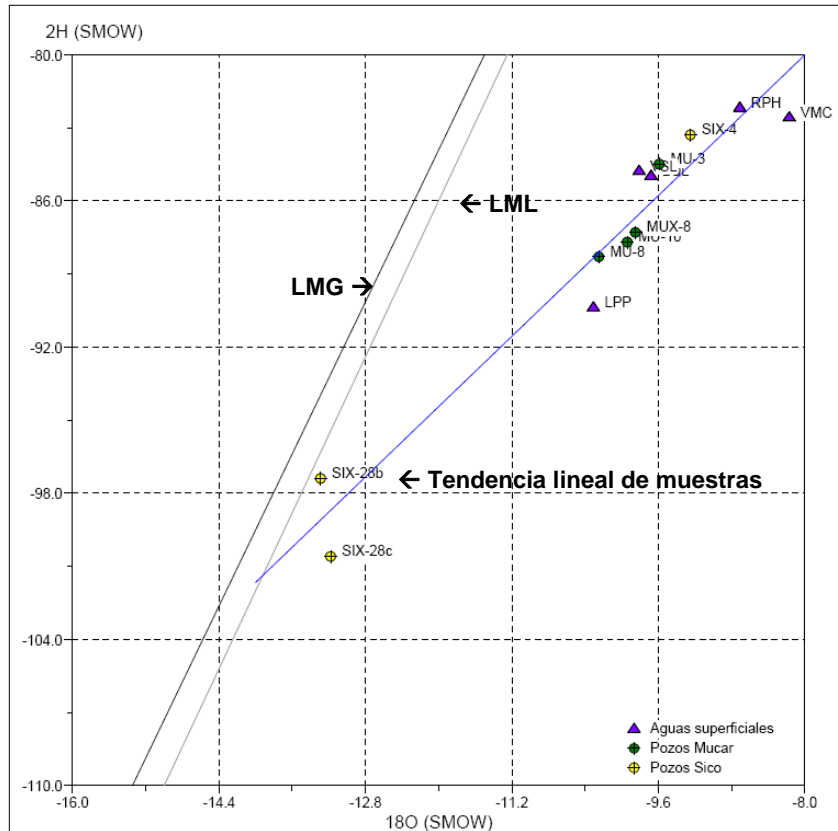


Gráfico 4.7 Composición isotópica de las aguas superficiales y subterráneas. LMG: Línea Meteórica Global (Craig, 1961). LML: Línea Meteórica Local (Aravena et al., 1999). En línea azul se muestra la tendencia lineal de la totalidad de las muestras.

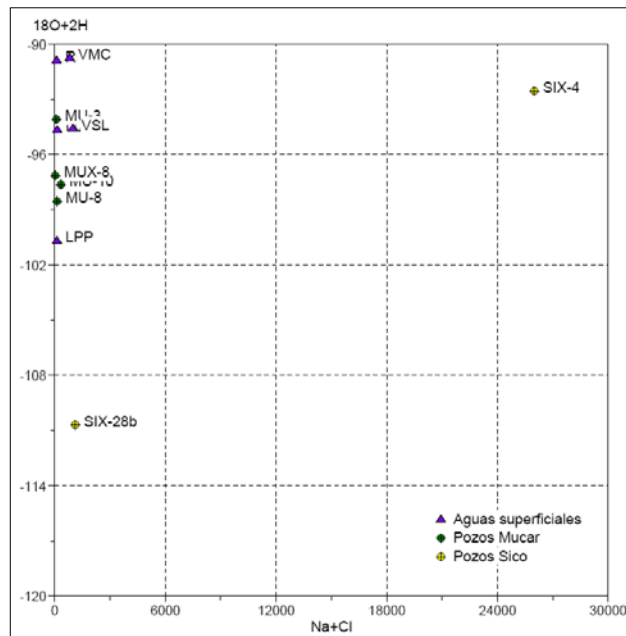


Gráfico 4.8 Relación entre isótopos pesados ($\delta^2H + \delta^{18}O$) y la salinidad ($Na+Cl$).

4.5 Modelo Hidrogeológico

Aunque a simple vista las cuencas de Mucar y Sico parecen ser subcuencas de una cuenca hidrológica mayor, su funcionamiento hidrogeológico es de algún modo diferente. Las aguas que precipitan en los altos topográficos del oeste de ambas cuencas, cercano al límite entre estas, se bifurcan en dos flujos preferenciales de direcciones NNE (hacia Mucar) y SSE (hacia Sico). Evidencia de esto son los niveles estáticos que tienen sus máximos en las proximidades de cerros de Perdiz (límite de cuenca) y disminuyen tanto hacia el norte como hacia el sur.

Las aguas que fluyen subterráneamente por el sector de Mucar, se desplazan primero por la Unidad Piroclástica de Permeabilidad Media concentrándose las aguas en los depósitos piroclásticos basales poco potentes (depósitos de “surges”) que ponen en contacto distintas unidades ignimbríticas. Parte del agua comienza el recorrido por estos niveles hacia el NE oxidando los minerales que componen estos flujos de ignimbrítica (principalmente biotitas), tal como se observa en las secuencias de toba en la laguna de Mucar, y aflorando en quebradas como vertientes puntuales que alimentan lagunas someras y vegas, como las que se encuentran en Pampa Cienaga y Pampa Pedregal, cercanas al límite fronterizo. La química mayor de estos flujos es principalmente de tipo cálcico sulfatado probablemente debido a que no existe intercambio catiónico de calcio con sodio (si fuesen flujos profundos, habría interacción con los sedimentos limo-arcillosos de la Sedimentita Vizcachera), revelando que estos flujos son de tipo subsuperficial, de poco recorrido, y esporádicos en el tiempo (hecho observado a través de vegas muertas y de pequeñas depresiones ocupadas antiguamente por lagunas someras). La isotopía muestra que estas aguas han sido afectadas por el proceso de evaporación, probablemente durante su recorrido y una vez que afloran en superficie. Por otra parte, las aguas que se infiltran más allá de los niveles de “surges” a través de las fracturas existentes en las ignimbríticas, se acumulan en la Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad compuesta por las secuencias limo-arenosas de la Sedimentita Vizcachera, tal como se identifica en los Pozos MU-1 y MU-8. Debido a la interacción con esta unidad, los flujos intercambian cationes de Ca^{++} por Na^+ de las arcillas, generando aguas sódicas sulfatadas-cloruradas, mostrando que su recorrido subterráneo es mayor. Excepcionalmente la muestra MUX-8 es del tipo cálcico debido a que es una muestra de las partes más superficiales del acuífero, que en parte se encuentra en la Unidad Ignimbrítica no realizando intercambio catiónico. La isotopía muestra que los flujos

subterráneos profundos han sido afectados por evaporación, probablemente durante la infiltración hacia zonas profundas. La Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad alcanza espesores potentes cercanos a los 300 m tal como se observa en los pozos antes mencionados y en los perfiles TEM que existen en la zona, albergando la mayor cantidad de agua en profundidad. Dadas las bajas permeabilidades de esta unidad (hecho comprobado mediante prueba de bombeo en MU-8) y dado el buen ajuste del bombeo del pozo MU-8 a la curva de Neuman (1972), su funcionamiento es el de un acuitardo no confinado, cuyo flujo es condicionado por las variaciones en la profundidad del Basamento Impermeable. Los bajos gradientes piezométricos aparentes observados en conjunto con lo observado a partir de la geología de subsuperficie, muestran que el acuitardo es homogéneo y no se encuentra mayormente afectado por estructuras. Las aguas fluyen principalmente hacia el NNE (evidenciado por el descenso en los niveles estáticos y en la mayor presencia de vegas, lagunas y salares hacia el norte de la cuenca) y se ven condicionadas a ascender ante la presencia en superficie de la Unidad Impermeable de Aguada de la Perdiz hacia el sector norte de la cuenca (tal como se observa en las cercanías a la laguna de Mucar), lo que provoca que los flujos afloren y comiencen su evaporación generando cuerpos salinos tales como los salares de Mucar y de Jama. Este último proceso culmina el recorrido de las aguas subterráneas que fluyen desde el W y SW en la cuenca de Mucar. Un esquema representativo de la evolución de las aguas en esta cuenca es presentado en la Figura 4.6.

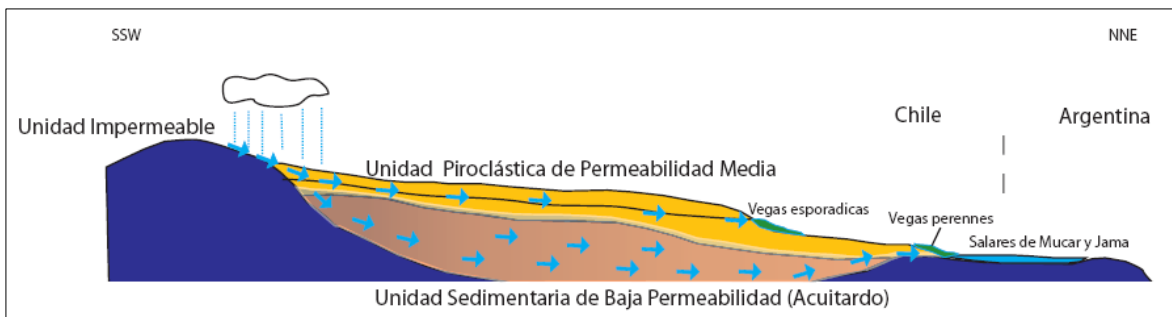


Figura 4.6 Esquema de modelo conceptual de la cuenca de Mucar.

En el sector de Sico, las aguas subterráneas fluyen hacia el SSE, tal como se observa en los niveles estáticos que aumentan de profundidad en esa dirección. Desde que ingresan al sistema éstas se infiltran a través de las fracturas que posee la Unidad Piroclástica de Permeabilidad Media. De la misma manera a lo que ocurre en la cuenca de Mucar, existen aguas subsuperficiales y de poco recorrido que fluyen por esta unidad, y afloran

como vertientes alimentando a vegas. Su química general es del tipo cálcico sulfatado-clorurado, y su isotopía muestra evidencias de evaporación. Esta última probablemente se produce en el recorrido así como también en el momento que el agua aflora en superficie. Parte del flujo subsuperficial desciende hasta los niveles limolíticos-arenosos de la Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad, donde el agua es acumulada continuando su movimiento hacia el SE condicionado por la disminución de la profundidad de la Unidad Impermeable en esa dirección, tal como se observa en el perfil geológico longitudinal de Sico. Esto determina el volumen de agua almacenado en la Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad (acuitardo), provocando que hacia el sur esta cantidad sea mayor. La química general en esta zona es del tipo sódica sulfatada-clorurada producto de la interacción con la roca (intercambio catiónico de Ca^{++} por Na^+), y su isotopía evidencia procesos de evaporación. Por otra parte, probablemente por efecto de confinamiento, parte del agua asciende localmente hasta niveles superiores, lo que es evidenciado por los niveles estáticos anómalos encontrados en el pozo SI-28 y en el pozo surgente SIX-28 que poseen profundidades mucho menores al resto de los pozos cercano. Concordantemente, la química del pozo SIX-28 es diferente a la mayoría, siendo del tipo bicarbonatado sódico y con valores mínimos de isótopos de deuterio y oxígeno. Los valores de gradiente piezométrico aparente observados en los pozos en dirección hacia el sur son en general mayores al 0.1 %, evidenciando un flujo de tipo laminar-turbulento provocado por cambios drásticos en la profundidad de la Unidad Impermeable (hecho comprobado con los perfiles TEM y por la ausencia hacia el sur de rocas de la Fm. Aguada de la Perdiz en los pozos y en superficie). Esto se correlaciona directamente con una disminución repentina en el límite superior de la Unidad Sedimentaria de Baja Permeabilidad provocada por una estructura de tipo normal que ha sido interpretada en el perfil geológico longitudinal. Esta estructura en conjunto con la ausencia de Basamento Impermeable en profundidad se interpreta como parte del sistema de fallas de rumbo Calama-Olacapato-El Toro (Alonso et al., 1984; Salfity, 1985; Chernicoff et al., 2002), que en esta zona presenta movimientos de tipo sinistral desplazando el basamento Paleozoico hacia el oeste por el norte y hacia el este por el sur. Por otra parte, los altos valores de gradiente piezométrico aparente también pueden ser explicados por un cambio en la permeabilidad del medio debido a cambios litológicos importantes, que es el caso del paso de los fluidos desde el acuitardo a la Unidad Sedimentaria de Alta Permeabilidad interpretado a partir de los perfiles geológicos. Cabe agregar que existe la posibilidad de que los niveles estaticos correspondan a distintos acuíferos particionados en forma de

bolsones de agua. Las gravas que conforman esta unidad se con muy bajas resistividades en el perfil TEM longitudinal, lo que revela la acumulación del agua en esta zona. Más aun, la química dada por el las aguas extraídas desde el pozo SIX-4 muestra altos valores de Na y Cl y las máximas concentraciones de isótopos de deuterio y oxígeno, evidenciando que estos fluidos fueron evaporados antes de ingresar en la Unidad Sedimentaria de Alta Permeabilidad. Lo anterior tiene las siguientes consecuencias: a) las aguas provenientes desde el NW (cerros de Perdiz) no son necesariamente las mismas a las encontradas en la unidad de gravas altamente permeable, por lo que es posible deducir que existen dos sistemas, acuitardo por el norte y acuífero por el sur, no precisamente conectados, lo que explicaría los altos valores en el gradiente piezométrico aparente encontrado en esta zona, y b) las aguas evaporadas encontradas en la Unidad Sedimentaria de Alta permeabilidad provienen probablemente desde el NW, donde esta situado el Salar de Siglia (hecho que explicaría los altos valores de salinidad y de isótopos de deuterio y oxígeno). Esto ultimo implica que los flujos en esta unidad apuntan en dirección SE, hecho esperable dado que la zona de descarga de la cuenca de Sico está situada en esa dirección, en el Salar del Rincón. Es entonces en este Salar donde culmina el recorrido de las aguas subterráneas. Un esquema representativo de la evolución de las aguas en esta cuenca es presentado en la Figura 4.7.

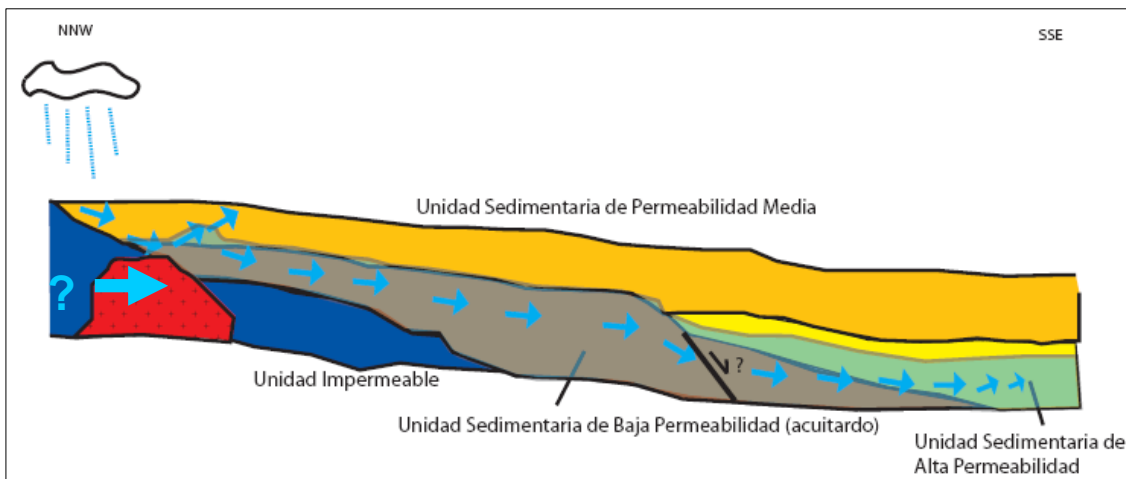


Figura 4.7 Esquema de modelo conceptual de la cuenca de Sico.

5. HIDROMETEOROLOGÍA Y BALANCE HÍDRICO

5.1 Meteorología regional

La región del Altiplano-Puna está dominada por la alta presión subtropical del Pacífico sur, la alta presión subtropical del Atlántico sur, la baja presión continental y la alta presión Boliviana (Andressen et. al, 2007) (Fig. 5.1). En estas latitudes, la Cordillera de los Andes alcanza elevaciones que superan los 4 Km., por lo que representa un formidable obstáculo para el flujo troposférico (Aceituno y Garreaud, 2007) limitando la zona de aridez extrema por el oeste con las condiciones húmedas del este (Garreaud, 2000a). Hacia el final de Octubre, la zona de convergencia intertropical (ZCIT) comienza a desplazarse desde el extremo norte del continente sudamericano hacia la cuenca Amazónica central (Horel et. al., 1989) marcando la llegada del monzón Sudamericano (Zhou y Lau, 1998). El área de precipitación convectiva alcanza su máxima posición sur durante el verano austral (Diciembre-Enero-Febrero) abarcando la zona Altiplano-Puna, entre otras (Aceituno y Garreaud, 2007).

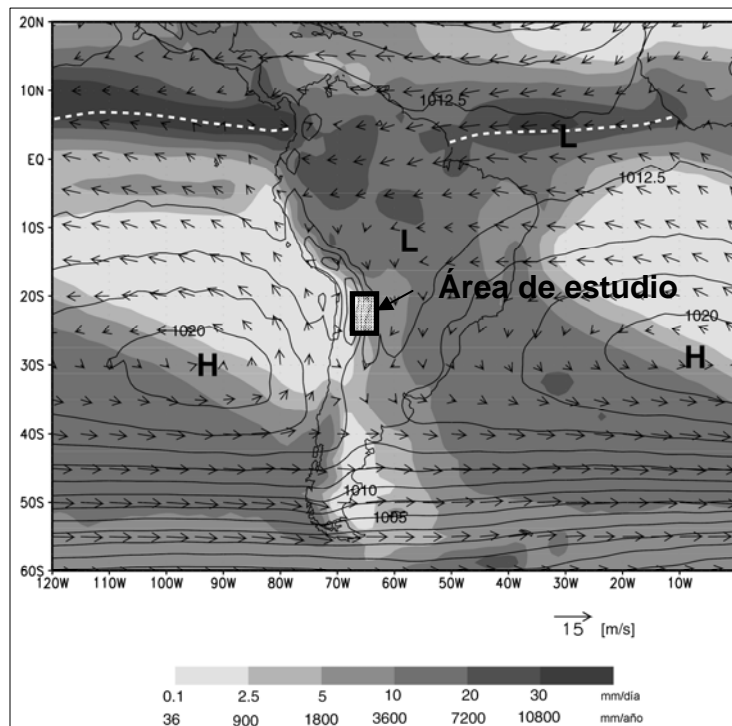


Figura 5.1 Precipitaciones medias anuales, presión a nivel del mar (contornos cada 2.5 hPa), y vientos de bajo nivel. La línea punteada blanca indica la posición media de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) (modificado de Aceituno y Garreaud, 2007).

Debido al gradiente de presión superficial entre el continente (celdas de baja presión en la región del Chaco (Seluchi y Marengo, 2000)) y los océanos adyacentes, los vientos alisios presentes en el Atlántico tropical están forzados a penetrar en el continente generando una corriente en chorro superficial (1 Km. sobre la superficie) en una dirección cercana a este-oeste hasta tornarse convergentes cerca de la Cordillera de los Andes (Saulo et al., 2000, Aceituno y Garreaud, 2007), favoreciendo la advección húmeda desde el interior del continente hacia las zonas altiplánicas (Aceituno y Montecinos, 1997). Sin embargo, los eventos de precipitación ocurren en episodios más bien discretos (con duraciones de unos pocos días) que siendo una característica temporal constante (Hardy, 1998). Por esta razón, según Garreaud (1999b) la presencia de la alta presión Boliviana (circulación anticiclónica en nivel superior, cuyo centro se localiza en 15° S y 65° W) durante el verano austral, es fundamental para la ocurrencia de precipitación sobre el Altiplano favoreciendo la convección de los vientos húmedos del este en los Andes centrales.

Durante el otoño austral (Marzo-Abril-Mayo), los oestes del hemisferio sur retornan al subtropical, mientras que la convección profunda provocada por la ZCIT gradualmente disminuye y comienza a migrar hacia el norte, marcando la partida del monzón del verano Sudamericano hacia el final de Abril (Aceituno y Garreaud, 2007).

Por el contrario, la estación de invierno en el Altiplano-Puna es normalmente seca, interrumpida ocasionalmente por quiebres de masas de aire polar que vienen desde el Pacífico (frentes fríos o vaguadas en la altura) que en ocasiones provocan caídas de nieve (Vuille y Ammann, 1997). Estas condiciones climáticas están determinadas por la influencia del Anticiclón del Pacífico y del Anticiclón del Atlántico que impiden el paso de aire húmedo desde el Amazonas hacia el Altiplano, provocando el predominio de los vientos secos del este (Andressen, 2007).

5.2 Meteorología Local

En la zona de estudio no existen datos meteorológicos directos, por lo que es necesario estimar los valores de precipitación y evaporación mediante registros de estaciones cercanas. En cuanto a la precipitación, se cuenta con datos históricos en 20 estaciones en Chile, 1 estación en Bolivia, y 18 estaciones en Argentina, cubriendo todo el entorno de las cuencas (Fig. 5.2). Para la evaporación, se cuenta con datos históricos de evaporación de bandeja en una estación (Socaire) y valores medios anuales en 7 estaciones.

5.2.1 Precipitación

Se analizan las estaciones en dos grupos, uno compuesto por las estaciones de Chile y Bolivia, y el otro por las estaciones de Argentina. Esta subdivisión se basa en la ubicación de las estaciones: las de Chile y Bolivia se localizan aproximadamente en el margen oeste del arco volcánico; las de Argentina pertenecen principalmente a la cordillera oriental y en menor medida al margen este del arco volcánico. Para generar un gradiente de precipitación vs altura y así estimar sintéticamente las precipitaciones de las cuencas Mucar y Sico, se dividen los datos mensuales de precipitación en dos períodos, debido al carácter bimodal de ésta: a) Noviembre-Abril (Precipitación Altiplánica) y b) Mayo-Octubre (Precipitación Invernal). Con esto, el ciclo hidrológico comienza en Noviembre y finaliza en Octubre.

5.2.1.1 Estaciones de Chile y Bolivia

A partir de los datos de precipitación y para establecer un perfil de precipitaciones vs altura, se establece un rango histórico mensual desde noviembre de 1969 hasta octubre de 2006 (Tabla 5.1). Dentro de este registro, existe información faltante que es necesaria de ser rellenada para poder generar un perfil de precipitaciones. El relleno se realiza como sigue:

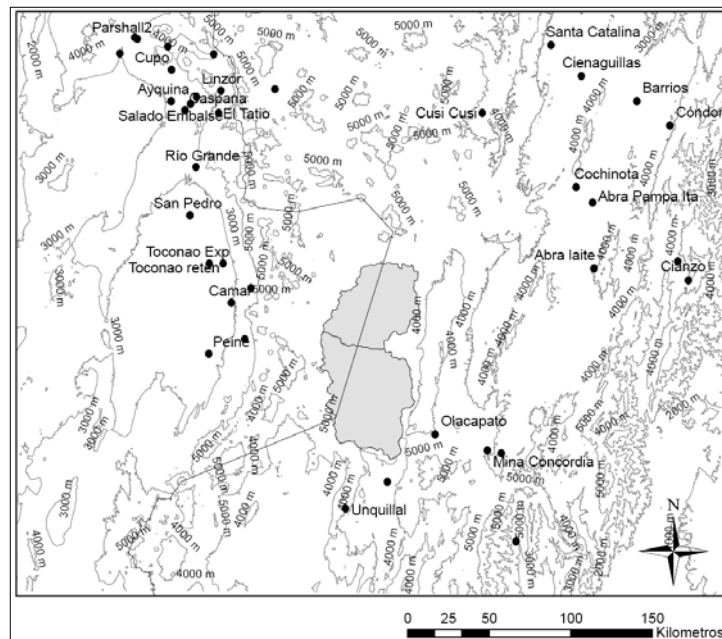


Figura 5.2 Ubicación de estaciones pluviométricas que rodean a las cuencas de Mucar y Sico.

i. Correlación:

Para cada mes y estación E_i se establece el número de datos mensuales iguales a cero (D_0), distintos de cero (D_d), y sin datos (D_s). Del total de ciclos por mes (37), sólo se utilizan las estaciones que tienen completitud en al menos 18 ciclos, esto es:

$$\text{Si } D_0 + D_s \leq 18 \text{ Entonces } E_i \text{ es patrón.}$$

Con este filtro, para cada mes existen P estaciones que sirven como patrón. Cada estación a rellenar se correlaciona linealmente con cada estación patrón P_i , obteniéndose P coeficientes de correlación R_p , a partir de lo cual se busca la mejor correlación entre la estación a rellenar y la estación patrón, es decir:

Para i, k fijos, si

$$R(E_i, P_k) > R(E_i, P_j) \quad \forall j \in [1, P]$$

y

$\Rightarrow P_k$ es la estación patrón para E_i

$$R(E_i, P_k) > 0,55$$

A partir de la ecuación lineal que correlaciona ambas estaciones se rellenan los datos faltantes en la estación E_i . Si no existe ninguna estación patrón que cumpla estas condiciones, no se rellena la estación. Esta operación se realiza mes por mes, hasta finalizar con el ciclo.

Tabla 5.1 Ubicación, altura y años de registro de las estaciones de Chile y Bolivia.

ESTACIÓN	LAT (°S)	LON (W)	ALTURA (m.s.n.m.)	AÑOS DE REGISTRO
Peine	23° 36'	67° 52'	2480	1974-2006
Socaire	23° 41'	68° 5'	3251	1974-2005
Camar	23° 24'	67° 57'	2800	1979-2006
San Pedro de Atacama	22° 55'	68° 12'	2450	1970-1997
Talabre	23° 19'	67° 50'	3600	1995-2006
Toconao Exp	23° 11'	68° 5'	2430	1975-2006
Toconao retén	23° 11'	68° 0'	2450	1975-1991
El Tatio	22° 21'	68° 2'	4320	1977-2005
Linzor	22° 13'	68° 1'	4096	1973-2006
Parshall 2	21° 56'	68° 31'	3318	1970-2006
Río Grande	22° 39'	68° 10'	3250	1977-2006
Toconce	22° 15'	68° 9'	3350	1972-2006
Ayquina	22° 17'	68° 19'	3031	1970-2006
Salado Embalse	22° 18'	68° 12'	3200	1975-2006
Cupo	22° 6'	68° 18'	3600	1978-2006
Ojos de San Pedro	21° 59'	68° 20'	3800	1970-2006
San Pedro de Chonchi	21° 56'	68° 32'	3217	1970-1993
Inacaliri	22° 1'	68° 3'	4100	1970-2006
Caspana	22° 20'	68° 14'	3260	1970-2006
Chonchi en Embalse	22° 1'	68° 37'	3010	1970-2006
Laguna Colorada	22° 12'	67° 42'	4228	1979-2001

ii. Relleno estocástico:

Para los meses que no fueron rellenos mediante correlación lineal, se completan mediante el siguiente criterio: a partir de los datos de todos los ciclos, es posible obtener la probabilidad de que un dato faltante sea distinto de cero y la probabilidad de que sea igual a cero, es decir:

$$\text{Probabilidad de ser distinto de cero } P(1) = \frac{D_d}{D_0 + D_d}$$

$$\text{Probabilidad de ser igual a cero } P(0) = \frac{D_0}{D_0 + D_d}$$

Con esto, para cada dato faltante se obtiene un número aleatorio N_a entre 0 y 1. Si M_i es la media mensual de la estación i en todo el registro histórico, entonces:

Si $N_a \times [0, P(0)]$ entonces se rellena con 0

Si $N_a \times [P(0), 1]$ entonces se rellena con M_i

Con los datos rellenos, a partir de todas las estaciones se obtiene la distribución de precipitaciones típica durante el ciclo hidrológico en las cuencas del altiplano (Gráfico 5.1). Las estaciones que poseen valores de precipitación media anómalos con respecto al conjunto de estaciones con altura similar, son eliminadas para el análisis posterior. Estas estaciones son: San Pedro de Atacama, Toconao exp., Toconao retén, Río Grande, Toconce, Caspana, y Laguna Colorada. Con las estaciones restantes se obtiene el valor de precipitación media mensual y precipitación media por período (Precipitación Boliviana y Precipitación Invernal) (Tabla 5.2).

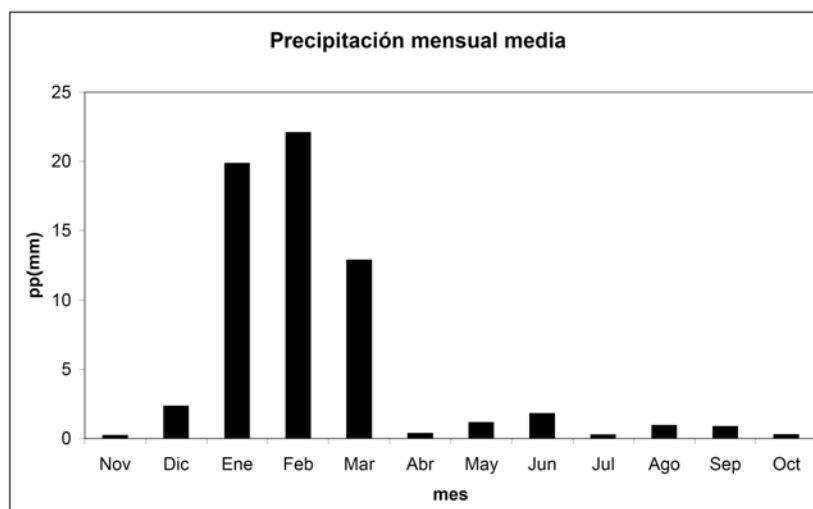


Gráfico 5.1 Perfil de precipitaciones representativo de las cuencas altiplánicas de la II Región. Nótese que las mayores precipitaciones ocurren durante el Invierno Altiplánico mientras que las menores suceden en el Invierno del Pacífico.

Tabla 5.2 Cotas y precipitaciones medias (por período y por ciclo total) obtenidas luego del relleno de datos.

ESTACIÓN	ALTURA (m.s.n.m.)	PRECIPITACIÓN MEDIA ACUMULADA(mm)		
		ALTIPLÁNICA	INVERNAL	TOTAL
Peine	2480	14.50	4.12	18.62
Socaire	3251	29.15	7.52	36.68
Camar	2800	28.29	5.23	33.52
Talabre	3600	46.76	6.88	53.64
El Tatio	4320	136.62	10.56	147.18
Linzor	4096	153.83	8.55	162.38
Parshall 2	3318	25.72	3.81	29.53
Ayquina	3031	38.09	3.71	41.81
Salado Embalse	3200	64.03	4.34	68.37
Cupo	3600	68.97	2.55	71.52
Ojos de San Pedro	3800	61.30	5.14	66.44
San Pedro de Chonchi	3217	25.28	4.00	29.28
Inalaliri	4100	120.33	7.20	127.53
Chonchi en emb.	3010	12.69	2.70	15.39

Con los valores de precipitación media y cota de cada estación se obtiene el gradiente de precipitaciones vs altura para cada período y para el total del ciclo (Fig. 5.4). Para el Invierno Altiplánico la correlación entre precipitación y altura que mejor se ajusta a los datos es de tipo exponencial, con un coeficiente de correlación aceptable ($R^2 = 0.78$). En el caso de la precipitación durante el Invierno del Pacífico, la mejor correlación es también exponencial, pero con un coeficiente R^2 muy bajo ($R^2 = 0.37$) por lo que ninguna estimación es representativa. Para la precipitación Total, la correlación exponencial es muy similar a lo obtenido en la precipitación Altiplánica ($R^2 = 0.78$), debido a la baja influencia de las precipitaciones invernales del Pacífico en el total de precipitaciones

durante el ciclo (Fig. 5.4). Por lo anterior, se escoge utilizar la relación de precipitación total:

$$Pp = 0.78 * \exp(0.0012 * A) \quad (5.1)$$

$$R^2 = 0.78$$

Donde A es la altura del punto a estimar. Con la altura media de las cuencas de Mucar y Sico se obtiene entonces la precipitación anual media de manera sintética (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Precipitación anual media sintética de las cuencas Mucar y Sico.

CUENCA	ALTURA (m.s.n.m.)	PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA (mm)
Mucar	4300	148.40
Sico	4200	131.33

Houston y Hartley (2003) obtuvieron la siguiente relación para las precipitaciones con la altura:

$$Pp = \exp(0.0012 * A) \quad (5.2)$$

$$R^2 = 0.88$$

Existe una última relación de tipo lineal obtenida por la DGA y MOP (Grilli et al., 1987):

$$Pp = 0.11 * A - 295.16 \quad (5.3)$$

Comparando estas relaciones en las cuencas de Mucar y Sico, se observa que las precipitaciones generadas a partir de la relación 5.1 son menores a las obtenidas a través de las relaciones 5.2 y 5.3, dando estas últimas valores similares de precipitación (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Comparación entre la precipitación sintética y la obtenida a partir de otros trabajos.

CUENCA	PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA (mm)		
	Relación 4.1 (este trabajo)	Relación 4.2 (Houston y Hartley, 2003)	Relación 4.3 (D.G.A. y M.O.P.)
Mucar	148.4	174.16	169.24
Sico	131.33	154.47	158.44

5.2.1.2 Estaciones de Argentina

Se cuenta con datos pluviométricos de 17 estaciones argentinas próximas a las cuencas en estudio. En la mayoría de ellas existe registro casi completo de precipitaciones a partir del año 1970 hasta 1990 y excepcionalmente 5 estaciones presentan registros continuos desde 1950 a 1990 (Tabla 5.5). Para mantener el rango histórico que existe en las estaciones chilenas, se tomó el mismo intervalo para las estaciones argentinas.

Tabla 5.5 Registro histórico de estaciones del Noroeste Argentino.

ESTACION	LAT (S)	LON (W)	ALTURA (m.s.n.m.)	ANOS DE REGISTRO
Mina Concordia ^a	24° 12'	66° 24'	3770	1950-1990
Olacapato ^a	24° 7'	66° 43'	3820	1950-1990
Unquillal ^a	24° 32'	67° 15'	4000	1950-1990
Abra Laité ^a	23° 11'	65° 47'	3620	1972-1990
Abra Pampa -Inta- ^a	22° 49'	65° 48'	3450	1969-1990
Castro Tolay, Abdon ^a	22° 15'	65° 33'	3438	1971-1990
Barrios ^a	22° 15'	65° 33'	3500	1971-1990
Cianzo ^a	23° 14'	65° 13'	3415	1971-1990
Cienaguillas ^a	22° 7'	65° 53'	3682	1971-1990
Cochinoca ^a	22° 7'	65° 53'	3682	1987-1990
Coctaca ^a	22° 8'	65° 17'	3573	1971-1990
Cóndor ^a	22° 23'	65° 21'	3850	1972-1990
Cusi-Cusi ^a	21° 20'	66° 28'	3930	1978-1990
Santa Catalina ^a	21° 57'	66° 4'	3802	1972-1990
San Antonio de los Cobres ^b	24° 13'	66° 19'	3775	1949-1990
Salar de Pocitos ^c	24° 23'	67° 0'	3730	1950-1990
La Poma ^d	24° 42'	66° 13'	3015	1974-1991
Susques ^a	23° 26'	66° 30'	3675	1972-1990

Dada la buena continuidad del registro pluviométrico, es posible realizar un análisis a priori de la distribución de las precipitaciones con respecto a la altura antes de hacer el relleno de datos. Con las precipitaciones registradas se obtiene la media anual a lo largo de todo el rango histórico de cada estación (Tabla 5.6), lo que es graficado con respecto a la altura (Gráfico 5.2). Las estaciones que están alejadas del patrón general de las estaciones son eliminadas: Olacapato, Unquillal, Castro Tolay, Abdón, Cienaguillas, Cochinoca, Cóndor, Cusi-Cusi, Salar de Pocitos y La Poma. Es de notar que la variabilidad de las precipitaciones entre estaciones con altura similar es alta. Por ejemplo, comparando las estaciones de Mina Concordia y Santa Catalina que poseen alturas cercanas a los 3800 m, poseen diferencias cercanas a los 80 mm. Por consiguiente, es esperable que cualquier tendencia estimada de las precipitaciones con respecto a la altura tendrá una alta incertidumbre.

Tabla 5.6 Precipitación anual media por período y total de las estaciones argentinas escogidas.

ESTACIÓN	ALTURA (m.s.n.m.)	PRECIPITACION ANUAL MEDIA (mm)		
		ALTIPLANICA	INVERNAL	TOTAL
MINA CONCORDIA	3770	111.46	0.00	111.46
ABRA LAITE	3620	319.25	4.83	324.08
ABRA PAMPA -INTA-	3450	349.86	9.86	359.71
BARRIOS	3500	306.94	18.81	325.75
CIANZO	3415	391.68	20.84	412.53
COCTACA	3573	272.88	14.50	287.38
SANTA CATALINA	3802	173.60	6.58	180.18
SAN ANTONIO DE LOS COBRES	3775	126.57	0.00	126.57
SUSQUES	3675	181.79	1.79	183.58

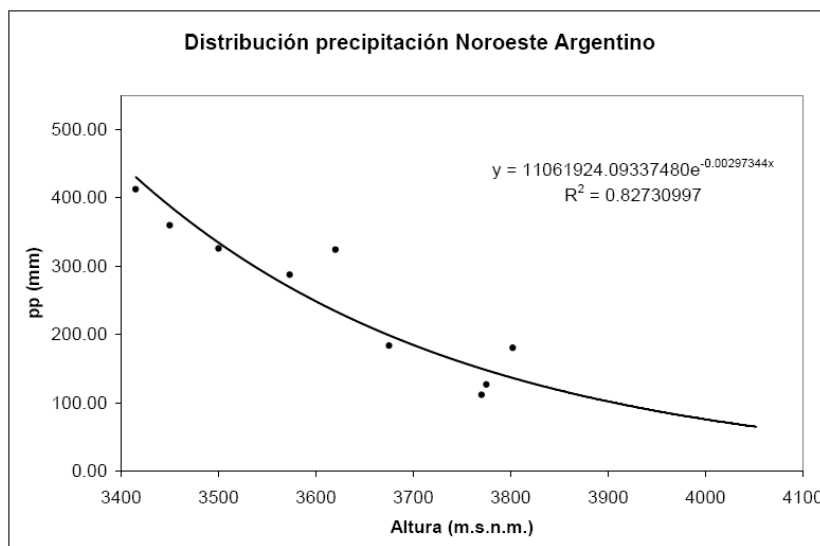


Gráfico 5.2 Distribución de la precipitación vs altura con las 9 estaciones seleccionadas del Noroeste Argentino.

La mejor correlación que se ajusta es de es de tipo exponencial:

$$Pp = 11061924.09 * \exp(-0.0030 * A) \quad (5.4)$$

$$R^2 = 0.83$$

Usando esta relación se estima la precipitación en Mucar y Sico obteniendo precipitaciones considerablemente menores (Tabla 5.7) a las obtenidas con el perfil encontrado en Chile (Relación 5.1).

Tabla 5.7 Precipitación anual media sintética de las cuencas Mucar y Sico generadas con el perfil argentino.

CUENCA	ALTURA (m.s.n.m.)	PRECIPITACION ANUAL MEDIA (mm)
Mucar	4300	30.98
Sico	4200	41.70

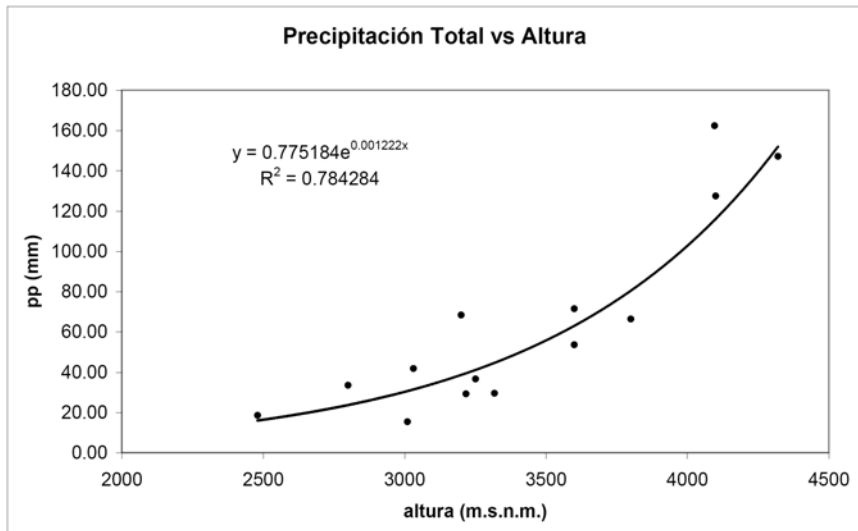
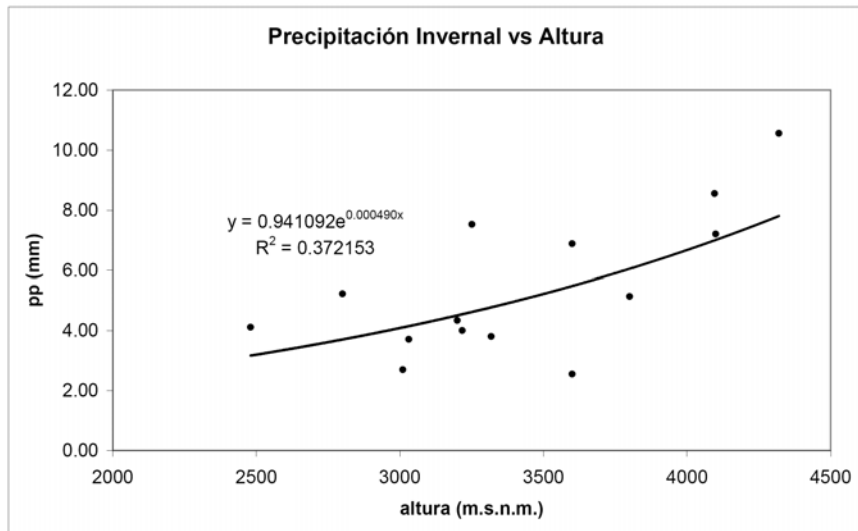
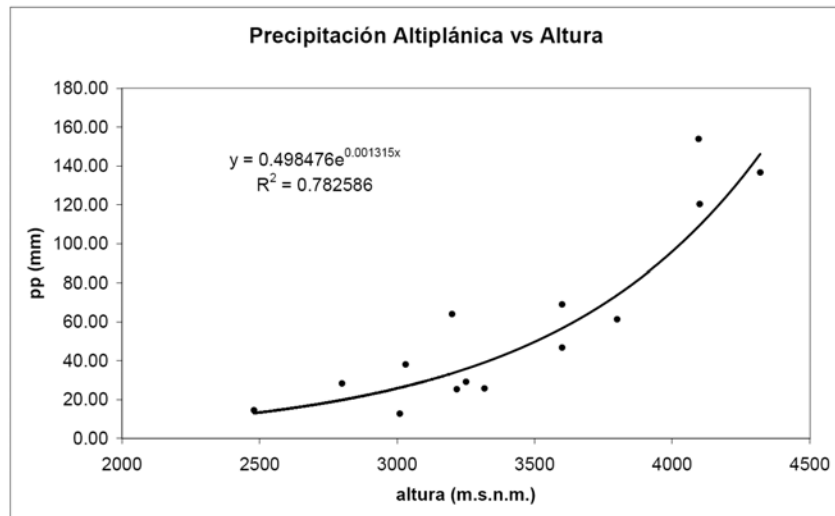


Figura 5.4 Distribución de la precipitación con respecto a la altura en Invierno Altiplánico, invierno del Pacífico, y en todo el ciclo hidrológico.

5.2.1.3 Isoyetas

Con el fin de encontrar la distribución de las precipitaciones según latitud y longitud, se construye un mapa de isoyetas con todas las estaciones que presentan registro histórico. Con los datos obtenidos de precipitación media anual del total de estaciones tanto chilenas como argentinas y bolivianas, resulta el mapa de isoyetas representativo de la región (Figura 5.6). La distribución de las precipitaciones reproduce de manera coherente el régimen pluvial dominado por el “frente boliviano”, mostrando que éstas son aumentan hacia el NE y disminuyen progresivamente hacia el SW.

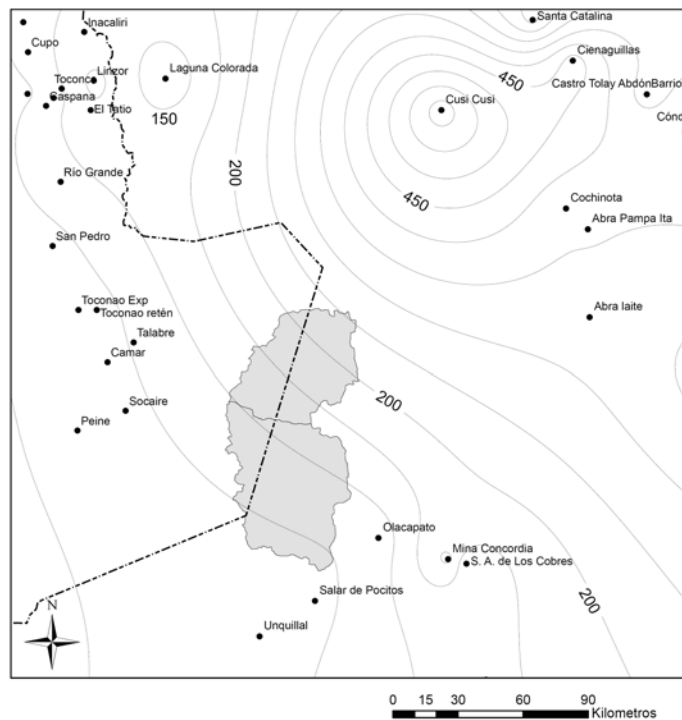


Figura 5.6 Mapa de isoyetas generado con el total de estaciones analizadas.

A partir de esta distribución, es posible calcular la precipitación en las cuencas de Mucar y Sico dividiendo el área total en N áreas con precipitación igual a la media entre dos isoyetas consecutivas, resultando valores ligeramente mayores que los obtenidos mediante la relación 5.1 (Chile) y mucho mayores que los obtenidos mediante la relación 5.4 (Argentina) (Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Precipitación anual media obtenida mediante mapa de isoyetas.

CUENCA	PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA (mm/año)
Mucar	169.02
Sico	79.14

5.2.1.4 Discusión de resultados

Los valores de precipitación obtenidos mediante las relaciones encontradas con las estaciones chilenas y con las estaciones argentinas difieren significativamente (Tabla 5.9). Es de esperar que el comportamiento de las precipitaciones sea distinto en ambos márgenes oeste y este de la cordillera occidental, por lo que dependiendo de la ubicación de la cuenca es más razonable aplicar una u otra relación. En el caso de las cuencas de Mucar y Sico, éstas se encuentran en el margen este de la cordillera occidental y por lo tanto debiera dominar el régimen de precipitaciones dado por la relación 5.4 (argentina). Por otra parte, si se compara esta última relación con los valores obtenidos mediante el mapa de isoyetas, éstos últimos resultados son mayores, sobretudo en la cuenca de Mucar. A su vez, el mapa de isoyetas de Bianchi y Yañez (1992) proyecta precipitaciones del orden de 50 mm en el sector de estudio mientras que un reporte de Argentina Diamonds Ltd. (2004) estima precipitaciones del orden de 60 mm para el Salar del Rincón en la cuenca de Sico, lo que concuerda con lo calculado a partir de la relación 5.4 dentro del rango de error.

En resumen, cualquier relación encontrada a través de estaciones ubicadas en el margen oeste de la cordillera occidental (relaciones 5.1, 5.2 y 5.3) no sería aplicable para las cuencas en estudio, mientras que el mapa de isoyetas parece sobreestimar los valores de precipitación en la cuenca de Mucar. Por lo tanto, se propone utilizar la relación 5.4 (argentina) para estimar las precipitaciones en Mucar y Sico, tomando siempre el resguardo sobre la alta incertidumbre que se tiene.

Tabla 5.9 Resumen de precipitaciones obtenidas en este trabajo y a través de otros trabajos (Houston y Hartley, 2003; DGA)

CUENCA	ALTURA (m.s.n.m.)	PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA (mm)				
		ESTE TRABAJO			OTROS TRABAJOS	
		RELACIÓN 4.1	RELACIÓN 4.4	MAPA DE ISOYETAS	RELACIÓN 4.2 (Houston y Hartley, 2003)	Relación 4.3 (DGA y MOP)
Mucar	4300	148.56	30.98	169.02	174.16	169.24
Sico	4200	131.40	41.70	79.14	154.47	158.44

5.2.2 Evaporación

Para estimar la evaporación se cuenta con un registro histórico de evaporación en bandeja para la estación de Socaire. Debido a que la cantidad de estaciones no es suficiente para realizar el relleno de la información faltante, se eliminan los años incompletos y se obtiene una evaporación anual media con los años restantes (esto se justifica bien debido a que la evaporación no presenta mayores variaciones interanuales). Adicionalmente se cuenta con datos D.G.A. de evaporación anual media de 7 estaciones, de los cuales 4 son obtenidos del Balance Hídrico de la DGA (Grillo et al., 1987) y 3 de Houston (2006) (Tabla 5.10). Todas las estaciones analizadas se encuentran sobre los 3000 m de altura.

Tabla 5.10 Altura, evaporación anual media y años de registro de los evaporímetros de bandeja analizados (ubicación de estaciones en Figura 5.2).

ESTACIÓN	ALTURA (m.s.n.m.)	EVAPORACIÓN ANUAL MEDIA (mm)	AÑOS DE REGISTRO
Socaire ^a	3251	3191	1974-1991
Toconce ^a	3350	3176	1974-1976
Ayquina ^a	3031	3176	1974-1976
Chonchi en Embalse ^a	3010	3431	1974-1977
San Pedro de Chonchi ^a	3217	3285	1968-1976
Inacaliri ^b	4100	2271	1977-1991
Linzor ^b	4096	1984	1977-1991
Ojos de San Pedro ^b	3700	2195	1977-1991

^a DGA

^b Houston (2006)

Con el registro de los 8 evaporímetros, se analiza la distribución de la evaporación con la altura para ajustar la mejor correlación, en este caso lineal (Gráfico 5.3).

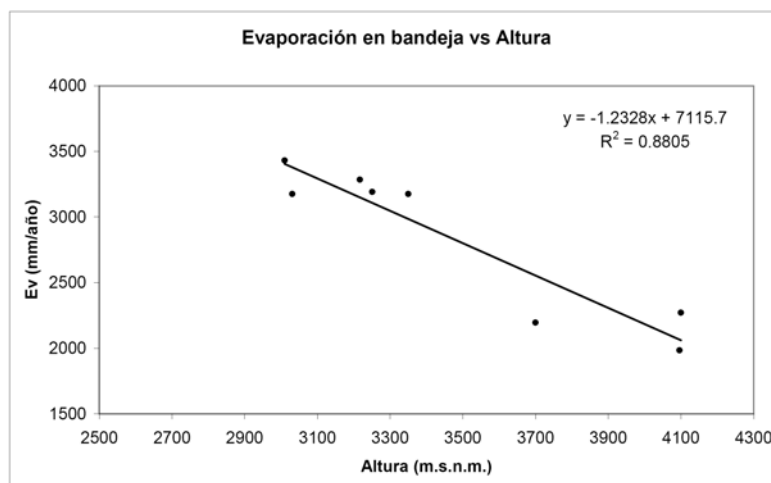


Gráfico 5.3 Distribución de la evaporación en bandeja con respecto a la altura.

A partir de la relación obtenida,

$$E_v = -1.23 * A + 7115.7 \quad (5.5)$$

$$R^2 = 0.88$$

se estima el valor de la evaporación en bandeja para las cuencas de Mucar y Sico, con el error medio asociado (Tabla 5.11).

Tabla 5.11 Evaporación anual media sintética para las cuencas de Mucar y Sico.

CUENCA	ALTURA (m.s.n.m.)	EVAPORACIÓN ANUAL MEDIA (mm)
Mucar	4300	1815
Sico	4200	1938

Houston (2006) calcula la relación para la evaporación en bandeja con la altura para estaciones ubicadas sobre los 1000 m de altura, obteniendo:

$$E_v = -0.59 * A + 4364 \quad (5.6)$$

$$R^2 = 0.86$$

En comparación con lo obtenido en este trabajo, se obtiene aquí un mejor factor de correlación, pero los valores de evaporación son de orden muy similar (Tabla 5.12).

Tabla 5.12 Comparación entre la relación 5.5 (obtenida en este trabajo) y la relación 5.6 (Houston, 2006), para la estimación de la evaporación anual media de manera sintética en las cuencas de Mucar y Sico.

CUENCA	EVAPORACIÓN ANUAL MEDIA (mm)	
	RELACIÓN 5 (± 104 mm)	RELACIÓN 6 (Houston, 2006)
Mucar	1815	1827
Sico	1938	1886

5.3 Balance Hídrico

5.3.1 Base Teórica

Para comprender el funcionamiento hídrico de una cuenca, es fundamental realizar un balance hidrológico que dé cuenta de las entradas, flujos, y salidas del sistema. En términos generales, un balance hídrico no es otra cosa que la aplicación detallada de la ecuación general de balance de masa, o ecuación de continuidad, cuya expresión general es:

$$X = Y + \frac{dS}{dt} \quad (5.7)$$

Donde X representa las entradas al sistema por unidad de tiempo, Y las salidas por unidad de tiempo y dS/dt es la tasa de variación con el tiempo del almacenamiento de masa o volumen en el sistema.

La recarga en las cuencas de Mucar y Sico se produce, principalmente, por precipitación estival provocada por el fenómeno del invierno Altiplánico, de la cual un alto porcentaje se evapora inmediatamente (cerca del 85%) y el resto ingresa al sistema infiltrándose a través del suelo. Por otra parte, dado el carácter endorreico de las cuencas, la descarga se produce exclusivamente a través de la evaporación en salares, lagunas y vegas. Por lo tanto, la ecuación de balance hídrico está dada por la siguiente expresión:

$$Pp_{ef} = Ev_s + Ev_l + Ev_v + \frac{dS}{dt} \quad (5.8)$$

Donde Pp_{ef} es la precipitación que recarga efectivamente en el sistema, Ev_s es la evaporación desde salares, Ev_l la evaporación desde lagunas, Ev_v la evaporación desde vegas.

Dado que el análisis hidrológico se realiza a largo plazo se asume que el sistema se encuentra en equilibrio por lo que el valor de dS/dt se hace nulo. Con esto la relación 5.8 queda como sigue:

$$Pp_{ef} = Ev_s + Ev_l + Ev_v \pm E \quad (5.9)$$

5.3.2 Cuenca de Mucar

5.3.2.1 Recarga

Para la estimación de la recarga se utiliza el valor de precipitación obtenido con la relación 5.4 (Argentina), es decir, 30.96 mm a una altura media de 4300 m. La Dirección General de Aguas propone un valor para la infiltración del 15 % para el norte grande de Chile, y dado que los valores usados en la práctica fluctúan entre 10 y 20% se adopta este valor medio de infiltración. La recarga se calcula entonces a partir de la relación 5.4 y de hipsometría cada 50 m, en un área total de 2116 Km², obteniendo un caudal total de:

$$Q_e = 297.24 \frac{l}{s}$$

Cabe destacar que existe un componente de recarga que no ha sido tomado en consideración, que es la precipitación sólida (nieve). No existen mecanismos simples (Método complejo en Peña et al., 1985) para estimar este tipo de precipitación, por lo que se propone despreciar este valor dado la preponderancia del régimen de tipo estival dominante en la zona de estudio que provoca principalmente precipitación líquida.

5.3.2.2 Descarga

Para la estimación de la descarga se identifican las zonas evaporantes consistentes en lagunas, salares y vegas (Figura 5.7). Estas regiones se delimitan a través de imagen satelital SPOT, obteniéndose la ubicación, y área de cada región evaporante. Mediante la relación de evaporación de bandeja en altura encontrada para este estudio (relación 5.5) es posible encontrar la evaporación de agua libre para estimar luego la evaporación en lagunas, salares y vegas.

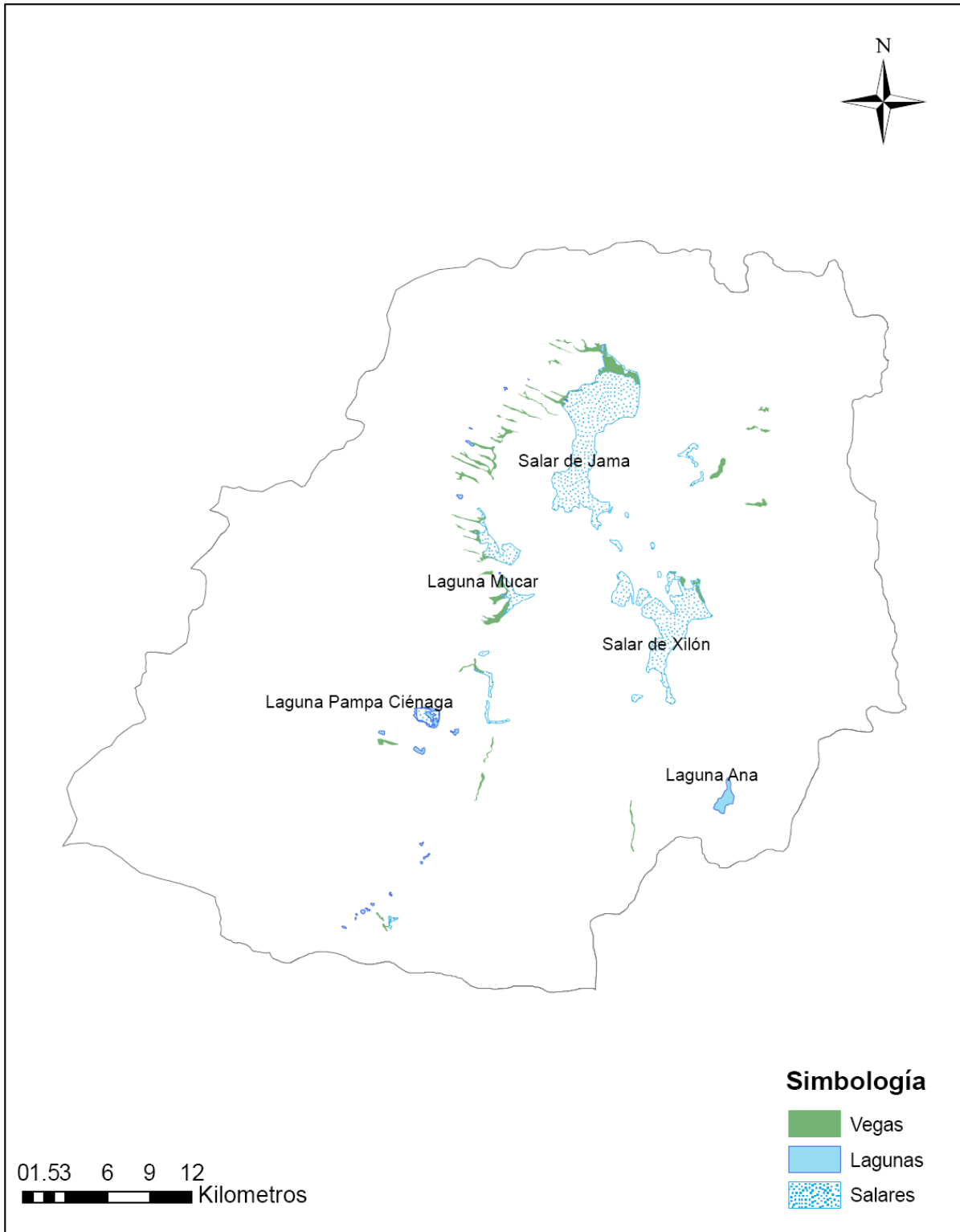


Figura 5.7 Zonas de evaporación en la cuenca de Mucar.

5.3.2.2.1 Evaporación en lagunas

Mardonez (1986) estimó la evaporación desde la superficie de agua libre de las lagunas del Salar de Atacama en base a mediciones de evaporación en estanques evaporímetros tipo A, como:

$$E_{al} = K_e K_s E_t \quad (5.10)$$

Donde E_{al} es la evaporación de agua libre, K_e es un coeficiente de estanque (adimensional) igual a 0.7 de acuerdo con Harza (1978), K_s es un coeficiente de reducción por salinidad (adimensional) y E_t es la evaporación medida en el tanque evaporímetro clase A (evaporación en bandeja).

Dado que no existen datos de salinidad en todos los cuerpos de agua en la zona, se elige el factor de 0.95 como factor de reducción de salinidad, valor obtenido en las lagunas del salar de Atacama para una densidad de 1.045 (Ide, 1975; Muñoz et al., 2004). Con esto, a partir de las relaciones 5.5 y 5.10 se obtiene la evaporación total desde lagunas (Tabla 5.13).

Tabla 5.13 Evaporación de agua libre desde lagunas. La altura media es obtenida a través de hipsometría cada 50 metros.

LAGUNAS	ESTE	NORTE	ALTURA MEDIA (m.s.n.m.)	AREA (m ²)	Eb (mm/año)	error(mm/año)	Eal		
							mm/día	m ³ /hr	l/s
1	694194.51	7412500.69	4175.00	54030.09	1968.76	103.83	3.59	8.08	2.24
2	688588.02	7393750.76	4375.00	31615.37	1722.20	103.83	3.14	4.13	1.15
3	694376.92	7411385.61	4175.00	51494.23	1968.76	103.83	3.59	7.70	2.14
4	688935.09	7392878.56	4375.00	52374.71	1722.20	103.83	3.14	6.85	1.90
5	688580.54	7392430.06	4375.00	22411.75	1722.20	103.83	3.14	2.93	0.81
6	686356.57	7390303.93	4375.00	5124.51	1722.20	103.83	3.14	0.67	0.19
7	686401.93	7390159.71	4375.00	16977.29	1722.20	103.83	3.14	2.22	0.62
8	685103.14	7389490.36	4375.00	33920.53	1722.20	103.83	3.14	4.43	1.23
9	698864.60	7425212.12	4125.00	16138.11	2030.40	103.83	3.70	2.49	0.69
10	683967.28	7388771.25	4375.00	13421.70	1722.20	103.83	3.14	1.75	0.49
11	683902.94	7388490.51	4375.00	10115.43	1722.20	103.83	3.14	1.32	0.37
12	683091.20	7387864.52	4375.00	30859.66	1722.20	103.83	3.14	4.03	1.12
13	701460.60	7428868.91	4125.00	102616.49	2030.40	103.83	3.70	15.82	4.39
14	694521.07	7425917.68	4225.00	2746.53	1907.12	103.83	3.47	0.40	0.11
15	694572.58	7426044.22	4225.00	22711.03	1907.12	103.83	3.47	3.29	0.91
16	685772.60	7401659.08	4275.00	89319.69	1845.48	103.83	3.36	12.51	3.48
17	688442.62	7400387.68	4275.00	238392.45	1845.48	103.83	3.36	33.40	9.28
18	690996.15	7401713.57	4275.00	127690.61	1845.48	103.83	3.36	17.89	4.97
19	693620.97	7425279.70	4225.00	7807.98	1907.12	103.83	3.47	1.13	0.31
20	692065.28	7423212.94	4225.00	9462.77	1907.12	103.83	3.47	1.37	0.38
21	692037.42	7422156.90	4225.00	89059.84	1907.12	103.83	3.47	12.89	3.58
22	691316.93	7418373.29	4175.00	87680.14	1968.76	103.83	3.59	13.10	3.64
23	692414.01	7415842.03	4175.00	42564.13	1968.76	103.83	3.59	6.36	1.77
24	694142.46	7412952.59	4175.00	12743.05	1968.76	103.83	3.59	1.90	0.53
25	684424.37	7388972.41	4375.00	69346.02	1722.20	103.83	3.14	9.07	2.52
26	696198.78	7426672.14	4225.00	1662.89	1907.12	103.83	3.47	0.24	0.07
27	684771.54	7389121.01	4275.00	33273.53	1845.48	103.83	3.36	4.66	1.29
28	689146.77	7402743.28	4275.00	740368.53	1845.48	103.83	3.36	103.72	28.81
29	710632.16	7396929.66	4175.00	1509084.45	1968.76	103.83	3.59	225.54	62.65
TOTAL				3525013.49	1905.50	103.83	3.47	509.90	141.64

Por lo tanto, en un área total de 3.5 Km² se produce una evaporación de agua libre promedio ponderado de 3.47 mm/día. El caudal total de evaporación desde lagunas es entonces:

$$E_l = 141.64 \frac{l}{s}$$

5.3.2.2.2 Evaporación en salares

La evaporación en los salares presenta una complejidad mayor, ya que depende de la profundidad del agua, del tipo de suelo y de la topografía del salar y sus alrededores. En general se asume que la evaporación se produce hasta una profundidad máxima Z desde la superficie del suelo (Mardonez, 1986, Muñoz et al., 2004), por lo que potencialmente existe evaporación más allá de los límites del salar dependiendo de la topografía (siempre y cuando la profundidad del nivel freático no sea mayor a Z máxima).

La evaporación del agua subterránea disminuye exponencialmente a medida que el nivel freático aumenta de profundidad según la siguiente relación (Philip, 1957):

$$E_{as} = E_{al} \exp(-a(z - z_0)) \quad (5.11)$$

donde E_{as} es la evaporación del agua subterránea, E_{al} es la evaporación de agua libre a una profundidad z_0 de la superficie del salar (estimada con la relación 5.10), z es la profundidad del agua subterránea y a es un coeficiente de ajuste para cada tipo de suelo. Dado que la evaporación de bandeja es estimada a una altura igual a la altura de la superficie del salar, entonces $z_0 = 0$. Por lo tanto, para estimar la evaporación desde salares se tienen los siguientes parámetros a ajustar:

- K_s : valor que depende de la salinidad de la salmuera. En el salar del Rincón, según reporte de exploración de la empresa Argentina Diamonds LTD. (2004), la densidad de la salmuera es 1.204 Kg/l, con lo que da un valor de K_s igual a 0.65. Se adopta este valor para la salmuera de Mucar.

- z : Profundidad del agua. No hay valores indirectos para estimar la profundidad del agua subterránea. Sin embargo, por la cantidad de cuerpos de agua y vegas que se ubican alrededor de los salares es de suponer que el nivel no se encuentra a gran profundidad.
- a : Parámetro de la relación 5.11. Muñoz et al. (2004) ajustó este parámetro para distintos tipos de suelo en el Salar de Atacama, valores que varían desde 4.515 en materiales detrítico-salinos hasta 19.74 en núcleo de costra de cloruros y yeso limoso, y adicionalmente estimó la profundidad de extinción para cada tipo de suelo. Asumiendo las mismas profundidades de extinción dadas por Muñoz et al. (2004) se ajusta el parámetro a .

Para estimar la evaporación en los distintos tipos de suelo en cada salar de la cuenca de Mucar, y dada la falta de información edafológica, se utilizan las proporciones en área de los diferentes suelos que existen en el Salar de Atacama encontradas por Muñoz et al. (2004) (Tabla 5.14) y se construyen áreas concéntricas con la misma distribución en el Salar de Jama (Fig. 5.8).

Tabla 5.14 Distribución areal de los distintos tipos de suelo en el Salar de Atacama (Muñoz et al., 2004)

DISTRIBUCIÓN SUELOS SALAR DE ATACAMA	AREA	
	Km ²	%
CLORUROS Y YESO	1695	63.00%
SULFATOS Y CARBONATOS	559	20.78%
DETRITOS SALINOS	436.32	16.22%
TOTAL SALAR	2690.32	100.00%

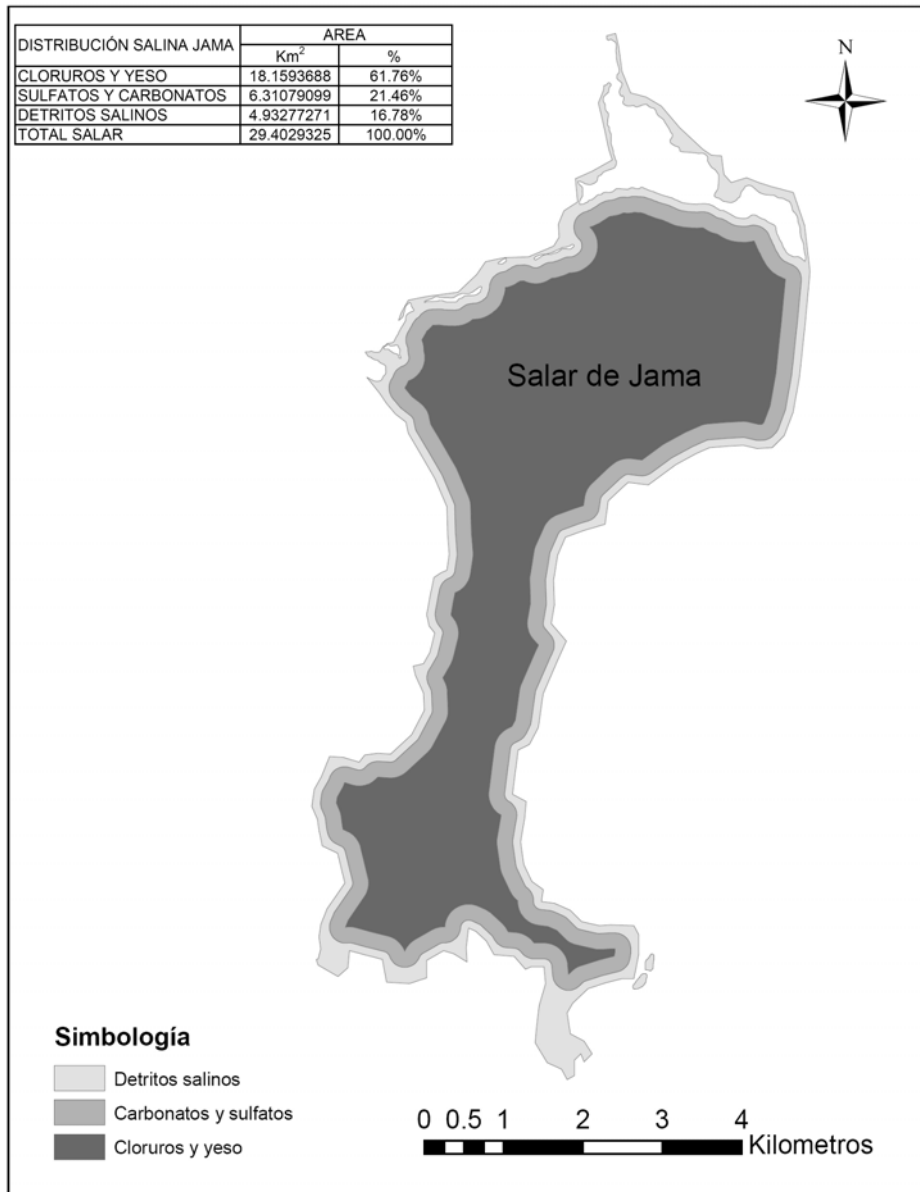


Figura 5.8 Distribución hipotética de suelos salinos en el Salar de Jama.

Al realizar perfiles topográficos transversales al Salar de Jama, es posible calcular un nivel promedio de los puntos más bajos (Figura 5.9). Para tener una noción de la evaporación, se asume que la profundidad del nivel freático está en el promedio de estos valores mínimos, es decir, que el agua aflora en los niveles más bajos del salar. Esto se sustenta básicamente en que existen imágenes satelitales SID en que el salar presenta lagunas someras, y otras imágenes SPOT con el salar sin ellas, mostrando de alguna manera que la variabilidad temporal del nivel freático es no menor (Fig. 5.10). Sin embargo, hay que tener en consideración que suponer una altura determinada del nivel

freático es totalmente especulativo, pero sirve para establecer a priori el orden de magnitud de la evaporación desde el salar.

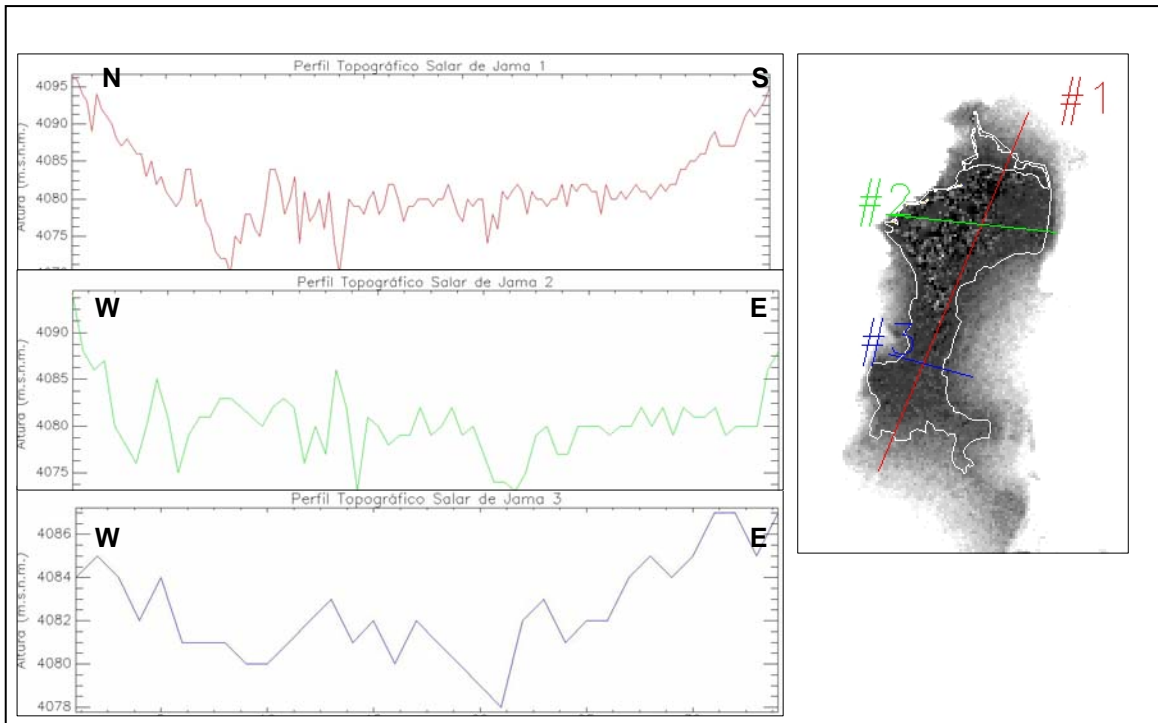


Figura 5.9 Perfiles topográficos transversales al Salar de Jama. Se calcula una altura mínima promedio de 4079 m.

Por lo tanto, teniendo un nivel promedio del nivel freático a 4079 m.s.n.m. se obtienen las isopropundidades en toda el área del salar. Con esto se obtienen áreas con distintas profundidades de agua z bajo la superficie que sirven de parámetro para la relación 5.11. Finalmente se ajusta el parámetro a tomando como condiciones de borde que:

$$E_{as}(0) = E_{al}$$

$$y$$

$$E_{as}(Z) \rightarrow 0$$

Donde Z es la profundidad de extinción de la evaporación para cada tipo de suelo. Aquí se utilizan los valores de profundidad de extinción de Muñoz et al. (2004) para el Salar de Atacama, que son: 0.6 m para cloruros y yeso, 2 m para sulfatos y carbonatos, y 3 m para detritos salinos.

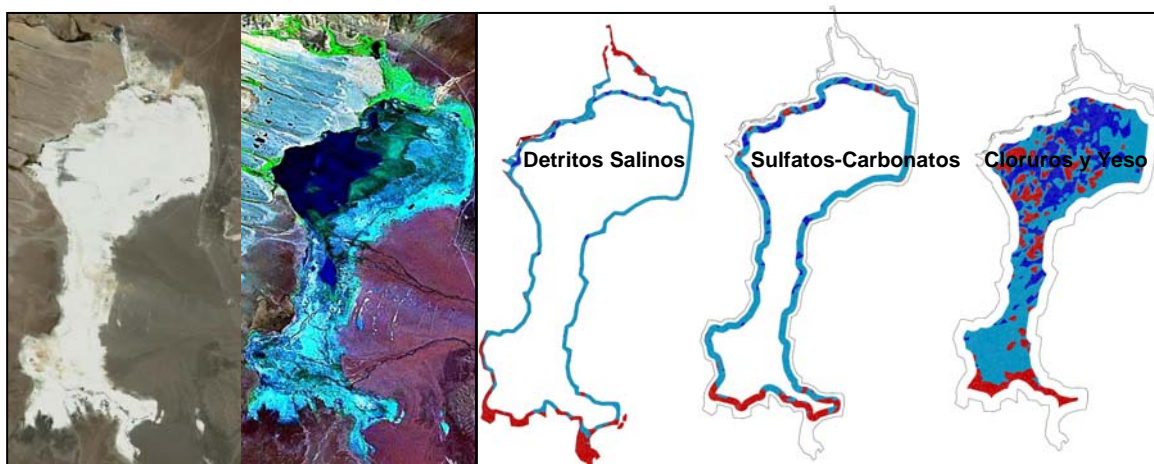


Figura 5.10 Izquierda: Imágenes SPOT y SID del Salar de Jama sin lagunas, e imagen del salar inundado con lagunas. Derecha: Áreas de evaporación en cada tipo de suelo salino: en rojo áreas con nivel freático más bajo que la profundidad de extinción, en celeste áreas con nivel freático entre la superficie del salar y la profundidad de extinción, y en azul áreas donde el agua aflora.

A partir de los perfiles encontrados (Fig. 5.11) y de los mapa de isopropundidades se obtiene la evaporación en cada tipo de suelo y por lo tanto la evaporación total del Salar de Jama (Tabla 5.15).

Tabla 5.15 Evaporación desde distintas zonas y evaporación total del Salar de Jama.

REGIÓN	AREA (Km ²)	EVAPORACIÓN (l/s)
CLORUROS Y YESO	18.16	186.66
SULFATOS Y CARBONATOS	6.31	35.41
DETRITOS SALINOS	4.93	12.09
TOTAL	29.40	234.16

Si se supone que los salares restantes de la cuenca de Mucar tienen un comportamiento similar al Salar de Jama, entonces es posible deducir la evaporación a partir de este salar. En el Salar de Jama la evaporación real alcanza los 234.16 l/s en un área total de 29.40 Km². Si en toda su extensión estuviera colmado de agua evaporaría un total de 860.27 l/s (evaporación de agua libre), pero realmente evapora el 27.22 %. Asumiendo entonces que del total de evaporación de agua libre (Eal) evapora efectivamente este porcentaje (%eff), se obtiene la evaporación real desde los salares restantes (Tabla 5.16).

Tabla 5.16 Evaporación real de salares (sin incluir Salar de Jama).

TOTAL SALARES	Eal (l/s)	% EFECTIVO	Es (l/s)
	768.40	27.22	209.16

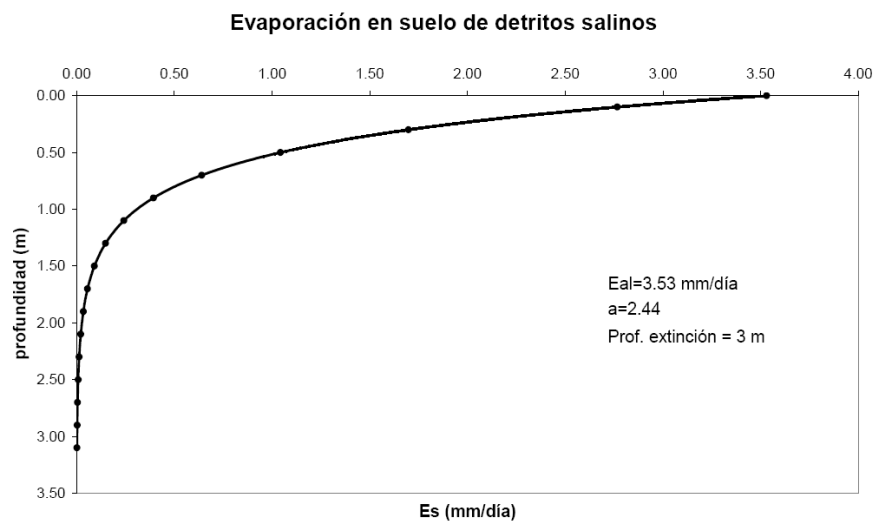
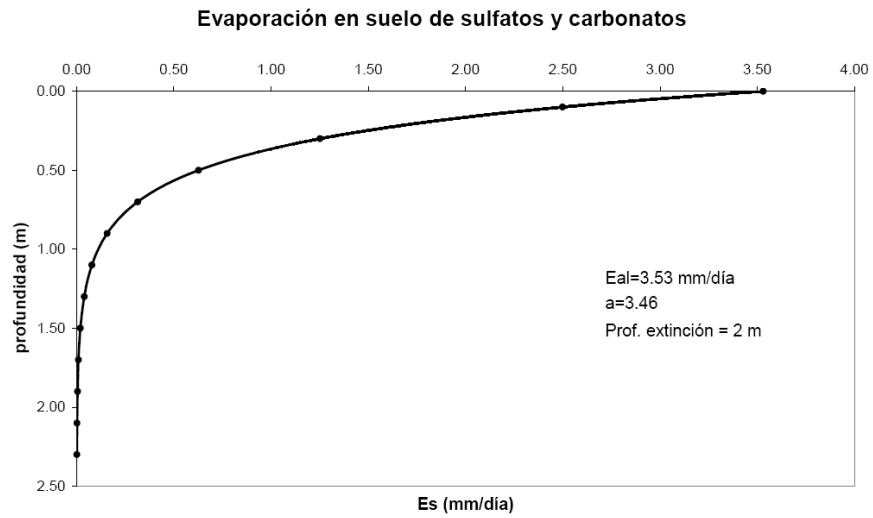
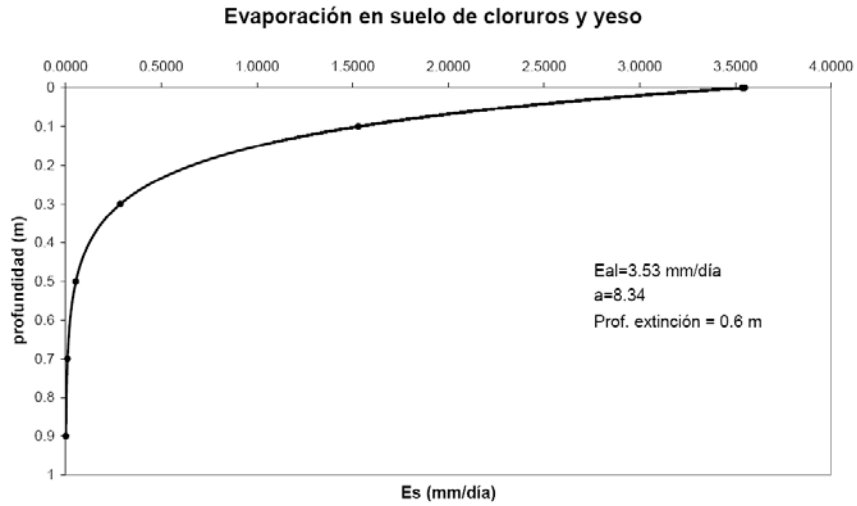


Figura 5.11 Ajuste de la expresión propuesta por Philip (1957) para el área de estudio, para los distintos suelos salinos.

Por lo tanto, el total de descarga desde salares en la cuenca de Mucar es:

$$E_s = 443.32 \frac{l}{s}$$

5.3.2.2.3 Evaporación en Vegas

Para la evaporación desde vegas existe una tasa de evaporación máxima de 3.7 mm/día obtenida del Balance Hídrico de la II Región, de la Dirección General de Aguas. Según estimación de evaporación en bandeja a partir de la relación 4.5 y de la relación 4.6 (coeficiente de estanque 0.7, coeficiente de salinidad 0.95) se encuentra un valor de evaporación de agua libre de 3.59 mm/día. Siendo consistente con las estimaciones, no es correcto asignar a la evaporación de vegas como evaporación de agua libre. Otra forma de estimar la evaporación consiste en asignar un factor de cultivo K_c a las vegas y así calcular la evapotranspiración como sigue:

$$E_v = K_c * E_r$$

donde E_r corresponde a la evaporación de referencia, que en este caso es la evaporación de agua libre. Salazar et al. (2001) asignaron valores de factor de cultivo a vegas de la I Región en Isluga y Chungará, que fluctúan entre 0.24 y 0.76. En este caso se asigna un valor medio 0.54, obteniendo para un área de 11 Km. ² una evaporación total de:

$$E_v = 246.08 \frac{l}{s}$$

5.3.2.2.4 Descarga total

Por lo tanto, sumando la evaporación desde lagunas, salares y vegas resulta:

$$Q_s = 831.04 \frac{l}{s}$$

Se observa que la mayor proporción de la descarga está dada por vegas y lagunas, teniendo cubierta la recarga casi únicamente con las vegas. Esto parece de algún modo erróneo. Se procede entonces a ajustar los dos parámetros con mayor incertidumbre en la descarga (el nivel freático y el coeficiente de cultivo K_c) tal que se cumpla el balance hídrico. El porcentaje de evaporación efectiva (%eff) que es aplicado para el resto de los salares es consecuentemente ahora un parámetro a variar, ya que depende de la evaporación real del Salar de Jama. Con la optimización se obtienen varios escenarios, que en general presentan valores de K_c cercanos a 0.3 y profundidades que a veces superan los 300 m bajo el depocentro del salar provocando que éstos no evaporen. Uno de los escenarios más realistas (que el nivel freático esté cercano a superficie) registra una profundidad del nivel freático de 4075.30 y un factor de cultivo para vegas de 0.27 (Tabla 5.17). El valor de profundidad hace que el conjunto de salares evapore del orden de 34 l/s, valor excesivamente bajo en comparación con el área que cubren los salares. Por lo tanto, se concluye que la recarga en la cuenca de Mucar debe estar subestimada ya sea en la entrada por precipitaciones o por algún flujo subterráneo extracuenca no tomado en consideración.

Tabla 5.17 Resultados de optimización y ajuste del nivel freático y del coeficiente de cultivo (K_c). En negrita están los parámetros ajustados.

Evaporación Jama (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
860.27	2.11%	18.11
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
768.4	2.11%	16.18
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	K_c	Real
457.8309277	0.26	121.31
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
141.64	1	141.64
Nivel freático (m.s.n.m.)	4075.30	
Caudal Entrada (l/s)	297.24	
Caudal Salida (l/s)	297.24	
Diferencia (l/s)	0.00	

5.3.2.3 Balance

De acuerdo con el régimen de precipitaciones, la recarga se produce principalmente por precipitación estival producto del invierno altiplánico. Parte de ésta (cerca del 15%) se

infiltra en el suelo ya sea en el momento de la precipitación o luego a través de escorrentías superficiales esporádicas que culminan antes de llegar a las zonas de descarga. El agua fluye subterráneamente luego para aflorar en las depresiones de la cuenca ocupadas por salares y en sus alrededores por lagunas y vegas. En estas zonas se produce la descarga por medio de evaporación hacia la atmósfera (Figura 5.12).

La diferencia entre el caudal de entrada y el caudal de salida calculado bajo una primera estimación es de -533 l/s, es decir, las salidas del sistema son significativamente mayores a las entradas. Este desbalance se puede justificar por varios aspectos: a) las estimaciones en la recarga podrían estar subestimadas ya sea por el perfil de precipitación o por el factor de infiltración, b) las estimaciones de la descarga podrían estar sobrestimadas ya sea por la distribución areal de tipos de suelo y el nivel supuesto para los salares, así como por la incertidumbre del factor de cultivo y/o de la evaporación de agua libre, c) existe otra entrada de tipo subterránea que no ha sido incluida. A través del ajuste de los parámetros con mayor incertidumbre es posible concluir que probablemente la recarga ha sido subestimada.

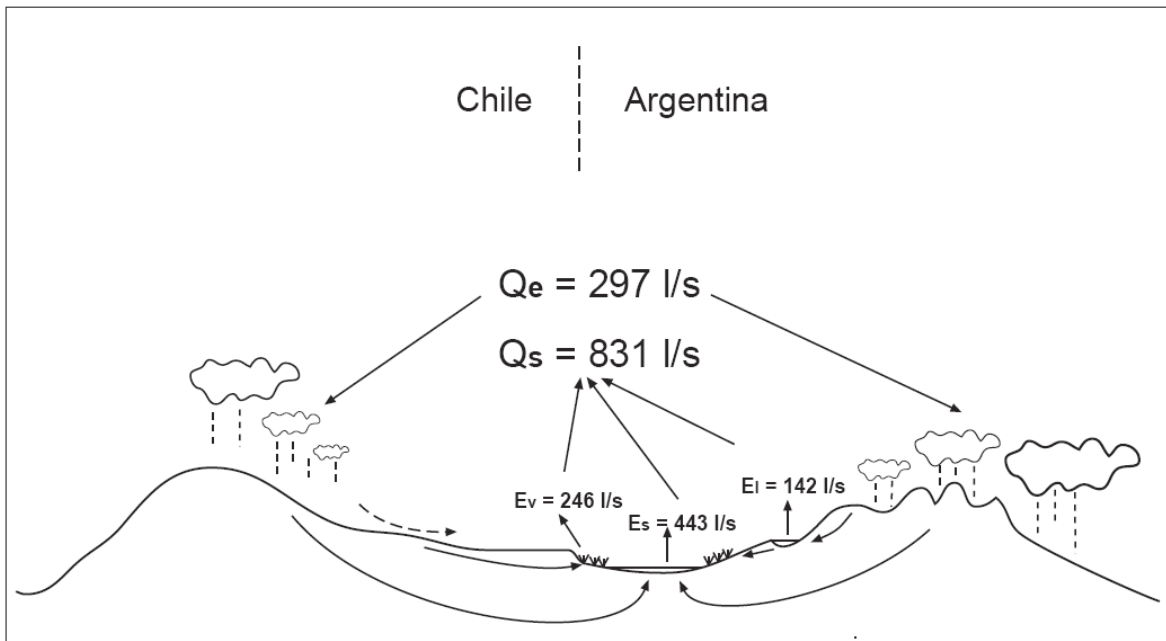


Figura 5.12 Esquema ilustrativo del ciclo y balance en la cuenca de Mucar.

5.3.3 Cuenca de Sico

5.3.3.1 Recarga

Para la estimación de la recarga se utiliza el valor de precipitación obtenido con la relación 4.4. A través de hipsometría y estableciendo un factor de infiltración del 15% al igual que en Mucar, se obtiene la recarga total al sistema:

$$Q_e = 825.77 \frac{l}{s}$$

5.3.3.2 Descarga

Al igual que en la cuenca de Mucar, para la estimación de la descarga se identifican las zonas susceptibles a evaporar, que son lagunas, salares y vegas (Figura 5.13).

5.3.3.2.1 Evaporación en lagunas

Existe sólo una laguna ubicada en el borde oeste del Salar del Rincón, con 0.12 Km² de extensión. Para la estimación de la evaporación se procede análogo a lo efectuado en la cuenca de Mucar, con los mismos parámetros de salinidad y de estanque (Tabla 5.18).

Tabla 5.18 Evaporación de agua libre desde lagunas.

LAGUNAS	ESTE	NORTE	COTA MEDIA	AREA (M2)	Eb (mm/año)	error(mm/año)	Eal		
							mm/día	m3/hr	l/s
1	681,214.75	7,340,628.40	3827.97	121109.48	2396.58	103.83	4.37	22.03	6.12

.Por lo tanto, la evaporación total desde lagunas es:

$$E_l = 6.12 \frac{l}{s}$$

5.3.3.2.2 Evaporación en salares

En la cuenca de Sico existen 3 salares: Salar de Lari, Salar de Siglia, y Salar del Rincón. Este último es el de mayor extensión areal (426 Km²). A diferencia del Salar de Jama, el

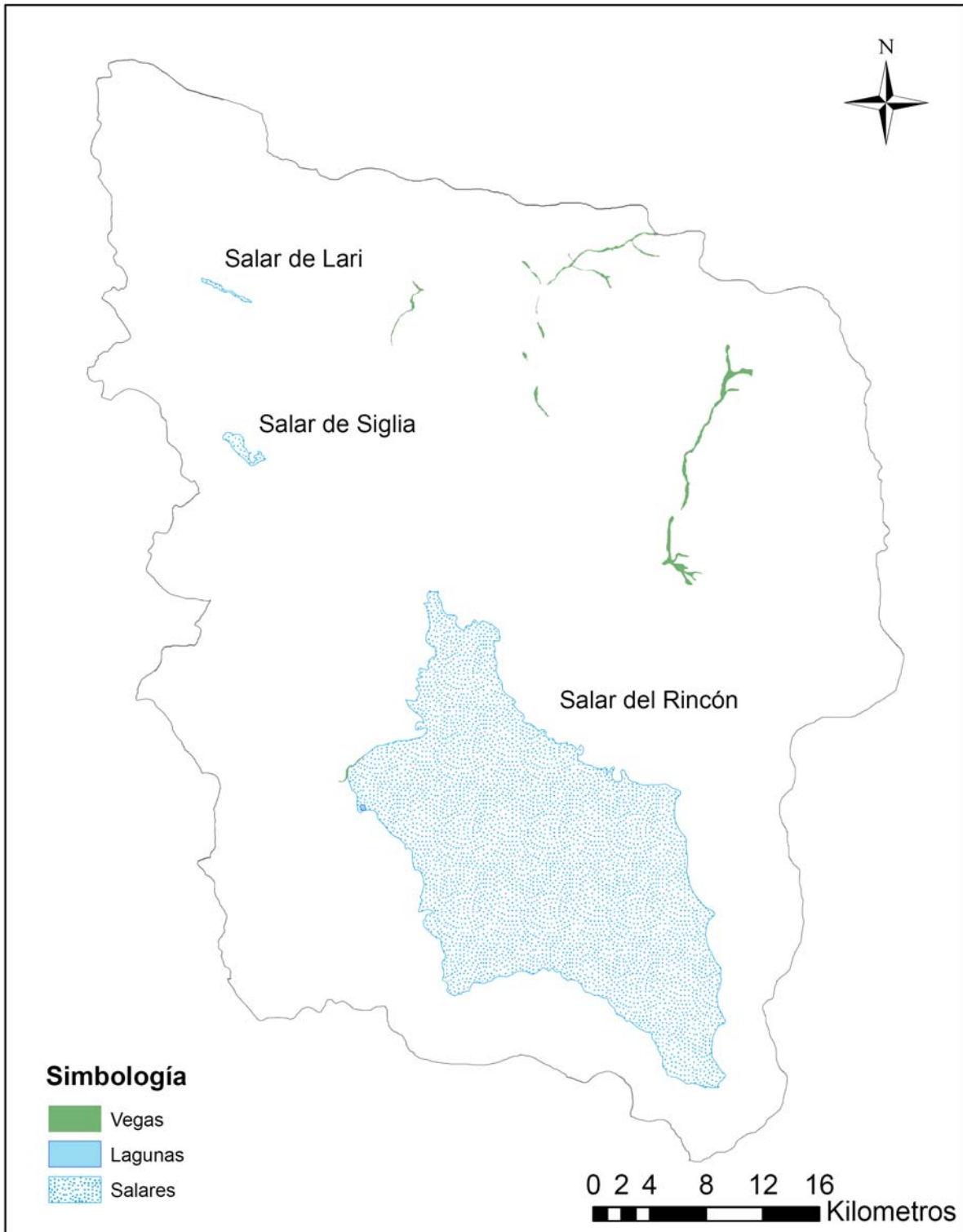


Figura 5.13 Zonas de evaporación en la cuenca de Sico.

Salar del Rincón evidencia claramente diferencias en el tipo de suelo salino. En cuanto a la morfología, este salar presenta una extensa zona deprimida con alturas casi constantes (Fig. 5.14). A partir de las imágenes satelitales SPOT y SID, y comparando con lo descrito en el reporte de Argentina Diamonds LTD. (2004), se delimitan las zonas de cloruros y sulfatos-carbonatos. La zona de detritos salinos se estima hasta una distancia arbitraria de 500 metros desde el límite de cloruros y carbonatos-sulfatos (Fig. 5.15).

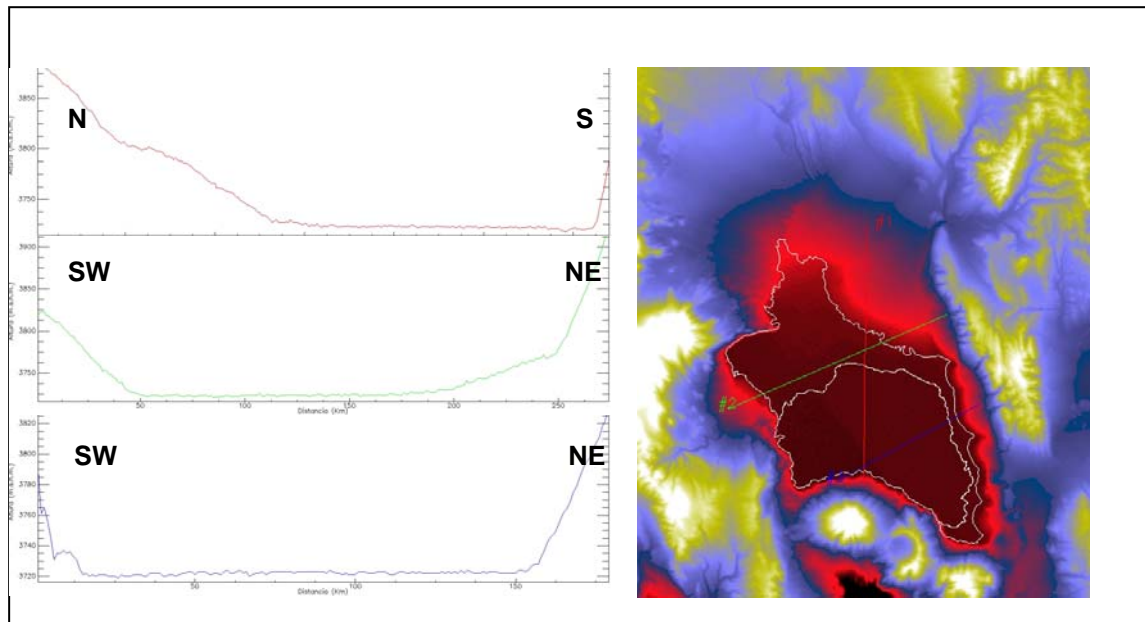


Figura 5.14 Izquierda: Perfiles topográficos del Salar del rincón. Derecha: Topografía del salar y ubicación de perfiles.

De manera análoga a lo efectuado en el Salar de Jama, se establecen los perfiles de evaporación para cada tipo de suelo ajustando el valor del parámetro a según las mismas condiciones (Fig. 5.11). Para tener una estimación de la profundidad del nivel freático, se utiliza el valor de 0.5 m en promedio (Argentina Diamonds, 2004) bajo el núcleo de cloruros. Se calcula entonces la altura media de la zona de cloruros y se sitúa el nivel freático 0.5 m bajo esta altura, que resulta ser 3721.7 m.s.n.m. Con esta configuración y siguiendo la misma metodología dispuesta para el Salar de jama, resulta un valor de evaporación de 3405.18 (l/s) excesivo para el Salar del Rincón (Tabla 5.19).

Tabla 5.19 Evaporación de Salar del Rincón en los distintos suelos salinos

REGIÓN	ÁREA (Km ²)	EVAPORACIÓN (l/s)
CLORUROS	232.18	3085.94
SULFATOS Y CARBONATOS	193.85	226.84
DETRITOS SALINOS	59.82	92.40
TOTAL	485.86	3405.18



Figura 5.15 Distribución salina en el Salar del Rincón. La zona de detritos salinos es hipotética.

Al igual que en la cuenca de Mucar, se utiliza el Salar del Rincón como patrón de evaporación. Del total de evaporación de agua libre (24781 l/s) que se produce en el Salar (altura media 3810 m), se evapora realmente el 13.74 % (3405.18 l/s). Se estima entonces la evaporación real para los salares de Siglia y Lari como el 13.74 % (%eff) de su total evaporación de agua libre. A partir de este supuesto y teniendo la altura media de los salares de Lari y Siglia se encuentra la evaporación total desde salares (Tabla 5.20).

Tabla 5.20 Evaporación total desde salares de Lari y Siglia

TOTAL SALARES	Eal (l/s)	% EFECTIVO	Es (l/s)
	184.59	13.74	25.36

Por lo tanto, el total de descarga desde salares es:

$$E_s = 3430.54 \frac{l}{s}$$

5.3.3.2.3 Evaporación en Vegas

Para la estimación se utiliza la evaporación de agua libre y el factor de cultivo. Para un área de total de vegas de 8.37 Km², con un factor de cultivo Kc =0.54 evapora un total de:

$$E_v = 185.43 \frac{l}{s}$$

5.3.3.2.4 Descarga Total

Por lo tanto, sumando la evaporación desde lagunas, salares y vegas resulta:

$$Q_s = 3622.09 \frac{l}{s}$$

La descarga es sin duda excesiva, sobre todo en la evaporación desde salares. Por esto, se ajusta el valor del nivel freático y del factor de cultivo Kc tal que se cumpla el balance hídrico. Los valores óptimos no son únicos: el factor de cultivo toma valores cercanos a los valores extremos dados por Salazar et al. (2004) e impuestos en la optimización. En cambio, el valor del nivel freático permanece siempre cercano a los 3720 m.s.n.m. El escenario con el factor de cultivo más bajo se muestra en la Tabla 5.21.

Tabla 5.21 Resultados de optimización y ajuste del nivel freático y del coeficiente de cultivo (Kc).

Evaporación Rincón (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
24781	0.03	730.72
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
184.59	0.03	5.44
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
343.39	0.24	83.49
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
6.12	1	6.12
Nivel freático (m.s.n.m.)	3720.12	
Caudal Entrada (l/s)	825.77	
Caudal Salida (l/s)	825.77	
Diferencia (l/s)	0.00	

5.3.3.3 Balance

La recarga se genera en los altos topográficos ubicados en los márgenes oeste, este, y sur de la cuenca (Fig. 5.16). La descarga hacia la atmósfera se produce, en orden decreciente, en el salar del Rincón, Vegas, y en los salares de Lari y Siglia. En una primera aproximación los valores de descarga resultaron excesivamente altos, para una altura del nivel freático a 3721.7 m.s.n.m. Sin embargo, al realizar el ajuste se obtuvo un valor de 3720.12 cercano al valor original, lo que nota la fuerte sensibilidad de la descarga ante pequeñas variaciones del nivel freático. A diferencia de la cuenca de Mucar, el ajuste es capaz de establecer el balance hídrico bajo parámetros (nivel freático, K_c) que a priori parecen aceptables. Es por esto que se concluye que la cuenca de Sico probablemente se encuentra en equilibrio hídrico.

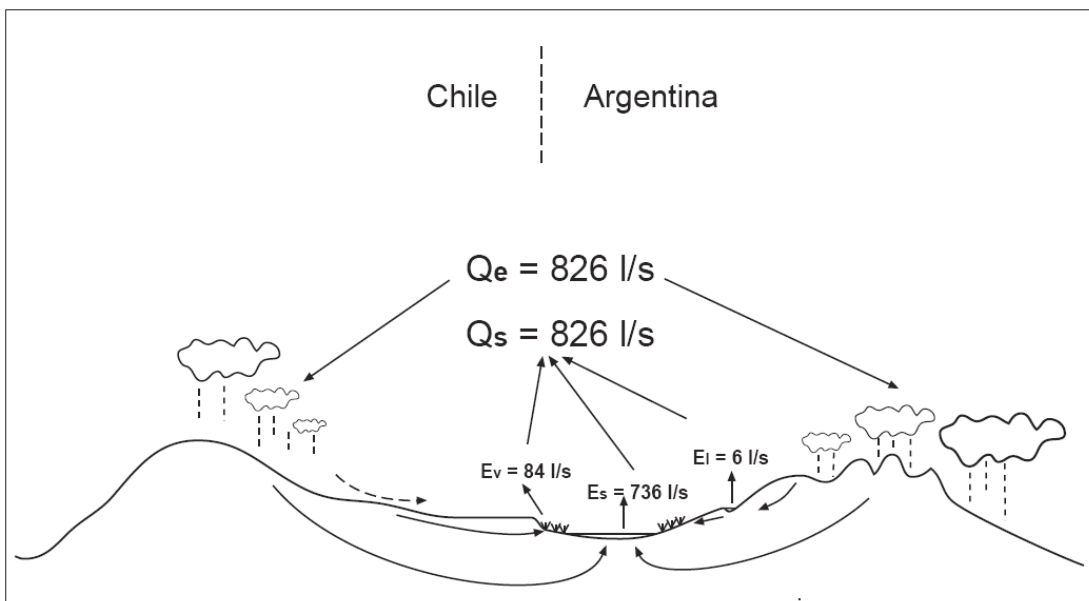


Figura 5.16 Ciclo y balance hídrico en la cuenca de Sico.

6. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

6.1 Discusión

El estudio de las cuencas de Mucar y Sico permite entender el funcionamiento hidrogeológico de cuencas altiplánicas que poseen una configuración geológica volcano-sedimentaria distintiva. A diferencia de las cuencas que se ubican en un ambiente geológico netamente volcánico, la historia geológica pre-miocena ocurrida en cada cuenca condiciona fuertemente el comportamiento hídrico, debido a que diferencias litológicas y estructurales pueden condicionar la forma en que los flujos se desplazan en subsuperficie. Factores tales como la paleogeografía así como el tipo de unidades litológicas que predominan en cada zona, definen las condiciones físicas y químicas que prevalecen dentro de un acuífero. A continuación se discuten los distintos aspectos hidrogeológicos analizados en este trabajo.

El estudio de la geología superficial así como de subsuperficie permite tener una base física que sustente las interpretaciones hidrogeológicas. A su vez, los datos geofísicos ayudan a extrapolar espacialmente las unidades geológicas generando mayor completitud sobre lo que existe en profundidad. Ambas herramientas indican que el basamento paleozoico se encuentra en profundidad de manera irregular e inconstante. Si se observan los afloramientos paleozoicos de superficie es posible distinguir que en general están alineados NS de acuerdo a las estructuras principales de fallamiento inverso, pero que también se orientan NW-SE de manera secundaria de tal modo que hacia el sur los afloramientos aparecen cada vez más hacia el este. Concordantemente, en los pozos de Sico hacia el Sur no se identifica el basamento, mientras que hacia el norte en las cercanías de MU-8 aflora la Fm. Aguada de la Perdiz. Esta configuración es resultante de dos sistemas estructurales principales. El sistema de fallas inversas de bajo ángulo de dirección principal NS y vergencia dominante este, genera que los afloramientos estén orientados en esa dirección y que probablemente su disposición en subsuperficie sea de la misma forma. Por otra parte, el sistema transcurrente Calama-Olacapato-El Toro (Alonso et al., 1984; Salfity, 1985; Chernicoff et al., 2002) de movimiento sinistral cruza por el centro de cuenca de Sico con dirección NW-SE desplazando el basamento paleozoico hacia el oeste por el norte y hacia el este por el sur provocando probablemente la ausencia en subsuperficie de estas rocas en la parte sur del sector chileno de Sico.

Asociada a este sistema probablemente se encuentra la falla normal interpretada en el perfil geológico longitudinal de Sico, que también ha sido identificada en superficie por Gardeweg y Ramírez (1985) (ver Mapa 2.1). Al sur de esta estructura se encuentran los depósitos de gravas indentificados dentro de la Fm. Pastos Chicos, y que presentan una configuración muy similar a los depósitos aluviales recientes de Pampa Mojones, inmediatamente al norte del Salar del Rincón, que también estarían asociados a estructuras transcurrentes de movimiento sinistral. Todo lo anterior indicaría que el sistema de fallas Calama-Olacapato-El Toro tendría también una componente normal en el desplazamiento, siendo responsable de la formación de los depósitos aluviales antiguos que se observan bajo la Ignimbrita Guaitiquina y de los depósitos aluviales recientes al norte del Salar del Rincón. Es notable observar además que la Ignimbrita Guaitiquina se observa únicamente al sur de cerros de Perdiz al igual que la Sedimentita Vizcachera se observa únicamente al NE, lo que puede deberse a la paleogeografía existente antes del Mioceno. Ésta indicaría que cerros de Perdiz ya era un relieve positivo previo a la depositación de la Ignimbrita Guaitiquina y/o de la Sedimentita Vizcachera.

Cabe destacar al margen, que la forma en que se realizaron las perforaciones de pozos dificulta el reconocimiento certero de las unidades estratigráficas, debido a que el material extraído no se encuentra en las condiciones naturales de consolidación, por lo resulta fácil confundir por ejemplo gravas monomícticas con depósitos litificados de alguna roca sedimentaria. Por lo mismo, se hace imprescindible disminuir la incerteza de la distribución de las unidades, siendo de gran ayuda una mejor caracterización de la estratigrafía, por ejemplo, mediante sondajes de tipo diamantina.

En cuanto a la recarga del agua subterránea, existen muchos métodos para cuantificarla y son clasificados principalmente en zona vadosa, respuesta del acuífero, y métodos de flujo de salida (outflow), dependiendo en que parte del ciclo hidrológico se hayan tomado las medidas. Cuando no se realizan mediciones insitu para estimar la recarga con alguno de estos métodos, se hace necesario el planteamiento de varios supuestos, en general sustentados por estudios en otros sectores, para llegar a obtener una aproximación de las entradas al sistema. En este trabajo se estimaron las precipitaciones a través de relaciones de precipitación vs altura, obtenidas con datos tanto de estaciones meteorológicas chilenas como argentinas. Se escogió la relación encontrada con las estaciones argentinas porque la ubicación de las cuencas está al este del cordón volcánico actual, el cual actúa como un biombo meteorológico dividiendo dos zonas con regímenes muy diferentes. Con esto resultaron valores del orden de 40 mm/año para las

cuencas de Mucar y Sico. Sin embargo, aunque esta relación tiene un coeficiente de correlación más que aceptable bajo una buena selección de estaciones, la variabilidad temporal de las precipitaciones en cada estación provoca que en un rango histórico de aprox. 30 años la desviación estándar de los datos sea del orden del promedio. Lo anterior conduce a que, ante la incertidumbre de la temporalidad de los procesos de recarga-flujo-descarga, los valores medios de precipitación no necesariamente representen fielmente al ciclo hidrológico. Teniendo todo esto en consideración, se asumió que una fracción de las precipitaciones infiltra y recarga el sistema. Se definió un valor arbitrario de 15% de infiltración en base al rango utilizado en el norte grande de Chile, cantidad que a priori no puede ser justificada. Sin embargo, el factor puede ser calculado mediante el balance de masa de cloruros. Este ion conservativo es transportado hacia la subsuperficie a medida que la precipitación se infiltra en la tierra. La evaporación removerá una porción del agua que se está infiltrando, concentrándola entonces en cloruro. Maurer et al. (1996) definieron una relación entre la precipitación (P) y la recarga (R) incluyendo las concentraciones de cloruro en las precipitaciones y en el agua subterránea, que para escorrentías superficiales despreciables resulta:

$$R = \frac{C_p}{C_r} * P$$

Donde C_p y C_r son las concentraciones de cloruro en la precipitación y en el agua subterránea respectivamente. Si se asume una concentración C_p igual a 6 mg/l (Houston, 2006) y se observa la concentración de cloruro en las aguas que afloran desde vertientes y que no presentan indicios de mezcla y/o evaporación excesiva (muestras RPH, LQL y LPP), el valor medio de C_p/C_r (infiltración) resulta igual a 13% con una desviación estándar de 1%. Este simple cálculo, bajo los supuestos que lo sustentan, muestra que el valor de infiltración escogido de manera arbitraria está en acuerdo con el valor calculado. Sin embargo, este resultado se basa en medidas puntuales, por lo que la técnica es incapaz de evaluar la variabilidad espacial de la infiltración. Por todo lo anterior, se deduce entonces que en la estimación de la recarga la mayor incertidumbre radica principalmente en la precipitación y no en el factor de infiltración. Más aún, según la IAEA (2001) precipitaciones menores a 200 mm en zonas áridas y semiáridas usualmente resultan en recargas despreciables, por lo que se hace necesario definir con mayor precisión este parámetro para así saber si es que realmente la recarga sucede hoy en día, o si es que las aguas subterráneas son aguas fósiles producto de recargas antiguas. Este problema es de vital importancia para que al momento de decidir la extracción de las

aguas, ésta sea de manera sostenible. Por lo tanto, se hace necesario tener un registro insitu de la precipitación mediante estaciones meteorológicas que además de pluviómetros dispongan de instrumental para medir radiación tanto incidente como reflejada.

Con respecto a la descarga, ante la ausencia de mediciones en terreno de evaporación de agua libre (mediante evaporímetros), evaporación real (lisímetros), y de estudios detallados del tipo de suelo desde donde evapora el agua, se hace necesario imponer supuestos que en muchos casos condicionan fuertemente a la cantidad total de evaporación estimada. La distribución de los distintos tipos de suelos salinos que se dan en una zona de descarga, aunque existe una configuración teórica, es característica de cada salar, por lo que suponer proporciones areales definidas por salares conocidos (por ejemplo, Salar de Atacama) resulta a priori injustificado. Sin embargo, el planteamiento hipotético define una conceptualización de la configuración salina de un salar, teniendo en consideración que la distribución es un factor a ajustar con mayor exactitud en futuros trabajos. Se hace necesario entonces, conocer los tipos y proporciones de suelo que se presentan en los distintos salares de las cuencas Mucar y Sico. Para estimar la evaporación en cada tipo de suelo se ajustaron curvas de disminución exponencial evaporativa bajo una profundidad de nivel freático arbitraria y bajo dos condiciones de borde: en superficie debe evaporar igual a la evaporación de agua libre, y a una profundidad de extinción (Z_{max}) el suelo ya no puede evaporar. Los valores de evaporación de agua libre se estimaron mediante extrapolación lineal (evaporación vs altura) de mediciones de evaporímetros fuera del área de estudio y ajustando las constantes estanque y salinidad. En general la evaporación en superficie actúa de manera más o menos homogénea dentro de un área dependiendo de la altura (a menor altura menor evaporación) y de los vientos, por lo que estimaciones a través de estaciones meteorológicas a menor altura parece ser a priori una buena aproximación. Por otra parte, la profundidad de extinción de la evaporación definida para cada tipo de suelo a partir de Muñoz et al. (2004) no necesariamente se extrapola para tipos genéricos. Sin embargo, en las estimaciones se observó que la evaporación no es muy sensible a cambios en esta profundidad, si no que más bien varía drásticamente ante pequeñas modificaciones de la altura del nivel freático. Es entonces principalmente este parámetro el que debe ser medido para lograr valores confiables de evaporación. En cuanto a la evaporación desde vegas, el factor de cultivo que se utiliza no necesariamente representa a la vegetación presente en el área de estudio, pero sirve como una primera aproximación.

Bajo todas las consideraciones antes expuestas, resulta que para la cuenca de Mucar la descarga es mayor que la recarga, pudiendo implicar que: a) la recarga está subestimada ya sea por precipitación o porque existe algún flujo subterráneo extracuenca no tomado en cuenta, y b) la descarga está sobrestimada. Ajustando los parámetros con mayor incertidumbre (nivel freático y factor de cultivo) en la estimación de la descarga tal que ésta resulte igual a la recarga encontrada con la relación de precipitaciones argentina, se obtiene que el nivel freático debe encontrarse en promedio por debajo de la profundidad de extinción, o dicho de otra forma, los salares debieran evaporar cantidades mínimas en comparación a lagunas y vegas. Esta situación no parece condecirse con la realidad de las cuencas endorreicas, debido a que es en las zonas más deprimidas (salarés) donde se produce principalmente la descarga del agua subterránea. En cuanto a la cuenca de Sico, los parámetros de recarga y descarga estimados a priori resultaron en un desbalance hídrico. El ajuste a los parámetros con mayor incertidumbre (nivel freático y factor de cultivo) produjo valores cercanos a los estimados a priori, lo que puede deberse a las siguientes razones: a) la distribución de los distintos tipos de suelos tiene buen sustento con la realidad, b) el nivel freático es un dato promedio, pero real y c) la recarga no parece estar subestimada. A partir de todo lo anterior, se hacen necesarios estudios locales de evaporación, mediante la realización de calicatas para la definición de los tipos de suelos salinos y de los niveles del agua subterránea en los salares, registro de lisímetros en los salares, registro de evaporación de agua libre mediante evaporímetros, entre otros.

Con respecto a la hidroquímica, las composiciones isotópicas de las muestras subterráneas en ambas cuencas, muestran que éstas sufrieron evaporación. Como las aguas son obtenidas en profundidad es prácticamente imposible que se evaporen. Por lo tanto, nace la interrogante de cual es el proceso que generó el enriquecimiento de isótopos pesados de deuterio y oxígeno. Probablemente durante la infiltración de las aguas, se haya producido evaporación en la zona no saturada.

Finalmente, integrando la dinámica de las cuencas en estudio a la dinámica general de las cuencas de la Puna, es posible deducir que Mucar y Sico presentan una configuración característica, con presencia en superficie y subsuperficie de basamento paleozoico y de unidades terciarias principalmente limo-arcillosas, y bajas precipitaciones, del orden de 40 mm. Inmediatamente hacia el oeste, las cuencas que pertenecen al arco volcánico cenozoico presentan configuraciones geológicas principalmente volcánicas, probablemente fracturadas y precipitaciones estimadas mediante perfil de precipitación vs

altura (perfil chileno) que promedian los 100 mm. Los pozos en esta zona han registrado históricamente buenos rendimientos con caudales totales para la II región entre 5000 l/s y 8000 l/s (Pourrut et al., 1995), lo que podría asociarse directamente con la permeabilidad secundaria de las unidades volcánicas, dada por el alto grado de fracturamiento. De manera contrastante, el basamento paleozoico existente en la zona de estudio presenta fracturas rellenadas en general por cuarzo lo que junto a la fuerte silicificación de esta unidad provocan que se comporte de manera impermeable ante los flujos subterráneos. Por lo tanto, es posible deducir que la presencia del basamento impermeable actúa como una barrera para las aguas subterráneas, generando la prevalencia de éstas en los sectores de mayor permeabilidad, como lo son las zonas donde se sitúan las rocas volcánicas cenozoicas altamente fracturadas. Los lineamientos transversales al arco volcánico tales como el sistema de fallas Calama-Olacapato-El Toro también presentan rocas volcánicas cenozoicas fracturadas favoreciendo probablemente el flujo subterráneo por estas zonas. Chernicoff et al. (2002), a través de evidencias geológicas, geofísicas, y de sensores remotos, definieron las regiones donde predomina el basamento paleozoico y las zonas donde se manifiesta el volcanismo cenozoico, éstas últimas generalmente asociadas a los lineamientos transversales (e.g., Calama-Olacapato-El Toro). Es posible entonces definir a priori, las zonas donde se concentra el agua subterránea con mayor espesor de los acuíferos (regiones con mayor permeabilidad) y las zonas donde éstos presentan los menores volúmenes (regiones con menor permeabilidad y presencia de basamento impermeable).

6.2 Conclusiones

- Las cuencas de Mucar y Sico, a pesar de ser limítrofes, tienen un funcionamiento hidrogeológico diferente. Las desiguales condiciones estructurales así como geológicas son factores de primer orden en la dinámica de los flujos subterráneos.
- La geología de ambas cuencas se encuentra dominada por extensos mantos ignimbríticos que cubren a depósitos de gravas y unidades sedimentarias terciarias, depositadas sobre basamento paleozoico muy deformado. Las estructuras existentes en la zona condicionan la acumulación así como el flujo de

las aguas subterráneas. En particular, el sistema de fallas Calama-Olacapato-El Toro es un factor de primer orden en la configuración hidrogeológica.

- El basamento impermeable está definido por las rocas de la Fm. Aguada de la Perdiz, actuando como una divisoria hidrogeológica para los flujos subterráneos entre las cuencas vecinas. El agua se encuentra en un sistema acuitardo dominado por litologías limo-arenosas pertenecientes a formaciones Paleocenas y Miocenas, y en un sistema de acuífero dominado por depósitos de gravas de la Fm. Pastos Chicos. Los mantos ignimbríticos funcionan en conjunto como unidad de permeabilidad media, dominada por la presencia de fracturas que facilitan la infiltración. Los depósitos de “surges” actúan como niveles de transporte de agua de poco espesor que cuando aflora en quebradas alimenta a lagunas y vegas.
- Los flujos subterráneos preferenciales son NNE para la cuenca de Mucar y SE para la cuenca de Sico, culminando en salares tales como el Salar de Jama, Salar de Mucar y el Salar del Rincón. En la cuenca de Mucar, el flujo es de tipo lineal en un acuitardo dominado por secuencias areno-limosas de la Sedimentita Vizcachera. Las aguas ascienden forzadas por la superficialización del basamento impermeable hacia el norte de la cuenca. En la cuenca de Sico, el flujo es de tipo turbulento, provocado por drásticas variaciones en la profundidad del basamento impermeable por efectos estructurales así como por cambios en la permeabilidad del medio en el paso de un sistema acuitardo limo-arenoso a un sistema acuífero de gravas. El agua se acumula en éstas últimas y fluye subterráneamente hacia el Salar del Rincón.
- La recarga a los sistemas acuíferos se produce principalmente durante el invierno altiplánico siendo ésta limitada a valores muy bajos, cercanos a 40 mm/año. La descarga se produce de manera dispersa en la cuenca de Mucar resultando varios cuerpos salinos (Salar de Mucar, Salar de Jama, Salar de Xilon) mientras que ocurre de manera más concentrada en la cuenca de Sico, en los salares de Lari, Siglia y del Rincón.
- La química del agua muestra que la evolución general es desde sulfatadas cálcicas a sulfatadas-cloruradas sódicas. Sin embargo, existen particularidades en

esta evolución dadas por efectos de evaporación y confinamiento. Los datos isotópicos de deuterio y oxígeno muestran que la mayoría de las aguas se encuentran evaporadas, evidenciando que la evaporación en la zona no saturada es un proceso de primer orden durante el ingreso del agua al sistema hidrogeológico.

7. REFERENCIAS

Aceituno, P., Montecinos A., 1997. Patterns of convective cloudiness in South America during austral summer from OLR pentads. Proc. Fifth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. Pretoria, South Africa. Amer. Meteor. Soc., 328-329.

Aceñolaza, F.G., Benedetto, J.L., Koukharsky, M., Salfity, J.A., Viera, O., 1972. Presencia de sedimentitas devónicas y neopaleozoicas en la Puna de Atacama, provincia de Salta, Argentina. Asociación Geológica Argentina, Revista 27(3): 345-346, Buenos Aires.

Alcamo, J., Doll, P., Kaspar, F., Siebert, S., 1997. Global change and global scenarios of water use and availability: an application of WaterGAP 1.0. University of Kassel, CESR, Kassel, Germany.

Alcamo, J., Henrichs, T., Rösch, T., 2000. World water in 2025—global modeling scenarios for the World Commission on Water for the 21st Century. World Water Series 2, Centre for Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany.

Allmendinger, R.W., Ramos, V.A., Jordan, T.E., Palma, M., Isacks, B.L. 1983. Paleogeography and andean structural geometry, northwest Argentina. Tectonics, 2 (1), 1-16.

Allmendinger, R., Jordan, T., Kay, S., Isacks, B., 1997. The evolution of the Altiplano-Puna plateau of the Central Andes: Annual Reviews Earth Planetary Sciences, 25: 139-174.

Alonso, R., Gutiérrez, R., Viramonte, J., 1984. Puna Austral: Bases para el subprovincialismo geológico en la Puna argentina. IX Congr. Geol. A rg., Actas, 1, 43-63.

Alonso, R. N., 1991. Evaporitas neógenas de los Andes Centrales, in Pueyo, J.J., Ed., Génesis de formaciones evaporíticas. Modelos Andinos e Ibéricos: Universidad Barcelona, Estudios Generales, v.2, p. 267-362.

Alonso, R. N. 1993. Estratigrafía del Cenozoico de la cuenca de Pastos Grandes (Puna Salteña) con énfasis en la Formación Sijes y sus boratos. Asociación Geológica Argentina, Revista, 47 (2): 189-199. Buenos Aires.

Andressen, R., Monasterio M., Terceros L., 2007. Regímenes climáticos del altiplano sur de Bolivia: una región afectada por la desertificación. Revista Geográfica Venezolana, Vol. 48 (1): 11 – 32. 114

Aravena, R., Suzuki, O., Pena, H., Pollastri, A., Fuenzalida, H., Grilli, A. 1999. Isotopic composition and origin of the precipitation in Northern Chile. Applied Geochemistry, 14: 89-100.

Argentina Diamonds Ltd., 2004. Evaluation of the Potencial of Salar Del Rincón Brine Deposit as a Source of Lithium, Potash, Boron and Other Mineral Resources (www.ady.com.au/pdf/pdf8_evaluation_potential_of_rincon_salar.pdf).

Bahlburg, H., Breitzkreuz, C. and Zeil, W., 1988. Geology of the Coquena Formation (Arenigian Llanvirnian) in the NW Argentine Puna: constraints on geodynamic interpretation; in: Bahlburg, H., Breitzkreuz, C. & Giese (editores): The Southern Central Andes, Lecture Notes in Earth Sciences 17, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p. 71-85.

Bahlburg, H. 1990a. The Ordovician basin in the Puna of NW Argentina and N Chile: geodynamic evolution from back-arc to foreland basin. Geotektonische Forschungen 75: 1-107.

Bahlburg, H., Breitzkreuz, C., Maletz, J., Moya, C. and Salfity, J., 1990b. The Ordovician sedimentary rocks in the northern Puna of Argentina and Chile: New stratigraphical data based on graptolites. Newsl. Stratigr., Vol. 23, p. 69-89.

Bailey, J., Self, S., Wooller, L., Mougini-Mark, P., 2007. Discrimination of fluvial and eolian features on large ignimbrite sheets around La Pacana Caldera, Chile, using Landsat and SRTM-derived DEM. Remote Sensing of Environment 108(1):24-41.

Bianchi A. y Yañez C, 1992. Las precipitaciones del noroeste argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Salta, Argentina. 388 pp.

Blasco, G., Zappettini, E., Hong, F., 1996. Hoja Geológica 2566-I, San Antonio de los Cobres: Provincias de Jujuy y Salta, Escala 1:250.000. Boletín, Hoja Geológica (n.217): 126 p., 2 planos pleg.

Bonaparte, J. F., J. A. Salfity, G. Bossi, and J. E. Powell, 1977. Hallazgos de dinosaurios y aves cretácicas en la Formación Lecho de El Brete (Salta), próximo al límite con Tucumán. Acta Geol. Lilloana 14: 5-17.

Boulton, S., 1954. The drawdown of the water table under non-steady conditions near a pumped well in an unconfined formation. Proc. Inst. Civil Eng., 3(3), 564-579. 115

Boulton, N., 1963. Analysis of data from nonequilibrium pumping tests allowing for delayed yield from storage. Proc. Inst. Civil Eng, 26, 469-482.

Breitkreuz, C., Bahlburg, H., Delakowitz, B., Pichowiak, S., 1989. Volcanic events in the Paleozoic central Andes. Jour. South Amer. Earth Sci. 2, 171-189.

Brüggen, H., 1942. Geología de la Puna de San Pedro de Atacama y sus formaciones de areniscas y arcillas rojas Santiago. Proc., Congr. Pan. Ing. Min. Geol., Santiago 2, 342-367.

Caffe, P., Trumbull, R., Coira, B., Romer, R., 2002. Petrogenesis or Early Neogene Magmatism in the Northern Puna, Implications for Magma Genesis and Crustal Processes in the Central Andean Plateau. Journal of Petrology, Vol. 43, Nº 5, p. 907-942.

Charrier, R., Pinto, L., Rodríguez, M., 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En: Moreno T., Gibbons W. (eds) The Geology of Chile. The Geological Society, Londres, 21-115.

Chernicoff, C., Richards, J., Zappettini, E., 2002. Crustal lineament control on magmatism and mineralization in northwestern Argentina: geological, geophysical, and remote sensing evidence. *Ore Geology Reviews* 21: 127–155.

Cladouhos, T. T.; Allmendinger, R.; Coira, B. and Farrar, E.; 1994. Late Cenozoic deformation in the Central Andes: Fault kinematics from the Northern Puna, Northwestern Argentina and Southwestern Bolivia. *Journal of South America Earth Science*. Vol. 7 (2): 209-228.

Coira, B., 1979. Descripción geológica de la Hoja 40d Ingeniero Jacobacci, provincia de Río Negro, ,Servicio Geológico Nacional, Boletín 168: 1-104.

Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C., Ramos, V., 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. *Earth Sciences Review*, 18:303-332.

Coira, B. y Nullo, F., 1987. Facies piroclásticas del vulcanismo ordovícico (Arenigiano-Llanvirniano), Salina de Jama, Jujuy. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 308-311.

Cornejo, P., Matthews, S., Pérez de Arce, C., 2003. The “K-T” Compressive Deformation Event in Northern Chile (24-27°). 10° Congreso Geológico Chileno, Concepción Chile.

Cooper, H. y Jacob, C., 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history. *Trans. AGU* 27, 526-534. 116

Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133: 1702-1703.

Custodio E. y Llamás M., 1983. Hidrología Subterránea. Editorial Omega, Segunda Edición, Tomos I y II. Barcelona, España.

Donato, E. y Vergani, G., 1985a. Geología del sector occidental de la Puna Salteña. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Gerencia de Exploración, Informe interno, (inédito) 52 p., Buenos Aires.

Donato, E., Vergani, G., 1985b. Geología del Devónico y Neopaleozoico de la zona del cerro Rincón, Provincia de Salta, Argentina. En Congreso Geológico Chileno, 4º, Antofagasta, 19-24 Agosto 1985: pp.1/262-283

Donato, E. y Vergani G., 1988. Geología del área de San Antonio de los Cobres. *BIP*, V (15):83-101.

Dunai, T.; González, G.; Juez-Larré, J. 2005. Oligocene-Miocene age of aridity in the Atacama Desert revealed by exposure dating of erosion sensitive landforms. *Geology* 33 (4): 321-324.

García, F., Pérez, E. y Cevallos, E., 1962. El Ordovícico de Aguada de la Perdiz, Puna de Atacama, provincia de Antofagasta. *Revista Minerales*, Santiago, vol 17, N°77, p. 52-61.

Gardeweg, M., Ramírez, C., 1985. Carta Geológica de Chile No. 66: Hoja Río Zapaleri, II Región de Antofagasta, Servicio Nacional de Geología y Minería, 89 pp.

Gardeweg, M., Ramírez, C.F., 1987. La Pacana caldera and the Atana ignimbrite - a major ash-flow and resurgent caldera complex in the Andes of northern Chile. *Bull. Volcanol.* 49, 547-566.

Garreaud, R.D., 1999b. A multi-scale analysis of the summertime precipitation over the central Andes. *Monthly Weather Review*, 127, 901–921.

Garreaud, R., 2000a. Intraseasonal variability of moisture and rainfall over the South American Altiplano. *Monthly Weather Review*, 128, 3379–3346.

Garreaud, R., y Aceituno P., 2007. Atmospheric circulation over South America: Mean features and variability. Chapter 2 in *The Physical Geography of South America*. T. Veblen, K. Young and A. Orme, Eds. Oxford University Press. 117

Gomez Omil, R. J., Boll A., y Hernandez R. M., 1989. Cuenca Cretácico-Terciaria del Noroeste Argentino (Grupo Salta). En G. A. Chebli and L. A. Spalletti (eds.), *Cuencas sedimentarias argentinas*. Ser. Correl. Geol. 6: 43-64.

González De Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C., 2002. Ingeniería Geológica. Editorial Prentice Hall. Madrid.

Gorustovich, S., Salfity, J., Rubiolo, D., Sureda R., 1985. Yacimiento Aguiliri (Puna argentina): Depósito uranífero en rocas subvolcánicas terciarias. Actas del IV Congreso Geológico Chileno 3: 250-270. Antofagasta.

Gregory-Wodzicki, K., 2000. Uplift history of the Central and Northern Andes: a review. Geological Society of America, Vol. 112, No. 7, p. 1091-1105.

Grilli, A., Vidal, F., 1986. Balance Hidrológico Nacional, II Región. Dirección General de Aguas, Pub. SDEH 86/1.

Guest, J. E., 1969. Upper Tertiary ignimbrites in the Andean Cordillera of part of the Antofagasta province of northern Chile. Geological Society of America Bulletin, 80, 337-362.

Hantush, M. y Jacob, C., 1955. Non-steady radial flow in an infinite leaky aquifer. Transactions of the American Geophysical Union, Vol. 36, pp. 95-100.

Hartley, A.; Chong, G. 2002. Late Pliocene age for the Atacama Desert: Implications for the desertification of western South America. Geology 30 (1): 43-46.

Harza, Engineering Company Internacional, 1978. Desarrollo de los recursos hidráulicos en el Norte Grande, Chile. Informe técnico. Proyecto CHI/69/535. Naciones Unidas.

Hong, F., Monaldi, C., Alonso, R, Gonzalez, R. y Seggiaro, R., 1998. Hoja Geológica 2566-III, Cachi, Provincias de Salta y Catamarca. Segemar, Boletín 248, 121 p. Buenos Aires.

Horel, J., Hahmann A., Geisler J., 1989. An investigation of the annual cycle of the convective activity over the tropical Americas. Journal of Climate, 2, 1388-1403.

Houston, J., y Hartley, A., 2003. The central Andean west – slope rainshadow and its potential contribution to the origin of hyperaridity in the Atacama Desert. *Int. J. Climatol.* 23, 1453 – 1464.

Houston, J., 2006. Evaporation in the Atacama Desert: An empirical study of spatio-temporal variations and their causes. *Journal of Hydrology*, 330, 402-412. 118.

IAEA, 2001. Isotope Based Assessment of Groundwater Renewal in Water Scarce Regions, IAEA TEcDoc 1246. IAEA: Viena; 273.

Ide, F., 1978. Cubicación del Yacimiento Salar de Atacama. Corfo, Comité de Sales Mixtas.

Jordan, T., Isacks, B., Allmendinger, R., Brewer, J., Ramos, V., Ando, C., 1983. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America, Bulletin* 94: 341-361.

Jordan, T., y Alonso, R., 1987. Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes mountains, 20°-28° south latitude. *The American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 71(1): 49-64.

Jordan, T., Reynolds, J., Erikson, J., 1997. Variability in age of initial shortening and uplift in the Central Andes, 16–33°30'S, *in* Ruddiman, W.F., ed., *Tectonic uplift and climate change*: New York, Plenum Press, p. 41–61.

Kay, S.M.; Mpodozis, C.; Coira, B. 1999. Neogene Mafatism, Tectonism, and Mineral Deposits of the Central Andes 22° to 33°S latitude. *Geology and Ore Deposits of the Central Andes* (Skinner, B.J.; editor). Society of Economic Geology, Special Publication, Vol. 7, p. 27-59.

Koukharsky, M., Mirre J.C., 1974. Nuevas evidencias del Vulcanismo Ordovícico en la Puna. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 29, 1: 128-134.

Koukharsky, M., 1988. Geología de la Puna en la región que media entre el cerro Socompa y el cerro Tul Tul, provincia de Salta. Tesis Doctoral N°2166, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 1-91. (Inédito).

Koukharsky, M., Coira, B., Morello O., 1987. Vulcanismo Ordovícico de la sierra de Guayaos, Provincia de Salta, Argentina. Características petrológicas e implicancias tectónicas. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 316-318. San Miguel de Tucumán.

Lebbe, L. 1999. Hydraulic Parameter Identification: Generalized Interpretation method of single and multiple pumping Tests. Heidelberg, Springer-Verlag.

Lindsay, J., de Silva, S., Trumbull, R., 1998. Complex magmatic relations in the La Pacana caldera system, Andean Central Volcanic Zone, North Chile. Geo-Berlin 1998, 6.-9. Oct.. - Terra Nostra, 98/3: V209-V210

Lindsay, J., de Silva, S., Trumbull, R., Emmermann, R., Wemmer, K., 2001. La Pacana caldera, N. Chile: a re-evaluation of the stratigraphy and volcanology of one of the world's largest resurgent caldera. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 106: 145-173.
119

Mardones, L., 1986. Características geológicas e hidrogeológicas del salar de Atacama. El litio, un nuevo recurso para Chile. Editorial Universitaria, pp. 181-216.

Maurer, D.K., D.L. Berger and D.E. Prudic, 1996. Subsurface flow to Eagle Valley from Vicee, Ash, and Kings canyons, Carson City, Nevada, estimated from Darcy's Law and the chloride-balance method. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigation Report 96-4088, 38 p.

Moreno, J.A., 1970. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico superior en la Cuenca del Noroeste Argentino, con especial mención de los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara. Asociación Geológica Argentina, Revista 25 (1): 9-44.

Muñoz, J., Ortiz, C., Mardones L., De Vidts P., 2004. Funcionamiento hidrogeológico del acuífero del núcleo del Salar de Atacama. Ingeniería Hidráulica en México, julio-septiembre, XIX, 3, 69-81.

Neuman, S., 1972. Effect of partial penetration on flow in unconfined aquifers considering delayed gravity response, Water Resources Research, Vol. 10, No. 2, pp. 303-312.

Peña, H., Vidal, F., Escobar, F., 1985. Estimación de tasas de derretimiento de nieve. VII Congreso Nacional, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, Concepción, Chile.

Philip, J., 1957. Evaporation and moisture and heat fields in the soil. J. Meteor. Vol. 14, pp. 354-366.

Pourrut, P., y Covarrubias, A., 1995. Existencia de agua en la II Región de Chile: Interrogantes e hipótesis. Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines 24 (3): 505-515, Lima.

Ramos, V., (1973). Estructura de los primeros contrafuertes de la Puna Salto-jujeña y sus manifestaciones volcánicas asociadas. V Congreso Geológico Argentino, Actas III: 159-202 Buenos Aires.

Ramírez, C.F.; Gardeweg, M., 1982. Hoja Toconao, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 1:250.000, No. 54, 122 p.

Reyes, F.C. y Salfity, I.C., 1973. Consideraciones sobre la Estratigrafía de Cretácico (Subgrupo Pirgua) del noroeste argentino. V Cong. Geol.Arg., Actas (3): 355-385.

Reyes, F. C., Salfity, J. A., Viramonte, J. G. y Gutiérrez, W., 1975. Consideraciones sobre el vulcanismo del Subgrupo Pirgua (Cretácico) en el Norte Argentino. Actas 6º Congreso Geológico Argentino, 1: 205-223. Buenos Aires.

120

Rijsberman, F., 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management*. Vol. 80, Nº 1-3, pag. 5-22.

Riller, U., Petrinovic, I.A., Ramelow, J., Greskowiak, J., Strecker, M. and Oncken, O., 2001. Late Cenozoic tectonism, caldera and plateau formation in the central Andes. *Earth and Planetary Science Letters* 188: 299-311.

Risacher, F.; Alonso, H.; Salazar, C., 1999. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II, III Regiones-Chile. Ministerio de Obras Públicas 1: 209 p. Chile.

Salazar, C., Rojas, L., Lillo, A., Aguirre, E., 2004. Análisis de requerimientos hídricos de vegas y bofedales en el norte de Chile. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas. Santiago de Chile. Chile. En: www.aprchile.cl/pdfs/Requerimientoshidricos-Bofedales.pdf

Saulo, C., Nicolini M., Chou S., 2000. Model characterization of the South American low-level flow during the 1997–1998 spring-summer season. *Climate Dynamics*, 16, 867–881.

Schmitt A., Lindsay J., de Silva S., Trumbull R., 2002. U-Pb zircon chronostratigraphy of early- Pliocene ignimbrites from La Pacana, north Chile: implications for the formation of stratified magma chambers. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 120: 43-53.

Schwab, K., 1971. Informe geológico: Hojas 5a. Paso Huaytiquina y 5b, Salar de Cauchari. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 176, Buenos Aires.

Seggiaro, R., Aniel, B., 1989. Los Ciclos Volcánicos Cenozoicos del Area Coranzulí-Tiomayo, Jujuy, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44 (1-4): 394-401.

Seggiaro, R., Becchio, R., Ramallo, E., en prep. Hoja 2366-III Susques (1:250000), SEGEMAR.

Seggiaro, R., y Hongo, F., 1999. Influencia tectónica en el volcanismo Cenozoico del Noroeste argentino: *Acta Geológica Hispánica*, v. 34, p. 227-242.

Seluchi, M., y Marengo, J., 2000. Tropical-midlatitude exchange of air masses during summer and winter in South America: Climatic aspects and examples of intense events. *International Journal of Climatology*, 20, 1167–1190.

Tavera, J., 1962. Sobre el origen de las manifestaciones de petróleo en Siglia. *Minerales*, N° 76, p.17-24.121

Theis, C., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and the duration of discharge of a well using groundwater storage. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 16, 519-524.

Turner, J.C.M. 1964. Descripción geológica de la Hoja 15c, Vinchina (provincias de Catamarca y La Rioja). Dirección Nacional de Geología y Minería, 81 p. Buenos Aires.

Vandervoort, D.S., 1993. Non-Marine Evaporite Basin Studies, Southern Puna Plateau, Central Andes. Tesis Doctoral. Cornell University, Ithaca, New York.

Vandervoort, D., Jordan, T., Zeitler, P. Alonso, R., 1995. Chronology of internal drainage development and uplift, southern Puna plateau, Argentina central Andes. *Geology*, 23 (2):145-148.

Vilela, R. C., 1951. Acerca del hallazgo del horizonte calcáreo dolomítico en la Puna Salto-Jujeña y su significado geológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 6 (2): 101 - 107.

Vogel, E., Tavera, J., Marino, M., 1947. Informe geológico económico sobre las manifestaciones petrolíferas en las regiones de Siglia y Lari, en la Puna de Atacama y estudio complementario de la región de San Pedro de Atacama. Particular (inedito), 55 p. (incompleto). Archivo Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

Vorosmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J., Lammers, R.B., 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289, 284–288.

Vuille, M., y Ammann, C., 1997. Regional snowfall patterns in the high arid Andes. *Climatic Change*, 36, 413–423.

Walton, W. C., 1962. *Selected Analytical Methods for Well and Aquifer Evaluations*. Illinois State Water Survey Bulletin 49, Urbana, IL, 81 pp.

Zhou, J., Lau K. M., 1998. Does a monsoon climate exist over South America? *J. Climate*, 11, 1020–1040.

8. ANEXO

8.1 Mapa Geológico Escala 1:250000. Ubicado en sobre en contratapa.

8.2 Descripción Litológica de Pozos

8.2.1 MU-1

Pozo	Desde	hasta	Litología	Comentario
MU-01	0	4	Gravillas	gravillas monomicticas con clastos angulosos, baja esfericidad, composición areniscas verde oscuras. Matriz de Limo rojiza.
	4	6	Gravas	Gravas finas polimicticas con clastos angulosos, baja esfericidad, composición areniscas verdes, volcánicas. No hay matriz.
	6	16	Gravillas	Gravillas polimicticas con clastos angulosos, baja esfericidad, tamaño arena gruesa (20%), gravilla (80%), composición areniscas verdes finas , volcánicas. Matriz arena fina
	16	20	Gravillas	Gravillas polimicticas con clastos angulosos, baja esfericidad, composición areniscas verdes finas , volcánicas. Sin matriz.
	20	30	Gravillas	Gravillas polimicticas con clastos angulosos, baja esfericidad, composición areniscas verdes finas , volcánicas, tobaceas líticas rosadas claras. Sin matriz.
	30	32	Gravillas	Gravillas polimicticas con clastos angulosos, baja esfericidad, composición areniscas verdes finas , volcánicas. Matriz limos marrón rojiza
	32	40	Limolitas	Arcillas plasticidad media, color marron rojizo
	40	42	Limolitas	Arcillas limosas color pardo amarillento
	42	48	Limolitas	Arcillas limosas color marrón rojizo
	48	60	Limolitas	Arcillas color marrón rojizo
	60	62	Limolitas	Arcillas limosas color pardo amarillento
	62	74	Limolitas	Arcillas plasticidad media, color marron rojizo
	74	80	Limolitas	Arcillas plasticas, color marron rojizo
	80	82	Limolitas	Arcillas limosas color marrón rojizo
	82	84	Limolitas	Arcillas limosas color pardo amarillento
	84	96	Limolitas	Arcillas limosas color marrón rojizo
	96	174	Limolitas	Arcillas color marrón rojizo, limos, arenas finas
	174	180	Limolitas	Arcillas plasticas, color marron rojizo, arenas finas
	180	192	Limolitas	Arcillas plasticidad media, color marron rojizo, arenas finas
	192	250	Limolitas	Arcillas color marrón parduzco, arenas finas

8.2.2 MU-3

MU-03	0	6	Toba cristalina	Arenas (70%) finas a gruesas, menores gravillas (30%), monomicticas, composición tobácea cristalina, subangulosos, baja esfericidad, color blanco rosáceo.
	6	16	Toba cristalina	Limos color blanco rosáceo de origen tobáceo cristalino con escasos fragmentos también tobáceos tamaño arena.
	16	20	Toba cristalina	Arena fina, origen tobáceo cristalino con cristales de cuarzo y biotita.
	20	24	Toba cristalina	Arena gruesa, con cristales de cuarzo redondeado y biotita.
	24	74	Toba cristalina	Toba de ceniza cristalina color rosada, con cristales de cuarzo y biotita en igual proporción. Matriz de ceniza con cuarzo.
	74	84	Toba cristalina	Toba de ceniza cristalina con cristales de biotita, menor cuarzo. Matriz de ceniza sin cuarzo.
	84	86	Toba vitrofírica	Toba vitrofírica con cristales de biotita, menores cuarzo y matriz vitrea azul negruzca
	86	100	Toba cristalina	Toba de ceniza cristalina con cristales de biotita, menor cuarzo. Matriz de ceniza sin cuarzo.
	100	102	Toba vitrofírica	Toba vitrofírica con cristales de biotita, feldespato potásico?. Matriz vitrea negra grisácea.
	102	118	Toba cristalina	Toba de ceniza cristalina abundante en cristales de biotita, menor cuarzo y matriz de ceniza color gris.
	118	122	Gravillas	Gravillas polimicticas, fragmentos angulosos, baja esfericidad, composición tobácea, pedernal, volcánicos.
	122	130	Arenas	Arenas gruesas y gravillas polimicticas, fragmentos angulosos, baja esfericidad, composición tobácea, pedernal, volcánicos.
	130	132	Gravas	Gravas finas polimicticas, fragmentos angulosos, baja esfericidad, composición tobácea, pedernal, volcánicos.
	132	140	Arenas	Arenas gruesas , fragmentos angulosos, baja esfericidad, composición tobácea, pedernal, volcánicos.
	140	144	Limolitas	Gravas finas limolíticas con arena fina.
	144	148	Limolitas	Gravillas finas limolíticas con arena fina.
	148	152	Gravas	Gravas finas polimicticas, fragmentos angulosos, baja esfericidad, composición tobácea, pedernal, volcánicos.
	152	204	Limolitas	Limolitas grises oscuras.

8.2.3 MU-8

MU-08	0	64	Toba cristalina	Tobas gris, en fragmentos de hasta 2 cm, ceniza, maficos de biotita negra euhedrales. Hacia la base aumenta el contenido de biotita, en seco es blanca.
	64	74	Gravillas	Arenas gruesas y gravillas con fragmentos de toba superior predominantemente, tambien cuarzo y liticos rosados.
	74	84	Toba cristalina	Fragmentos rosados , de material fibroso transparente, blando, con arcillas que le dan tonalidad rosada, en la base se hacen mas claros por menos contenido de arcilla.
	84	94	Toba cristalina	Roca volcánica piroclástica, gris clara con fenocristales de biotita en matriz de ceniza, abundantes fragmentos de cuarzo transparente.
	94	100	Toba cristalina	Roca volcánica piroclástica, más clara que la anterior, blanquecina, abundantes fragmentos de cuarzo transparente.
	100	102	Gravas	Sector con fragmentos de cuarzo transparente, escasos fragmentos silíceos grises.
	102	114	Gravas	Grava fina, polimictica, gris a marron clara, abundantes fragmentos silíceos gris blanquecinos, hacia la base aumentan los clastos rosados y rojizos.
	114	124	Gravas	Grava fina a media, polimictica, pardo rojiza, clastos de arenisca rojizas y verdes claros, subredondeados a subangulosos, tambien fragmentos ígneos silíceos y volcánicos oscuros.
	124	126	Gravas	Similar al tramo anterior, con mayor proporción de arena media a gruesa.
	126	132	Gravas	Grava fina a media, polimictica, pardo rojiza, clastos de arenisca rojizas y verdes claros, subredondeados a subangulosos, tambien fragmentos ígneos silíceos y volcánicos oscuros.
	132	136	Gravas	Grava fina polimictica, arenosa gruesa, pardo amarillenta, clastos de arenisca cuarzosa amarillentos claros en mayor proporción que los grises y negros.
	136	138	Arenas	Arena media a gruesa, marrón con fragmentos de cuarzo, feldespatos y rocas ígneas.
	138	140	Gravas	Grava fina marrón verdosa polimictica, clastos de cuarzo gris verdosa subredondeada.
	140	142	Gravas	Grava fina polimictica, arenosa gruesa, marrón con algo de limo.
	142	152	Gravas	Grava fina a media arenosa fina a limosa, con algo de arcilla, pardo rojiza.
	152	164	Limolitas	Limo (40%) areno (30%) arcilloso (20%) con grava fina pardo rojiza. Entre los 160-162 grava media.
	164	174	Arenas	Grava fina (40%), limo (30%) arenosa (25%) fina con arcilla, clastos subangulares grises verdosos, negros de areniscas y lutitas.

8.2.4 MU-10

MU-10	0	36	Toba cristalina	Toba de ceniza cristalina, cristales de cuarzo anhedral redondeado, biotita euhedral tamaño 3 mm. Matriz de ceniza color gris claro.
	36	100	Toba cristalina	Toba de ceniza cristalina, cristales de cuarzo anhedral redondeado y biotita ambos tamaño < 1 mm. Matriz de ceniza gris clara y cuarzo minúsculo redondeado. Hacia la base la matriz se hace más vitrea.
	100	114	Gravas	De techo a base: zona (2 m) de fragmentos tobáceos inmersos en una matriz de arena fina. Gravass polimicticas con fragmentos (70 %) tamaño gravilla a grava fina, subangulosos, esfericidad baja. Matriz limoarcillosa color gris verdoso.
	114	118	Limolitas	Gravilla monomictica con fragmentos (20%) angulosos claros, de baja esfericidad. Matriz (80%) limoarcillosa amarillo anaranjada. Escasos fragmentos de pedernal.
	118	120	Limolitas	Misma litología anterior pero con fragmentos de toba litica rosada tamaño grava fina.
	120	140	Limolitas	Limolitas gris verdosas
	140	146	Limolitas	Limolitas gris oscuras
	146	178	Andesita	Fragmentos de andesita porfírica con cristales de plagioclasa tamaño 2 mm. Masa fundamental afanítica gris oscura.
	178	200	Andesita	Fragmentos de andesita porfírica con cristales de plagioclasa tamaño 1 mm. Masa fundamental afanítica gris clara.
	200	208	Andesita	Fragmentos de andesita porfírica con cristales de plagioclasa tamaño 2 mm. Masa fundamental afanítica gris oscura.
	208	210	Limolitas	Nivel arcilloso gris verdoso.
	210	220	Andesita	Fragmentos de andesita porfírica con cristales de plagioclasa tamaño 2 mm. Masa fundamental afanítica gris oscura.
	220	240	Andesita	Fragmentos de andesita porfírica con cristales de plagioclasa tamaño 1 mm. Masa fundamental afanítica gris clara.
	240	250	Andesita	Fragmentos de andesita porfírica con cristales de plagioclasa tamaño 2 mm. Masa fundamental afanítica gris oscura.

8.2.5 SI-28

SI-28	0	22	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada clara con cristales de cuarzo y bt cobriza < 1 mm, y escasos líticos color marrón rojizo y grises oscuros. Matriz de ceniza rosada clara.	
		22	66	Toba lítica	Roca piroclástica con fragmentos líticos (30%) color marrón rojizo y gris oscuro, tamaño 5 mm, con matriz (70%) rosada clara de ceniza y cristales de cuarzo y bt cobriza.
		66	86	Toba lítica	Roca piroclástica con fragmentos líticos (40%) color marrón rojizo y gris oscuro, tamaño 5 mm, con matriz (60%) rosada clara de ceniza y cristales de cuarzo y bt cobriza. Aumentan considerablemente los líticos hacia la base.
		86	88	Riolitas	Roca volcánica riolítica porfírica con masa fundamental de cuarzo y fenocristales de minerales ferromagnesianos.
		88	126	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos de tamaño arena muy fina, color verde grisáceo y marrón violáceo.
		126	130	Arenas	Fragmentos de areniscas y limolitas grises claras inmersa en matriz de limo color marrón rojizo.
		130	150	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos de tamaño arena muy fina, color gris verdoso y negro grisáceo. Matriz de limo amarillo rojizo.
		150	250	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos de tamaño arena muy fina, color gris oscuro.

8.2.6 SI-17

SI-17	0	34	Toba cristalina	Roca piroclástica con cristales tamaño 1 mm de biotita cobriza y cuarzo anhedral, matriz de ceniza color rosado claro. Escasos líticos rojizos.	
		34	66	Toba cristalina	Roca piroclástica con cristales tamaño 1 mm de biotita cobriza y cuarzo anhedral, matriz de ceniza color blanco rosáceo. Escasos líticos rojizos.
		66	96	Toba cristalina	Roca piroclástica con cristales tamaño 1 mm de biotita cobriza y cuarzo anhedral, matriz de ceniza color blanco rosáceo. Mayor presencia de líticos marrones rojizos y grises oscuros.
		96	186	Toba lítica	Roca piroclástica con cristales de biotita cobriza, cuarzo en la matriz y líticos tamaño gravilla a grava fina, angulosos, color marrón rojizo y gris oscuro. Aumenta el contenido de líticos hacia la base. Matriz de ceniza color marrón a marrón verdoso.
		186	188	Toba lítica	Roca piroclástica con cristales de biotita cobriza, cuarzo en la matriz y líticos tamaño gravilla a grava fina, angulosos, color marrón rojizo y gris oscuro. Aumenta el contenido de líticos hacia la base. Matriz de ceniza color rosado claro.
		188	200	Limolitas	Roca sedimentaria con clastos tamaño limo, color gris amarillento a gris verdoso.
		200	216	Arenisca	Árena y gravillas polimícticas, con fragmentos de riolitas, cuarzo, limolitas. Matriz marrón rojiza tamaño arena fina.
		216	226	Limolitas	Roca sedimentaria con clastos tamaño limo, color negro grisáceo. Cemento calcáreo.
		226	227	Toba lítica	Roca piroclástica con líticos marrones rojizos y cristales de biotita cobriza, cuarzo. Matriz de ceniza rosada clara.
		227	232	Limolitas	Roca sedimentaria con clastos tamaño limo, color negro grisáceo. Cemento calcáreo.
		232	252	Andesita	Roca volcánica porfírica gris oscura con fenocristales de plagioclasa menores a 1 mm.

8.2.7 SIX-4

SIX-04	0	22	Toba cristalina	Roca volcánica piroclástica rosada con escasos líticos, cristales de biotita cobriza y negra. Matriz de ceniza.	
		22	36	Toba lítica	Roca volcánica piroclástica rosada con líticos tamaño gravilla color gris oscuro y marrón, cristales de biotita cobriza. Matriz de ceniza.
		36	46	Toba lítica	Roca volcánica piroclástica blanca grisácea con líticos tamaño gravilla color gris oscuro y marrón, cristales de biotita cobriza. Matriz de ceniza.
		46	176	Toba lítica	Roca volcánica piroclástica blanca grisácea con líticos que aumentan hacia la base, tamaño gravilla color gris oscuro y marrón, cristales minúsculos de biotita cobriza y cuarzo. Matriz de ceniza.
		176	180	Toba lítica	Roca volcánica piroclástica blanca grisácea con abundantes líticos, tamaño gravilla color gris oscuro y marrón, cristales minúsculos de biotita cobriza y cuarzo. Matriz de ceniza. Presencia de limos.
		198	216	Toba lítica	Roca volcánica piroclástica color marrón con abundantes líticos, tamaño gravilla color gris oscuro y marrón, cristales minúsculos de biotita cobriza y cuarzo. Matriz de ceniza fina.
		226	228	Toba cristalina	Zona de ceniza fina color marrón, con cristales de biotita cobriza.
		240	256	Gravillas	Gravilla y grava fina polimíctica con fragmentos angulosos, colores blanco grisáceo, negro grisáceo, composición volcánica, tobácea.
		256	270	Gravas	Roca volcánica piroclástica color marrón con abundantes líticos, tamaño gravilla color gris oscuro y marrón, menores pomez, cristales minúsculos de biotita cobriza y cuarzo. Matriz de ceniza fina.

8.2.8 SIX-9

SIX-09	0	6	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada clara con cristales de biotita negra y cobriza, y menores líticos pardos y rojizos. Matriz de ceniza fina.	
		6	16	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada clara con cristales de biotita negra y cobriza, y menores líticos pardos y rojizos. Matriz de ceniza fina.
		16	68	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada clara con cristales de biotita negra y cobriza, pomez oscuras. Matriz de ceniza fina.
		68	90	Toba vitrea	Roca piroclástica rosada clara, con líticos pumiceos grises oscuros
		90	114	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada clara, con cristales de cuarzo, biotita y menores pomez oscuras. Matriz de ceniza fina con escaso cuarzo.
		114	148	Toba cristalina	Roca piroclástica gris blanquecina, con cristales de cuarzo, biotita y escasos líticos silíceos grises. Matriz de ceniza fina con escaso cuarzo.
		148	154	Toba lítica	Roca piroclástica, con líticos grises oscuros y menores cristales de biotita. Matriz de ceniza blanca amarillenta.
		154	164	Toba cristalina	Roca piroclástica con cristales de cuarzo, feldespatos, plagioclasa y biotita y menores líticos grises oscuros. Matriz de ceniza blanca amarillenta.
		222	228	Arenisca	Roca sedimentaria cuarzosa con clastos tamaño arena fina, color verde oscuro.
		228	234	Limolitas	Limolitas arcillosas, pardo rojizas molidas, aspecto barroso.
		234	238	Arenisca	Arenisca limosa pardo rojiza, fragmentos arena gruesa.
		238	242	Arenisca	Arenisca gruesa predominantemente verdosa, fragmentos rojizos y amarillentos.
		242	250	Granito	Roca ígnea gris verdosa clara, cristales de biotita y abundante epidota y cuarzo.

8.2.9 SIX-26

SIX-26	0	84	Toba cristalina	Roca piroclástica con cristales de cuarzo, biotita cobriza, y escasos líticos color marrón rojizo y gris oscuro. El contenido de líticos aumenta hacia la base.	
		126	184	Toba lítica	Roca piroclástica con líticos tamaño gravilla color marrón rojizo y gris oscuro. Matriz de ceniza con cristales de cuarzo y biotita minúsculos.
		184	194	Gravillas	Sedimentos no consolidados tamaño gravilla a grava fina, angulosa, baja esfericidad, composición areniscas, silíceos, volcánicos y limolíticos
		194	208	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos cuarcíferos tamaño arena muy fina, rojiza.
		208	232	Limolitas	Roca sedimentaria con clastos tamaño limo, color gris verdosa, con algunos niveles de areniscas finas moradas.
		232	250	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos tamaño arena muy fina, color gris verdosa, con niveles periódicos de limolitas grises verdosas y niveles subordinados de areniscas rojizas.

8.2.10 SIX-27

SIX-27	0	52	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada clara con cristales de cuarzo redondeado, biotita subhedral cobriza, y escasos líticos color marrón rojizo
	52	98	Toba lítica	Roca piroclástica rosada clara con líticos color marrón rojizo y gris oscuro, cristales de cuarzo redondeado, biotita subhedral cobriza.
	108	150	Toba lítica	Roca piroclástica rosada clara con abundantes líticos color marrón rojizo y gris oscuro, cristales de cuarzo redondeado, biotita subhedral cobriza.
	150	160	Limolitas	Roca sedimentaria con clastos tamaño limo, color verde oscura.
	160	168	Limolitas	Roca sedimentaria con clastos tamaño limo, color marrón rojizo.
	168	270	Limolitas	Roca sedimentaria con clastos tamaño limo, color gris oscura.

8.2.11 SIX-28

SIX-28	0	30	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada con cristales de biotita cobriza, cuarzo, y escasos líticos marrones rojizos y grises. Matriz ceniza color rosado.
	30	40	Toba lítica	Roca piroclástica rosada con líticos marrones rojizos y grises, y cristales de cuarzo y biotita cobriza. Matriz de ceniza rosada.
	40	54	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada con cristales de biotita cobriza, cuarzo, y escasos líticos marrones rojizos y grises. Matriz ceniza color rosado.
	54	74	Toba lítica	Roca piroclástica rosada con líticos marrones rojizos y grises, y cristales de cuarzo y biotita cobriza. Matriz de ceniza rosada.
	74	78	Toba cristalina	Roca piroclástica rosada con cristales de biotita cobriza, cuarzo, y escasos líticos marrones rojizos y grises. Matriz ceniza color rosado.
	86	90	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos cuarzosos y volcánicos tamaño arena muy fina a fina, color marrón rojizo.
	90	94	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos cuarzosos y volcánicos tamaño arena muy fina, color marrón rojizo y gris verdoso.
	94	96	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos cuarzosos y volcánicos tamaño arena muy fina, color predominantemente gris verdoso, menor marrón rojizo.
	96	128	Arenisca	Intercalacion de rocas sedimentarias principalmente areniscas marrones rojizas y grises verdosas con menores limolitas gris verdosas.
	128	146	Arenisca	Intercalacion de areniscas muy finas y limolitas gris verdosas con areniscas muy finas negras grisáceas.
	146	250	Arenisca	Roca sedimentaria con clastos tamaño arena muy fina color gris oscuro con menores intercalaciones de limolitas del mismo color.

8.3 Hidrometeorología

8.3.1 Precipitación Estaciones Chile (mm/año)

ESTACION PEINE				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
593468	7380497	2480	1974	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	1.29	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.32	1.85
1970-1971	0.00	0.00	0.00	6.22	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	6.54	0.42
1971-1972	0.00	0.69	0.00	0.00	0.32	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00
1972-1973	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00
1973-1974	0.00	0.00	6.25	0.00	0.32	0.00	1.29	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	6.57	1.71
1974-1975	0.00	0.00	10.50	2.00	0.00	0.00	7.00	2.00	0.00	0.00	2.50	0.00	12.50	11.50
1975-1976	0.00	0.00	13.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00
1976-1977	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00
1977-1978	0.00	0.00	0.00	39.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.00	0.00
1978-1979	0.00	0.00	1.00	0.00	8.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	12.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	0.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.50	0.00	6.00	5.50
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	6.00
1982-1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	24.00	8.00	0.00	4.50	0.00	0.00	40.50
1983-1984	0.00	0.00	35.50	0.00	1.00	0.00	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00	3.00	36.50	13.50
1984-1985	0.00	0.00	0.00	15.10	12.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.20	0.00
1985-1986	0.00	0.00	4.50	6.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	10.50	4.00
1986-1987	1.00	0.00	6.50	26.00	36.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.50	1.00
1987-1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	3.10	0.00	1.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	3.00
1990-1991	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00
1991-1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	7.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.00	8.00
1992-1993	0.00	0.00	4.00	4.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	0.00
1993-1994	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
1994-1995	0.00	0.00	10.50	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.50	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	0.00	0.00	5.00	6.50
1996-1997	0.00	0.00	1.00	20.00	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	5.50
1997-1998	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	1.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00
1999-2000	0.00	2.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	2.00
2000-2001	0.00	0.00	0.00	2.00	35.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.50	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	0.00	69.50	0.00	1.00	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	69.50	9.50
2002-2003	0.00	0.00	0.00	40.50	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.50	7.50
2003-2004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50
2004-2005	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	9.00	8.50
2005-2006	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.29
Media	0.03	0.28	2.69	5.55	5.46	0.50	1.19	1.47	0.49	0.37	0.51	0.08	14.50	4.12
Desv. Est.	0.16	1.21	6.51	10.44	13.89	1.48	2.29	4.61	1.89	1.21	1.64	0.49	17.66	7.33

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION SOCAIRE				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
615636	7389565	3251	1974	2005

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	1.50	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	0.00
1970-1971	0.00	0.00	0.00	1.50	1.94	1.31	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	4.75	0.50
1971-1972	0.00	2.08	0.00	27.36	2.47	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	31.90	0.50
1972-1973	0.00	0.00	0.00	11.75	16.75	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.81	0.00
1973-1974	0.00	0.00	24.44	1.50	5.01	0.00	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.95	2.59
1974-1975	0.00	0.00	55.50	12.50	29.10	0.00	21.50	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	97.10	31.00
1975-1976	0.00	0.00	35.90	2.00	3.00	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.90	4.90
1976-1977	0.00	0.00	13.00	51.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.00	0.00
1977-1978	0.00	0.00	3.00	36.50	1.50	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	41.00	2.50
1978-1979	0.00	0.00	14.00	0.00	11.50	0.00	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.50	15.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	2.00	1.50
1980-1981	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	12.00	0.00	0.00	0.00	5.00	4.00	0.00	20.50	9.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	10.00	0.00	2.50	11.60
1982-1983	0.00	5.00	0.00	1.50	0.00	4.50	14.50	28.50	8.00	0.00	3.00	0.00	11.00	54.00
1983-1984	0.00	2.00	109.50	0.00	3.00	0.00	0.00	33.40	0.00	0.00	0.00	10.00	114.50	43.40
1984-1985	0.00	0.00	0.00	40.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.00	0.00
1985-1986	0.00	0.00	21.00	7.50	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	2.40	0.00	0.00	28.50	6.40
1986-1987	11.70	0.00	22.00	21.70	39.50	0.00	6.00	3.00	1.00	0.00	4.00	0.00	94.90	14.00
1987-1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	3.00	0.00	4.50	0.00	3.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	7.50	4.50
1990-1991	0.00	21.10	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.90	0.00
1991-1992	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	9.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	1.00
1992-1993	0.00	1.50	4.00	4.50	4.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	14.50	0.80
1993-1994	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	7.00	3.00
1994-1995	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	4.50	20.00
1996-1997	0.00	0.00	0.00	51.50	0.00	0.00	7.00	1.50	0.00	0.00	0.50	0.00	51.50	9.00
1997-1998	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	0.00
1999-2000	0.00	0.00	67.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.00	2.00
2000-2001	0.00	0.00	0.00	5.50	39.50	3.00	3.50	0.00	0.00	0.50	2.00	0.00	48.00	6.00
2001-2002	0.00	1.00	0.00	0.00	29.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	30.00	5.00
2002-2003	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	16.00
2003-2004	0.00	0.00	1.50	6.00	3.50	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	11.00	2.50
2004-2005	0.00	0.00	6.00	0.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	11.00	6.00
2005-2006	0.00	0.00	4.00	3.00	0.00	0.00	2.59	0.00	0.00	0.00	1.08	0.00	7.00	3.67
Media	0.32	0.88	10.52	10.05	6.18	1.21	2.31	2.69	0.45	0.84	0.96	0.27	29.15	7.52
Desv. Est.	1.92	3.55	22.82	15.38	10.72	2.77	4.94	7.48	1.53	3.38	2.12	1.64	28.81	12.11

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION CAMAR				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
607294	7411774	2800	1979	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.88	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.51	0.96
1970-1971	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00	1.55	1.56
1971-1972	0.00	1.73	0.00	0.00	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	4.32	1.00
1972-1973	0.00	0.00	0.00	10.38	30.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.07	0.00
1973-1974	0.00	0.00	21.29	0.00	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.68	0.00	28.89	1.68
1974-1975	0.00	0.00	34.02	0.00	31.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.80	0.00
1975-1976	0.00	1.22	35.63	0.00	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.92	0.00
1976-1977	0.00	0.00	12.61	10.38	6.24	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	29.23	1.00
1977-1978	0.00	0.00	9.92	0.00	5.72	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	15.63	1.61
1978-1979	0.00	0.00	8.00	0.00	7.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	2.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	4.00	9.00	0.00	2.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	13.00	7.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	94.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.00	0.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	0.00	0.00	10.50
1982-1983	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	5.00	65.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	70.00
1983-1984	0.00	0.00	93.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	32.00
1984-1985	0.00	0.00	0.00	15.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	0.00
1985-1986	0.00	0.00	29.00	12.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	2.00	0.00	0.00	41.00	12.00
1986-1987	7.50	0.00	14.00	15.10	27.50	0.00	2.50	1.50	0.00	0.00	0.30	0.00	64.10	4.30
1987-1988	0.00	0.00	3.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.50	0.00
1989-1990	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.50	1.50	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00
1990-1991	0.00	19.50	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	0.00
1991-1992	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	3.00
1992-1993	0.00	3.00	2.00	6.00	10.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.10	2.00
1993-1994	0.00	0.00	0.00	0.00	11.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	11.40	1.00
1994-1995	0.00	0.00	22.00	0.00	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.50	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	0.00	16.00
1996-1997	0.00	0.00	1.00	51.00	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.50	0.00
1997-1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	18.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00
1999-2000	0.00	1.50	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	39.00	0.40
2000-2001	0.00	0.00	0.00	16.00	82.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.50	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	0.10	58.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	58.10	0.70
2002-2003	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	10.00
2003-2004	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	3.00	2.00
2004-2005	0.00	0.00	23.50	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	0.00	26.50	6.50
2005-2006	0.00	0.00	6.00	7.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.20
Media	0.20	0.73	9.69	8.42	9.13	0.12	0.72	3.11	0.06	0.81	0.53	0.00	28.29	5.23
Desv. Est.	1.23	3.23	18.19	18.27	17.36	0.43	1.91	11.79	0.27	2.75	2.00	0.00	28.10	12.57

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION SAN PEDRO DE ATACAMA				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
582040	7465449	2450	1970	1997

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	3.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00
1970-1971	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1971-1972	0.00	0.60	7.60	51.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.90	10.00	62.70	18.90
1972-1973	0.00	0.00	20.00	25.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	50.00	1.10
1973-1974	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00
1974-1975	0.00	0.00	6.00	20.00	5.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00	1.00	0.00	31.00	7.00
1975-1976	0.00	2.00	32.50	0.50	1.50	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	36.50	4.50
1976-1977	0.00	0.00	7.00	54.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.00	0.00
1977-1978	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00
1978-1979	0.00	0.00	8.00	0.00	7.10	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	15.10	8.50
1979-1980	0.00	0.00	0.00	5.00	5.50	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	2.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	21.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.50	2.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	1.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	8.00
1982-1983	0.00	0.00	1.50	0.00	3.00	0.00	3.50	11.50	0.00	0.00	3.50	0.00	4.50	18.50
1983-1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50
1984-1985	0.00	0.00	0.00	12.50	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.50	0.00
1985-1986	0.00	0.50	25.50	2.48	0.59	0.00	0.00	0.37	0.00	1.20	0.00	0.00	29.07	1.57
1986-1987	13.30	0.00	4.00	7.00	33.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	1.00	0.00	57.30	3.50
1987-1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	37.50	5.00	0.00	0.00	2.45	0.00	0.00	1.00	0.00	42.50	3.45
1989-1990	0.00	0.16	5.88	5.89	1.69	0.00	0.86	9.20	0.00	0.00	0.00	0.53	13.63	10.58
1990-1991	0.00	0.16	5.88	1.50	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	8.14	0.53
1991-1992	0.00	0.00	0.00	1.50	0.59	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.31
1992-1993	0.00	0.00	0.00	1.50	11.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	13.16	1.00
1993-1994	0.00	0.16	0.00	4.43	13.08	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	1.00	0.53	17.67	1.83
1994-1995	0.00	0.00	0.00	1.50	7.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.22	0.00
1995-1996	0.00	0.00	5.88	1.50	0.59	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	7.98	0.31
1996-1997	0.00	0.00	0.00	50.77	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.68	0.00
1997-1998	0.00	0.00	5.88	24.92	0.59	0.00	0.00	3.58	0.00	0.00	0.00	0.53	31.39	4.11
1998-1999	0.00	0.16	0.00	42.97	7.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.30	0.00
1999-2000	0.00	0.00	5.88	1.50	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	7.98	1.00
2000-2001	0.00	0.00	0.00	129.31	90.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	220.27	1.00
2001-2002	0.00	0.00	5.88	14.19	64.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	84.19	1.00
2002-2003	0.00	0.00	5.88	9.80	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.27	0.00
2003-2004	0.00	0.00	0.00	1.50	0.59	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.86
2004-2005	0.00	0.00	5.88	1.50	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	9.62	1.00
2005-2006	0.00	0.00	0.00	7.45	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.05	0.00
Media	0.36	0.10	4.45	15.33	8.23	0.00	0.47	1.47	0.00	0.09	0.70	0.33	28.47	3.06
Desv. Est.	2.19	0.35	7.25	25.05	18.38	0.00	1.13	3.17	0.00	0.38	1.60	1.64	39.13	4.84

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION TALABRE				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
619291	7420909	3600	1995	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	5.23	3.03	0.00	3.95	0.29	0.90	0.00	0.00	0.00	8.26	5.15
1970-1971	0.00	0.00	0.00	5.23	4.31	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	1.05	0.00	9.54	1.34
1971-1972	0.00	0.47	0.00	37.87	5.59	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	43.94	0.29
1972-1973	0.00	0.00	0.00	18.16	40.16	0.00	3.95	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	58.33	4.25
1973-1974	0.00	0.00	32.74	5.23	11.75	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	1.05	0.00	49.72	1.34
1974-1975	0.00	0.00	51.61	14.47	41.51	1.60	3.95	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	109.19	4.25
1975-1976	0.00	0.35	54.01	5.23	4.95	1.60	0.00	0.29	0.00	0.00	1.05	0.00	66.14	1.34
1976-1977	0.00	0.00	19.86	70.51	10.08	0.00	3.95	0.29	0.00	0.00	1.05	0.00	100.46	5.29
1977-1978	0.00	0.00	15.86	17.30	9.44	0.00	3.95	1.07	0.00	4.09	1.05	0.00	42.60	10.16
1978-1979	0.00	0.00	0.00	5.23	8.48	0.00	3.95	4.59	0.00	4.09	1.05	0.00	13.71	13.68
1979-1980	0.00	0.00	2.18	5.23	10.72	0.00	3.95	0.29	0.00	0.00	1.05	0.00	18.14	5.29
1980-1981	0.00	0.00	0.99	23.70	3.03	0.00	0.00	0.29	0.00	4.09	1.05	0.00	27.72	5.43
1981-1982	0.00	0.00	0.00	5.23	4.63	0.00	3.95	1.86	0.00	0.00	1.05	0.00	9.86	6.86
1982-1983	0.00	1.05	8.85	7.08	6.23	0.00	0.00	7.53	0.90	0.00	1.05	0.09	23.21	9.56
1983-1984	0.00	0.00	79.32	18.16	4.31	0.00	0.00	6.71	0.00	0.00	1.05	0.00	101.80	7.75
1984-1985	0.00	0.00	0.00	34.79	16.82	0.00	3.95	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	51.61	5.58
1985-1986	0.00	0.15	17.82	15.45	3.03	0.00	3.95	0.92	0.00	0.00	1.05	0.09	36.45	6.01
1986-1987	0.00	1.02	52.06	25.06	20.99	0.00	0.00	3.03	0.00	4.09	0.00	0.00	99.13	7.12
1987-1988	0.00	0.00	8.53	5.23	12.01	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	25.77	0.29
1988-1989	0.00	0.00	0.00	35.41	3.03	0.00	0.00	2.13	0.00	0.00	1.05	0.00	38.43	3.17
1989-1990	0.00	0.00	1.65	5.23	10.72	0.00	3.95	6.08	0.00	4.09	1.05	0.00	17.60	15.17
1990-1991	0.00	3.13	4.09	5.23	3.03	0.00	0.00	0.29	0.90	4.09	1.05	0.00	15.48	6.33
1991-1992	0.00	0.00	5.87	5.23	3.03	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	1.05	0.00	14.13	1.92
1992-1993	0.00	0.65	4.98	5.23	28.04	0.00	3.95	0.49	0.00	0.00	1.05	0.00	38.91	5.49
1993-1994	0.00	0.00	1.43	5.23	29.65	0.00	3.95	0.88	0.00	4.09	0.00	0.00	36.30	8.92
1994-1995	0.00	0.78	48.46	5.23	9.44	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	4.00	0.00	63.91	4.29
1995-1996	0.00	0.00	0.00	1.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	42.00	0.50	0.00	5.50	42.50
1996-1997	0.00	0.00	0.00	55.00	19.00	0.00	4.50	0.00	0.00	1.50	2.00	0.00	74.00	8.00
1997-1998	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	3.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	8.00	28.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	0.00
1999-2000	0.00	2.00	91.50	0.00	3.00	6.00	10.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	102.50	12.00
2000-2001	0.00	0.00	7.50	53.50	96.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.00	4.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	6.00	79.00	0.00	3.00	1.00	9.00	0.00	0.00	1.00	85.00	14.00
2002-2003	0.00	0.00	2.00	30.00	0.00	0.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	18.00
2003-2004	0.00	0.00	18.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	40.00	1.50
2004-2005	0.00	0.00	40.70	1.00	2.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	53.70	5.00
2005-2006	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	4.00
Media	0.00	0.26	15.41	16.02	14.58	0.49	2.57	1.29	0.29	1.96	0.76	0.00	46.76	6.88
Desv. Est.	0.00	0.64	24.06	16.81	20.79	1.92	3.52	1.95	1.50	6.96	1.10	0.24	35.82	7.40

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION TOCONAO EXP				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
593,820	7,435,855	2,430	1,975	2,006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	1.21
1970-1971	0.00	0.00	0.00	0.28	0.58	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.86	0.09
1971-1972	0.00	3.00	0.00	0.28	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.75	0.00
1972-1973	0.00	0.00	0.00	0.28	25.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.83	0.00
1973-1974	0.10	0.00	16.59	0.28	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.73	0.00
1974-1975	0.00	0.00	26.70	17.18	26.50	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.38	1.21
1975-1976	0.00	0.00	38.50	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.50	5.70
1976-1977	0.00	0.00	0.00	71.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.00	0.00
1977-1978	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00
1978-1979	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	12.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	12.50	15.00	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.50	10.50
1980-1981	0.00	0.00	0.30	98.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	99.80	1.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	5.00
1982-1983	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00	0.00	5.00	26.50	0.00	0.00	6.50	0.00	18.50	38.00
1983-1984	0.00	0.00	79.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	2.50	79.00	21.00
1984-1985	0.00	0.00	0.50	24.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.50	0.00
1985-1986	0.00	0.00	42.00	30.30	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	8.00	0.00	0.00	72.30	11.00
1986-1987	3.00	0.00	23.00	19.50	27.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	73.00	1.50
1987-1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	0.00	0.28	3.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.28	0.30
1990-1991	0.00	38.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.00	0.00
1991-1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.50
1992-1993	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00
1993-1994	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60	0.00
1994-1995	0.00	0.00	19.80	0.00	4.20	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	1.50
1995-1996	0.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
1996-1997	0.00	0.00	0.00	13.30	22.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	35.80	2.00
1997-1998	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	9.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	0.00
1999-2000	0.00	0.00	16.00	0.00	0.50	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	3.00
2000-2001	0.00	0.00	0.00	28.80	42.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.00	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	3.50	78.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	81.50	2.70
2002-2003	0.00	0.00	0.00	20.20	0.00	0.00	11.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	11.50
2003-2004	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00
2004-2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	3.50	3.00
2005-2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.09
Media	0.08	1.11	7.43	11.34	7.75	0.18	1.05	1.75	0.05	0.32	0.35	0.04	27.89	3.56
Desv. Est.	0.49	6.25	16.41	20.73	15.76	0.64	2.72	5.52	0.48	1.40	1.37	0.45	29.49	7.45

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION TOCONAO RETEN					
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO	
602350	7435799	2450	1975	1991	

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	1.57	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43	0.00
1970-1971	0.00	0.00	0.00	1.57	0.86	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	0.19	2.43	3.34
1971-1972	0.19	3.71	0.00	1.57	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.32	0.00
1972-1973	0.00	0.00	0.00	1.57	0.86	0.00	0.39	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43	3.54
1973-1974	0.00	0.00	21.80	1.57	0.86	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	24.23	3.15
1974-1975	0.00	0.00	18.50	14.00	3.50	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	10.00	0.00	36.00	13.50
1975-1976	0.00	0.00	33.00	2.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.00	0.00
1976-1977	0.00	0.00	3.00	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.00	0.00
1977-1978	0.00	0.00	0.00	14.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00
1978-1979	0.00	0.00	3.00	0.00	5.00	0.00	0.00	11.10	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	11.10
1979-1980	0.00	0.00	0.00	8.50	11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.20	0.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.00	0.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	8.00
1982-1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	15.00	0.00	0.00	4.10	0.00	0.00	25.10
1983-1984	0.00	0.00	73.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.10	0.00	0.00	0.00	3.00	73.00	20.10
1984-1985	0.00	0.00	3.00	17.30	4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.40	0.00
1985-1986	0.00	0.00	37.50	34.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	7.50	0.00	0.00	71.50	9.50
1986-1987	3.10	0.00	23.00	19.50	27.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	73.10	1.50
1987-1988	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.40
1990-1991	0.00	32.50	9.60	1.57	0.86	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	1.38	0.00	44.53	4.53
1991-1992	0.00	0.00	4.01	1.57	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	0.00
1992-1993	0.00	5.21	3.42	1.57	3.13	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	13.33	3.15
1993-1994	0.00	0.00	1.07	1.57	6.85	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.48	0.39
1994-1995	0.00	6.26	32.21	1.57	4.67	0.00	0.39	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	44.71	3.54
1995-1996	0.00	0.00	0.00	3.06	3.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.64	0.00
1996-1997	0.00	2.70	4.89	11.50	21.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.37	0.00
1997-1998	0.00	0.00	16.95	4.18	0.86	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	21.99	3.15
1998-1999	0.00	1.74	0.00	8.29	17.19	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.22	0.39
1999-2000	0.00	10.95	51.86	1.57	1.31	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.69	0.39
2000-2001	0.00	0.61	8.77	23.08	39.16	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	1.38	0.00	71.62	4.53
2001-2002	0.00	5.76	0.00	4.18	71.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	81.58	1.38
2002-2003	0.00	0.00	0.00	16.66	0.86	0.00	0.39	3.15	0.00	0.00	1.38	0.00	17.52	4.92
2003-2004	0.00	0.00	0.00	2.31	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	3.17	1.38
2004-2005	0.00	0.00	24.77	1.57	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.20	0.00
2005-2006	0.00	0.00	11.19	1.57	0.86	0.00	0.00	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	13.61	3.15
Media	0.09	1.88	10.46	9.97	6.50	0.00	0.23	2.21	0.00	0.20	0.78	0.09	28.90	3.52
Desv. Est.	0.51	5.70	16.78	16.12	13.89	0.00	0.99	4.00	0.00	1.23	2.16	0.49	26.03	5.73

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION EL TATIO				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
599540	7528080	4320	1977	2005

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.45	2.17	4.06	0.00	0.00	3.32	0.00	0.00	2.09	0.00	0.00	6.68	5.41
1970-1971	0.00	0.45	2.17	4.06	0.00	0.00	0.00	3.27	0.00	2.09	0.00	0.00	6.68	5.36
1971-1972	0.00	11.17	2.17	4.06	0.00	0.00	3.32	3.27	0.00	2.09	0.00	0.00	17.40	8.68
1972-1973	0.00	0.45	2.17	4.06	0.00	0.00	0.00	3.27	0.00	2.09	0.00	0.51	6.68	5.87
1973-1974	0.00	0.45	90.31	49.25	13.80	0.00	3.32	3.27	0.00	0.00	1.92	0.00	153.80	8.51
1974-1975	0.00	0.45	133.61	134.74	106.37	0.00	3.32	3.27	0.00	2.09	0.00	0.00	375.16	8.68
1975-1976	0.00	9.10	139.11	63.56	45.84	0.00	3.32	3.27	0.69	0.00	0.00	0.00	257.61	7.28
1976-1977	0.00	1.40	60.76	181.81	36.35	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	280.82	0.00
1977-1978	0.00	0.00	38.50	29.40	13.20	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	6.00	81.10	8.00
1978-1979	0.00	2.00	69.70	1.00	61.20	0.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	133.90	11.00
1979-1980	0.00	0.00	1.20	5.30	39.00	0.00	3.10	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	45.50	9.10
1980-1981	0.00	1.10	25.10	75.00	3.00	8.50	0.00	0.00	0.00	7.50	7.00	0.00	112.70	14.50
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	4.00	0.00	9.20	20.10	0.00	0.00	42.80
1982-1983	0.00	15.00	16.10	12.10	21.20	0.10	36.50	18.50	0.00	0.00	14.50	0.00	64.50	69.50
1983-1984	0.00	33.00	195.00	89.80	30.00	0.00	0.00	16.40	0.00	0.00	0.00	7.50	347.80	23.90
1984-1985	2.80	0.00	6.10	130.50	89.50	0.00	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	228.90	3.40
1985-1986	3.50	26.50	54.00	44.60	15.50	0.00	0.00	1.60	0.50	9.60	0.00	0.00	144.10	11.70
1986-1987	14.20	47.00	159.60	31.00	77.50	0.00	7.00	7.00	0.00	0.00	0.60	0.20	329.30	14.80
1987-1988	0.00	0.00	32.00	8.50	34.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.70	0.00
1988-1989	0.00	1.00	0.00	116.00	12.00	0.00	0.00	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	129.00	4.70
1989-1990	-1.00	0.00	10.50	6.20	15.50	0.00	3.50	14.80	4.20	2.00	0.60	0.00	31.20	25.10
1990-1991	0.00	71.00	61.00	8.50	10.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	153.00	0.40
1991-1992	0.00	0.00	37.30	0.00	0.00	0.00	0.30	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	37.30	1.80
1992-1993	0.00	5.90	51.00	12.50	31.50	0.00	3.10	0.50	3.50	19.50	0.00	0.00	100.90	26.60
1993-1994	0.00	2.50	28.60	21.00	50.60	0.40	0.00	1.50	0.00	5.00	1.00	0.00	103.10	7.50
1994-1995	0.00	8.50	154.50	0.00	18.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	0.00	182.50	6.50
1995-1996	0.00	0.00	4.00	4.50	10.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	1.50
1996-1997	0.00	0.00	38.00	129.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	186.00	0.60
1997-1998	0.00	0.00	47.00	26.50	0.00	0.00	0.00	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	73.50	6.40
1998-1999	0.00	0.00	1.50	161.00	80.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	243.00	0.00
1999-2000	0.00	0.00	189.00	32.20	17.00	0.00	6.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	238.20	6.50
2000-2001	0.00	0.00	61.00	154.00	206.00	0.50	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	421.50	0.20
2001-2002	0.00	0.00	4.00	23.50	40.90	0.00	1.80	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	68.40	3.10
2002-2003	0.00	0.00	4.00	6.00	2.00	0.00	20.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	12.00	24.00
2003-2004	0.00	0.00	9.31	78.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	0.00	0.00	87.55	6.80
2004-2005	0.00	0.00	58.60	28.60	17.50	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	104.70	5.50
2005-2006	0.00	0.00	53.53	104.61	38.01	0.50	0.00	3.27	0.69	2.09	0.00	0.00	196.64	6.05
Media	0.53	6.42	49.80	48.25	31.23	0.39	2.96	3.18	0.58	1.98	1.51	0.36	136.62	10.56
Desv. Est.	2.43	14.97	56.29	54.54	40.32	1.45	6.82	4.73	1.42	3.98	4.21	1.57	113.47	13.48

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION LINZOR				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
600916	7541756	4096	1973	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	22.76	0.00	25.22	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	47.98	2.40
1970-1971	0.00	0.00	22.76	0.00	13.94	0.00	2.40	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	36.70	4.79
1971-1972	0.00	14.10	268.54	0.00	22.94	0.00	0.00	0.00	0.58	1.39	0.00	0.00	305.59	1.98
1972-1973	0.00	0.00	22.76	0.00	47.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	70.18	0.00
1973-1974	0.00	0.00	86.50	60.00	17.50	0.00	0.00	2.00	3.50	1.00	2.00	0.00	164.00	8.50
1974-1975	0.00	0.00	129.00	173.50	95.50	0.00	5.00	4.50	3.50	0.00	0.50	0.00	398.00	13.50
1975-1976	0.00	21.00	134.40	79.00	44.50	0.00	4.00	0.00	0.00	2.50	13.00	0.00	278.90	19.50
1976-1977	0.00	7.50	57.50	236.00	36.50	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	337.50	4.50
1977-1978	0.00	0.00	48.50	28.00	13.94	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	4.00	90.44	6.00
1978-1979	0.00	0.00	80.97	0.73	24.67	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	106.37	4.50
1979-1980	0.00	0.00	17.70	7.50	47.90	0.00	16.80	0.00	7.30	0.00	0.00	0.00	73.10	24.10
1980-1981	0.00	0.50	15.00	145.10	11.00	3.50	0.00	1.50	0.00	0.00	10.00	0.00	175.10	11.50
1981-1982	0.90	0.00	0.00	5.50	7.00	1.00	4.20	3.00	0.00	2.80	38.50	0.00	14.40	48.50
1982-1983	0.00	9.00	32.70	21.80	33.00	4.10	27.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.60	27.40
1983-1984	0.00	0.00	191.40	101.30	47.40	0.00	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00	4.00	340.10	42.00
1984-1985	0.00	0.00	7.00	145.90	78.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	231.80	0.00
1985-1986	0.00	21.90	52.90	41.60	19.00	0.00	0.00	1.20	0.20	9.00	0.00	0.00	135.40	10.40
1986-1987	25.10	53.00	130.00	23.00	41.50	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	2.00	0.00	272.60	6.50
1987-1988	0.00	0.00	32.00	32.20	38.10	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	105.30	0.00
1988-1989	0.00	4.50	2.00	154.80	8.20	0.00	0.00	6.90	0.00	1.39	0.00	0.00	169.50	8.29
1989-1990	0.00	0.00	16.50	11.00	3.50	0.00	2.00	2.40	0.00	0.60	0.50	0.00	31.00	5.50
1990-1991	0.00	94.00	22.00	3.30	26.40	3.80	0.40	1.10	0.00	2.74	0.00	0.00	149.50	4.24
1991-1992	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.00	0.00
1992-1993	0.00	27.00	24.00	18.50	16.00	0.00	1.50	0.00	1.00	15.40	0.00	0.00	85.50	17.90
1993-1994	0.00	7.50	16.00	18.30	52.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	94.80	6.00
1994-1995	0.00	10.80	121.90	0.00	37.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	169.80	1.40
1995-1996	0.00	0.00	7.50	10.30	12.00	0.00	0.00	0.30	0.00	3.90	0.00	0.00	29.80	4.20
1996-1997	0.00	8.50	29.00	157.50	37.50	0.00	6.50	0.00	0.00	1.80	5.60	0.00	232.50	13.90
1997-1998	0.00	0.00	70.00	24.00	3.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	3.00
1998-1999	0.00	3.00	1.00	148.50	103.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	256.00	0.00
1999-2000	0.00	0.00	188.70	23.50	31.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	244.70	0.60
2000-2001	0.00	0.00	42.20	228.20	116.70	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	388.60	0.00
2001-2002	0.00	0.00	1.50	23.50	73.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	98.70	0.50
2002-2003	0.00	0.00	6.30	2.00	0.00	0.00	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	5.60
2003-2004	0.00	0.00	7.00	98.50	5.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.20	0.00	0.00	110.50	5.20
2004-2005	0.00	0.00	96.60	19.00	10.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	126.10	4.10
2005-2006	0.00	0.00	50.40	0.00	37.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.30	0.00
Media	0.70	7.63	56.24	55.19	33.53	0.54	2.21	2.06	0.49	1.21	2.29	0.30	153.83	8.55
Desv. Est.	4.12	18.07	62.88	69.87	28.94	1.21	5.29	6.31	1.44	2.95	6.77	0.99	108.88	11.23

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION PARSHALL 2				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
549798	7573489	3318	1970	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1970-1971	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	5.00
1971-1972	0.00	0.00	76.00	26.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	8.00	104.00	13.50
1972-1973	0.00	0.00	0.00	10.50	0.00	0.08	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	10.58	0.81
1973-1974	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	1.50
1974-1975	0.00	0.00	30.50	7.50	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.00	0.00
1975-1976	0.00	1.62	12.80	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00	14.42	20.00
1976-1977	0.00	0.00	5.20	53.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.70	0.00
1977-1978	0.00	0.50	0.00	9.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	10.30	1.00
1978-1979	0.00	0.00	18.00	0.00	2.50	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.50	2.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	9.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	5.00	0.00	0.00	6.50	0.00	0.00	21.50
1982-1983	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	4.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	8.00
1983-1984	0.00	0.00	30.50	10.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.50	0.00
1984-1985	0.00	0.00	0.00	24.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00
1985-1986	0.00	0.00	29.00	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	37.30	2.50
1986-1987	1.00	0.00	42.70	16.10	3.50	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.30	4.00
1987-1988	0.00	0.00	6.70	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.70	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	24.50	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	9.00	0.00	4.50	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.50	3.00
1990-1991	0.00	16.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00
1991-1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
1992-1993	0.00	13.00	11.00	0.00	26.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.10	0.00	0.00	50.50	5.10
1993-1994	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	27.00	1.00
1994-1995	0.00	5.00	13.70	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.20	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	4.40	0.00	0.00	0.00	7.40
1996-1997	0.00	0.00	2.00	43.40	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	1.50	0.00	54.40	13.00
1997-1998	0.00	0.00	2.00	0.50	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	1.50
1998-1999	0.00	0.00	0.00	14.80	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.30	0.00
1999-2000	0.00	1.50	53.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.50	0.00
2000-2001	0.00	0.00	5.00	32.70	43.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.90	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	0.00	3.50	16.00
2002-2003	0.00	0.00	1.00	7.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	4.00
2003-2004	0.00	0.00	0.00	10.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00
2004-2005	0.00	0.00	25.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.50	0.00
2005-2006	0.00	0.00	2.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	5.50	0.93
Media	0.03	1.02	10.35	8.76	5.48	0.08	0.80	0.79	0.43	0.64	0.90	0.24	25.72	3.81
Desv. Est.	0.16	3.40	17.30	13.06	9.39	0.49	2.34	1.51	2.63	2.17	3.21	1.32	25.23	5.88

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION RIO GRANDE				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
585625	7494951	3250	1977	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	31.58	9.44	0.00	0.00	4.56	0.00	1.42	0.00	0.00	41.02	5.98
1970-1971	0.00	0.00	0.00	1.45	9.44	0.40	0.00	4.56	0.00	0.00	0.00	0.00	11.29	4.56
1971-1972	0.00	3.79	0.00	141.13	9.44	0.00	0.00	4.56	0.00	0.00	0.00	0.00	154.36	4.56
1972-1973	0.00	0.00	0.00	69.92	9.44	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.76	0.00
1973-1974	0.00	0.00	45.90	1.45	9.44	0.00	0.00	4.56	0.61	0.00	0.00	0.00	56.79	5.17
1974-1975	0.00	0.00	70.92	56.23	9.44	0.00	0.00	4.56	0.00	0.00	0.00	0.00	136.58	4.56
1975-1976	0.00	2.87	74.09	2.82	9.44	0.00	0.00	4.56	0.00	0.00	0.00	0.00	89.23	4.56
1976-1977	0.00	0.00	5.00	153.50	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	168.00	0.00
1977-1978	0.00	0.00	4.40	29.60	0.40	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	34.40	1.50
1978-1979	0.00	0.00	45.70	0.00	12.00	0.00	0.00	9.40	0.00	0.00	0.00	0.00	57.70	9.40
1979-1980	0.00	0.00	0.00	10.10	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.10	0.00
1980-1981	0.00	1.50	0.00	98.30	0.00	5.60	0.00	0.00	0.00	2.40	7.10	0.00	105.40	9.50
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.40	1.00	0.00	0.00	5.00	0.00	2.70	6.40
1982-1983	0.00	0.00	5.50	0.00	4.70	0.00	12.00	30.20	0.00	0.00	6.90	0.00	10.20	49.10
1983-1984	0.00	14.10	139.50	8.70	6.90	0.00	0.00	61.90	0.00	0.00	0.00	3.80	169.20	65.70
1984-1985	0.00	0.00	0.00	40.30	53.80	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	94.10	1.00
1985-1986	0.00	0.80	70.90	25.00	1.90	0.00	0.00	1.60	0.00	4.90	0.00	0.00	98.60	6.50
1986-1987	8.10	3.70	67.40	16.30	49.30	0.00	5.40	9.20	0.00	0.00	0.50	0.00	144.80	15.10
1987-1988	0.00	0.00	5.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	86.50	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.30	0.00
1989-1990	0.00	0.00	0.60	0.00	13.10	0.00	0.00	7.90	3.90	0.00	0.00	0.00	13.70	11.80
1990-1991	0.00	38.50	7.50	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.10	0.00
1991-1992	0.00	0.00	5.60	0.00	0.00	0.90	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	1.00
1992-1993	0.00	0.00	14.40	5.30	14.20	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	33.90	4.00
1993-1994	0.00	0.00	0.00	5.70	34.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	40.10	2.30
1994-1995	0.00	0.00	67.60	0.00	13.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.30	0.00
1995-1996	0.00	0.00	2.40	3.00	0.60	0.00	0.00	0.90	0.00	13.30	0.00	0.00	6.00	14.20
1996-1997	0.00	0.00	12.50	63.30	29.40	0.00	9.50	0.00	0.00	14.40	0.00	0.00	105.20	23.90
1997-1998	0.00	0.00	23.50	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.50	0.00
1998-1999	0.00	1.60	0.00	50.10	20.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.80	0.00
1999-2000	0.00	0.00	81.70	1.40	29.10	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	112.20	0.50
2000-2001	0.00	0.00	15.90	95.30	83.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	194.30	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.50	2.00	72.60	0.00	5.50	7.50	12.80	0.00	0.00	0.00	75.10	25.80
2002-2003	0.00	0.00	1.90	12.30	1.90	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.10	5.50
2003-2004	0.00	0.00	0.10	41.60	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.80	0.00
2004-2005	0.00	0.00	45.60	0.00	12.50	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	61.20	6.00
2005-2006	0.00	0.00	50.40	133.50	37.90	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	223.80	0.00
Media	0.22	1.81	23.37	32.20	16.27	0.31	1.05	4.31	0.49	1.15	0.69	0.10	74.17	7.80
Desv. Est.	1.33	6.67	33.65	44.19	20.10	1.10	2.81	11.16	2.18	3.28	1.98	0.62	57.86	13.73

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION TOCONCE				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
586122	7538001	3350	1972	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	53.60	33.89	0.00	1.35	0.00	0.00	1.53	0.00	0.00	87.49	2.88
1970-1971	0.00	3.17	0.00	10.44	4.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.06	0.00
1971-1972	0.00	3.17	0.00	210.53	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	2.00	215.20	13.00
1972-1973	0.00	0.00	5.10	120.50	37.20	5.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	168.30	3.00
1973-1974	0.00	0.00	32.00	58.50	4.30	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	94.80	1.00
1974-1975	0.00	0.00	89.00	101.00	84.50	0.00	3.00	0.50	0.30	0.00	0.00	0.00	274.50	3.80
1975-1976	0.00	1.50	89.50	21.50	11.50	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	124.00	3.00
1976-1977	0.00	0.00	4.50	252.50	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	269.00	0.00
1977-1978	0.00	0.00	6.50	17.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
1978-1979	0.00	0.00	22.50	0.00	17.70	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	40.20	4.50
1979-1980	0.00	0.00	0.00	4.00	16.60	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	20.60	3.50
1980-1981	0.00	0.00	7.20	99.10	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	108.80	1.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.50	5.50	0.00	6.50	0.00	0.00	1.00	14.50	0.00	6.00	22.00
1982-1983	0.00	2.30	6.00	4.60	15.60	0.00	11.30	8.00	0.00	0.00	9.00	0.00	28.50	28.30
1983-1984	0.00	0.00	154.50	33.10	11.80	0.00	3.00	22.00	0.00	0.00	0.00	12.00	198.40	34.00
1984-1985	0.00	0.00	1.30	89.50	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.80	0.00
1985-1986	2.00	9.50	46.50	42.00	2.00	0.00	0.00	1.30	0.00	10.00	0.00	0.00	102.00	11.30
1986-1987	7.00	32.50	58.00	31.00	34.50	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	163.00	8.00
1987-1988	0.00	0.00	11.00	0.00	29.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.50	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	122.30	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	122.80	0.00
1989-1990	0.00	0.00	4.00	3.50	28.00	0.00	0.50	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	35.50	7.70
1990-1991	0.00	24.50	2.50	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.50	0.00
1991-1992	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
1992-1993	0.00	3.00	26.00	5.00	28.50	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.70	0.00	62.50	5.20
1993-1994	0.00	0.00	2.00	4.50	41.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	47.50	0.70
1994-1995	0.00	7.80	69.50	0.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	95.30	1.00
1995-1996	0.00	0.00	5.00	3.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	11.50	12.00
1996-1997	0.00	3.50	30.00	55.90	5.00	0.00	8.00	0.00	0.00	21.50	2.30	0.00	94.40	31.80
1997-1998	0.00	0.00	25.50	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	70.50	43.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.50	0.00
1999-2000	0.00	4.50	177.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	181.50	0.00
2000-2001	0.00	0.00	8.00	158.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	166.50	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	15.30	63.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	78.30	6.00
2002-2003	0.00	0.00	0.50	5.00	0.00	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	10.50
2003-2004	0.00	0.00	1.30	59.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	61.30	2.00
2004-2005	0.00	0.00	106.00	4.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	117.00	0.00
2005-2006	0.00	0.00	11.50	30.00	2.00	1.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	44.50	1.76
Media	0.22	2.58	27.36	45.92	16.49	0.28	1.31	1.39	0.29	1.45	1.06	0.39	92.84	5.89
Desv. Est.	1.20	6.73	43.91	61.62	20.08	1.01	2.94	4.13	1.13	4.27	3.24	1.99	72.57	9.11

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION AYQUINA				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
570397	7535620	3031	1970	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	37.00	0.50	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.59	0.00
1970-1971	0.00	0.00	0.00	1.12	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15	0.00
1971-1972	0.00	2.00	62.50	105.00	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	25.20	177.50	37.20
1972-1973	0.00	0.00	9.00	23.50	26.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.50	3.00
1973-1974	0.00	0.00	2.50	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	12.50	1.50
1974-1975	0.00	0.00	62.00	15.00	7.50	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.50	7.00
1975-1976	0.00	0.00	42.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.00	2.00
1976-1977	0.00	0.00	5.50	91.20	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	104.20	0.00
1977-1978	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00
1978-1979	0.00	0.00	9.50	0.00	7.00	0.00	0.00	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	6.50
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.00	17.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.60	0.00
1980-1981	0.00	0.00	0.50	25.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	27.00	1.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50	5.50
1982-1983	0.00	0.00	2.00	0.00	1.50	0.50	8.50	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00	4.00	14.00
1983-1984	0.00	4.00	57.50	4.00	5.00	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	3.50	70.50	16.00
1984-1985	0.00	0.00	0.00	13.50	13.50	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	27.00	0.20
1985-1986	0.00	1.50	51.00	2.50	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	9.00	0.00	0.00	55.00	10.50
1986-1987	1.50	7.00	38.00	21.50	17.00	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	85.00	5.50
1987-1988	0.00	0.00	0.50	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	43.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	1.00	0.50	2.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	4.00
1990-1991	0.00	6.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	0.00
1991-1992	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
1992-1993	0.00	9.50	15.50	0.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	47.00	9.50
1993-1994	0.00	0.00	0.00	2.00	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	48.50	1.50
1994-1995	0.00	2.00	15.50	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.50	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	4.50
1996-1997	0.00	0.00	14.00	23.10	8.40	0.00	5.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	45.50	8.00
1997-1998	0.00	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	5.60	10.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.20	0.00
1999-2000	0.00	0.00	54.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.60	0.00
2000-2001	0.00	0.00	0.00	52.10	95.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.10	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	0.00	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.00	0.00
2002-2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
2003-2004	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00
2004-2005	0.00	0.00	27.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.50	0.00
2005-2006	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00
Media	0.01	0.86	13.08	13.92	10.13	0.08	0.89	0.78	0.02	0.69	0.58	0.75	38.09	3.71
Desv. Est.	0.30	2.20	20.58	24.40	19.69	0.30	2.12	2.50	0.30	2.26	2.20	4.18	40.59	7.04

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION SALADO EMBALSE				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
582407	7533716	3200	1975	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.31	0.00	0.79	0.84	0.00	0.67	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	1.93	0.86
1970-1971	0.10	0.31	0.00	0.79	0.07	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	1.27	1.29
1971-1972	0.00	3.30	0.00	0.79	10.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.92	0.00
1972-1973	0.00	0.31	0.00	80.78	40.04	0.00	0.00	0.00	0.19	2.08	0.00	0.00	121.12	2.27
1973-1974	0.00	0.31	42.00	39.62	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00	82.00	2.08
1974-1975	0.00	0.31	65.63	67.83	11.60	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	145.37	0.19
1975-1976	0.00	0.50	69.50	13.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	83.00	2.50
1976-1977	0.00	0.00	5.00	161.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	175.00	0.00
1977-1978	0.00	0.00	2.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	0.00
1978-1979	0.00	0.00	7.50	0.00	9.30	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	16.80	5.50
1979-1980	0.00	0.00	0.00	3.00	8.80	0.00	0.50	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	11.80	3.00
1980-1981	0.00	0.00	2.70	53.50	0.00	3.90	0.00	0.00	0.00	0.30	2.00	0.00	60.10	2.30
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	4.00	9.00
1982-1983	0.00	0.50	1.50	1.30	6.00	0.40	4.50	2.40	0.50	0.00	9.00	0.00	9.70	16.40
1983-1984	0.00	9.40	121.20	30.70	3.90	0.00	0.00	17.50	0.00	0.00	0.00	8.00	165.20	25.50
1984-1985	0.00	0.00	0.00	50.20	18.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.40	0.00
1985-1986	1.00	4.00	78.80	21.00	0.40	0.00	0.00	0.60	0.00	16.00	0.00	0.00	105.20	16.60
1986-1987	2.00	14.00	31.00	25.20	33.50	0.00	0.00	5.70	0.00	0.00	0.00	0.00	105.70	5.70
1987-1988	0.00	0.00	2.00	0.00	20.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.30	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	101.80	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	102.30	0.00
1989-1990	0.00	0.00	3.50	4.00	13.50	0.00	0.00	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	6.70
1990-1991	0.00	18.60	1.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.30	0.00
1991-1992	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00
1992-1993	0.00	5.80	31.50	0.70	47.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	85.00	10.00
1993-1994	0.00	0.00	0.00	0.00	36.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.00	0.00	36.50	2.50
1994-1995	0.00	4.50	41.50	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	53.50	0.10
1995-1996	0.00	0.00	0.90	2.50	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	17.50	0.00	0.00	10.30	17.50
1996-1997	0.00	9.00	17.00	28.00	8.80	0.00	3.20	0.00	0.00	16.00	1.50	0.00	62.80	20.70
1997-1998	0.00	0.00	6.50	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.50	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	45.70	22.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.80	0.00
1999-2000	0.00	1.30	113.50	0.00	3.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	117.80	0.20
2000-2001	0.00	0.00	9.10	125.70	189.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	324.30	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	19.70	57.50	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	77.20	2.70
2002-2003	0.00	0.00	0.00	8.80	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.80	5.50
2003-2004	0.00	0.00	0.00	18.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	18.10	1.00
2004-2005	0.00	0.00	74.50	1.50	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.50	0.00
2005-2006	0.20	0.00	0.00	20.70	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	20.97	0.62
Media	0.09	1.96	19.93	26.34	15.59	0.12	0.58	1.04	0.17	1.80	0.54	0.22	64.03	4.34
Desv. Est.	0.36	4.26	33.26	38.00	32.78	0.64	1.41	3.25	0.60	4.75	1.69	1.32	65.21	6.66

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION CUPO				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
570627	7554899	3600	1978	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00
1970-1971	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00
1971-1972	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.00
1972-1973	0.00	0.00	0.00	87.26	2.22	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	89.48	1.29
1973-1974	0.00	0.00	55.30	40.94	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.46	0.00
1974-1975	0.00	0.00	83.59	72.69	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	158.50	0.00
1975-1976	0.00	0.00	87.18	13.30	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	102.70	0.23
1976-1977	0.00	0.00	36.00	185.88	9.27	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.23	0.00	231.15	1.52
1977-1978	0.00	0.00	30.01	10.31	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	42.54	0.19
1978-1979	0.00	0.00	33.00	0.00	12.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.00	2.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20
1980-1981	0.00	0.00	0.00	33.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	0.00	33.00	0.60
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	3.60	2.00
1982-1983	0.00	0.00	7.00	1.30	6.92	0.00	3.70	2.50	0.00	0.00	2.70	0.00	15.22	8.90
1983-1984	0.00	0.00	148.40	11.00	19.00	0.00	0.00	21.00	0.00	0.00	0.00	5.00	178.40	26.00
1984-1985	0.00	0.00	0.00	92.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	112.00	0.00
1985-1986	0.00	0.80	63.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	5.60	0.00	0.00	73.80	6.00
1986-1987	0.70	0.00	59.50	10.50	21.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.70	9.00
1987-1988	0.00	0.00	7.00	0.00	19.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.50	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	76.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	4.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00
1990-1991	0.00	5.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00
1991-1992	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
1992-1993	0.00	8.50	27.70	0.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	76.20	2.50
1993-1994	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	0.00
1994-1995	0.00	4.00	22.60	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.00	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00
1996-1997	0.00	6.60	85.90	39.70	30.60	0.00	6.00	0.00	0.00	12.10	0.00	0.00	162.80	18.10
1997-1998	0.00	0.00	15.20	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.40	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	86.00	37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	123.00	0.00
1999-2000	0.00	6.60	121.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	134.60	0.00
2000-2001	0.00	0.00	17.00	130.40	150.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	297.70	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00	6.60	0.00	0.00	0.00	47.00	6.60
2002-2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50
2003-2004	0.00	0.00	2.20	21.10	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.50	0.00
2004-2005	0.00	0.00	134.60	1.10	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	141.70	1.00
2005-2006	0.00	0.00	16.60	45.00	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	63.82	0.76
Media.	0.02	0.82	28.85	26.22	13.09	-0.03	0.50	1.01	0.15	0.57	0.18	0.14	68.97	2.55
Desv. Est.	0.12	2.22	41.54	43.49	26.41	0.16	1.50	3.72	1.10	2.19	0.56	0.82	71.44	5.42

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION OJOS DE SAN PEDRO				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
568452	7568715	3800	1970	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50
1970-1971	0.00	0.00	0.00	0.00	5.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.92	0.00
1971-1972	0.00	0.00	5.00	83.50	8.50	0.00	1.66	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	97.00	3.34
1972-1973	0.00	0.00	2.21	0.00	5.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	8.13	1.17
1973-1974	0.00	0.00	31.30	22.76	5.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.99	0.00
1974-1975	0.00	0.00	45.60	69.21	31.20	0.00	0.00	1.68	0.23	0.00	0.00	0.00	146.00	1.91
1975-1976	0.00	3.86	47.42	30.54	5.92	0.00	1.66	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	87.73	2.81
1976-1977	0.00	0.00	21.55	94.78	11.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	128.15	0.00
1977-1978	0.00	0.00	18.52	9.67	5.92	0.00	0.00	1.68	0.23	0.00	1.17	0.00	34.11	3.08
1978-1979	0.00	0.00	52.00	1.50	12.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	65.50	0.40
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.00	92.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.00	0.00	0.00	92.00	2.50
1980-1981	0.00	0.00	2.00	63.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	6.00	0.00	67.00	7.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20	9.60	0.00	1.50	15.00	0.00	0.00	33.30
1982-1983	0.00	6.00	16.00	1.00	10.00	0.00	18.00	2.00	0.00	0.00	6.00	0.00	33.00	26.00
1983-1984	0.00	0.00	69.50	27.50	5.00	0.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	7.00	102.00	18.00
1984-1985	0.00	0.00	0.00	102.00	45.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.00	1.00
1985-1986	0.00	4.00	52.50	23.50	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	3.00	0.00	0.00	80.00	3.20
1986-1987	2.50	17.80	48.00	18.00	11.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.30	7.00
1987-1988	0.00	0.00	8.20	0.00	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.70	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	41.50	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.50	0.00
1989-1990	0.00	0.00	1.50	0.00	13.00	0.00	4.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.50	5.50
1990-1991	0.00	32.00	6.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.00	0.00
1991-1992	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00
1992-1993	0.00	8.50	25.50	7.50	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00	0.00	79.00	14.00
1993-1994	0.00	0.00	7.50	1.00	39.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	47.50	1.00
1994-1995	0.00	8.00	36.00	0.00	22.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.50	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.50	10.00
1996-1997	0.00	0.00	1.50	78.00	26.00	0.00	1.00	0.00	0.70	4.00	0.00	0.00	105.50	5.70
1997-1998	0.00	0.00	17.20	7.00	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	24.20	9.50
1998-1999	0.00	0.00	0.00	55.00	27.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.50	0.00
1999-2000	0.00	13.00	52.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.50	5.00
2000-2001	0.00	0.00	28.00	73.50	74.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	176.00	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	7.00	28.00	0.00	0.00	0.20	5.20	0.00	0.00	0.00	35.00	5.40
2002-2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00
2003-2004	0.00	0.00	0.00	43.50	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	54.50	2.00
2004-2005	0.00	0.00	39.30	10.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	51.30	2.00
2005-2006	0.00	0.00	35.90	46.20	2.50	1.00	0.00	1.68	0.00	1.14	0.00	0.00	85.60	2.82
Media.	0.07	2.52	18.64	24.80	15.15	0.12	1.39	1.45	0.19	0.96	0.98	0.16	61.30	5.14
Desv Est.	0.41	6.41	20.60	31.65	20.72	0.43	3.75	2.97	0.88	2.80	2.81	1.17	44.97	7.39

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION SAN PEDRO DE CHONCHI				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
548194	7574447	3217	1970	1993

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.73	20.00	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.43	0.00
1970-1971	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.20	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.20	17.00
1971-1972	0.00	0.00	35.80	52.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.80	0.00
1972-1973	0.00	0.00	0.73	1.62	5.83	0.00	0.00	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	8.19	2.93
1973-1974	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50
1974-1975	0.00	0.00	28.50	37.50	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.00	0.00
1975-1976	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00	12.50	17.50
1976-1977	0.00	0.00	4.80	42.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.80	0.00
1977-1978	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	9.00	1.00
1978-1979	0.00	0.00	25.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	28.50	0.40
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	3.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	2.00	5.00	0.00	0.00	17.00
1982-1983	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	4.00	4.00	0.00	0.00	10.00	0.00	2.00	18.00
1983-1984	0.00	0.00	45.00	14.00	7.00	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	9.00	66.00	44.00
1984-1985	0.00	0.00	0.00	25.00	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.50	0.00
1985-1986	0.00	0.00	75.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	89.00	3.00
1986-1987	1.00	0.00	23.00	13.00	4.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.00	3.00
1987-1988	0.00	0.00	7.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	18.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.40	0.00
1989-1990	0.00	0.00	4.00	0.00	5.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	1.50
1990-1991	0.00	18.00	2.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	0.00
1991-1992	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00
1992-1993	0.00	13.50	14.50	2.00	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.70	0.00
1993-1994	0.00	0.00	0.73	1.62	6.40	0.00	0.00	2.93	0.00	0.00	1.26	0.00	8.75	4.19
1994-1995	0.00	4.13	16.39	1.62	2.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	25.12	0.22
1995-1996	0.00	0.00	0.73	2.23	0.83	0.75	0.00	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	4.54	2.93
1996-1997	0.00	2.05	3.02	8.40	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.52	0.00
1997-1998	0.00	0.00	3.02	8.16	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.49	0.00
1998-1999	0.00	1.49	0.73	12.69	6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.60	0.00
1999-2000	0.00	6.86	61.32	1.62	0.31	0.75	0.00	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	70.86	2.93
2000-2001	0.00	0.83	6.45	32.06	0.31	0.00	0.00	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	39.64	2.93
2001-2002	0.00	3.83	0.73	6.39	9.67	0.00	0.00	2.93	0.00	0.00	0.00	0.00	20.63	2.93
2002-2003	0.00	0.00	1.88	3.75	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	5.94	0.22
2003-2004	0.00	0.00	0.73	6.01	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.19	0.00
2004-2005	0.00	0.00	29.31	1.99	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.65	0.00
2005-2006	0.00	0.00	3.59	1.62	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.82	0.00
Media	0.03	1.37	11.25	9.36	2.77	0.51	0.55	2.22	0.00	0.15	0.82	0.27	25.28	4.00
Desv. Est.	0.16	3.81	18.04	13.05	3.46	2.66	1.87	6.29	0.00	0.58	2.88	1.48	24.54	8.59

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION INACALIRI				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
596588	7564201	4100	1970	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	13.50	26.60	12.40	0.00	15.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.50	15.10
1970-1971	6.70	0.00	38.40	23.30	0.00	35.20	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	1.50	103.60	4.50
1971-1972	9.40	12.40	53.50	74.20	9.90	1.00	0.00	0.00	1.20	0.00	16.70	5.40	160.40	23.30
1972-1973	0.00	0.00	45.20	41.10	36.80	2.80	8.90	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	125.90	9.90
1973-1974	0.00	0.00	48.40	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	55.40	5.00
1974-1975	0.00	0.00	80.00	113.00	68.50	9.00	1.40	3.70	0.00	0.00	1.00	0.00	270.50	6.10
1975-1976	0.00	10.00	114.20	23.20	10.80	0.00	7.70	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	158.20	17.20
1976-1977	0.00	1.10	33.40	142.10	21.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	198.40	0.00
1977-1978	0.00	0.00	25.40	38.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	64.00	3.90
1978-1979	0.00	1.40	107.30	0.00	11.80	0.00	0.00	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	120.50	6.20
1979-1980	0.00	3.00	5.00	9.60	28.50	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.10	3.00
1980-1981	0.00	0.00	25.10	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	2.50	0.00	31.10	6.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00	2.50	18.60
1982-1983	0.00	24.00	20.00	12.00	3.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.00	4.00
1983-1984	0.00	0.00	156.00	47.00	13.00	0.00	0.00	1.08	0.56	0.00	0.00	12.20	216.00	13.84
1984-1985	0.00	0.00	12.00	153.90	41.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	206.90	1.00
1985-1986	4.60	6.00	36.00	47.60	9.20	0.00	0.00	0.20	0.00	3.00	0.00	0.00	103.40	3.20
1986-1987	9.40	23.40	55.10	19.30	32.50	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	2.10	0.20	139.70	5.30
1987-1988	0.00	0.00	5.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	5.00	64.50	8.50	0.00	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	78.00	1.80
1989-1990	0.00	0.00	36.00	0.00	20.50	0.00	5.00	2.00	1.50	0.00	0.00	0.00	56.50	8.50
1990-1991	0.00	65.50	21.20	0.00	1.00	4.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	91.70	0.56
1991-1992	0.00	0.00	18.50	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.10	0.00
1992-1993	0.00	16.00	127.00	29.50	56.00	0.00	2.00	0.00	1.00	11.00	0.20	0.00	228.50	14.20
1993-1994	0.00	1.00	22.00	16.00	21.00	0.50	0.00	0.00	0.00	1.90	9.20	0.00	60.50	11.10
1994-1995	0.00	18.50	128.00	0.00	13.50	1.50	1.80	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	161.50	5.30
1995-1996	0.00	0.00	0.00	1.00	5.60	0.00	0.00	2.80	0.00	14.00	0.00	0.00	6.60	16.80
1996-1997	4.00	10.00	26.50	270.50	34.20	0.00	2.80	0.00	0.00	11.10	4.70	0.00	345.20	18.60
1997-1998	0.00	0.00	40.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	43.30	0.90
1998-1999	0.00	7.70	15.50	168.20	109.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	300.70	0.00
1999-2000	0.00	29.70	140.90	34.00	3.80	1.50	0.00	8.00	0.00	1.00	0.00	0.00	209.90	9.00
2000-2001	0.00	5.00	69.20	113.50	104.80	4.00	0.60	0.00	0.00	0.20	1.50	0.00	296.50	2.30
2001-2002	0.00	17.30	8.20	31.60	58.80	0.00	0.00	1.20	9.60	0.00	0.00	0.50	115.90	11.30
2002-2003	1.60	0.00	7.00	3.00	1.00	0.00	5.20	0.00	0.40	0.40	0.00	0.00	12.60	6.00
2003-2004	0.00	0.00	22.40	59.30	4.60	0.00	0.00	0.00	0.20	8.30	0.00	0.00	86.30	8.50
2004-2005	0.00	0.00	56.20	22.10	13.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	92.10	1.80
2005-2006	0.00	1.00	60.70	30.10	11.50	1.00	1.71	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	104.30	3.67
Media	0.94	6.84	45.35	44.03	21.53	1.65	1.62	1.02	0.54	1.47	1.91	0.64	120.33	7.20
Desv. Est.	2.53	12.86	42.55	59.46	27.14	5.93	3.18	1.87	1.76	3.56	4.08	2.24	89.65	6.27

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION CASPANA				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
578954	7530044	3260	1971	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	2.21	0.00	2.66	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	4.87	2.66
1970-1971	0.00	0.00	14.30	5.00	2.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.30	4.00
1971-1972	0.00	8.00	150.80	174.90	4.00	2.00	0.00	0.00	3.00	0.00	21.00	26.50	339.70	50.50
1972-1973	0.00	0.00	17.90	120.90	57.90	2.80	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	199.50	3.70
1973-1974	0.00	0.00	14.20	39.40	13.60	0.00	4.10	1.50	2.10	0.00	1.10	0.00	67.20	8.80
1974-1975	0.00	0.00	51.00	49.50	60.00	0.00	6.00	6.50	3.00	0.00	1.00	0.00	160.50	16.50
1975-1976	0.00	10.00	87.70	12.50	3.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	113.20	8.50
1976-1977	0.00	0.00	4.50	165.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180.50	0.00
1977-1978	0.00	0.00	6.50	22.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.50	0.00
1978-1979	0.00	0.00	29.50	0.00	8.50	0.00	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	10.50
1979-1980	0.00	0.00	0.00	2.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00
1980-1981	0.00	0.00	3.00	66.50	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	71.50	3.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	6.40	0.00	2.50	8.60
1982-1983	0.00	0.00	3.20	1.40	5.00	0.00	9.40	5.60	0.00	0.00	9.50	0.00	9.60	24.50
1983-1984	0.00	6.00	114.50	18.50	2.00	0.00	0.00	29.00	0.00	0.00	0.00	8.00	141.00	37.00
1984-1985	0.00	0.00	0.00	26.50	21.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.00	0.00
1985-1986	0.00	0.00	65.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	10.50	0.00	0.00	66.10	11.00
1986-1987	2.00	23.50	46.00	21.50	28.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.00	6.00
1987-1988	0.00	0.00	1.50	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.50	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	1.50	4.50	12.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	6.00
1990-1991	0.00	17.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00
1991-1992	0.00	2.09	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.09	0.00
1992-1993	0.00	0.00	19.00	0.00	39.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00	0.00
1993-1994	0.00	0.00	0.00	3.00	41.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.50	0.00
1994-1995	0.00	0.00	56.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.00	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	0.00	0.00	0.00	8.30
1996-1997	0.00	0.00	0.00	50.50	29.00	0.00	7.00	0.00	0.00	28.50	0.00	0.00	79.50	35.50
1997-1998	0.00	0.00	14.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	42.50	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.00	0.00
1999-2000	0.00	4.40	143.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.90	0.00
2000-2001	0.00	0.00	18.60	131.00	130.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	279.60	0.00
2001-2002	0.00	0.00	0.00	13.00	134.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	147.00	10.00
2002-2003	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	4.50
2003-2004	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	4.60	5.00
2004-2005	0.00	0.00	73.60	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	79.10	4.00
2005-2006	0.00	0.00	7.10	6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	13.20	1.53
Media.	0.05	1.92	25.83	29.86	18.09	0.18	1.10	1.88	0.49	1.41	1.46	0.88	75.93	7.22
Desv. Est	0.33	5.08	40.70	47.57	31.76	0.64	2.31	5.23	1.78	5.12	3.95	4.53	79.23	11.65

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

ESTACION CHONCHI EN EMBALSE

ESTE NORTE COTA INICIO TERMINO
538989 7564480 3010 1970 2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	0.20	3.10	3.10	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40	0.20
1970-1971	0.00	0.00	2.04	0.45	3.41	0.00	0.00	1.80	0.00	1.18	0.00	0.00	5.89	2.98
1971-1972	0.00	1.17	2.04	0.45	3.41	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	7.06	0.56
1972-1973	0.00	0.00	2.04	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.48	0.00
1973-1974	0.00	0.00	3.46	0.45	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.32	0.00
1974-1975	0.00	0.00	14.46	0.45	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.32	0.00
1975-1976	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.80
1976-1977	0.00	0.00	11.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	0.00
1977-1978	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1978-1979	0.00	0.00	26.50	3.50	3.50	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.50	2.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981-1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00
1982-1983	0.00	0.50	2.00	3.00	3.00	0.00	2.50	2.00	0.00	0.00	4.00	0.00	8.50	8.50
1983-1984	0.00	0.00	28.50	2.50	2.50	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	5.50	33.50	11.50
1984-1985	0.00	0.00	0.00	7.50	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00
1985-1986	0.00	0.00	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	16.50	2.50
1986-1987	0.00	0.00	12.50	17.00	17.00	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	46.50	5.50
1987-1988	0.00	0.00	2.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
1988-1989	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
1989-1990	0.00	0.00	1.00	5.00	5.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	0.50
1990-1991	0.00	13.50	0.50	0.50	0.50	1.50	0.00	0.00	0.00	1.18	0.00	0.00	16.50	1.18
1991-1992	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00
1992-1993	0.00	0.00	12.50	11.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00	0.00	34.50	24.00
1993-1994	0.00	0.00	0.00	10.50	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	21.00	1.00
1994-1995	0.00	3.00	15.00	7.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00
1995-1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1996-1997	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.50	0.00	0.00	6.50	0.50	0.00	2.00	7.50
1997-1998	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.00	10.50	10.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	0.00
1999-2000	0.00	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00
2000-2001	0.00	0.00	3.00	19.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.00	0.00
2001-2002	0.00	0.00	1.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	4.00	9.00
2002-2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50
2003-2004	0.00	0.00	0.00	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	5.00	2.50
2004-2005	0.00	0.00	18.50	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00	20.50	5.50
2005-2006	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	1.18	0.00	0.00	9.00	1.73
Media	0.00	0.49	5.83	3.01	3.32	0.04	0.36	0.51	0.24	1.08	0.35	0.15	12.69	2.70
Desv. Est.	0.00	2.26	7.83	4.83	4.75	0.25	1.45	1.38	1.48	4.06	1.19	0.90	12.64	4.78

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

8.3.2 Precipitación Estaciones Bolivia (mm/año)

ESTACION LAGUNA COLORADA				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
633991	7542616	4228	1979	2001

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1969-1970	0.00	0.00	21.06	19.57	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	54.49	0.22
1970-1971	0.00	0.00	21.06	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	21.06	3.62
1971-1972	0.00	8.18	21.06	0.00	0.00	0.00	0.56	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	29.25	4.18
1972-1973	0.74	0.00	0.00	19.57	0.00	0.00	0.00	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	20.31	3.62
1973-1974	0.00	0.00	21.06	0.00	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.92	0.00
1974-1975	0.00	8.18	0.00	19.57	13.86	0.00	0.00	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	41.61	3.62
1975-1976	0.00	0.00	21.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.06	0.00
1976-1977	0.00	0.00	21.06	19.57	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.49	0.00
1977-1978	0.74	0.00	21.06	0.00	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	35.66	1.68
1978-1979	0.00	8.18	21.06	19.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.81	0.00
1979-1980	0.50	3.40	8.10	8.90	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	28.40	6.00
1980-1981	0.00	0.00	0.00	0.00	29.30	21.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.80	0.00
1981-1982	0.00	0.00	1.80	8.80	18.30	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	6.90	0.00	28.90	11.40
1982-1983	0.00	23.80	8.90	19.57	13.86	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	66.13	1.70
1983-1984	0.00	6.60	3.20	60.60	28.00	0.00	0.00	36.00	0.00	6.30	0.00	0.00	98.40	42.30
1984-1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.22
1985-1986	0.74	0.00	18.60	20.30	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.94	0.00
1986-1987	2.70	23.00	31.10	9.90	1.40	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	68.10	0.20
1987-1988	5.00	14.90	9.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.20	0.00
1988-1989	0.00	0.00	18.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.60	0.00
1989-1990	0.00	5.40	21.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.46	0.00
1990-1991	0.00	6.50	33.60	15.20	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.70	0.00
1991-1992	0.00	1.40	83.60	3.90	0.00	0.00	0.00	7.20	0.00	0.00	0.00	4.00	88.90	11.20
1992-1993	2.40	5.50	5.60	11.30	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00
1993-1994	0.60	1.70	23.10	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	27.50	2.50
1994-1995	0.00	44.30	31.70	8.10	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.96	0.00
1995-1996	0.00	0.00	21.06	0.00	0.00	0.00	5.00	20.00	0.00	18.00	0.00	0.00	21.06	43.00
1996-1997	2.80	19.00	23.00	38.20	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	0.00
1997-1998	0.74	0.00	21.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.80	0.00
1998-1999	0.00	0.00	0.20	95.10	85.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	181.00	0.00
1999-2000	0.00	0.00	21.06	19.57	0.00	0.00	0.00	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	40.63	3.62
2000-2001	0.74	0.00	78.70	89.40	47.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	216.04	0.00
2001-2002	0.74	0.00	21.06	19.57	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.23	0.00
2002-2003	0.00	8.18	21.06	0.00	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.10	0.00
2003-2004	0.00	8.18	21.06	19.57	13.86	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.67	0.56
2004-2005	0.00	8.18	21.06	19.57	0.00	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.01	0.00
2005-2006	0.00	8.18	21.06	19.57	13.86	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	62.67	1.68
Media	0.50	5.75	19.92	15.87	10.49	0.61	0.29	2.25	0.00	0.91	0.25	0.12	53.14	3.82
Desv. Est.	1.06	9.20	17.61	22.47	16.46	3.53	1.09	6.73	0.00	3.23	1.20	0.66	42.47	9.82

Datos en rojo: Relleno por correlación lineal. Datos en Azul: Relleno estocástico.

8.3.3 Precipitación Estaciones Argentina (mm/año)

ESTACIÓN MINA CONCORDIA				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
24° 12'	66° 24'	3770	1950	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950			0	29	2	0	0	0	0	0	0	0		
1950-1951	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0
1951-1952	0	5	131	25	8	0	0	0	0	0	0	0	169	0
1952-1953	14	178	25	32	116	0	0	0	0	0	0	0	365	0
1953-1954	13	186	18	49	29	0	0	0	0	0	0	0	295	0
1954-1955	23	134	90	78	32	0	2	0	0	0	0	0	357	2
1955-1956	12	224	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	253	0
1956-1957	10	40	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0
1957-1958	29	51	73	16	21	0	0	0	0	0	0	0	190	0
1958-1959	13	127	13	95	37	0	0	0	0	0	0	0	285	0
1959-1960	42	187	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326	0
1960-1961	17	114	41	12	0	0	0	0	0	0	0	0	184	0
1961-1962	32	85	15	37	0	0	0	0	0	0	0	0	169	0
1962-1963	67	128	56	203	7	0	0	0	0	0	0	0	461	0
1963-1964	0	266	0	48	13	0	0	0	0	0	0	0	327	0
1964-1965	0	61	99	5	5	0	0	0	0	0	0	0	170	0
1965-1966	0	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	0
1966-1967	0	0	5	16	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
1967-1968	11	32	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0
1968-1969	0	15	40	60	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0
1969-1970	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
1970-1971	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0
1971-1972	27	85	81	49	0	0	0	0	0	0	0	0	242	0
1972-1973	40	170	32	32	0	0	0	0	0	0	0	0	274	0
1973-1974	0	64	51	87	0	0	0	0	0	0	0	0	202	0
1974-1975	0	140	13	57	0	0	0	0	0	0	0	0	210	0
1975-1976	0	70	136	17	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0
1976-1977	0	153	53	76	74	0	0	0	0	0	0	0	356	0
1977-1978	34	237	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318	0
1978-1979	0	47	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237	0
1979-1980	30	220	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	260	0
1980-1981	0	10	27	47	9	0	0	0	0	0	0	0	93	0
1981-1982	20	103	14	0	24	0	0	0	0	0	0	0	161	0
1982-1983	16	54	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	0
1983-1984	0	26	168	125	32	0	0	0	0	0	0	0	351	0
1984-1985	0	325	4	121	0	0	0	0	0	0	0	0	450	0
1985-1986	83	255	26	21	10	0	0	0	0	0	0	0	395	0
1986-1987	30	90	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237	0
1987-1988	0	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	0
1988-1989	27	27	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	77	0
1989-1990	18	41	100	44	0	0	0	0	0	0	0	0	203	0
1990-1991	49	193												
Media	16	110	45	35	10	0	0	0	0	0	0	0	215	0.05
Desv. Est.	20	83	50	44	23	0	0	0	0	0	0	0	117	0

ESTACIÓN OLACAPATO				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
24° 7'	66° 43'	3820	1950	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950			0	17	0	0	0	0	0	0	0	0		
1950-1951	0	17	5	23	19	0	0	0	0	0	0	0	64	0
1951-1952	0	0	70	5	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0
1952-1953	0	0	126	7	0	0	0	0	0	0	0	0	133	0
1953-1954	0	22	50	63	18	0	0	0	0	0	0	0	153	0
1954-1955	0	16	19	28	10	0	0	0	0	0	0	0	73	0
1955-1956	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
1956-1957	7	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
1957-1958	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
1958-1959	3	0	0	40	18	0	0	0	0	0	1	0	61	1
1959-1960	0	28	119	3	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0
1960-1961	0	23	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0
1961-1962	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
1962-1963	0	2	17	74	10	0	0	0	0	0	0	0	103	0
1963-1964	0	0	5	41	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0
1964-1965	0	0	89	0	8	0	0	0	0	0	0	0	97	0
1965-1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966-1967	0	0	17	11	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0
1967-1968	0	30	37	97	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0
1968-1969	0	0	13	14	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0
1969-1970	0	8	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
1970-1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971-1972	0	0	65	31	0	0	0	0	0	0	0	0	96	0
1972-1973	0	15	26	10	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0
1973-1974	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0
1974-1975	0	0	89	63	0	0	0	0	0	0	0	0	152	0
1975-1976	0	7	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	0
1976-1977	0	0	20	58	36	0	0	0	0	0	0	0	114	0
1977-1978	0	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0
1978-1979	0	0	97	0	0	0	0	35	0	0	0	0	97	35
1979-1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980-1981	0	0	62	72	0	0	0	0	0	0	0	0	134	0
1981-1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982-1983	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
1983-1984	0	0	71	136	0	0	0	0	0	0	0	0	207	0
1984-1985	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
1985-1986	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
1986-1987	0	180	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274	0
1987-1988	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	41	0
1988-1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989-1990	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	0
1990-1991	0	0												
Media	0	9	30	20	4	0	0	1	0	0	0	0	65	1
Desv. Est.	1	29	38	32	10	0	0	5	0	0	0	0	65	6

ESTACION UNQUILLAL

LATITUD LONGITUD COTA INICIO TÉRMINO
 24° 32' 67° 15' 4000 1950 1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1950-1951	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
1951-1952	0	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
1952-1953	0	0	12	49	11	0	0	0	0	0	0	0	72	0
1953-1954	0	0	0	21	17	0	0	0	0	0	0	0	38	0
1954-1955	4	40	46	25	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0
1955-1956	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
1956-1957	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0
1957-1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1958-1959	0	0	0	22	9	0	0	0	0	0	0	0	31	0
1959-1960	0	59	33	40	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0
1960-1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1961-1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1962-1963	0	0	0	42	14	0	0	0	0	0	0	0	56	0
1963-1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1964-1965	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
1965-1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966-1967	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
1967-1968	0	3	5	36	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0
1968-1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1969-1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970-1971	0	0	25	12	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0
1971-1972	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
1972-1973	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
1973-1974	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0
1974-1975	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
1975-1976	0	0	9	8	1	0	0	0	0	0	0	0	18	0
1976-1977	0	1	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
1977-1978	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0
1978-1979	0	3	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	0
1979-1980	0	0	0	5	18	0	0	0	0	0	0	0	23	0
1980-1981	0	0	30	16	8	0	0	0	0	0	0	0	54	0
1981-1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982-1983	0	14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
1983-1984	0	0	42	34	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0
1984-1985	2	0	3	12	3	0	0	0	0	0	0	0	20	0
1985-1986	0	19	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0
1986-1987	3	77	23	12	19	0	0	0	0	0	0	0	134	0
1987-1988	0	20	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	23	0
1988-1989	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
1989-1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990-1991	0	0												
Media	0	6	14	10	3	0	0	0	0	0	0	0	33	0
Desv. Est.	1	16	24	14	5	0	0	0	0	0	0	0	38	0

ESTACIÓN ABRA LAITE				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
23° 11'	65° 47'	3620	1972	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972			134	136	174	0	0	0	0	1	0	0		
1972-1973	5	23	64	106	38	15	16	1	0	1	0	0	251	18
1973-1974	16	1												
1974-1975														
1975-1976														
1976-1977														
1977-1978														
1978-1979			274	7	17	0	0	0	0	0	0	2		
1979-1980	6	154	30	30	47	0	0	0	0	0	0	1	267	1
1980-1981	15	6	40	121	55	23	0	0	0	0	0	0	260	0
1981-1982	2	20	57	17	131	2	0	0	0	0	4	2	229	6
1982-1983	2	42	66	14	0	0	0	0	0	0	6	11	124	17
1983-1984	24	32	229	174	184	0	0	0	0	0	0	5	643	5
1984-1985	22	12	35	160	3	2	0	0	0	0	0	0	234	0
1985-1986	212	127	60	84	10	0	0	0	0	0	0	4	493	4
1986-1987	14	152	162	29	53	12	0	0	0	0	0	1	422	1
1987-1988	33	30	38	72	164	25	0	0	0	0	0	0	362	0
1988-1989	0	99	94	97	40	0	0	0	0	0	0	0	330	0
1989-1990	24	36	82	74	0	0	0	0	0	0	0	6	216	6
1990-1991	21	75												
Media	28	58	98	80	65	6	1	0	0	0	1	2	319	5
Desv. Est.	54	54	76	55	68	9	4	0	0	0	2	3	142	6

ESTACIÓN ABRA PAMPA -INTA-				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
22° 49'	65° 48'	3450	1969	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969			80	43	9	0	0	0	0	0	0	0		
1969-1970	31	45	87	50	56	0	0	0	0	0	0	1	269	1
1970-1971	3	92	121	146	11	0	0	0	0	0	0	65	373	65
1971-1972	59	50	164	88	42	6	0	0	0	0	0	4	409	4
1972-1973	8	70	101	88	44	17	0	0	0	0	0	0	328	0
1973-1974	20	87	64	176	61	16	0	0	0	0	0	3	424	3
1974-1975	13	16	146	78	13	0	0	0	0	0	4	1	266	5
1975-1976	20	40	130	76	34	4	0	0	0	4	1	2	304	7
1976-1977	16	25	44	111	88	1	0	0	0	0	9	29	285	38
1977-1978	25	102	69	76	60	8	0	0	0	0	2	6	340	8
1978-1979	10	78	185	18	92	4	0	0	0	0	0	0	387	0
1979-1980	20	100	48	36	34	0	0	0	0	0	0	4	238	4
1980-1981	6	14	72	90	58	15	0	0	0	0	0	14	255	14
1981-1982	6	48	64	72	105	13	0	0	0	0	0	4	308	4
1982-1983	2	44	42	36	0	0	0	0	0	0	8	6	124	14
1983-1984	10	36	250	153	196	0	0	0	0	0	0	28	645	28
1984-1985	29	39	64	136	8	18	0	0	0	0	0	2	294	2
1985-1986	124	130	84	122	64	3	0	0	0	0	0	0	527	0
1986-1987	124	120	122	40	44	0	0	0	0	0	0	0	450	0
1987-1988	40	45	56	68	183	4	0	0	0	0	0	0	396	0
1988-1989	22	124	76	90	52	34	0	0	0	0	0	0	398	0
1989-1990	51	53	94	90	20	19	0	0	0	2	0	8	327	10
1990-1991	34	112												
Media	31	67	98	86	58	7	0	0	0	0	1	8	350	10
Desv. Est.	34	36	52	42	51	9	0	0	0	1	3	15	110	16

ESTACIÓN CASTRO TOLAY, ABDON				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
22° 15'	65° 33'	3438	1971	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972			146	102	42	0	0	0	0	0	0	0		
1972-1973	0	298												
1973-1974														
1974-1975			123	46	38	0	0	0	0	0	0	1		
1975-1976	0	20	188	30	14	0	0	0	0	0	0	0	252	0
1976-1977	0	10	33	51	35	0	0	0	0	0	0	6	129	6
1977-1978	13	34												
1978-1979														
1979-1980														
1980-1981														
1981-1982			15	1	30	0	0	0	0	0	0	0		
1982-1983	0	16	46	1	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0
1983-1984	0	11	146	105	86	0	0	0	0	0	0	1	348	1
1984-1985	1	1	1	43	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0
1985-1986	57	17	16	24	6	0	0	0	0	0	0	0	120	0
1986-1987	7	57	82	1	28	0	0	0	0	1	0	0	175	1
1987-1988	0	0	4	12	57	0	0	0	0	0	0	0	73	0
1988-1989	36	26	13	25	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
1989-1990	11	33	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0
1990-1991	5	51												
Media	10	44	65	34	26	0	0	0	0	0	0	1	139	1
Desv. Est.	17	78	64	36	26	0	0	0	0	0	0	2	95	2

ESTACIÓN BARRIOS

LATITUD LONGITUD COTA INICIO TÉRMINO
 22° 15' 65° 33' 3500 1971 1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972			141	81	39	13	0	0	0	0	40	20		
1972-1973	0	70												
1973-1974			15	200	25	18	0	0	0	0	0	4		
1974-1975	4	26	60	48	34	2	0	0	0	0	0	10	174	10
1975-1976	35	40	102	42	43	0	0	0	0	8	0	4	262	12
1976-1977	9	35	78	126	67	0	0	0	0	1	76	22	315	99
1977-1978	56	89	54	67	60	7	0	0	0	0	5	22	333	27
1978-1979	22	116	125	44	67	2	0	0	0	0	0	0	376	0
1979-1980	5	105	87	57	28	11	0	0	0	0	0	26	293	26
1980-1981	9	58	87	79	39	24	0	0	0	4	0	6	296	10
1981-1982	34	52	111	32	68	13	0	0	0	0	7	7	310	14
1982-1983	12	61	87	24	5	0	0	0	0	0	5	0	189	5
1983-1984	14	77	106	103	105	0	0	0	0	0	0	35	405	35
1984-1985	49	64	91	110	53	28	0	0	0	4	0	16	395	20
1985-1986	83	133	31	44	47	7	0	0	0	0	0	4	345	4
1986-1987	40	96	88	24	44	0	0	0	0	0	0	22	292	22
1987-1988	78	22	23	195	117	22	0	0	0	0	0	4	457	4
1988-1989	3	89	39	41	49	19	0	0	0	0	0	6	240	6
1989-1990	19	49	63	65	26	7	0	0	0	0	0	7	229	7
1990-1991	55	52												
Media	29	69	77	77	51	10	0	0	0	1	7	12	307	19
Desv. Est.	26	31	35	53	27	9	0	0	0	2	20	10	78	24

ESTACIÓN CIANZO					
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO	
23° 14'	65° 13'	3415	1971	1990	

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971			178	82	24	0	0	0	0	0	0	12		
1971-1972	42	41	57	106	40	8	0	8	0	0	2	21	294	31
1972-1973	10	44	106	33	70	24	5	12	0	5	3	2	287	27
1973-1974	6	66	80	213	34	39	0	0	0	0	0	3	438	3
1974-1975	8	40	156	90	66	7	0	0	0	0	26	0	367	26
1975-1976	20	47	76	25	8	0	0	0	0	15	2	0	176	17
1976-1977	34	12	51	191	44	16	0	0	0	0	7	27	348	34
1977-1978	39	6	138	59	83	5	0	0	0	0	2	20	330	22
1978-1979	10	137	120	21	100	35	0	25	10	0	0	0	423	35
1979-1980	35	105	296	131	482	1	0	0	0	0	0	53	1050	53
1980-1981	40	95	185	448	65	155	0	0	0	0	0	0	988	0
1981-1982	0	15	0	0	73	59	0	0	0	0	16	0	147	16
1982-1983	24	34	73	32	12	6	14	0	0	0	9	5	181	28
1983-1984	28	49	225	136	106	0	0	0	0	0	0	24	544	24
1984-1985	14	32	104	136	106	0	0	0	0	0	0	24	392	24
1985-1986	14	32	76	93	62	12	0	1	0	0	0	8	289	9
1986-1987	52	119	146	44	23	13	0	0	0	0	0	8	397	8
1987-1988	33	32	72	53	94	12	0	0	0	0	0	4	296	4
1988-1989	0	135	44	31	25	44	0	0	0	0	0	23	279	23
1989-1990	12	46	53	54	46	5	0	0	0	0	0	12	216	12
1990-1991	30	37												
Media	23	56	112	99	78	22	1	2	1	1	3	12	392	21
Desv. Est.	15	40	70	100	100	36	3	6	2	3	7	14	242	13

ESTACIÓN CIENAGUILLAS				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
22° 7'	65° 53'	3682	1971	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972			177	159	32	8	0	0	0	0	0	17		
1972-1973	0	55	166	76	72	12	11	11	0	0	0	0	381	22
1973-1974	1	55	50	119	93	3	0	0	0	0	0	0	321	0
1974-1975	0	65	123	71	57	4	0	0	0	0	0	0	320	0
1975-1976	0	64	46	44	45	0	0	0	0	0	14	0	199	14
1976-1977	10	65	110	111	81	0	0	0	0	0	0	30	377	30
1977-1978	44	127	55	45	36	0	0	0	0	0	0	12	307	12
1978-1979	61	182												
1979-1980														
1980-1981														
1981-1982														
1982-1983			33	17	4	0	0	0	0	0	13	0		
1983-1984	2	65	334	198	71	0	0	0	0	0	0	4	670	4
1984-1985	60	75	98	236	20	37	25	35	0	0	0	2	526	62
1985-1986	162	274	31	80	90	0	0	0	0	0	0	5	637	5
1986-1987	42	92	127	96	0	0	0	0	0	0	0	23	357	23
1987-1988	87	0	93	84	191	0	0	0	0	0	0	0	455	0
1988-1989	16	306	217	157	124	0	0	0	0	0	0	0	820	0
1989-1990	0	54	93	251	164	90	0	0	0	0	0	12	652	12
1990-1991	15	151												
Media	33	109	117	116	72	10	2	3	0	0	2	7	463	14
Desv. Est.	45	86	81	70	55	24	7	9	0	0	5	10	183	18

ESTACIÓN COCHINOCA				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
22° 7'	65° 53'	3682	1987	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972														
1972-1973														
1973-1974														
1974-1975														
1975-1976														
1976-1977														
1977-1978														
1978-1979														
1979-1980														
1980-1981														
1981-1982														
1982-1983														
1983-1984														
1984-1985														
1985-1986														
1986-1987			144	44	39	0	0	0	0	0	0	0		
1987-1988	45	16	53	24	227	6	0	0	0	0	0	0	371	0
1988-1989	7	116	96	6	26	60	0	0	0	0	0	1	311	1
1989-1990	47	64	66	149	17	23	0	0	0	0	0	0	366	0
1990-1991	0	58												
Media	25	64	90	56	77	22	0	0	0	0	0	0	349	0
Desv. Est.	25	41	40	64	100	27	0	0	0	0	0	1	33	1

ESTACION COCTACA

LATITUD LONGITUD COTA INICIO TÉRMINO
 22° 8' 65° 17' 3573 1971 1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971			148	74	23	1	0	0	0	0	0	14		
1971-1972	19	32	61	45	16	13	0	0	0	0	2	14	186	16
1972-1973	8	30	49	105	63	23	16	1	0	0	0	5	278	22
1973-1974	15	22	56	81	29	23	0	0	0	0	0	3	226	3
1974-1975	12	18	184	71	25	5	0	0	0	0	10	24	315	34
1975-1976	7	41	145	68	41	10	0	0	0	19	0	0	312	19
1976-1977	28	22	30	106	115	9	0	0	0	0	10	21	310	31
1977-1978	36	71	74	62	80	4	0	1	0	0	1	1	327	3
1978-1979	10	153												
1979-1980														
1980-1981			97	248	30	51	0	0	0	5	22	0		
1981-1982	4	28	50	18	214	12	0	0	0	0	0	12	326	12
1982-1983	8	82	74	0	0	0	8	0	0	0	8	4	164	20
1983-1984	31	31	244	165	158	0	0	0	0	0	0	36	629	36
1984-1985	25	6	56	162	0	0	0	0	0	0	8	22	249	30
1985-1986	92	70	102	26	6	0	0	0	0	0	0	0	296	0
1986-1987	26	66	39	36	6	0	0	0	0	0	0	0	173	0
1987-1988	22	42	46	42	62	0	0	0	0	0	0	0	214	0
1988-1989	0	134	30	9	57	15	0	0	0	0	0	6	245	6
1989-1990	2	17	58	31	8	0	0	0	0	0	0	0	116	0
1990-1991	0	25												
Media.	19	49	86	75	52	9	1	0	0	1	3	9	273	15
Desv. Est.	21	40	59	64	58	13	4	0	0	5	6	11	115	13

ESTACIÓN CÓNDROR				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
22° 23'	65° 21'	3850	1972	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972			162	141	38	13	0	9	0	0	0	30		
1972-1973	25	131	159	82	88	43	17	0	0	0	0	5	528	22
1973-1974	10	59	69	70	20	25	0	0	0	0	5	12	253	17
1974-1975	18	36	102	154	94	19	0	0	0	0	2	13	423	15
1975-1976	54	78	96	35	20	0	0	0	0	10	6	4	283	20
1976-1977	30	14	10	52	40	0	0	0	0	2	17	18	146	37
1977-1978	22	32	71	49	86	23	0	0	0	0	6	12	283	18
1978-1979	45	115	131	66	50	7	0	20	0	0	0	20	414	40
1979-1980	24	155	120	32	73	0	0	0	0	0	0	54	404	54
1980-1981	22	77	20	197	102	28	0	0	0	14	0	5	446	19
1981-1982	27	63	128	75	62	10	0	0	0	0	21	6	365	27
1982-1983	40	66	80	37	5	0	0	0	0	0	6	9	228	15
1983-1984	50	52	241	120	84	13	0	0	0	0	0	35	560	35
1984-1985	50	60	110	178	29	27	0	0	0	0	0	0	454	0
1985-1986	75	96	85	59	40	2	0	0	0	0	0	0	357	0
1986-1987	48	178	199	43	53	0	0	0	0	0	0	23	521	23
1987-1988	40	34	66	110	178	40	0	0	0	0	0	8	468	8
1988-1989	0	132	115	68	77	51	0	0	0	0	0	19	443	19
1989-1990	90	164	63	47	0	0	0	0	0	0	0	70	364	70
1990-1991	112	92												
Media.	41	86	107	85	60	16	1	2	0	1	3	18	386	24
Desv. Est.	28	48	57	50	42	16	4	5	0	4	6	18	112	18

ESTACIÓN CUSI-CUSI				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
21° 20'	66° 28'	3930	1978	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972														
1972-1973														
1973-1974														
1974-1975														
1975-1976														
1976-1977														
1977-1978			105	96	34	7	0	0	0	0	0	9		
1978-1979	17	122	373	97	133	0	0	0	0	0	0	0	742	0
1979-1980	4	314	199	23	113	0	0	0	0	0	0	17	653	17
1980-1981	17	15	216	66	105	40	0	0	0	0	15	1	459	16
1981-1982	0	155	95	146	42	49	28	0	0	3	16	21	487	68
1982-1983	19	131	89	105	0	0	0	0	0	0	16	4	344	20
1983-1984	9	47	195	193	167	0	0	0	0	0	0	54	611	54
1984-1985	29	14	101	244	38	0	3	7	0	0	0	0	426	10
1985-1986	89	128	95	111	137	11	0	0	0	0	0	0	571	0
1986-1987	60	257	308	79	100	0	0	0	0	0	0	0	804	0
1987-1988	0	23	109	136	287	136	4	0	0	0	0	0	691	4
1988-1989	0	202	190	143	133	107	0	0	0	0	0	0	775	0
1989-1990	19	125	145	154	151	136	52	22	0	0	5	30	730	109
1990-1991	14	222												
Media.	21	135	171	123	111	37	7	2	0	0	4	10	608	25
Desv. Est.	26	95	89	57	74	54	16	6	0	1	7	16	150	34

ESTACIÓN SANTA CATALINA				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
21° 57'	66° 4'	3802	1972	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951													0	0
1951-1952													0	0
1952-1953													0	0
1953-1954													0	0
1954-1955													0	0
1955-1956													0	0
1956-1957													0	0
1957-1958													0	0
1958-1959													0	0
1959-1960													0	0
1960-1961													0	0
1961-1962													0	0
1962-1963													0	0
1963-1964													0	0
1964-1965													0	0
1965-1966													0	0
1966-1967													0	0
1967-1968													0	0
1968-1969													0	0
1969-1970													0	0
1970-1971													0	0
1971-1972			138	118	16	0	9	0	0	0	0	10	272	19
1972-1973	0	61	150	16	90	0	26	0	0	0	0	0	317	26
1973-1974	0	55	90	109	48	19	0	0	0	9	0	0	321	9
1974-1975	21	77	120	192	38	0	0	0	0	0	0	18	448	18
1975-1976	1	65	85	46	46	0	0	0	0	0	14	0	243	14
1976-1977	31	31	63	158	37	0	0	0	0	0	8	24	320	32
1977-1978	55	86	101	73	67	12	0	0	0	1	0	5	394	6
1978-1979	47	143											190	0
1979-1980													0	0
1980-1981													0	0
1981-1982			161	78	79	0	0	0	0	0	0	12	318	12
1982-1983	20	21	84	17	20	0	0	0	0	0	6	12	162	18
1983-1984	19	46	263	228	306	0	0	0	0	0	0	34	862	34
1984-1985	83	132	154	211	35	32	14	19	0	4	0	0	647	37
1985-1986	206	285	150	60	71	0	0	0	0	0	0	0	772	0
1986-1987	8	243	221	107	67	21	0	0	0	0	0	15	667	15
1987-1988	89	20	65	74	177	64	0	0	0	0	0	7	489	7
1988-1989	15	200	34	51	43	17	0	0	0	0	0	0	360	0
1989-1990	13	33	38	25	25	28	0	0	0	0	0	16	162	16
1990-1991	27	134												
Media.	40	102	120	98	73	12	3	1	0	1	2	10	174	7
Desv. Est.	52	81	63	68	73	18	7	5	0	2	4	10	245	11

ESTACIÓN SAN ANTONIO DE LOS COBRES				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
24° 13'	66° 19'	3775	1949	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1948-1949			117	12	0	0	0	0	0	0	0	0		
1949-1950	0	20	0	35	0	0	0	0	0	0	0	2	55	2
1950-1951	0	7	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0
1951-1952	7	0	79	21	7	0	0	0	0	0	10	0	114	10
1952-1953	0	0	24	16	106	0	0	0	0	0	0	0	146	0
1953-1954	0	0	32	23	6	0	0	0	0	0	0	0	61	0
1954-1955	0	12	39	71	6	0	0	0	0	0	0	0	128	0
1955-1956	13	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0
1956-1957	35	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	0
1957-1958	0	46	103	33	14	0	0	0	0	0	0	0	196	0
1958-1959	6	3	17	83	0	0	0	0	0	0	0	0	109	0
1959-1960	0	50	70	3	3	0	0	0	0	0	0	0	126	0
1960-1961	0	19	32	46	2	0	0	0	0	0	0	0	99	0
1961-1962	6	22	11	33	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0
1962-1963	8	48	52	138	31	0	0	0	0	0	0	0	277	0
1963-1964	0	7	22	43	12	0	0	0	0	0	0	0	84	0
1964-1965	1	0	91	8	8	0	0	0	0	0	0	0	108	0
1965-1966	0	5	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	15	0
1966-1967	0	41	2	34	0	0	0	0	0	0	0	0	77	0
1967-1968	0	28	60	78	0	0	0	0	0	0	0	0	166	0
1968-1969	13	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0
1969-1970	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0
1970-1971	0	0	95	47	0	0	0	0	0	0	0	0	142	0
1971-1972	8	10	137	36	0	0	0	0	0	0	0	0	191	0
1972-1973	0	28	66	9	32	0	0	0	0	0	0	0	135	0
1973-1974	0	0	55	10	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0
1974-1975	0	18	90	91	0	0	0	0	0	0	0	0	199	0
1975-1976	0	15	112	44	0	0	0	0	0	0	0	0	171	0
1976-1977	0	0	23	78	95	0	0	0	0	0	0	0	196	0
1977-1978	0	10	71	36	0	0	0	0	0	0	0	0	117	0
1978-1979	0	0	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	0
1979-1980	0	30	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	55	0
1980-1981	4	0	44	52	15	0	0	0	0	0	0	0	115	0
1981-1982	0	18	10	7	46	0	0	0	0	0	0	0	81	0
1982-1983	0	25	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0
1983-1984	5	0	156	91	39	0	0	0	0	0	0	0	291	0
1984-1985	0	0	8	67	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0
1985-1986	61	71	15	28	3	0	0	0	0	0	0	0	178	0
1986-1987	0	26	120	0	41	0	0	0	0	0	0	0	187	0
1987-1988	0	0	8	5	50	0	0	0	0	0	0	0	63	0
1988-1989	0	112	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0
1989-1990	5	0	68	0	15	0	0	0	0	0	0	0	88	0
1990-1991	0	52												
Media.	4	18	48	32	13	0	0	0	0	0	0	0	113.54	0.29
Desv. Est.	11	23	44	33	24	0	0	0	0	0	2	0	65	2

ESTACIÓN SALAR DE POCITOS					
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO	
24° 23'	67° 0'	3730	1950	1990	

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1950-1951	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
1951-1952	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1952-1953	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0
1953-1954	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
1954-1955	0	0	0	18	12	0	0	0	0	0	0	0	30	0
1955-1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1956-1957	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
1957-1958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1958-1959	0	0	0	35	4	0	0	0	0	0	0	0	39	0
1959-1960	0	42	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	0
1960-1961	0	0	44	3	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0
1961-1962	0	10	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0
1962-1963	0	0	2	23	15	0	0	0	0	0	0	0	40	0
1963-1964	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
1964-1965	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0
1965-1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966-1967	0	0	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
1967-1968	0	0	15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
1968-1969	8	0	10	18	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0
1969-1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970-1971	0	0	30	63	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0
1971-1972	0	0	64	5	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0
1972-1973	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	8	0
1973-1974	0	0	40	18	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0
1974-1975	0	0	109	46	0	0	0	0	0	0	0	0	155	0
1975-1976	0	7	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	0
1976-1977	0	0	26	18	22	0	0	0	0	0	0	0	66	0
1977-1978	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	43	10	43
1978-1979	0	0	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	0
1979-1980	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	12	0
1980-1981	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
1981-1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982-1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983-1984	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0
1984-1985	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
1985-1986	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
1986-1987	0	11	24	27	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0
1987-1988	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0
1988-1989	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0
1989-1990	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0
1990-1991	0	16	19	10	2	0	0	0	0	0	0	1	47	1
Media.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	1
Desv. Est.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	35	7

ESTACIÓN LA POMA				
LATITUD	LONGITUD	COTA	INICIO	TÉRMINO
24° 42'	66° 13'	3015	1974	1990

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ACUMULADO PERIODO BOLIVIANO	ACUMULADO PERIODO INVERNAL
1949-1950														
1950-1951														
1951-1952														
1952-1953														
1953-1954														
1954-1955														
1955-1956														
1956-1957														
1957-1958														
1958-1959														
1959-1960														
1960-1961														
1961-1962														
1962-1963														
1963-1964														
1964-1965														
1965-1966														
1966-1967														
1967-1968														
1968-1969														
1969-1970														
1970-1971														
1971-1972														
1972-1973														
1973-1974			80	42	3	0	0	0	0	0	0	0		
1974-1975	0	3	118	33	10	0	0	0	0	4	1	0	164	5
1975-1976	0	24	136	20	3	0	0	0	0	0	0	0	183	0
1976-1977	0	27	39	29	16	0	0	0	0	9	3	13	111	25
1977-1978	0	49	31	28	21	0	0	0	0	0	0	1	129	1
1978-1979	0	5	170	0	12	0	0	32	2	0	0	4	187	38
1979-1980	0	21	4	7	10	8	0	0	0	0	0	0	50	0
1980-1981	1	5	3	64	14	2	0	0	0	0	0	0	89	0
1981-1982	0	30	40	10	31	2	0	0	0	0	0	0	113	0
1982-1983	0	22	21	10	0	0	0	0	0	0	0	0	53	0
1983-1984	7	63	95	42	0	0	0	0	0	0	0	0	207	0
1984-1985	0	0	8	90	2	1	0	0	2	0	0	0	101	2
1985-1986	40	42	57	25	13	0	0	0	0	0	0	0	177	0
1986-1987	0	51	69	23	36	2	0	0	0	0	0	1	181	1
1987-1988	0	2	14	25	58	0	0	0	0	0	0	0	99	0
1988-1989	2	37	12	70	4	0	0	0	0	0	0	0	125	0
1989-1990	0	21	103	15	0	0	0	0	0	0	0	0	139	0
1990-1991	0	60												
Media.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	132	5
Desv. Est.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	46	11

8.3.4 Evaporación

ESTACION PEINE				
ESTE	NORTE	COTA	INICIO	TERMINO
593468	7380497	2480	1974	2006

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ANUAL (mm/año)
1969-1970													
1970-1971													
1971-1972													
1972-1973													
1973-1974													
1974-1975	11	11	9.8	9.4	8.9	7.2	5.5	5.1	5.1	6.5	8	10.2	2973.74
1975-1976	11	11.3	9.6	9.2	9.3	8.3	5.6	6.1	5.7	6.4	8	9.5	3043.75
1976-1977	10.8	11.1	11.3	10.6	10.8	8.5	7.1	6.5	7.7	8.4	11.2	9.8	3463.79
1977-1978	12.1	12.9	12.6	11.7	12.3	9.1	8.2	7.2	6.4	7.7	8.1	8.6	3558.14
1978-1979	9.4	10.9	11.2	11.9	12.1	10.4	7.9	7.6	8.6	8.9			
1979-1980	9.6	9	10.3	10	10.2	9.9	9.5	8.8	7.1				
1980-1981												9.9	
1981-1982	10.9	11.6	11.1	10.4	8.5	7.4	6.1	5.2	5.9	7	8.4	10.2	3125.93
1982-1983	11.3	11.9	11.9	10.9	9.7	7.8	5.6	5.1	5.7	7	7	9.4	3144.19
1983-1984	10.8	11.3	8.7	10.1	8.5	7.9	6.7	5.1	6.2	7.1	8.6	9.3	3052.88
1984-1985	10.3	11.4	10.8	10.2	8.7	7.4	6.3	6.1	5.9	6.7	8.9	10.1	3128.98
1985-1986	10.7	11.5	10.4	9.8	8.3	7	5.4	4.5	5.2	5.8	8.7	10.5	2976.79
1986-1987	11.2	12.4	10.9	10.6	9	8.1	6.6	5.3	6.3	7.4	9.1	10.8	3278.12
1987-1988	12.3	12.7	12.4	12.1	10.4	9	7	5.6	5.8	6.7	9.1	10.6	3460.74
1988-1989	11.5	12.2	12.7	10.1	9.9	7.5	7.3	5.3	5.6	6.4	8	10.5	3256.81
1989-1990	12.4	13	12.4	12.7	8.8	9.8	7.8	6	6.4	7.7	10.7	13.1	3676.85
1990-1991	14.4	14.2	13.2	14	13.1	12	6.7	5.3	6.2				
1991-1992			13.3	12	11.4	11	8.7	6.6	5.2	6.3	7.5	11	
1992-1993	12.8	12.8	11.9	12	12.6	11.3	10.1	7.7	6.7	6.9	10.3	11.6	3856.43
1993-1994	12.8	13.6	13.5	12.5	11.8	11.2	10.2	9.6	7.7	8.5	9.9	11.6	4045.14
1994-1995	12	13.3	10.9	12.5	11.8	11	10.4	9.3	6.8	8	9.8	11.2	3865.56
1995-1996	12.3	12.9	12.9	13.2	12	10.8	8.7	5.8	5.6	6.3		10.9	
1996-1997	11.7		11.7	12	10.6	9.7	6.8	5.2	6.8	7.9	9.9		
1997-1998	12.5	12.9	13.2	14	13.1	11.8	9.8	5.6	6.2	7.3	10.1		
1998-1999										6.2	7.7	10.1	
1999-2000	10.8	11.7	10.8	11.3	10	7.8	5	4.1			7.8	10.8	3290.90
2000-2001	10	11	11.3	10.9	8.9	8	6	5.1	5.4	6	6.8	9.7	3016.36
2001-2002	11.2	11.7	11.8	11.6	9.4	7.2	6.1		4.3	6.8	8.1	10	
2002-2003	11.8	11.9	12.3	11.7	9.8	7.5	5.3	4.7	4.6	5.5	7.8	11.1	3165.50
2003-2004	12.2	12.7	12.2	11.5	10.1	7.3	5.4	4.9	4.8	5.8	8.6	9.5	3195.94
2004-2005	11.2	12.7	11.9	11.8	10.6	8.1	6.1	4.9	4.8	6	7.6	10.6	3235.51
2005-2006	12.6	13.5	13.3	12.3	12.1	9							
Media	11.50	12.11	11.68	11.43	10.42	8.97	7.17	6.01	6.03	6.93	8.68	10.41	3324.38
Desv. Est.	1.07	1.08	1.21	1.24	1.48	1.58	1.65	1.43	1.00	0.89	1.15	0.91	313.92

ESTACION SOCAIRE

ESTE NORTE COTA INICIO TERMINO
615636 7389565 3251 1974 2005

Año	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	ANUAL (mm/año)
1969-1970													
1970-1971													
1971-1972													
1972-1973													
1973-1974										6.2	8.3	9	
1974-1975	10	10.5	8.7	7.5	7.3	8.4	5.5	5.1	5.6	6.3	7.2	9	2772.86
1975-1976	8.4	10.2						5.4	4.9	5.7	6.9	8.7	
1976-1977	9.9	10.1	9.4	8.6	8.5	6.7	6.1	5.2	6.4	6.6	8.4	9.6	2906.78
1977-1978	10.7	10.6	9.6	9.4	9.1	7.5	6.3	5.2	5.6	6.4	8.2	9.5	2985.92
1978-1979	10.7	10.9	8.2	10.2	8.5	8.4	7.2	5.7	5.8	7.5	8.6	9.8	3089.41
1979-1980	11.4					8	6.6	6.3	6.5	7.3	7.2	9.7	
1980-1981	11.2	12.9	11	10.3	11.4	10.5	10.3	8.6	7	6.1	6.6	9.5	3512.49
1981-1982	9.5	10.1	10.1		8.1	9.2	7.7	7.3	6.8	7	7.2	8.5	3038.22
1982-1983	11.4	12	11.1	10.2	9.7	9.3	6.4	4.9	5	6.4	7.2	10.8	3177.68
1983-1984	12.1	13.7	11.5	11.2	10	9.1	6.7	4.1	4.2	5.8	9	9.5	3253.77
1984-1985	10.9		10.6	8.4	7.1	7.4	8.3	5.9	5.4	6.5	7.8	8.9	
1985-1986	10.3	10	10.2	9	8.3	7.9	6.4	5.2	5.3	6.9	8.3	9.3	2955.48
1986-1987	10.3	11.1	8.9	8.8	7.7	8	6.4	6.1	5.4	6.1	6.8	11.6	2958.53
1987-1988	12.6	13.3	14.5	14.3	15	11.5	9.3	8.4	7.4	7	7.8	10.5	4005.58
1988-1989	11.6	10.4	11.3	9.2	9.9	9.4	9.4	9	8.6	8	9.2	9.9	3527.71
1989-1990	10.4	11.1	11	10.8	9.2	8.6	7.8	6.8	6.9	8.2	9.9	11.2	3405.96
1990-1991	11.8	10.9	11	12.5	11.4	8.3	7.3	6.5	6.6	5.9	6.3	9.5	3287.25
1991-1992	12.3	12.7	12.1	12.1	11.3	9.3	8.7	6.7	5.4	5.4	8.2	10	3475.96
1992-1993	11	12	11.5	10.5	8.5	9.5	7.4	6.6	5.8	6.4	7.2	10.6	3256.81
1993-1994	11.6	12.4	12.7	12.5	10.9	11.3	9.3	7.3	3.8	4.1	5.9	7.2	3317.69
1994-1995	10.2	11.4						6.3	5.2	5.9	8.5	10.4	
1995-1996	11.8	11.9	11.3	10.8	8.1	7.3	6	4.8	6.4			8.6	
1996-1997	10.9		8.9	9.8	7.2	7.4	6.3	4.4	6.2	6.4	8	8.4	2785.86
1997-1998	9.3	9.9	11.3	11	7.9	10.5	6.8	5	4.5	5.7	6.6	7.4	2918.96
1998-1999	11.7	10.7											
1999-2000													
2000-2001													
2001-2002													
2002-2003													
2003-2004													
2004-2005													
2005-2006													
Media	10.88	11.31	10.71	10.36	9.29	8.80	7.37	6.12	5.86	6.41	7.72	9.48	3191.20
Desv. Est.	0.80	1.14	1.47	1.64	1.90	1.31	1.32	1.31	1.08	0.86	0.99	1.06	309.16

8.4 Balance Hídrico

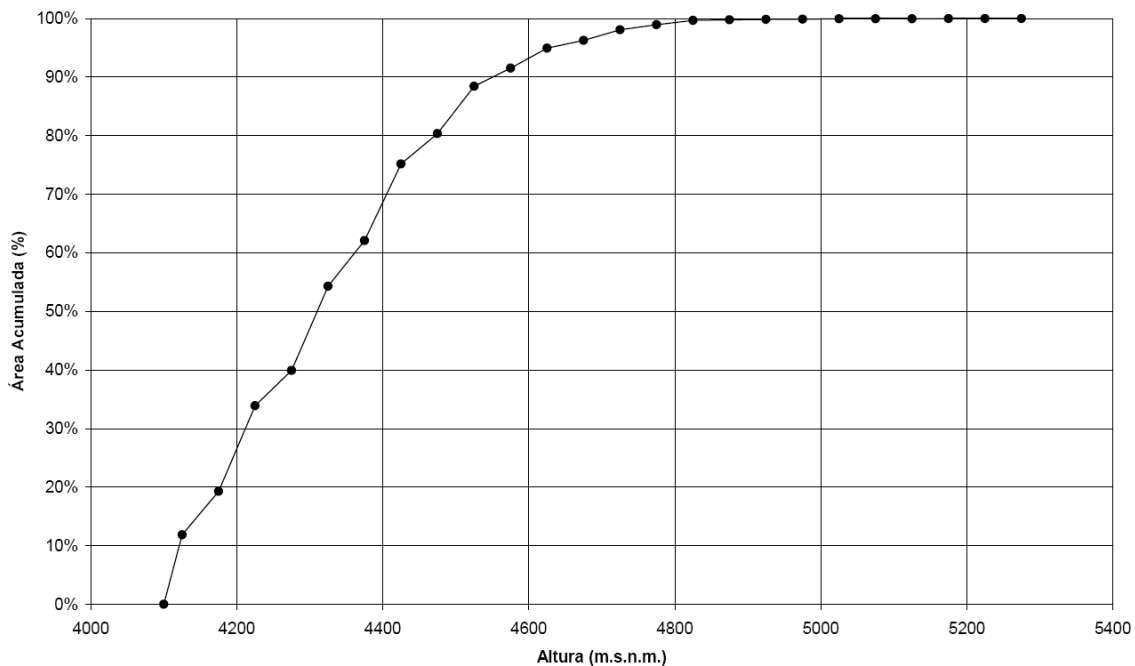
8.4.1 Hipsometría Cuenca de Mucar

Área contenida bajo alturas cada 50 m

ALTURA (m.s.n.m.)	AREA BAJO ALTURA	
	Km2	%
4099.99	0	0.00%
4124.99	251.2800723	11.87%
4174.99	408.2407878	19.29%
4224.99	717.7622422	33.92%
4274.99	844.7989068	39.92%
4324.99	1148.694294	54.28%
4374.99	1314.064012	62.10%
4424.99	1590.824328	75.17%
4474.99	1700.792514	80.37%
4524.99	1871.380503	88.43%
4574.99	1937.136552	91.54%
4624.99	2009.5075	94.96%
4674.99	2037.327285	96.27%
4724.99	2075.855013	98.10%
4774.99	2094.11896	98.96%
4824.99	2109.191299	99.67%
4874.99	2111.583312	99.78%
4924.99	2113.443548	99.87%
4974.99	2114.26875	99.91%
5024.99	2115.15497	99.95%
5074.99	2115.469373	99.97%
5124.99	2115.713278	99.98%
5174.99	2115.902076	99.99%
5224.99	2116.072739	100.00%
5274.99	2116.167925	100.00%

ALTURA MEDIA CUENCA MUCAR
4299.99

Gráfico de Area acumulada vs altura



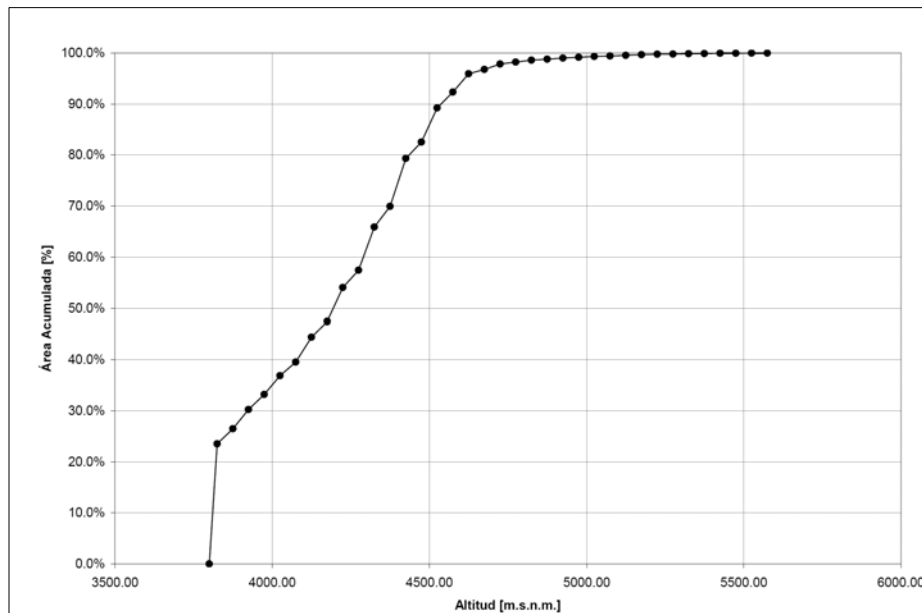
8.4.2 Hipsometría Cuenca de Sico

Área contenida bajo alturas cada 50 m

ALTURA (m.s.n.m.)	AREA BAJO ALTURA	
	Km2	%
3799.99	0	0.00%
3824.99	691.1663448	23.55%
3874.99	777.7745598	26.50%
3924.99	887.9681813	30.25%
3974.99	974.6224662	33.20%
4024.99	1082.812479	36.89%
4074.99	1161.776354	39.58%
4124.99	1303.972289	44.42%
4174.99	1393.264711	47.47%
4224.99	1586.731941	54.06%
4274.99	1686.428301	57.45%
4324.99	1934.148278	65.89%
4374.99	2053.838167	69.97%
4424.99	2329.515285	79.36%
4474.99	2423.49435	82.56%
4524.99	2620.0671	89.26%
4574.99	2711.142199	92.36%
4624.99	2816.732427	95.96%
4674.99	2841.660926	96.81%
4724.99	2872.6933	97.87%
4774.99	2883.590358	98.24%
4824.99	2894.829661	98.62%
4874.99	2900.734881	98.82%
4924.99	2906.727441	99.03%
4974.99	2911.18141	99.18%
5024.99	2915.620802	99.33%
5074.99	2919.149673	99.45%
5124.99	2922.858328	99.57%
5174.99	2925.716846	99.67%
5224.99	2928.436576	99.76%
5274.99	2930.245694	99.83%
5324.99	2931.902382	99.88%
5374.99	2933.009805	99.92%
5424.99	2934.275546	99.96%

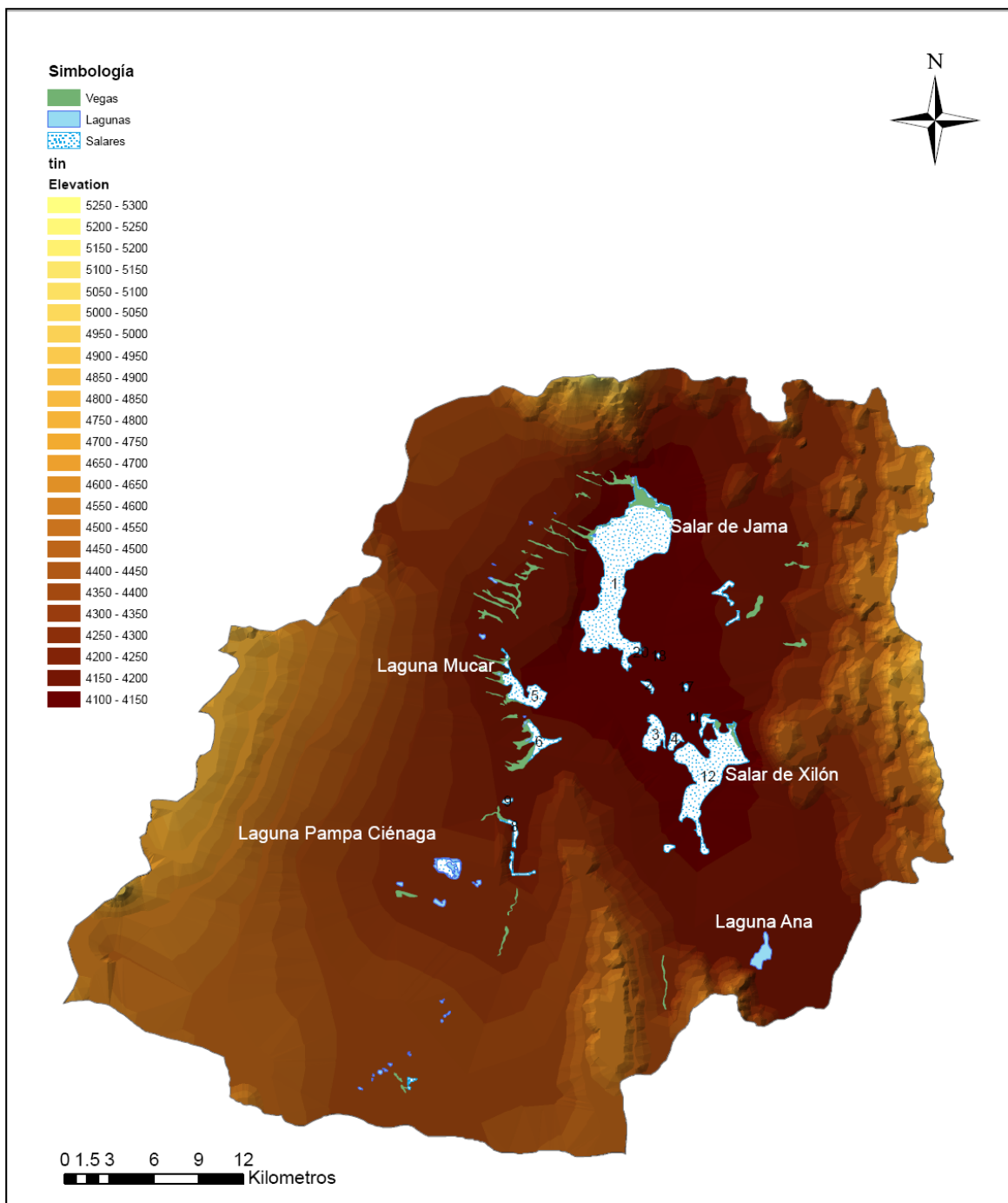
ALTURA MEDIA CUENCA SICO
4199.99

Gráfico de Area acumulada vs altura



8.4.3 Descarga Cuenca de Mucar

8.4.3.1 Distribución en altura de salares, lagunas y vegas



8.4.3.2 Evaporación en Lagunas

LAGUNAS	ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m.)	AREA (m²)	Eb (mm/año)	Eal		
						mm/día	m3/hr	l/s
1	694194.51	7412500.69	4175.00	54030.09	1968.76	3.59	8.08	2.24
2	688588.02	7393750.76	4375.00	31615.37	1722.20	3.14	4.13	1.15
3	694376.92	7411385.61	4175.00	51494.23	1968.76	3.59	7.70	2.14
4	688935.09	7392878.56	4375.00	52374.71	1722.20	3.14	6.85	1.90
5	688580.54	7392430.06	4375.00	22411.75	1722.20	3.14	2.93	0.81
6	686356.57	7390303.93	4375.00	5124.51	1722.20	3.14	0.67	0.19
7	686401.93	7390159.71	4375.00	16977.29	1722.20	3.14	2.22	0.62
8	685103.14	7389490.36	4375.00	33920.53	1722.20	3.14	4.43	1.23
9	698864.60	7425212.12	4125.00	16138.11	2030.40	3.70	2.49	0.69
10	683967.28	7388771.25	4375.00	13421.70	1722.20	3.14	1.75	0.49
11	683902.94	7388490.51	4375.00	10115.43	1722.20	3.14	1.32	0.37
12	683091.20	7387864.52	4375.00	30859.66	1722.20	3.14	4.03	1.12
13	701460.60	7428868.91	4125.00	102616.49	2030.40	3.70	15.82	4.39
14	694521.07	7425917.68	4225.00	2746.53	1907.12	3.47	0.40	0.11
15	694572.58	7426044.22	4225.00	22711.03	1907.12	3.47	3.29	0.91
16	685772.60	7401659.08	4275.00	89319.69	1845.48	3.36	12.51	3.48
17	688442.62	7400387.68	4275.00	238392.45	1845.48	3.36	33.40	9.28
18	690996.15	7401713.57	4275.00	127690.61	1845.48	3.36	17.89	4.97
19	693620.97	7425279.70	4225.00	7807.98	1907.12	3.47	1.13	0.31
20	692065.28	7423212.94	4225.00	9462.77	1907.12	3.47	1.37	0.38
21	692037.42	7422156.90	4225.00	89059.84	1907.12	3.47	12.89	3.58
22	691316.93	7418373.29	4175.00	87680.14	1968.76	3.59	13.10	3.64
23	692414.01	7415842.03	4175.00	42564.13	1968.76	3.59	6.36	1.77
24	694142.46	7412952.59	4175.00	12743.05	1968.76	3.59	1.90	0.53
25	684424.37	7388972.41	4375.00	69346.02	1722.20	3.14	9.07	2.52
26	696198.78	7426672.14	4225.00	1662.89	1907.12	3.47	0.24	0.07
27	684771.54	7389121.01	4275.00	33273.53	1845.48	3.36	4.66	1.29
28	689146.77	7402743.28	4275.00	740368.53	1845.48	3.36	103.72	28.81
29	710632.16	7396929.66	4175.00	1509084.45	1968.76	3.59	225.54	62.65
			TOTAL	3525013.49	1905.50	3.47	509.90	141.64

8.4.3.3 Evaporación en Vegas

VEGAS	ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m.)	AREA (m²)	Eb (mm/año)	Eal		
						mm/día	m3/hr	l/s
1	694987.42	7423773.44	4175.00	65853.92	1968.76	3.59	9.84	2.73
2	694095.26	7424068.84	4175.00	30159.95	1968.76	3.59	4.51	1.25
3	692243.16	7416772.09	4175.00	245196.80	1968.76	3.59	36.85	10.18
4	691324.00	7416200.19	4175.00	51340.79	1968.76	3.59	7.67	2.13
5	693306.53	7412963.24	4175.00	144240.46	1968.76	3.59	21.56	5.99
6	693969.45	7409946.53	4175.00	888587.34	1968.76	3.59	132.80	36.89
7	692254.88	7406286.00	4200.00	265927.77	1937.94	3.53	39.12	10.87
8	692788.11	7398023.02	4275.00	229355.65	1845.48	3.36	32.13	8.93
9	693429.12	7400477.26	4275.00	131965.75	1845.48	3.36	18.49	5.14
10	693102.80	7414069.58	4175.00	175730.44	1968.76	3.59	26.26	7.30
11	692638.34	7413790.51	4175.00	15070.08	1968.76	3.59	2.25	0.63
12	692167.31	7414457.83	4175.00	53945.39	1968.76	3.59	8.06	2.24
13	686043.26	7400969.01	4275.00	321653.07	1845.48	3.36	45.06	12.52
14	700241.68	7426319.91	4125.00	4042.12	2030.40	3.70	0.62	0.17
15	696419.67	7426079.44	4175.00	52714.11	1968.76	3.59	7.88	2.19
16	694114.26	7422847.24	4175.00	7.28	1968.76	3.59	0.00	0.00
17	695617.16	7424398.53	4175.00	218072.95	1968.76	3.59	32.59	9.05
18	706397.36	7413004.90	4125.00	27956.13	2030.40	3.70	4.31	1.20
19	700901.01	7426442.64	4125.00	11428.91	2030.40	3.70	1.76	0.49
20	707141.55	7412404.28	4125.00	150864.58	2030.40	3.70	23.25	6.46
21	699640.72	7425873.87	4125.00	33158.24	2030.40	3.70	5.11	1.42
22	708262.90	7411741.11	4125.00	265623.00	2030.40	3.70	40.94	11.37
23	691717.93	7419778.42	4175.00	288892.48	1968.76	3.59	43.18	11.99
24	694425.57	7422771.89	4175.00	410065.90	1968.76	3.59	61.29	17.02
25	696666.99	7425068.99	4175.00	177472.06	1968.76	3.59	26.52	7.37
26	698324.72	7425291.42	4125.00	427034.35	2030.40	3.70	65.82	18.28
27	701966.68	7427854.18	4125.00	2342035.67	2030.40	3.70	360.99	100.27
28	692842.75	7421006.24	4175.00	1188646.29	1968.76	3.59	177.65	49.35
29	692404.08	7415609.69	4175.00	258044.60	1968.76	3.59	38.57	10.71
30	694116.58	7411604.16	4175.00	613648.17	1968.76	3.59	91.71	25.48
31	698674.45	7429364.08	4175.00	75452.08	1968.76	3.59	11.28	3.13
32	698288.07	7428949.37	4175.00	80472.72	1968.76	3.59	12.03	3.34
33	698046.77	7427908.22	4175.00	100791.87	1968.76	3.59	15.06	4.18
34	712931.56	7424548.21	4200.00	130342.52	1937.94	3.53	19.18	5.33
35	712985.80	7423051.31	4225.00	100967.66	1907.12	3.47	14.62	4.06
36	712064.89	7423239.19	4175.00	104417.75	1968.76	3.59	15.61	4.33
37	712554.01	7417862.22	4175.00	331828.41	1968.76	3.59	49.59	13.78
38	685999.38	7387883.46	4375.00	80548.57	1722.20	3.14	10.53	2.93
39	685641.77	7388612.93	4375.00	87702.21	1722.20	3.14	11.47	3.18
40	709735.43	7420305.62	4175.00	563232.02	1968.76	3.59	84.18	23.38
41	703565.73	7395022.80	4275.00	271598.70	1845.48	3.36	38.05	10.57
			TOTAL	11.02	1970.89	3.59	1648.19	457.83

8.4.3.4 Evaporación en Salares

8.4.3.4.1 Salar de Jama

Evaporación en suelo de detritos salinos

Altura nivel freático (m.s.n.m.)	Q(l/s)	0.18		Parámetro a	3.41
4075.30				Prof. de Extinción	3

Altura media (m.s.n.m.)	Area (m2)	Prof N.F. (m)	Ev. potencial (mm/año)	evp agua libre (mm/día)	Ev real (mm/día)	Q (l/s)
4073.10	148.01	0.00	2094.38	3.54	3.54	0.01
4073.30	153.95	0.00	2094.14	3.54	3.54	0.01
4073.50	160.01	0.00	2093.89	3.54	3.54	0.01
4073.70	165.90	0.00	2093.64	3.54	3.54	0.01
4073.90	171.64	0.00	2093.40	3.54	3.54	0.01
4074.10	451.43	0.00	2093.15	3.54	3.54	0.02
4074.30	486.39	0.00	2092.90	3.54	3.54	0.02
4074.50	491.51	0.00	2092.66	3.54	3.54	0.02
4074.70	461.82	0.00	2092.41	3.54	3.54	0.02
4074.90	502.68	0.00	2092.16	3.54	3.54	0.02
4075.10	326.18	0.00	2091.92	3.54	3.54	0.01
4075.30	336.90	0.00	2091.67	3.54	3.54	0.01
4075.50	343.58	0.20	2091.42	3.54	1.79	0.01
4075.70	353.08	0.40	2091.18	3.54	0.90	0.00
4075.90	361.30	0.60	2090.93	3.54	0.46	0.00
4076.10	966.99	0.80	2090.68	3.54	0.23	0.00
4076.30	1042.38	1.00	2090.44	3.54	0.12	0.00
4076.50	1147.83	1.20	2090.19	3.54	0.06	0.00
4076.70	1244.60	1.40	2089.94	3.54	0.03	0.00
4076.90	1295.34	1.60	2089.70	3.54	0.02	0.00
4077.10	5458.11	1.80	2089.45	3.53	0.01	0.00
4077.30	3071.35	2.00	2089.20	3.53	0.00	0.00
4077.50	3323.44	2.20	2088.96	3.53	0.00	0.00
4077.70	3987.88	2.40	2088.71	3.53	0.00	0.00
4077.90	5216.40	2.60	2088.46	3.53	0.00	0.00
4078.10	15306.82	2.80	2088.22	3.53	0.00	0.00
4078.30	12451.66	3.00	2087.97	3.53	0.00	0.00
4078.50	15952.31	3.20	2087.73	3.53	0.00	0.00
4078.70	19914.11	3.40	2087.48	3.53	0.00	0.00
4078.90	21785.57	3.60	2087.23	3.53	0.00	0.00
4079.10	81498.00	3.80	2086.99	3.53	0.00	0.00
4079.30	48071.51	4.00	2086.74	3.53	0.00	0.00

Evaporación en suelo de sulfatos y carbonatos

Altura nivel freático (m.s.n.m.)	Q(l/s)	0.40		Parámetro a	3.80
4075.30				Prof. Extinción	2

Altura media (m.s.n.m.)	Area (m2)	Prof N.F. (m)	Ev potencial(mm/año)	evp agua libre (mm/día)	Ev real (mm/día)	Q (l/s)
4074.10	10.32	0.00	2093.15	3.54	3.54	0.00
4074.30	9.50	0.00	2092.90	3.54	3.54	0.00
4074.50	85.46	0.00	2092.66	3.54	3.54	0.00
4074.70	218.30	0.00	2092.41	3.54	3.54	0.01
4074.90	359.13	0.00	2092.16	3.54	3.54	0.01
4075.10	3650.56	0.00	2091.92	3.54	3.54	0.15
4075.30	2380.93	0.00	2091.67	3.54	3.54	0.10
4075.50	2791.85	0.20	2091.42	3.54	1.66	0.05
4075.70	3288.87	0.40	2091.18	3.54	0.77	0.03
4075.90	3793.99	0.60	2090.93	3.54	0.36	0.02
4076.10	7338.26	0.80	2090.68	3.54	0.17	0.01
4076.30	6137.02	1.00	2090.44	3.54	0.08	0.01
4076.50	6625.34	1.20	2090.19	3.54	0.04	0.00
4076.70	7425.30	1.40	2089.94	3.54	0.02	0.00
4076.90	8814.31	1.60	2089.70	3.54	0.01	0.00
4077.10	25775.71	1.80	2089.45	3.53	0.00	0.00
4077.30	20224.59	2.00	2089.20	3.53	0.00	0.00
4077.50	22563.75	2.20	2088.96	3.53	0.00	0.00
4077.70	25372.05	2.40	2088.71	3.53	0.00	0.00
4077.90	28864.94	2.60	2088.46	3.53	0.00	0.00
4078.10	91961.35	2.80	2088.22	3.53	0.00	0.00
4078.30	56255.03	3.00	2087.97	3.53	0.00	0.00

Evaporación en suelo de cloruros

Altura nivel freático (m.s.n.m.) 4075.30	Q(l/s)	17.54	Parámetro a	9.52
			Prof. Extinción	0.6

Altura media (m.s.n.m.)	Area (m2)	Prof N.F. (m)	Ev potencial(mm/año)	evp agua libre (mm/día)	Ev real (mm/día)	Q (l/s)
4071.10	403.75	0.00	2096.85	3.55	3.55	0.02
4071.30	629.84	0.00	2096.60	3.55	3.55	0.03
4071.50	855.93	0.00	2096.35	3.55	3.55	0.04
4071.70	1082.00	0.00	2096.11	3.55	3.55	0.04
4071.90	1308.09	0.00	2095.86	3.55	3.55	0.05
4072.10	7188.99	0.00	2095.62	3.55	3.55	0.29
4072.30	4975.70	0.00	2095.37	3.54	3.54	0.20
4072.50	5330.18	0.00	2095.12	3.54	3.54	0.22
4072.70	5684.65	0.00	2094.88	3.54	3.54	0.23
4072.90	6039.13	0.00	2094.63	3.54	3.54	0.25
4073.10	13409.53	0.00	2094.38	3.54	3.54	0.55
4073.30	9072.54	0.00	2094.14	3.54	3.54	0.37
4073.50	10242.57	0.00	2093.89	3.54	3.54	0.42
4073.70	11426.44	0.00	2093.64	3.54	3.54	0.47
4073.90	12641.17	0.00	2093.40	3.54	3.54	0.52
4074.10	59628.53	0.00	2093.15	3.54	3.54	2.44
4074.30	29854.50	0.00	2092.90	3.54	3.54	1.22
4074.50	31371.65	0.00	2092.66	3.54	3.54	1.29
4074.70	32884.48	0.00	2092.41	3.54	3.54	1.35
4074.90	34412.66	0.00	2092.16	3.54	3.54	1.41
4075.10	86389.42	0.00	2091.92	3.54	3.54	3.54
4075.30	53397.73	0.00	2091.67	3.54	3.54	2.19
4075.50	55043.93	0.20	2091.42	3.54	0.53	0.34
4075.70	56830.28	0.40	2091.18	3.54	0.08	0.05
4075.90	58644.43	0.60	2090.93	3.54	0.01	0.01
4076.10	132417.53	0.80	2090.68	3.54	0.00	0.00
4076.30	95139.49	1.00	2090.44	3.54	0.00	0.00

8.4.3.4.2 Resto de Salares

SALARES	ESTE	NORTE	Altura (m.s.n.m.)	AREA(M ²)	Eb (mm/año)	Eal		
						mm/día	m3/hr	l/s
2	702491.28	7415015.28	4125.00	267990.66	2030.40	2.53	28.26	7.85
3	702903.95	7411722.77	4125.00	2412644.68	2030.40	2.53	254.44	70.68
4	704267.13	7411317.20	4125.00	697354.37	2030.40	2.53	73.54	20.43
5	694027.38	7414778.27	4175.00	3396042.07	1968.76	2.45	347.27	96.47
6	695135.12	7411377.22	4175.00	1595978.57	1968.76	2.45	163.20	45.33
7	693642.47	7402825.31	4175.00	448996.90	1968.76	2.45	45.91	12.75
8	693355.40	7405295.51	4175.00	470763.30	1968.76	2.45	48.14	13.37
9	693019.73	7407258.50	4175.00	158642.53	1968.76	2.45	16.22	4.51
10	688974.12	7402838.77	4275.00	1180812.66	1845.48	2.30	113.19	31.44
11	705489.05	7412871.95	4375.00	98126.01	1722.20	2.15	8.78	2.44
12	706436.38	7409306.15	4125.00	14340372.27	2030.40	2.53	1512.34	420.09
16	703835.14	7404117.31	4175.00	274321.09	1968.76	2.45	28.05	7.79
17	705005.87	7414941.45	4125.00	94528.76	2030.40	2.53	9.97	2.77
18	703163.14	7417051.73	4125.00	67228.40	2030.40	2.53	7.09	1.97
19	702096.74	7417502.06	4125.00	17120.55	2030.40	2.53	1.81	0.50
20	701978.75	7417266.92	4125.00	19684.73	2030.40	2.53	2.08	0.58
21	686494.06	7388326.42	4375.00	176049.01	1722.20	2.15	15.75	4.37
22	707639.46	7421431.28	4175.00	644484.07	1968.76	2.45	65.90	18.31
23	708258.27	7419550.06	4175.00	237513.62	1968.76	2.45	24.29	6.75

8.4.3.4.3 Escenarios de Balance Hídrico Bajo Optimización de Parámetros

a)

Evaporación Jama (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
860.27	1.1032E-09	9.49051E-07
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
768.4	1.1032E-09	8.477E-07
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
457.8309277	0.34	155.60
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
141.64	1	141.64
Nivel freático (m.s.n.m.)	4070.00	
Caudal Entrada (l/s)	297.24	
Caudal Salida (l/s)	297.24	
Diferencia (l/s)	0.00	

b)

Evaporación Jama (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
860.27	0.000349342	0.300528323
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
768.4	0.000349342	0.268434287
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
457.8309277	0.34	155.03
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
141.64	1	141.64
Nivel freático (m.s.n.m.)	4072.00	
Caudal Entrada (l/s)	297.24	
Caudal Salida (l/s)	297.24	
Diferencia (l/s)	0.00	

c)

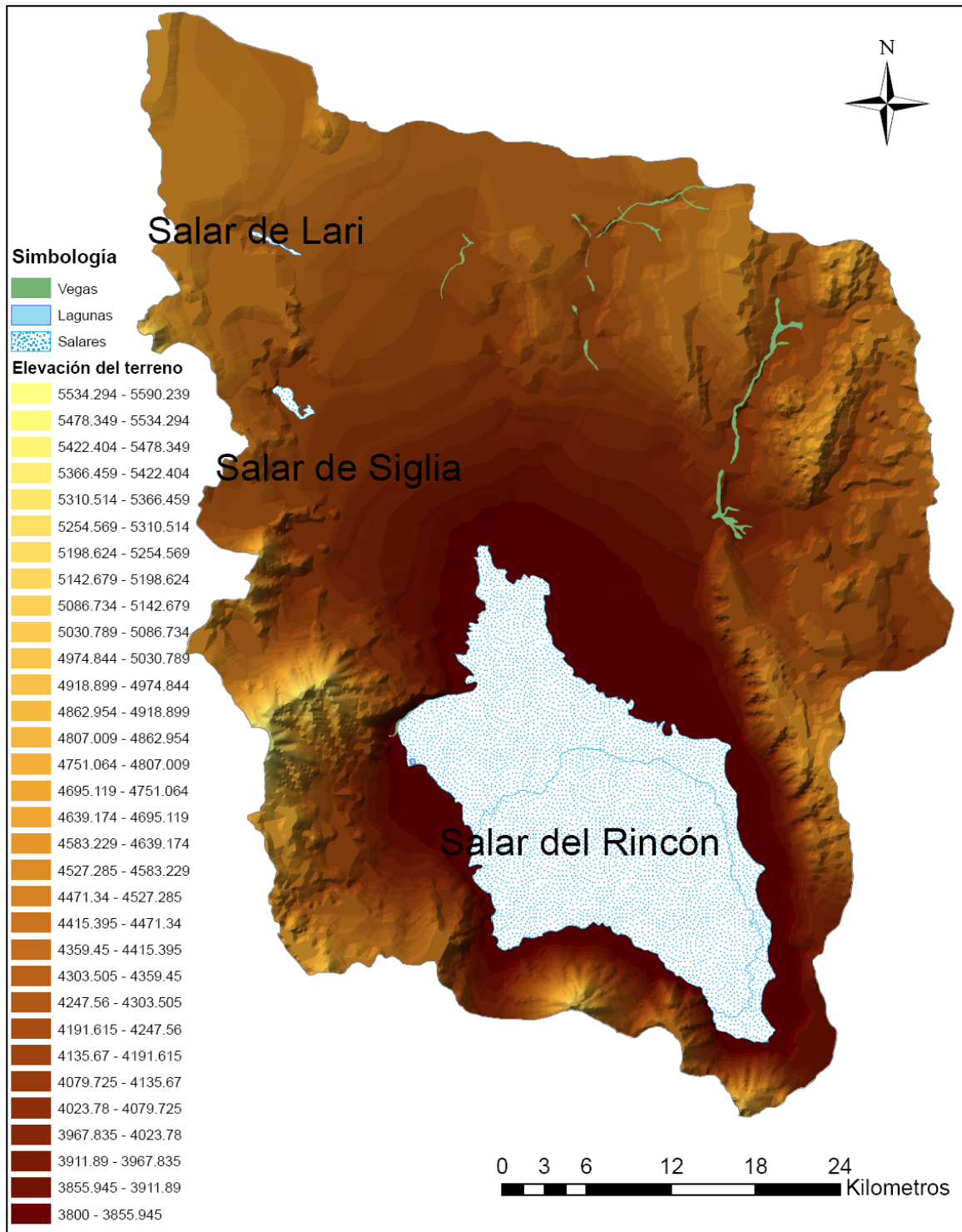
Evaporación Jama (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
860.27	0.014594297	12.55503585
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
768.4	0.014594297	11.21425779
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
457.8309277	0.29	131.83
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
141.64	1	141.64
Nivel freático (m.s.n.m.)	4074.94	
Caudal Entrada (l/s)	297.24	
Caudal Salida (l/s)	297.24	
Diferencia (l/s)	0.00	

d)

Evaporación Jama (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
860.27	0.020923544	17.999897
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
768.4	0.020923544	16.07765103
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
457.8309277	0.27	121.52
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
141.64	1	141.64
Nivel freático (m.s.n.m.)	4075.30	
Caudal Entrada (l/s)	297.24	
Caudal Salida (l/s)	297.24	
Diferencia (l/s)	0.00	

8.4.4 Descarga Cuenca de Sico

8.4.4.1 Distribución en altura de salares, lagunas y vegas, en la cuenca de Sico



8.4.4.2 Evaporación en Lagunas

LAGUNAS	ESTE	NORTE	ALTURA (m.s.n.m.)	AREA (M ²)	Eb (mm/año)	Eal		
						mm/día	m3/hr	l/s
1	681214.75	7340628.40	3827.97	121109.48	2396.58	4.37	22.03	6.12
			TOTAL	121109.48	2396.58	4.37	22.03	6.12

8.4.4.3 Evaporación en Vegas

VEGAS	ESTE	NORTE	Altura (m.s.n.m.)	AREA (M ²)	Eb (mm/año)	Eal		
						mm/día	m3/hr	l/s
31	705937.64	7368667.29	4219.59	3267455.46	1913.79	3.49	474.70	131.86
32	692663.31	7379300.82	4387.42	100160.68	1706.89	3.11	12.98	3.61
33	692569.45	7372829.22	4219.59	103874.87	1913.79	3.49	15.09	4.19
34	693525.67	7369684.24	4219.59	326146.39	1913.79	3.49	47.38	13.16
35	703348.99	7358483.75	3995.81	1999660.18	2189.67	3.99	332.39	92.33
36	684337.91	7376341.24	4275.53	508142.40	1844.82	3.36	71.16	19.77
37	680165.10	7343422.20	3827.97	241999.98	2396.58	4.37	44.03	12.23
38	698698.49	7379936.88	4387.42	1532252.74	1706.89	3.11	198.54	55.15
39	693379.42	7378445.63	4331.48	80071.73	1775.85	3.24	10.79	3.00
40	693730.80	7374618.89	4275.53	167709.68	1844.82	3.36	23.49	6.52
41	693418.90	7376289.03	4275.53	40315.88	1844.82	3.36	5.65	1.57
			TOTAL	8367789.98	1946.09	3.55	1236.21	343.39

8.4.4.4 Evaporación en Salares

8.4.4.4.1 Salar del Rincón

Evaporación en suelo de detritos salinos

Altura Nivel Freático (m.s.n.m.)	Q(l/s)		21.24		Parámetro a	2.44
3720.12					Prof. Extinción (m)	3
Altura media (m.s.n.m.)	Area (m ²)	Prof N.F. (m)	Ev. potencial (mm/año)	evp agua libre (mm/día)	Ev real (mm/día)	Q (l/s)
3718.50	2660.02	0.00	2531.53	4.28	4.28	0.13
3719.10	9320.18	0.00	2530.79	4.28	4.28	0.46
3719.30	7813.31	0.00	2530.55	4.28	4.28	0.39
3719.50	7986.23	0.00	2530.30	4.28	4.28	0.40
3719.70	8929.47	0.00	2530.05	4.28	4.28	0.44
3719.90	10794.93	0.00	2529.81	4.28	4.28	0.53
3720.10	166762.74	0.00	2529.56	4.28	4.28	8.26
3720.30	87860.25	0.18	2529.31	4.28	2.75	2.80
3720.50	108762.67	0.38	2529.07	4.28	1.69	2.13
3720.70	141051.72	0.58	2528.82	4.28	1.04	1.69
3720.90	178142.97	0.78	2528.57	4.28	0.64	1.31
3721.10	326411.94	0.98	2528.33	4.28	0.39	1.48
3721.30	150412.92	1.18	2528.08	4.28	0.24	0.42
3721.50	149426.34	1.38	2527.83	4.28	0.15	0.26
3721.70	155735.67	1.58	2527.59	4.28	0.09	0.16
3721.90	178908.03	1.78	2527.34	4.28	0.06	0.12
3722.10	238068.40	1.98	2527.10	4.28	0.03	0.09
3722.30	145819.26	2.18	2526.85	4.27	0.02	0.04
3722.50	193976.88	2.38	2526.60	4.27	0.01	0.03
3722.70	268450.56	2.58	2526.36	4.27	0.01	0.02
3722.90	340071.11	2.78	2526.11	4.27	0.00	0.02
3723.50	3900771.88	3.38	2525.37	4.27	0.00	0.05
3724.50	3217526.07	4.38	2524.14	4.27	0.00	0.00
3727.50	9633461.84	7.38	2520.44	4.26	0.00	0.00

Evaporación en suelo de sulfatos y carbonatos

Altura Nivel Freático (m.s.n.m.) 3720.12	Q(l/s) 8.53	Parámetro a 3.80
		Prof. Extinción (m) 2

Altura media (m.s.n.m.)	Area (m ²)	Prof N.F. (m)	Ev. potencial (mm/año)	evp agua libre (mm/día)	Ev real (mm/día)	Q (l/s)
3719.10	6677.75	0.00	2530.79	4.28	4.28	0.33
3719.30	3948.60	0.00	2530.55	4.28	4.28	0.20
3719.50	4660.19	0.00	2530.30	4.28	4.28	0.23
3719.70	5387.71	0.00	2530.05	4.28	4.28	0.27
3719.90	6115.22	0.00	2529.81	4.28	4.28	0.30
3720.10	77153.24	0.00	2529.56	4.28	4.28	3.82
3720.30	43064.14	0.18	2529.31	4.28	2.15	1.07
3720.50	52574.55	0.38	2529.07	4.28	1.01	0.61
3720.70	62106.38	0.58	2528.82	4.28	0.47	0.34
3720.90	71517.42	0.78	2528.57	4.28	0.22	0.18
3721.10	477847.28	0.98	2528.33	4.28	0.10	0.57
3721.30	256200.65	1.18	2528.08	4.28	0.05	0.14
3721.50	299664.54	1.38	2527.83	4.28	0.02	0.08
3721.70	349353.27	1.58	2527.59	4.28	0.01	0.04
3721.90	411997.36	1.78	2527.34	4.28	0.00	0.02
3722.10	8887417.16	1.98	2527.10	4.28	0.00	0.24
3722.30	3113282.42	2.18	2526.85	4.27	0.00	0.04
3722.50	3248720.52	2.38	2526.60	4.27	0.00	0.02
3722.70	3377108.19	2.58	2526.36	4.27	0.00	0.01
3722.90	3596312.09	2.78	2526.11	4.27	0.00	0.00
3723.10	26421404.98	2.98	2525.86	4.27	0.00	0.02
3723.30	4233655.40	3.18	2525.62	4.27	0.00	0.00

Evaporación en suelo de cloruros

Altura Nivel Freático (m.s.n.m.) 3720.12	Q(l/s) 700.95	Parámetro a 9.52
		Prof. Extinción (m) 0.6

Altura media (m.s.n.m.)	Area (m ²)	Prof N.F. (m)	Ev. potencial (mm/año)	evp agua libre (mm/día)	Ev real (mm/día)	Q (l/s)
3718.10	1614.37	0.00	2532.03	4.28	4.28	0.08
3718.30	2925.83	0.00	2531.78	4.28	4.28	0.15
3718.50	4435.76	0.00	2531.53	4.28	4.28	0.22
3718.70	5945.69	0.00	2531.29	4.28	4.28	0.29
3718.90	7455.61	0.00	2531.04	4.28	4.28	0.37
3719.10	450881.73	0.00	2530.79	4.28	4.28	22.34
3719.30	242843.25	0.00	2530.55	4.28	4.28	12.03
3719.50	305576.77	0.00	2530.30	4.28	4.28	15.14
3719.70	368029.40	0.00	2530.05	4.28	4.28	18.23
3719.90	430332.36	0.00	2529.81	4.28	4.28	21.32
3720.10	11709647.09	0.00	2529.56	4.28	4.28	579.99
3720.30	2909925.74	0.18	2529.31	4.28	0.77	25.78
3720.50	3134694.69	0.38	2529.07	4.28	0.11	4.13
3720.70	3346122.25	0.58	2528.82	4.28	0.02	0.66
3720.90	3566813.61	0.78	2528.57	4.28	0.00	0.10
3721.10	25894764.56	0.98	2528.33	4.28	0.00	0.11
3721.30	2846122.12	1.18	2528.08	4.28	0.00	0.00
3721.50	2783716.36	1.38	2527.83	4.28	0.00	0.00
3721.70	2723967.72	1.58	2527.59	4.28	0.00	0.00
3721.90	2673886.07	1.78	2527.34	4.28	0.00	0.00
3722.10	51417457.02	1.98	2527.10	4.28	0.00	0.00
3722.30	13399581.24	2.18	2526.85	4.27	0.00	0.00

8.4.4.4.2 Resto de Salares

SALARES	ESTE	NORTE	Altura (m.s.n.m.)	AREA(M2)	Eb (mm/año)	Eal			
						mm/día	m3/hr	l/s	
13	671242.503	7377513.633	4387.4225	759799.305	1706.885542	2.12776	67.3613	18.7115	
14	672490.471	7366285.160	4219.5875	2207375.910	1913.79253	2.38569	219.421	60.9503	
TOTAL							2.32	286.78	79.66

8.4.4.4.3 Escenarios de Balance Hídrico Bajo Optimización de Parámetros

a)

Evaporación Rincón (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
24781	0.02	556.92
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
184.59	0.02	4.15
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
343.39	0.75	257.54
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
6.12	1	6.12
Nivel freático (m.s.n.m.)	3720.07	
Caudal Entrada (l/s)	825.77	
Caudal Salida (l/s)	824.73	
Diferencia (l/s)	1.04	

b)

Evaporación Rincón (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
24781	0.03	709.35
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
184.59	0.03	5.28
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
343.39	0.31	104.89
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
6.12	1	6.12
Nivel freático (m.s.n.m.)	3720.10	
Caudal Entrada (l/s)	825.77	
Caudal Salida (l/s)	825.64	
Diferencia (l/s)	0.13	

c)

Evaporación Rincón (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
24781	0.03	730.72
Evaporación Otros Salares (l/s)		
Agua libre	Porcentaje efectivo	Real
184.59	0.03	5.44
Evaporación Vegas (l/s)		
Agua Libre	Kc	Real
343.39	0.24	83.49
Evaporación Lagunas (l/s)		
Agua Libre	Porcentaje	Real
6.12	1	6.12
Nivel freático (m.s.n.m.)	3720.12	
Caudal Entrada (l/s)	825.77	
Caudal Salida (l/s)	825.77	
Diferencia (l/s)	0.00	