



GOBIERNO DE CHILE

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

S.I.T. N° 385

SANTIAGO, ABRIL 2016

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas

Ingeniero Comercial Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas

Abogado Sr. Carlos Estévez Valencia

Jefe División de Estudios y Planificación

Ingeniero Civil Sr. Adrián Lillo Zenteno

Inspector Fiscal

Ingeniero Civil Químico Sra. Mirtha Arancibia Cruz

Inspector Fiscal Subrogante

Ingeniero Agrónomo Sra. Sindy Ríos Valdés

CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

Jefe de Proyecto

Ingeniero Civil Sr. Alejandro Arenas H.

Profesionales

Ingeniero Civil Sr. Rodrigo Saraiva H.

Ingeniero Civil Sr. Marco Matamala C.

Ingeniero Civil Sr. Juan Carlos Richard C.

Geógrafo Sr. Sebastián Arce

Proyectista Sr. Rodrigo Arenas H.

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	18
1.1	Contexto Regional	18
1.2	Justificación del Estudio:	18
1.3	Políticas sectoriales Generales, Específicas y Visión Regional	19
1.4	Marco Conceptual para el Diagnóstico	20
1.5	Beneficiarios y Usuarios del Estudio	20
1.5.1	Gobierno Regional	20
1.5.2	Servicios Públicos Ligados al Manejo del Recurso Hídrico	20
1.5.3	Dirección General de Aguas	21
1.5.4	Privados	21
1.5.5	Comunidades Indígenas	21
2	OBJETIVOS	22
2.1	Objetivo General	22
2.2	Objetivos Específicos	22
3	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y COBERTURA DEL ESTUDIO	24
4	REVISIÓN DE ANTECEDENTES	26
5	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO	28
5.1	Clima	28
5.2	Distritos Agroclimáticos	29
5.2.1	Distrito Agroclimático 3.56	31
5.2.2	Distrito Agroclimático 3.55	31
5.2.3	Distrito Agroclimático 3.54	32
5.2.4	Distrito Agroclimático 3.442-3.8	34
5.2.5	Distrito Agroclimático 3.36	35
5.3	Adaptabilidad de los Cultivos	36
5.4	Suelo	38

5.5	Sectorización del Área de Riego y Estratificación.....	39
5.5.1	Sectorización.....	39
5.5.2	Estratificación	40
6	<i>CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA</i>	43
6.1	Hidrogeoquímica	43
6.1.1	Boro	45
6.1.2	Arsénico	49
6.2	Efectos del Embalse de Caritaya	56
6.3	Efectos de los Contaminantes en la Producción Agrícola y en la Salud	58
6.4	Muestreo Hidroquímico - CP Septiembre 2015.....	62
6.4.1	Cálculo de Error de Balance.....	65
6.4.2	Descripción Parámetros Físico Químicos.....	66
6.4.3	Clasificación Hidroquímica y Descripción Espacial	67
6.4.4	Distribución Espacial de Arsénico y Boro.....	73
6.5	Muestreo Hidroquímico - CP Enero 2016	74
6.5.1	Cálculo de Error de Balance.....	77
6.5.2	Descripción Parámetros Físico Químicos.....	78
6.5.3	Clasificación Hidroquímica y Descripción Espacial	79
6.5.4	Distribución Espacial de Arsénico y Boro.....	84
6.5.1	Variación de la Calidad Química de las Aguas en Río Camarones	85
6.6	Análisis Isotópico	88
6.6.1	Revisión de Antecedentes Existentes -Estudio CNR (2014) – Sector Río Caritaya.....	89
6.6.1	Muestreo Isotópico	91
6.6.2	Campaña Muestreo Isotópico – CP 2015	91
7	<i>CAMPAÑAS DE AFOROS</i>	96
7.1	Campañas de Terreno 21, 23 y 24 de Abril	97
7.2	Campaña de Aforos I - 14 a 25 de Junio.....	98
7.3	Campaña de Aforos II - 2 a 7 de Agosto.....	99
7.4	Campaña de Aforos III - 27 a 29 de Septiembre	100
7.5	Campaña de Aforos IV - 23 a 25 de Noviembre.....	101

7.6	Campaña de Aforos V – 16 a 18 de Enero 2016.....	102
7.7	Resultados Campañas Aforos – Año 2015 y Enero 2016.....	103
8	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	105
8.1	Descripción Hidrográfica	105
8.2	Flujos Subterráneos en Sector Bajo de la Cuenca (Conanoxa)	111
8.3	Embalse Caritaya	113
8.3.1	Antecedentes.....	113
8.3.2	Situación Actual Embalse Caritaya	114
8.3.3	Obras de Entrega	115
8.3.4	Capacidad de Embalse	115
8.3.5	Situación Legal del Embalse.....	117
8.4	Morfología Cuencas	119
8.5	Precipitaciones	125
8.6	Evaporación Potencial.....	133
8.7	Caudales.....	138
8.7.1	Flujo Base.....	138
8.7.2	Caudales Pluviales	140
8.7.3	Curvas de Variación Estacional.....	145
8.7.3.1	Transposición a partir de Camiña en Altusa	145
8.7.3.1	Transposición a partir de San José en Ausipar	148
8.7.3.2	Conclusiones sobre caudales generados	152
8.8	Diagrama Unifilar.....	152
9	SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE DERECHOS.....	154
9.1	Revisión Bibliográfica.....	158
9.1.1	Catastro de Usuarios Provincia de Arica; Alfa, 1982.....	158
9.1.2	Situación de Recursos Hídricos I Región; DGA, 1992.....	158
9.2	Análisis de los Antecedentes Existentes y Levantados por este Estudio.....	159
9.3	Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales.....	160
9.3.1	Derechos Inscritos, No inscritos y Registrados	160

9.3.2	Cálculo del Volumen Total de los caudales de los Derechos Registrados	173
9.3.3	Derechos de Aprovechamiento Reconocidos e Inscritos sobre Vertientes en Área de Estudio	175
9.3.4	Derechos de Agua Subterráneas	179
9.4	Derechos de Aprovechamiento Comprometidos	183
9.5	Cálculo Total de la Demanda Hídrica de los Derechos Comprometidos de la Cuenca	186
9.6	Derechos de Aguas Potenciales de la Cuenca del Río Camarones	189
9.7	Inconsistencias Detectadas	194
9.7.1	Duplicidad en Inscripciones de Derechos Registrados y Reconocidos.	194
9.7.2	Duplicidad Hídrica del Embalse Caritaya	196
9.8	Situación Actual Sistema de Manejo de los Recursos Hídricos de la Cuenca	201
10	<i>LEVANTAMIENTO DE DEMANDAS HÍDRICA ACTUAL</i>	202
10.1	Demanda Agrícola.....	202
10.2	Demanda Otros Usos (Minería e Industria)	203
11	<i>BALANCE HÍDRICO.....</i>	205
11.1	Balance Conceptual.....	205
11.1.1	Río Caritaya	205
11.1.2	Junta Río Ajatama y Río Caritaya.....	208
11.1.3	Balance Sector Alto	208
11.1.4	Balance Sector Medio	210
11.1.5	Balance Sector Bajo.....	211
11.2	Balance Legal	212
11.3	Balance Agronómico	215
12	<i>REGLAS OPERACIONALES EMBALSE CARITAYA</i>	216
13	<i>CONCLUSIONES</i>	219

ANEXOS

ANEXO A: Fichas Bibliográficas.

ANEXO B: Análisis Muestreo Calidad Química de Aguas.

ANEXO C: Respuesta Laboratorio

ANEXO D: Análisis Muestreo de Isotopos

ANEXO E: Campañas de Terreno.

ANEXO F: Catastro Usuarios de Aguas ALFA, 1982.

ANEXO G: Usuarios y Distribución de Acciones Embalse Caritaya, DGA 1992.

ANEXO H: Fichas de Canales Registrados.

ANEXO I: Derechos Superficiales en Área de Estudio.

ANEXO J: Vertientes en Área de Estudio.

ANEXO K: Predios con Derechos de Aguas no Solicitados.

ANEXO L: Demanda Hídrica Actual.

ANEXO M: Talleres Informativos a la Comunidad

ÍNDICE DE LÁMINAS

Lámina 3.1: Ubicación Geográfica y Cobertura del Estudio	25
Lámina 5.1: Distritos Agroclimáticos.....	30
Lámina 6.1: Puntos de Muestreo UTA (2010)	44
Lámina 6.2: Distribución de los Contenidos de Boro en las Aguas de la Cuenca de Camarones (Adaptado de UTA, 2010).....	47
Lámina 6.3: Contenidos de Arsénico Total en Aguas del Cuenca del Río Camarones (Adaptado de UTA, 2010)	52
Lámina 6.4: Ubicación Puntos de Muestreo Hidroquímico – CP Septiembre 2015.....	64
Lámina 6.5: Diagramas de Stiff (Septiembre 2015)	69
Lámina 6.6: Ubicación Puntos de Muestreo Hidroquímico – CP Enero2016.....	76
Lámina 6.7: Diagramas de Stiff (Enero 2016).....	81
Lámina 6.8: Muestreo Isotópico Río Camarones CP-2015.....	93
Lámina 7.1: Campaña Aforos Cuenca Río Camarones (CP 2015 y Enero 2016).....	104
Lámina 8.1: Red de Drenaje Cuenca Río Camarones	107
Lámina 8.2: Estaciones Fluviométricas Existentes en la Zona de Estudio.....	110
Lámina 8.3: Cuencas Utilizadas para Realizar la Caracterización Hidrológica	122
Lámina 8.4: Estaciones Pluviométricas Utilizadas.....	128
Lámina 8.5: Ubicación de Estaciones Meteorológicas Utilizadas para el Análisis de Evaporación Potencial.....	134

Lámina 9.1: Derechos de Aprovechamientos de Aguas (Subterráneas y Superficiales).....	157
Lámina 9.2-A: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Alto Cuenca Río Camarones.....	169
Lámina 9.3-B: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Medio Cuenca Río Camarones.....	170
Lámina 9.4-C: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Medio Cuenca Río Camarones.....	171
Lámina 9.5-D: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Bajo Cuenca Río Camarones.....	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1: Esquema del sistema Quebrada Camarones (SMI, 2008)	40
Figura 6.1: Esquema de la Cuenca del Río Camarones y lugares relevantes para el estudio de UTA (2010)	45
Figura 6.2: Niveles de Boro en estación Conanoxa en el Río Camarones	46
Figura 6.3: Relación entre el contenido de materia orgánica y boro (UTA, 2010).....	48
Figura 6.4: Relación entre el pH y boro en el agua (UTA, 2010)	49
Figura 6.5: Concentración de arsénico en las aguas del Río Camarones en Conanoxa	50
Figura 6.6: Diagramas pE-pH para el sistema arsénico (UTA, 2010).....	50
Figura 6.7: Variación de la concentración de As del Río Caritaya durante su tránsito a través de la zona en que se ubican las Lagunas de Amuyo (UTA, 2010).....	53
Figura 6.8: Relación entre los contenidos de arsénico total en aguas y sedimentos de la cuenca de Camarones (UTA, 2010)	54
Figura 6.9: Relación entre el contenido de hierro total y pH en las aguas al interior de la cuenca de Camarones (UTA, 2010)	55
Figura 6.10: Relación entre el contenido de arsénico total y pH en aguas al interior de la cuenca de Camarones (UTA, 2010)	55
Figura 6.11: Muestras dentro y fuera de rango del error aceptable	65
Figura 6.12: Relación pH – Conductividad Eléctrica.....	66
Figura 6.13: Diagrama de Piper muestras CP Septiembre 2015	67
Figura 6.14: Diagrama de Piper muestras históricas (en el recuadro azul mediciones anteriores y en rojo mediciones CP-2015)	68

Figura 6.15: Peligrosidad de alcalinización del suelo	71
Figura 6.16: Diagrama de Schöller	73
Figura 6.17: Muestras dentro y fuera de rango del error aceptable	77
Figura 6.18: Relación pH – Conductividad Eléctrica.....	78
Figura 6.19: Diagrama de Piper muestras CP Enero 2016.....	79
Figura 6.20: Peligrosidad de alcalinización del suelo	82
Figura 6.21: Diagrama de Schöller	84
Figura 6.22 Variación de elementos.....	86
Figura 6.23: Variación de elementos.....	87
Figura 6.24: Cambios de la composición isotópica del agua producida por diferentes procesos (Spangenberg et al., 2007)	88
Figura 6.25: Muestreo isotópico GeoH-2014.....	89
Figura 6.26: Análisis isotópico muestras GeoH 2014	90
Figura 6.27: Análisis isotópico muestras CP 2015	94
Figura 6.28: Análisis isotópico Río Camarones.....	95
Figura 8.1: Esquema del trayecto del Río Camarones y su elevación	106
Figura 8.2: Curva de variación estacional estación Río Camarones en Conanoxa	109
Figura 8.3: Perfil NanoTEM en estación fluviométrica Río Camarones en Conanoxa	112
Figura 8.4: Muro embalse aguas arriba	114
Figura 8.5: Tuberías de entrega	115

Figura 8.6: Curva embalse Caritaya.....	116
Figura 8.7: Curva superficie inundada Embalse Caritaya	116
Figura 8.8: Clasificación de cuencas según curvas hipsométricas	119
Figura 8.9: Curvas hipsométricas para Codpa en Cala Cala, Ajatama, Embalse Caritaya y Camiña en Altusa.....	120
Figura 8.10: Comparación curvas hipsométricas	123
Figura 8.11: Cuencas modificadas.....	124
Figura 8.12: Curvas hipsométricas para Chilpe modificada y Conanoxa modificada	124
Figura 8.13: Gradiente regional anual de precipitación.....	126
Figura 8.14: Gradiente regional mensual (septiembre-diciembre) de precipitación.....	129
Figura 8.15: Gradiente regional mensual (enero-abril) de precipitación.....	130
Figura 8.16: Gradiente regional mensual (mayo-agosto) de precipitación	131
Figura 8.17: Información disponible de evaporación potencial.....	135
Figura 8.18: Gradiente de evaporación potencial media anual [mm/día] con respecto a la altura.	137
Figura 8.19: Caudal medio mensual y flujo base para estación fluviométrica Camiña en Altusa.	139
Figura 8.20: Caudal medio mensual y flujo base para estación fluviométrica San José en Ausipar....	139
Figura 8.21: Caudales medios Camiña en Altusa	141
Figura 8.22: Caudales medios San José en Ausipar.....	142
Figura 8.23: Curva de variación estacional Río Ajatama en base a cuenca Camiña en Altusa	145
Figura 8.24: Curva de variación estacional Embalse Caritaya en base a cuenca Camiña en Altusa	146

Figura 8.25: Curva de variación estacional Río Camarones en Condumaya no controlada por embalse en base a cuenca Camiña en Altusa	146
Figura 8.26: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Chilpe no controlada por embalse en base a cuenca Camiña en Altusa	147
Figura 8.27: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Conanoxa no controlada por embalse en base a cuenca Camiña en Altusa	147
Figura 8.28: Curva de variación estacional Río Ajatama en base a cuenca San José en Ausipar.....	149
Figura 8.29: Curva de variación estacional Embalse Caritaya en base a cuenca San José en Ausipar.	149
Figura 8.30: Curva de variación estacional Río Camarones en Condumaya no controlada por embalse en base a cuenca San José en Ausipar	150
Figura 8.31: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Chilpe no controlada por embalse en base a cuenca San José en Ausipar.....	150
Figura 8.32: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Conanoxa no controlada por embalse en base a cuenca San José en Ausipar.....	151
Figura 8.33: Unifilar canales inscritos Quebrada de Camarones	153
Figura 9.1: Ubicación de los derechos NR en la Cuenca del Río Camarones	188
Figura 11.1: Balance flujos embalse Caritaya.....	206
Figura 11.2: Balance sector alto	209
Figura 11.3: Balance sector medio	211
Figura 11.4: Balance sector bajo	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1: Distrito agroclimático 3.56	31
Tabla 5.2: Distrito agroclimático 3.55	32
Tabla 5.3: Distrito agroclimático 3.54	33
Tabla 5.4: Distrito agroclimático 3.442 – 3.8	34
Tabla 5.5: Distrito agroclimático 3.36	36
Tabla 5.6: Requerimientos climáticos	37
Tabla 5.7: Número de predios por estrato.....	41
Tabla 6.1: Registros de calidad química del agua.	60
Tabla 6.2: Punto y fecha de muestreo y parámetros analizados	63
Tabla 6.3: Rangos RAS	72
Tabla 6.4: Punto y fecha de muestreo y parámetros analizados	75
Tabla 6.5: Rangos RAS	83
Tabla 6.6: Resultados muestreo isotópico GeoH 2014	90
Tabla 6.7: Resultados muestreo isotópico CP 2015	92
Tabla 7.1: Información distintas cuencas y subcuencas.	96
Tabla 7.2: Características de los tramos aforadas.....	97
Tabla 7.3: Resumen de campañas a terreno.....	97
Tabla 7.4: Mediciones de caudales, primera campaña de aforos.....	98

Tabla 7.5: Mediciones de caudales, segunda campaña de aforos.....	99
Tabla 7.6: Mediciones de caudales, tercera campaña de aforos (septiembre 2015)	100
Tabla 7.7: Mediciones de caudales, cuarta campaña de aforos (noviembre 2015)	101
Tabla 7.8: Mediciones de caudales, quinta campaña de aforos (enero 2016)	102
Tabla 7.9: Resumen aforos campañas I, II, III, IV y V- año 2015 y enero 2016	103
Tabla 8.1: Perfil longitudinal aproximado del Río Camarones	106
Tabla 8.2: Estaciones fluviométricas de la DGA en cuenca de Camarones.....	108
Tabla 8.3: Características Embalse Caritaya.....	113
Tabla 8.4: Curva Embalse Caritaya	117
Tabla 8.5: Cuencas representativas para el estudio	119
Tabla 8.6: Información curvas hipsométricas para Codpa en Cala Cala, Ajatama, Embalse Caritaya, Camiña en Altusa y San José en Ausipar.	121
Tabla 8.7: Curvas hipsométricas Chilpe y Conanoxa modificadas	125
Tabla 8.8: Estaciones pluviométricas con datos disponibles en la Cuenca.....	126
Tabla 8.9: Estaciones utilizadas en la determinación del gradiente de precipitación	127
Tabla 8.10: Datos regresiones mensuales Pp v/s Elevación.....	132
Tabla 8.11: Datos regresiones mensuales Pp v/s Elevación con 15% de probabilidad de excedencia	132
Tabla 8.12: Datos regresiones mensuales Pp v/s Elevación con 85% de probabilidad de excedencia	133
Tabla 8.13: Estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar la evaporación potencial	133
Tabla 8.14: Evaporación media mensual neta [mm/día]	136

Tabla 8.15: Flujo base para las distintas cuencas.....	140
Tabla 8.16: Relación entre caudal potencial y caudal pluvial Camiña en Altusa y San José en Ausipar	143
Tabla 8.17: Caudales medios mensuales cuencas Ajatama y Embalse Caritaya en base a cuenca Camiña en Altusa.....	143
Tabla 8.18: Caudales medios mensuales cuencas Ajatama y Embalse Caritaya en base a cuenca San José en Ausipar.....	144
Tabla 8.19: Aporte a caudal medio mensual de cuencas modificadas en base a cuenca Camiña en Altusa.....	144
Tabla 8.20: Aporte a caudal medio mensual de cuencas modificadas en base a cuenca San José en Ausipar	144
Tabla 8.21: Caudales con 15% de probabilidad de excedencia en base a cuenca Camiña en Altusa..	148
Tabla 8.22: Caudales con 50% de probabilidad de excedencia en base a cuenca Camiña en Altusa..	148
Tabla 8.23: Caudales con 85% de probabilidad de excedencia en base a cuenca Camiña en Altusa..	148
Tabla 8.24: Caudales con 15% de probabilidad de excedencia en base a cuenca San José en Ausipar	151
Tabla 8.25: Caudales con 50% de probabilidad de excedencia en base a cuenca San José en Ausipar	151
Tabla 8.26: Caudales con 85% de probabilidad de excedencia en base a cuenca San José en Ausipar	152
Tabla 9.1: Acciones y caudales inscritos, registrados y no inscritos en secciones de la Cuenca Río Camarones	166
Tabla 9.2: Canales organizados en comunidad de aguas.....	167

Tabla 9.3: Canales no organizados legalmente	168
Tabla 9.4: Volumen anual derechos superficiales inscritos en la Cuenca del Río Camarones.....	175
Tabla 9.5: Derechos de aprovechamiento reconocidos e inscritos sobre vertientes en área de estudio	177
Tabla 9.6: Registros en C.B.R. Arica para inscripción de captaciones subterráneas.....	181
Tabla 9.7: Seguimiento de inscripciones de captaciones subterráneas.	182
Tabla 9.8: Listado de los derechos de aprovechamiento comprometidos (permanentes y continuos)	185
Tabla 9.9: Derechos de aprovechamiento comprometidos (permanentes y alternados).....	186
Tabla 9.10: Volumen anual derechos superficiales inscritos y comprometidos.....	187
Tabla 9.11: Catastro situación actual canales inscritos y no inscritos Cuenca Río Camarones	191
Tabla 9.12: Canales en Cuenca Río Camarones que no han sido regularizados	193
Tabla 9.13: Derechos inscritos de la repartición de acciones del Embalse Caritaya.	200
Tabla 10.1: Superficie utilizada por tipo cultivo en la cuenca.....	202
Tabla 10.2: Demanda hídrica - volumen anual total de riego [m ³ /año]	202
Tabla 10.3 Demandas actuales de agua [m ³ /s] por tipo de uso.....	203
Tabla 10.4 Demandas futuras de agua [m ³ /s] a 10 años, por tipo de uso.	203
Tabla 10.5 Demandas futuras de agua [m ³ /s] a 25 años, por tipo de uso.	204
Tabla 11.1: Evaporación y precipitación en embalse.....	207
Tabla 11.2: Balance en el embalse (50% de probabilidad de excedencia)	207

Tabla 11.3: Balance en el embalse (85% de probabilidad de excedencia)	208
Tabla 11.4: Aportes al Río Camarones en función de la probabilidad de excedencia	208
Tabla 11.5: Balance sector alto	209
Tabla 11.6: Balance sector medio	210
Tabla 11.7: Balance sector bajo	212
Tabla 11.8: Resumen balance hídrico legal.....	213
Tabla 11.9: Derechos inscritos en canales del sector alto medio y bajo.....	214
Tabla 11.10: Resumen balance hídrico agronómico	215
Tabla 12.1: Resumen del respaldo hídrico del Embalse Caritaya para distintos caudales de salida ...	217
Tabla 12.2: Análisis de los casos en un ciclo hidrológico de 9 años.....	217

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto Regional

La Región de Arica y Parinacota se caracteriza por ser una zona de extrema aridez. La distribución temporal de las aguas superficiales responde claramente al régimen de precipitaciones proveniente del invierno altiplánico, con mayores caudales entre los meses de diciembre a marzo. A grandes rasgos, los problemas y conflictos asociados al uso del recurso hídrico en la región se generan, por una parte, por la condición desértica de ésta y, por otra, por el crecimiento de las actividades productivas en una región dinámica y estratégica, cuyos sectores productivos y usuarios tienen demandas crecientes, las que sin embargo se ven limitadas por la calidad de sus aguas, las que restringen su utilización y disminuyen la productividad y rentabilidad de los valles, además de la sobre explotación presente en algunas cuencas y acuíferos, lo que se debe, en gran medida, al poco conocimiento hidrogeológico de los sistemas, el aumento exponencial de las superficies cultivadas, que está en relación a los precios obtenidos sobre la producción agrícola de contra estación. Sin embargo, aun cuando existe una oferta de recursos hídricos en las cuencas altiplánicas, éstas deben superar temas fronterizos, ambientales, étnicos y legales, lo que produce una discontinuidad en la oferta y la demanda.

1.2 Justificación del Estudio:

El aumento de demanda por los recursos hídricos es un hecho evidente y notorio, donde las proyecciones efectuadas por la DGA muestran que en las próximas décadas la demanda de agua potable, minería e industria tienden a duplicarse. En este contexto, en el norte de Chile los recursos hídricos de la meseta altiplánica son la principal fuente de abastecimiento de recursos de agua, sin embargo, corresponden también a sectores con escasa información y conocimiento hidrológico que dificulta la evaluación de los flujos aprovechables de estos sistemas, sobre todo considerando la relación de dependencia de los Sistemas Nacionales de Áreas Silvestres Protegidas del Estado a los escasos recursos hídricos que presenta la Región. Los antecedentes indicados imponen a la autoridad la necesidad de contar con un conocimiento más acabado del estado de los recursos hídricos.

La falta de información actualizada y sistematizada relativa a los recursos hídricos y a los derechos de aprovechamiento de aguas, provoca algunas distorsiones que impiden una adecuada y oportuna gestión de las aguas, por lo que se vuelve imperioso contar con sistemas de información actualizados que tengan la capacidad de ser una herramienta útil en la administración de los recursos hídricos,

tanto por la DGA como por los usuarios de las aguas y sus organizaciones de usuarios, mediante la entrega de información completa, fidedigna y oportuna acerca de la situación del recurso.

Según el Código de Aguas, **es posible constituir nuevos derechos de aprovechamiento de aguas, siempre y cuando exista disponibilidad hídrica en la fuente en el punto de extracción solicitado, el derecho se ajuste a lo prescrito en el Código y no genere perjuicios de derechos de terceros**, por consiguiente, es necesario contar con información confiable, en tiempo y oportunidad con el claro fin de evitar tomar decisiones con incertidumbre, lo que podría producir un daño mayor en el mediano y largo plazo.

Si bien incrementar y mejorar la información y el conocimiento de los procesos hidrogeológicos e hidrológicos de estos sistemas es un trabajo de largo plazo, el aumento en la demanda de agua debido principalmente a la competencia entre el agua potable, minería y agricultura, hace necesaria la búsqueda de soluciones a mediano plazo, herramientas de evaluación hidrológica desarrolladas a partir de la información disponible y sobre la base de procesos fundados.

1.3 Políticas sectoriales Generales, Específicas y Visión Regional

La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos ha sido elaborada teniendo en especial consideración la realidad chilena y los efectos derivados del cambio climático, tomando medidas tanto en el corto, mediano como en el largo plazo, que permitan absorber el aumento de la demanda de agua, teniendo en cuenta que el nivel de competencia entre estos usos varía a lo largo del país y es particularmente aguda en las áreas norte y central, donde desde mediados del siglo XX toda el agua superficial ya ha sido asignada. A la luz de estos acontecimientos, la Estrategia identificó aquellos aspectos prioritarios y fijó desafíos importantes a los que habrá que enfrentarse a medida que aumente la competencia por el agua, las interdependencias entre los usuarios, los conflictos asociados crezcan, y las presiones ambientales se intensifiquen.

Por lo anterior, y al contar con cartas de navegación precisas, el estudio se enmarca en el Plan de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico para la Región de Arica y Parinacota 2011-2021 y el Plan de Acción Estratégico para el Desarrollo Hídrico de la Región de Arica y Parinacota, los cuales definen el desarrollo regional como un proceso constante de cambio vinculado a las diferentes componentes que rigen a una sociedad y la incerteza presentada en los últimos años en cuanto a la seguridad del recurso hídrico y la cantidad y calidad que éste presenta, abordando acciones

estratégicas y soluciones estructurales que permitan aliviar la disponibilidad y seguridad de abastecimiento del agua en el corto plazo, revertir el déficit en un mediano plazo y mantener la sustentabilidad en el largo plazo, con una visión que supere lo puramente sectorial y que considere las particularidades propias de las fuentes de agua y de su aprovechamiento eficiente.

1.4 Marco Conceptual para el Diagnóstico

La realización del diagnóstico fue llevado a cabo en una cuenca que actualmente se está explotando. Para realizar este diagnóstico se requirió lo siguiente:

- Obtener una visión más precisa de la sustentabilidad actual de las fuentes, tanto frente al nivel de las demandas actuales como las que se proyectan.
- Detectar posibles medidas de gestión y administración de sus recursos (delimitación de áreas de restricción, prohibición, entre otras).

1.5 Beneficiarios y Usuarios del Estudio

Se señalan los beneficiarios y la forma en que los resultados les son de utilidad:

1.5.1 Gobierno Regional

- Potenciar el desarrollo regional
- Disponer de proyectos de inversión basados en un enfoque integrado y sostenible.
- Desarrollar inversiones cofinanciadas con el sector privado.

1.5.2 Servicios Públicos Ligados al Manejo del Recurso Hídrico

- Disponer de directrices que permiten que las acciones de su sector se potencien o complementen con las de otros sectores.
- Contar con el conocimiento para evitar dificultades en la implementación de sus políticas o proyectos de inversión, logrando mejor coordinación.
- Reducir dificultades en evaluación ambiental, conflictos con comunidades, otorgamiento de derechos o permisos para proyectos.

1.5.3 Dirección General de Aguas

- Disponer de mejor información sobre la oferta hídrica.
- Mejorar las capacidades para monitoreo del recurso hídrico.
- Mejorar capacidades de fiscalización y control.
- Proporcionar más y de mejor manera información relevante para los usuarios.

1.5.4 Privados

- Tomar mejores decisiones respecto a la obtención de recursos adicionales.
- Mejorar capacidades para la administración del recurso.
- Reducir conflictos por uso del agua.
- Desarrollo de iniciativas conjuntas con el sector público.
- Maximizar el aprovechamiento de beneficios o incentivos para iniciativas innovadoras o de uso eficiente.

1.5.5 Comunidades Indígenas

- Conocer disponibilidad y calidad del recurso.
- Mejorar capacidades para el manejo y administración de sus recursos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

El objetivo general del estudio fue levantar la información hidrométrica y actualizar el catastro de usuarios como información base para el desarrollo de un modelo conceptual que permita generar el Balance Hídrico del área en estudio de la zona denominada Sistema Hídrico del Río Camarones. Esto, con el propósito de aportar mayores antecedentes para dimensionar y gestionar adecuadamente el recurso hídrico.

2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son:

- Recopilar todos los antecedentes del sistema, a través de una revisión exhaustiva de la información existente y de estudios anteriores.
- Ejecutar campañas de terreno, apoyadas con análisis de imágenes satelitales de alta resolución espacial, junto con otros antecedentes que pueden servir como apoyo, para complementar la información recopilada e identificar las principales situaciones de interés.
- Efectuar un muestreo y caracterización química de las aguas superficiales de la cuenca para ver su calidad como fuente de riego.
- Actualizar las demandas hídricas del sistema: extracciones de agua superficial y subterránea (uso real y demanda legal vigente) y demanda evapotranspirativa.
- Levantar, contrastar y sistematizar información de derechos de aprovechamiento de aguas tanto superficiales como subterráneas.
- Levantar, contrastar y sistematizar información de las obras de aprovechamiento y regulación de aguas.
- Levantar, contrastar y sistematizar información de los derechos de agua que se encuentran registrados en las comunidades de aguas, generando su dotación tanto individual como del conjunto.

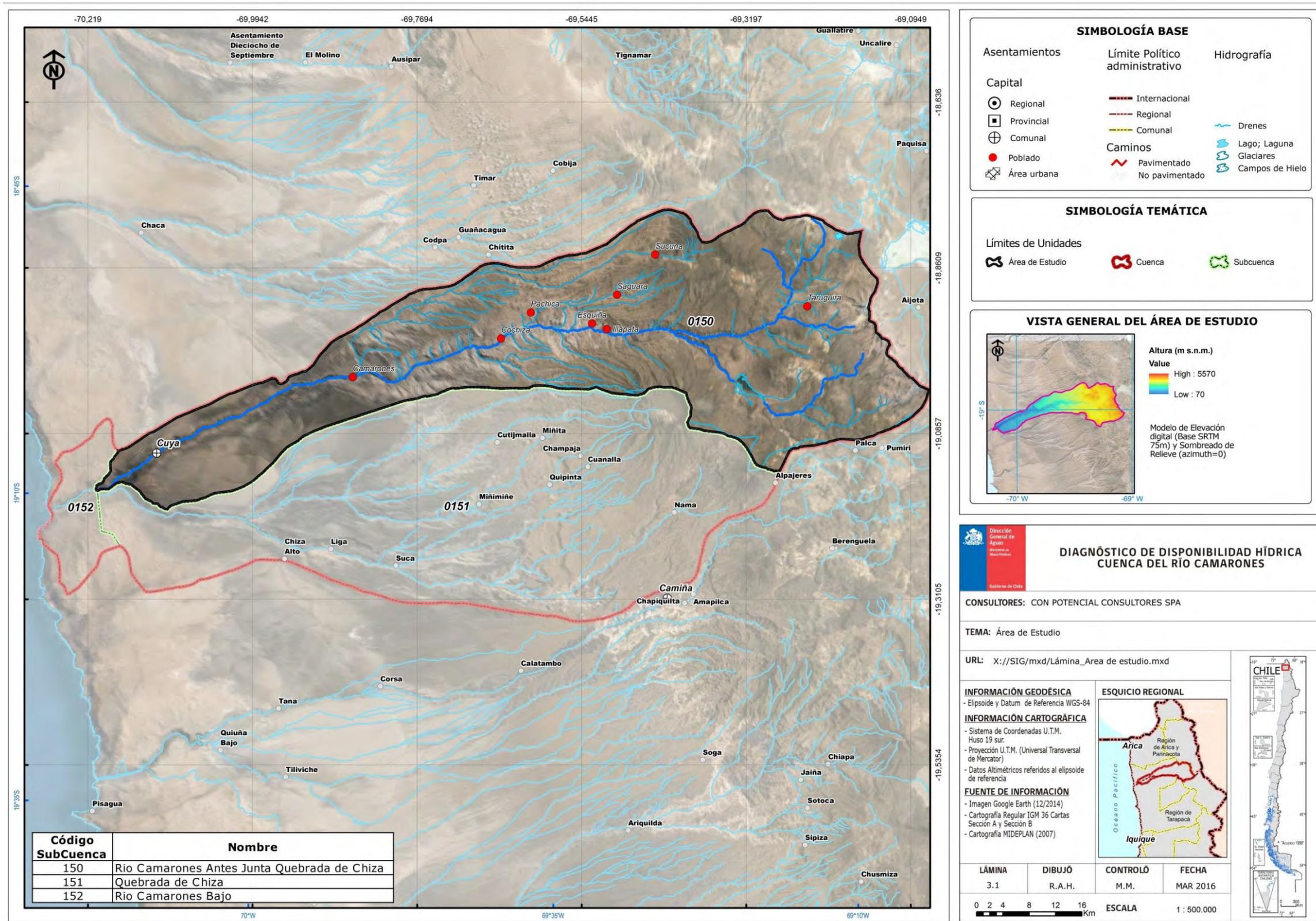
-
- Levantar, contrastar y sistematizar información respecto a derechos de aprovechamientos otorgado bajo la reforma agraria (SAG).
 - Determinar la existencia de duplicidad de derechos.
 - Delimitar áreas bajo riego, e incorporar la división predial con el uso actual del suelo, en el área de estudio.
 - Completar y actualizar catastro de usuarios de aguas superficiales y sus usos.
 - Realizar el catastro de pozos del área de estudio, con visitas a terreno, y contrastar lo encontrado con los datos DGA, generando archivos de pozos con y sin derechos de aprovechamiento, distinguiendo los posibles de regularizar por el artículo 2° transitorio del Código de Aguas.
 - Sistematizar toda la información catastral y recopilada en bases de datos relacionales.
 - Generar cartografía base de infraestructuras y división predial, mediante levantamiento en terreno, bases de datos de CIREN, CORFO, SIL, etc.
 - Generar una herramienta SIG con los antecedentes recopilados, incluyendo toda información que se considere relevante para la representación territorial de los resultados del estudio.
 - Generar un modelo conceptual y balance hídrico.
 - Estimar la recarga neta de las cuencas para definir la oferta y cuantificar la demanda actual y proyectada de recursos hídricos, tanto para abastecimiento, procesos productivos y sistemas ecológico-ambientales y futuras fuentes de extracción.
 - Establecer posibles medidas de administración y gestión de los recursos hídricos en las cuencas en estudio.

3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y COBERTURA DEL ESTUDIO

La hoya del río Camarones alcanza una superficie de 4.760 [km²], y su cuenca queda comprendida entre los paralelos 18°48' y 19°18' de latitud Sur, y los meridianos 70°18' y 69°07' de longitud Oeste.

El río Camarones se origina en la confluencia del río Caritaya, por el Sur, y del Ajatama, por el Norte, los cuales se unen en el sector de Arepunta a una altitud de 2.900 [m.s.n.m.]. A partir de este punto, desarrolla su curso en dirección oriente – poniente con un recorrido de 97 [km] de longitud hasta desembocar en el Océano Pacífico. Aparte de los dos ríos que lo conforman, el río Camarones no recibe aportes hídricos más abajo de Arepunta, salvo algunas vertientes en los francos de las quebradas. Las aguas del río Camarones son de muy mala calidad, a excepción de alguno de sus tributarios andinos. La capacidad del río Camarones es regulada en parte a través del embalse Caritaya, situado en el curso superior del río, construido en 1936, con capacidad de 42 millones de [m³]. Sin embargo, éste ha presentado un mal funcionamiento a través de los años. Dado lo antes mencionado, el área de interés para este estudio está dada por la Sub Cuenca del Río Camarones (Sub cuenca N° 150) presentada en la Lámina 3.1.

Lámina 3.1: Ubicación Geográfica y Cobertura del Estudio



4 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Se realizó una detallada revisión de información en la zona en estudio del tipo hidrológico, meteorológico, cartográfico, geomorfológico, periodístico, así como de estudios anteriores desarrollados en la zona. La documentación estudiada corresponde a todos los estudios, tesis, mapas, expedientes, datos y estadísticas existentes que son de utilidad para la caracterización de los parámetros mencionados de la zona de estudio.

Cabe destacar que tanto para la fase de investigación inicial como para las etapas de planificación, conclusión de los trabajos y obtención del producto final, se consideró como documentación base los antecedentes indicados en las Bases Técnicas del estudio, más toda aquella a la que se pueda acceder a lo largo del proceso. El siguiente listado muestra las fuentes de documentación que fueron consideradas:

- [1] Estudios básicos de los recursos hídricos valles Lluta, Azapa, Vitor y Camarones., Dirección de Obras Hidráulicas, AC Ingenieros Consultores Ltda. julio, 2002.
- [2] Diagnóstico y diseño definitivo reparación Embalse Caritaya, Dirección De Obras Hidráulicas, SMI Ltda., 2008.
- [3] Estudio análisis de los recursos de agua de la Primera Región de Tarapacá, Dirección General de Agua, Ingeniería y Geotecnia Ltda., 1991.
- [4] Cuenca de Camarones: Identificación y caracterización de fuentes que condicionan la calidad de las aguas superficiales: Rol del Tranque Caritaya, Dirección General De Aguas, Universidad de Tarapacá, 2010.
- [5] Análisis redes de vigilancia calidad aguas terrestres estadística hidroquímica nacional. Dirección General de Aguas, Ayala y Cabrera Asociados Ltda., CPRH N° 2, 1994.
- [6] Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento, S.I.T. N° 6, Dirección General De Aguas, Ricardo Edwards G.-Ingenieros Ltda., 1991.
- [7] Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II, III regiones – Chile, S.I.T. N° 51 /Francois Risacher, Hugo Alonso, Carlos Salazar; Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Universidad Católica del Norte, Institut de Reserche pour le Développement, 1999.
- [8] Estimación de recargas en cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente pacífica S.I.T. N° 251 / Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Realizado por Aquaterra Ingenieros Ltda., 2011.

-
- [9] Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad / S.I.T. N° 104, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos; realizado por Cade-Idepe Consultores en Ingeniería, 2004.
- [10] Estudio básico diagnóstico de obras hidráulicas y fluviales quebrada de Camarones, Región de Arica y Parinacota. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, Arrau Ingeniería E.I.R.L., 2013.
- [11] Balance hídrico en sectores acuíferos de mediana criticidad (Quebrada Chaca-Vitor) S.I.T. 312. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Mayco Consultores, 2013.
- [12] Estudio técnico de división de derechos de aprovechamiento de aguas del proyecto de parcelación “Manuel Rodríguez” de la Comuna de Camarones, Provincia de Arica, I Región, Servicio Agrícola y Ganadero Dirección Ejecutiva, 1988.
- [13] Informe Técnico DGA N° 32 de fecha 27 de agosto de 2012, expediente NJ-1501-1 Junta de Vigilancia del Río Camarones.

Es importante mencionar que las referencias 3 y 4 no fueron encontradas en las bibliotecas de la Dirección General de Aguas, tanto a nivel central como regional.

Además de las referencias ya mencionadas, la Dirección de Aguas de la Región de Arica y Parinacota, aportaron con la siguiente información:

- 27 de abril de 2015: Solicitud de organización de junta de vigilancia del Río Camarones y sus tributarios.
- 27 de abril de 2015: Situación actual de derechos en la cuenca (tanto otorgados como denegados y en trámite)
- 06 de mayo de 2015: Resolución Exenta N° 594 de 24 de Abril de 1990 del Servicio Agrícola y Ganadero, Estudio técnico de distribución de derechos de aprovechamiento de aguas del proyecto de parcelación “Manuel Rodríguez” de la comuna de Camarones, provincia de Arica, I región.

A partir de la revisión de antecedentes, se confeccionaron fichas bibliográficas de los estudios más relevantes. En **Anexo A Fichas Bibliográficas** se presentan las fichas bibliográficas desarrolladas.

5 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

5.1 Clima

Según INIA (1989), el Clima presente en la Región de Arica y Parinacota, corresponde a aquel denominado “Clima Desértico”, el cual a su vez se divide en 3 subclimas: Desértico Tropical Marino, Desértico Subtropical Marino y Desierto de Altura.

La descripción de los climas es la siguiente:

- **Desértico Tropical Marino:** Se extiende por la costa norte, desde la frontera con el Perú hasta Taltal, con un ancho de 25 a 30 [km]. Las condiciones hacia el interior van variando paulatinamente a medida que se aleja del mar. La temperatura media mínima del mes más frío es de 7 [°C], mientras que la media máxima de los 6 meses más cálidos es de 25 [°C]. El régimen hídrico es desierto absoluto (todo el año es seco).
- **Desértico Subtropical Marino:** Se extiende a continuación del anterior hacia la cordillera. Se diferencia del anterior por la presencia de heladas leves y ocasionales. Temperatura media mínima del mes más frío está entre -2,5 [°C] y 7 [°C]. La media máxima de los 6 meses más cálidos es de 21°C. El régimen hídrico es desierto absoluto (todo el año es seco).
- **Desértico de Altura:** Ocupa los sectores precordilleranos desde la frontera con Perú hasta la región de Atacama (inclusive). En invierno se presentan heladas de variada intensidad y las oscilaciones térmicas son mayores que en los subclimas anteriores. La temperatura media mínima del mes más frío fluctúa entre los -2,9 y los 5,5 [°C]. La temperatura media máxima del mes más cálido varía entre los 10 y 28,4 [°C] dependiendo de la altitud. Las precipitaciones anuales varían entre 12 y 256 [mm] dependiendo de la altitud y se concentran principalmente en los meses de verano.

Los antecedentes agroclimáticos asociados al valle de Camarones, presentados en estudios anteriores, se han basado esencialmente en las publicaciones de INIA (1989) y CNR – CIRN (1997). Recientemente, durante el año 2012, la Universidad de Chile ha publicado antecedentes agroclimáticos actualizados para distintas zonas del país en el “Atlas bioclimático de Chile”, describiéndose para la región de Arica y Parinacota, lugar en el cual se centra el presente estudio, 14 distritos bioclimáticos que caracterizan dicha región. Si bien estos antecedentes precisan un mayor

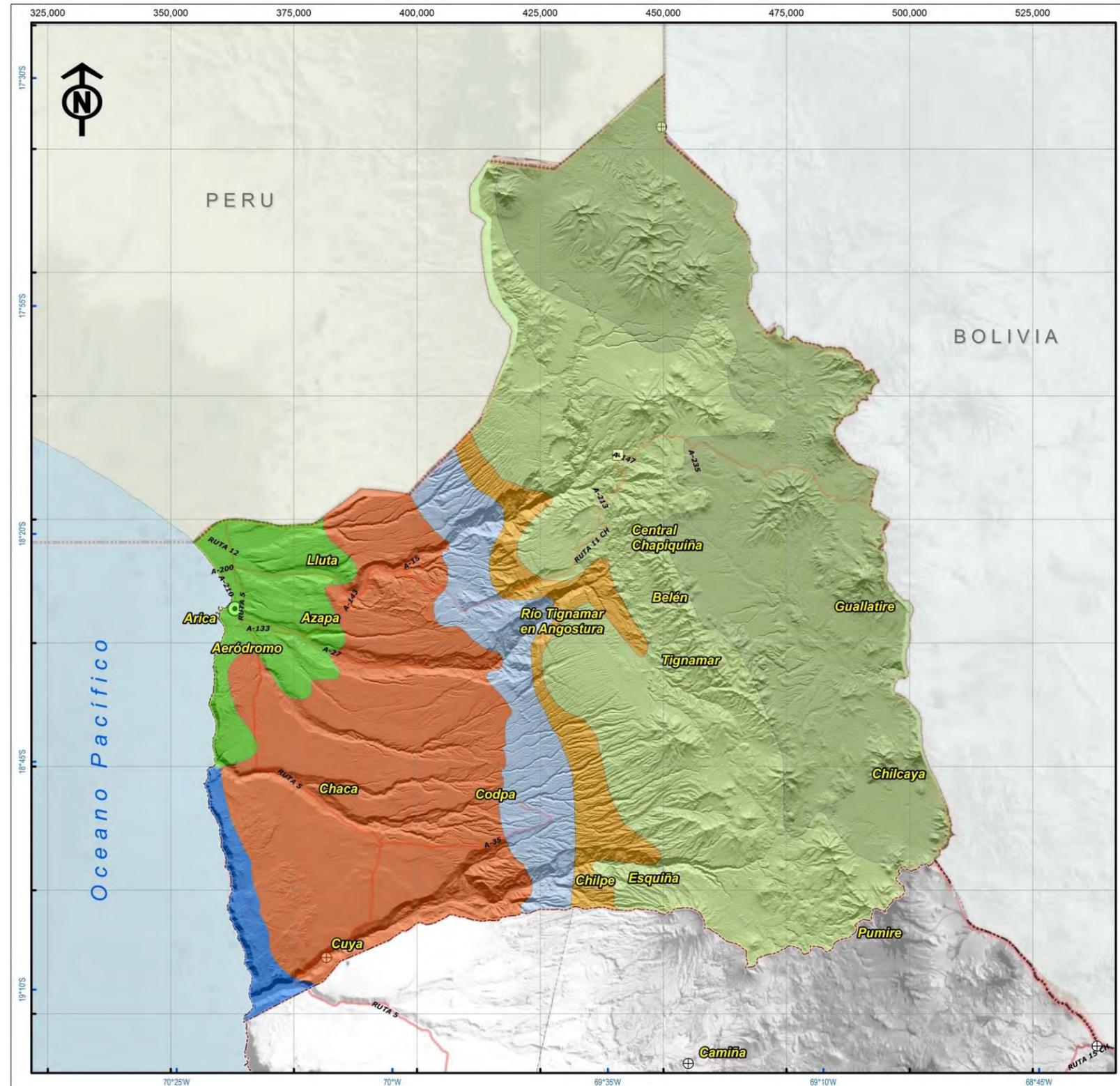
nivel de detalle espacial que las referencias anteriores, se han encontrado algunas inconsistencias en los datos presentados, lo que sumado a la dificultad para identificar cada distrito por colorimetría, ha llevado a una revisión de la información presentada por los autores de dicho estudio. Considerando esta situación, el manejo de la información en este informe se remitirá a los antecedentes anteriormente publicados, acotando las superficies representativas de cada distrito a la restitución satelital para el área de estudio.

5.2 Distritos Agroclimáticos

Dentro del área específica que cubrió este estudio, están presentes cinco zonas agroclimáticas de acuerdo a INIA (1989), desde oriente a poniente corresponden a: distrito 3.56 (estación Putre), distrito 3.55 (estación Potrerillo), distrito 3.54 (estación Refresco), distrito 3.442-3.8 (estación Copiapó) y distrito 3.36 (estación Iquique).

En la Lámina 5.1 se presenta la distribución espacial de las distintas zonas agroclimáticas en el área de estudio.

Lámina 5.1: Distritos Agroclimáticos



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital	Internacional	Río
Regional	Regional	Quebrada
Provincial	Comunal	Estero
Comunal	Caminos	Lago; Laguna
Poblado	Pavimentado	Salar
Área urbana	No pavimentado	Embalse
		Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Distritos Agroclimáticos

Alto Andino	Copiapó	Potrerillos
Arica	Iquique	Putre
		Refresco

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m.s.n.m.)

Value

High : 6312

Low : 0

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES SIT N° 385

Dirección General de Aguas
Ministerio de Obras Públicas
Gobierno de Chile

CONSULTORES: **CON POTENCIAL CONSULTORES SPA**

TEMA: Distritos Agroclimáticos XV Región

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Distritos_Agroclimáticos_XV

INFORMACIÓN GEODÉSICA

- Elipsoide GRS-80 y Datum SIRGAS CHILE

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

- Sistema de Coordenadas U.T.M. Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN

- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUICIO REGIONAL

FECHA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	LÁMINA
MAY 2016	R.A.H.	A.A.	5.1

ESCALA: 1 : 800,000

Se describe a continuación los distintos agroclimáticos identificados en el área de estudio:

5.2.1 Distrito Agroclimático 3.56

Ubicado en el sector oriente del área de estudio, cubre la zona comprendida entre el sector de emplazamiento del embalse Caritaya hasta el sector de Condumaya. Este distrito se caracteriza por una precipitación media anual de 256,6 [mm], concentrada esencialmente entre diciembre y abril, periodo asociado al invierno altiplánico. Según INIA (1989), la aptitud agrícola en esta zona, específicamente en el límite con el distrito precedente (3.55), se caracteriza por el cultivo de cebada, papa, quinoa y cañihua. Se destaca además según antecedentes recopilados por SMI (2008) la aptitud para la producción de alfalfa, arveja verde y, en zonas más protegidas, para algunos frutales sin fines comerciales.

En la Tabla 5.1 se presentan datos agroclimáticos correspondientes a la Estación Putre.

Tabla 5.1: Distrito agroclimático 3.56

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
T. Min	°C	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
T. Med	°C	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Suma T.	D.G.	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Hrs. Frio	Horas	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
R. Solar	Ly/día	1006,7	972,7	896,0	779,3	667,3	609,9	633,9	729,9	841,1	948,1	998,9	1013,5	10.097,3
H. Relativa	%	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
Precipitación	mm	69,2	127,1	28,0	16,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	15,2	256,6
Evap. Pot.	mm	98,9	95,7	89,8	96,9	82,3	66,3	70,5	79,3	89,9	106,2	113,1	111,1	1.100,0
Def. Hidr.	mm	-29,7	0,0	-61,8	-80,9	-82,3	-66,3	-70,5	-78,2	-89,9	-106,2	-113,1	-95,9	-874,8
Exd. Hidr.	mm	0,0	31,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,4
Ind. Humed.	pp/etp	0,7	1,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de CNR-CIREN, 1997.

5.2.2 Distrito Agroclimático 3.55

Se ubica al oriente del distrito 3.54 y al poniente del distrito 3.56. Mantiene un régimen térmico caracterizado por una temperatura media anual de 11,9 [°C]. El valor máximo alcanza los 18,4 [°C] en los meses de enero y febrero, siendo la mínima media de 4,9 [°C] en el mes de junio. La suma de temperaturas anuales base 10 [°C] es de 744 [grados-días], siendo la duración de la estación sin

heladas disponible (temperaturas mínimas absolutas medias superiores a 2,0 [°C]) de 2,5 a 4,5 meses. La precipitación total anual es de 44,1 [mm], con una media anual que alcanza los 3,67 [mm], distribuidos en los meses de enero a noviembre. La mayor precipitación media se centra entre mayo y agosto (mayor a 4 [mm]), siendo junio el mes más lluvioso, con una precipitación media que alcanza los 12,2 [mm]. El índice promedio anual es de 0,03 [mm], manteniéndose en un rango entre 0 y 0,13 [mm]. La aptitud agrícola bajo las condiciones agroclimáticas en esta zona, según INIA (1989), se asocian a cultivos tales como: avena, trigo, cebada, alfalfa y papas; destacando SMI (2008) además la participación de hortalizas como ajo y choclo.

Los datos agroclimáticos correspondientes a la Estación Potrerillos se presentan en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Distrito agroclimático 3.55

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	18,4	18,4	18,2	17,3	15,6	12,9	13,7	14,1	15,5	16,4	17,3	18,2	16,3
T. Min	°C	9,8	9,7	9,3	8,3	6,6	4,9	5,4	4,7	5,9	6,9	8,2	9,2	7,4
T. Med	°C	14,1	14,1	13,8	12,8	11,1	8,9	9,6	9,4	10,7	11,7	12,8	13,7	11,9
Suma T.	días - grado	127,1	113,4	116,3	84,0	34,1	0,0	0,0	0,0	21,0	51,2	82,5	114,7	744,3
Hrs. Frio	Horas	90,0	92,0	101,0	129,0	186,0	270,0	243,0	262,0	206,0	170,0	131,0	103,0	1.983,0
R. Solar	Ly/día	1022,9	954,1	834,4	686,3	558,3	494,5	518,2	620,2	760,3	896,0	993,3	1036,4	9.374,9
H. Relativa	%	39,0	38,0	35,0	26,0	23,0	24,0	23,0	24,0	22,0	25,0	25,0	30,0	27,8
Precipitación	mm	0,7	2,2	2,2	2,2	4,8	12,2	8,2	5,6	1,3	1,7	0,1	0,0	41,2
Evap. Pot.	mm	132,4	127,8	123,1	108,9	99,3	90,7	95,1	103,5	114,4	127,4	135,9	141,5	1.400,0
Def. Hidr.	mm	-131,7	-125,6	-120,9	-106,7	-94,5	-78,5	-86,9	-97,9	-113,1	-125,7	-135,8	-141,5	-1.358,8
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de CNR-CIREN, 1997.

5.2.3 Distrito Agroclimático 3.54

Se ubica al oriente del distrito 3.442-3.8 y al poniente del distrito 3.55. Este distrito se caracteriza por un régimen térmico con una temperatura media anual de 17,7 [°C]. La temperatura máxima media del mes más cálido (enero) es de 28,4 [°C] y una mínima del mes más frío (Junio) de 5,5 [°C].

La suma de temperaturas anuales, base 5 [°C] es de 4.629 [grados-día]; con base 10 [°C] es de 2.792,3 [grados-día]. Dado que las temperaturas mínimas medias fluctúan entre 5,5 y 12 [°C], existen limitaciones para el crecimiento de las plantas de verano entre abril y septiembre. La precipitación

anual alcanza los 12 [mm] distribuidos en 7 meses del año, siendo mayo, el mes más lluvioso con 4,6 [mm] de agua acumulada.

Considerando la posibilidad de riego, la aptitud agrícola está dada por: arroz, maíz, papa, trigo, cebada, avena, alfalfa, ballica, tréboles, berenjena, tomates, cucurbitáceas, ají, pimentón, poroto, coliflor, etc.; destacándose además la posibilidad para cultivos de frutales como: cítricos, vides, etc., aunque no es apta para frutales con requerimiento de frío.

Los datos agroclimáticos correspondientes a la Estación Refresco se presentan en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Distrito agroclimático 3.54

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	28,4	28,0	27,0	27,0	24,7	23,1	23,5	24,6	26,4	26,9	27,8	28,2	26,3
T. Min	°C	11,7	11,5	10,5	9,0	7,2	5,5	5,5	6,6	8,0	10,0	11,0	11,2	9,0
T. Med	°C	21,0	19,8	19,1	18,0	16,0	14,3	14,5	15,6	17,2	18,5	19,4	19,7	17,7
Suma T.	días - grado	311,6	273,0	280,6	240,0	184,5	129,0	139,5	173,6	216,0	262,0	282,0	300,7	2.792,3
Hrs. Frío	Horas	0,0	0,0	7,0	37,0	90,0	148,0	145,0	106,0	61,0	20,0	0,0	0,0	614,0
R. Solar	Ly/día	1020,3	956,1	842,1	698,6	573,2	510,3	533,6	633,7	770,0	900,5	992,3	1032,5	9.463,1
H. Relativa	%	45,0	44,0	44,0	41,0	40,0	36,0	40,0	41,0	36,0	33,0	30,0	34,0	38,7
Precipitación	mm	0,0	0,2	0,2	0,0	4,6	1,7	4,4	0,2	0,0	0,7	0,0	0,0	12,0
Evap. Pot.	mm	161,0	155,2	149,4	132,3	120,5	110,2	115,4	125,6	138,9	154,7	165,1	171,7	1.700,0
Def. Hidr.	mm	-161,0	-155,0	-149,2	-132,3	-115,9	-108,5	-111,0	-125,4	-138,9	-154,0	-165,1	-171,7	-1.688,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de CNR-CIREN, 1997.

5.2.4 Distrito Agroclimático 3.442-3.8

Este distrito se ubica al poniente del distrito 3.54, con una mayor cercanía a la costa en relación a los distritos antes mencionados. La temperatura media anual es de 18 [°C], con una máxima media en el mes más cálido de 30,1 [°C] (febrero) y una mínima media en el mes más frío de 6,5 [°C] (julio). La suma de temperaturas anuales con base 10 [°C], es de 2.895[grados-día], presentándose las temperaturas mínimas medias bajo 10 [°C] entre los meses de mayo a septiembre, lo cual restringe el periodo de crecimiento de las plantas de verano en 7 meses.

La precipitación total anual alcanza los 21,8 [mm], distribuidos entre marzo a noviembre, siendo junio el mes más lluvioso con un registro de 7,4 [mm] de agua lluvia. Dado las características hídricas de esta zona, los cultivos se encuentran restringidos al uso de riego, con el cual resulta muy favorable la producción de frutas y vides. Se destaca la presencia de lugares en que las heladas son tan excepcionales que puede cultivarse en pleno invierno, con poco peligro, tomates, zapallitos, pimiento o maíz. También es apta para el cultivo de cereales de invierno, leguminosas de grano, papas, alfalfa y ballicas, etc. Los datos agroclimáticos asociados a esta zona corresponden a la Estación Copiapó, los cuales se presentan la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Distrito agroclimático 3.442 – 3.8

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	29,4	30,1	28,0	25,3	21,6	20,1	19,9	21,4	23,6	24,8	25,9	28,2	24,9
T. Min	°C	15,5	15,7	13,8	11,8	8,7	7,0	6,5	8,0	9,2	11,9	13,0	13,6	11,2
T. Med	°C	22,5	22,9	21,0	18,6	15,2	13,6	13,2	14,7	16,4	18,4	19,5	19,9	18,0
Suma T.	días - grado	386,0	361,2	339,5	256,5	159,7	106,5	99,2	145,7	192,0	258,9	283,5	306,9	2.895,4
Hrs. Frio	Horas	0,0	0,0	0,0	2,0	82,0	132,0	146,0	98,0	57,0	4,0	0,0	0,0	521,0
R. Solar	Ly/día	1036,4	969,7	849,1	691,8	554,2	487,0	514,8	629,6	786,2	928,5	1019,1	1052,7	9.519,0
H. Relativa	%	61,0	68,0	66,0	72,0	74,0	72,0	68,0	71,0	68,0	68,0	66,0	59,0	67,8
Precipitación	mm	0,0	0,0	0,3	1,1	4,1	7,4	3,7	3,0	0,7	1,2	0,3	0,0	21,8
Evap. Pot.	mm	170,4	164,3	158,2	140,0	127,6	116,6	122,2	133,0	147,1	163,8	174,8	182,0	1.800,0
Def. Hidr.	mm	-170,4	-164,3	-157,9	-138,9	-123,5	-109,2	-118,5	-130,0	-146,4	-162,6	-174,5	-182,0	-1.778,2
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de CNR-CIREN, 1997.

5.2.5 Distrito Agroclimático 3.36

Este distrito se ubica en la costa norte, extendiéndose desde los 18°30'S hasta las proximidades de Taltal (25°30'S) en una franja angosta con clara influencia marítima. El régimen térmico se caracteriza por una temperatura media anual de 17,6 [°C], con una máxima media del mes más cálido de 24,4 [°C] (febrero) y una mínima media de 14,4[°C] en los meses más fríos (julio y agosto). Esta zona mantiene un periodo libre de heladas los 12 meses del año. La suma de temperaturas anuales, base 10 [°C], es de 2.775,8 [grados-días]. Considerando que la mínima media mantiene registros sobre los 10 [°C], no existen limitaciones para el crecimiento de plantas debido a bajas temperaturas.

Las precipitaciones anuales alcanzan 2,3 [mm] distribuyéndose entre los meses de junio y septiembre, siendo el mes más lluvioso junio, con un registro que alcanza los 0,8 [mm]. La humedad relativa anual es de 74%, con una estación seca de 12 meses.

Considerando las características hídricas de la zona, la producción agrícola se restringe al uso de riego. Su aptitud frutícola la hace apta para la producción de cítricos, paltos chirimoyos y otros, descartándose la producción de frutales con requerimientos de frío, como manzanos, perales y otros. Se destaca además la aptitud para la producción de hortalizas muy tempranas o muy tardías, como: choclo, tomates, porotos verdes, cebollas, ajos, cucurbitáceas, habas, arvejas, zanahorias, lechugas y otras. Los datos agroclimáticos asociados a esta zona corresponden a la Estación Iquique, los cuales se presentan en la Tabla 5.5

Tabla 5.5: Distrito agroclimático 3.36

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	24,1	24,4	23,1	21,3	19,9	18,3	17,5	17,7	18,8	20,1	21,8	23,2	20,9
T. Min	°C	16,8	16,6	15,6	14,3	13,7	13,1	12,5	12,6	13,2	13,8	14,8	15,8	14,4
T. Med	°C	20,45	20,5	19,35	17,8	16,8	15,7	15	15,15	16	16,95	18,3	19,5	17,6
Suma T.	días - grado	323,95	294	289,9	234	210	171	155	159	180	215,5	249	294,5	2.775,8
Hrs. Frio	Horas	0	0	0	0	19	42	57	54	36	16	0	0	224,0
R. Solar	Ly/día	1.002,81	958,5	869,1	747,2	634,9	576,7	597,8	688,2	806,8	913,2	981,7	1.009,35	9.786,0
H. Relativa	%	72	72	76	77	76	76	75	75	75	73	72	72	74,3
Precipitación	mm	0	0	0	0	0	0,8	0,7	0,4	0,4	0	0	0	2,3
Evap. Pot.	mm	151,5	146,1	140,6	124,5	113,4	103,7	108,6	118,1	130,7	145,6	155,4	161,8	1.600,0
Def. Hidr.	mm	-151,5	-146	-141	-125	-113	-103	-108	-118	-130	-146	-155	-161,8	-1.597,7
Exd. Hidr.	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Ind. Humed.	pp/etp	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0,0

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de CNR-CIREN, 1997.

5.3 Adaptabilidad de los Cultivos

Considerando los antecedentes agroclimáticos expuestos, fue posible apreciar en términos generales que dentro del área de estudio la aptitud agrícola resulta variada, aunque en ciertos distritos agroclimáticos se restringe al uso de riego por escasez de precipitaciones durante el año. Se destaca la posibilidad de cultivo de frutales de bajo requerimientos de frío, frutales de hojas persistentes, cultivos anuales y hortalizas. En este contexto los principales cultivos que se han identificado con aptitud para crecimiento en diferentes sectores del área de estudio, son: alfalfa, avena, maíz, choclo, lechuga, cebolla, poroto verde y granado, tomate, zapallo, entre otros; en cuanto a frutales, las posibilidades están dirigidas hacia el cultivo de guayabos, mango, naranjo y olivos, entre otros.

En la Tabla 5.6 se presentan algunos requerimientos climáticos de especies de interés para la zona de estudio.

Tabla 5.6: Requerimientos climáticos

Especie	Tº Mín. Crecim.	Horas Frío	Período libre de Heladas	Grados día (Base 10º)
Alfalfa	9	----	----	1.500
Ajo	8	400-700	----	----
Almendro	----	200-600	225	1.000-1.200
Arveja	10	----	70-100	----
Banano	16	----	360	----
Betarraga	10	----	----	----
Cebolla	9	960-1.440	90-160	----
Ciruelo	10	500-1.000	90-180	1.000-1.500
Choclo	12	----	80-180	900-1.500
Durazno	10	300-1.000	90-180	1.000
Frutilla	10	----	100-150	----
Guayabo	25 - 32	----	360	----
Kiwi	10	200-600	----	----
Lechuga	6	----	60-130	----
Limonero	13	----	300-360	----
Mango	15 – 26	----	360	----
Manzano	10	800-1.500	140-160	800-1.300
Melón	15	----	90-130	1.100
Naranja	14	----	300-600	1.400-1.900
Olivo	6	800	180-300	----
Palto	10	----	360	----
Papas	8	----	90-180	----
Poroto	8	----	90-150	700-800
Tomate	10	----	200-300	700-1.100
Vides	10	100-400	150-180	1.000-1.600
Zanahoria	7	----	120-200	----
Zapallo Italiano	----	----	----	----

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. Requerimientos de Clima y Suelo, Chacras y Hortalizas, Ciren, 1995.

5.4 Suelo

Información recopilada en el estudio realizado por SMI (2008) afirma que los suelos del valle de Camarones fueron sometidos a un reconocimiento detallado en los Estudios Agronómicos Básicos de los Valles de Lluta, Azapa, Camarones y Vitor, Provincia de Arica, Primera Región, efectuado para la Dirección de Obras Hidráulicas por la empresa REG Ingenieros Consultores en el año 2002, en donde como antecedente básico se utilizó el Estudio de Suelos de Camarones, realizado por el Ingeniero Agrónomo Sr. Meléndez, en 1965.

Todas las descripciones efectuadas se ajustan a lo dispuesto por el Manual de Reconocimiento de Suelos del Departamento de Agricultura de USA 1984, a cuyo mandato se adscribe Chile.

De los antecedentes aportados por SMI (2008), es posible señalar que en el valle de Camarones los suelos son moderadamente profundos a delgados, de texturas moderadamente finas a gruesas, que varían entre franco arcillo arenoso a franco arenoso, y presentan un moderado contenido salino, ya que las precipitaciones escasas del valle no han removido suficientemente las sales de los materiales que les dieron origen.

Se distingue en la parte agrícola del valle, principalmente dos formaciones geomorfológicas: las terrazas y los conos. Las primeras son en general, de desarrollo moderado, no existen más de tres niveles; mientras que los segundos, son poco desarrollados y aparecen esporádicamente a lo largo del valle. Su topografía es de pendientes pronunciadas en su parte baja, aumentando gradualmente, hacia su nacimiento. En estas formaciones se han desarrollado los suelos del valle de Camarones.

El citado estudio describe para el valle de Camarones doce series de suelos y veintidós variaciones en total de estas con sus características, siendo las principales en cuanto a capacidad de uso las series Huachiscota, Humayane, Yaros y Pinavane. En cuanto a capacidad de uso según este estudio se afirma que un 29,1% de la superficie de los suelos presentes posee capacidad de uso entre II y III, mientras que el resto posee capacidad de uso inferior. Superior al 29% de los suelos no son cultivables según este parámetro.

En cuanto a la categoría de riego, se señala que no existen suelos bien adaptados para el riego, y alrededor del 67% se clasifican de pobre a pobremente apropiadas para el riego. Entretanto, aproximadamente el 10% posee limitaciones moderadas para el regadío. En el ámbito del drenaje, se indica que aproximadamente el 30,8% de los suelos reconocidos presenta problemas de drenaje

imperfecto a muy pobre, el 20% corresponde a suelos bien drenados y el 24,4% a excesivamente drenados.

Según la información recopilada por el citado estudio en lo referente a aptitud frutal de los suelos del área se constata que de los suelos reconocidos alrededor del 90% de la superficie presenta moderadas a severas limitaciones al desarrollo de las especies frutales.

En relación a la Unidad de Manejo, este estudio destaca que casi 41% de los suelos presenta severas limitaciones para el desarrollo de los cultivos, en tanto que 15% presenta limitaciones moderadas para el desarrollo de la actividad agropecuaria.

5.5 Sectorización del Área de Riego y Estratificación

5.5.1 Sectorización

Se ha considerado para el presente estudio la sectorización empleada por SMI (2008), la que a su vez fue utilizada en el Catastro de Usuarios Provincia de Arica, elaborado para la Dirección General de Aguas por la empresa ALFA Ingenieros Consultores en el año 1982.

La quebrada se ha subdividido en tres sectores, alto, medio y bajo respectivamente. La sección baja está constituida por la ex Hacienda Cuya, que comprende las localidades de Camarones, Portocarrero, Chupisilca, Conanoxa y Cuya; la sección media se extiende entre la Hacienda Cuya y la localidad de Hualcarane, presentándose las localidades de Isise, Iquilta, Caruta, Pampanune, Huancarane, Catinjagua; en tanto la sección Alta la integran las localidades de Esquiña e Illapata. En la Figura 5.1 se representa la distribución espacial de cada uno de las secciones del Río Camarones en las áreas de riego.

Figura 5.1: Esquema del sistema Quebrada Camarones (SMI, 2008)



5.5.2 Estratificación

La estratificación de las propiedades agrícolas se llevó a cabo considerando el tamaño del predio según superficie de riego de la propiedad. Para esto, se contó con el registro de límites prediales y listado de propiedades actualizado por SMI para el año 2008, teniendo en cuenta que en la actualidad CIREN no cuenta con registro de límites prediales para la Región. Se contó además con antecedentes aportados por el Servicio de Impuestos Internos y el Conservador de Bienes Raíces de Arica.

La estratificación en cuestión considera sólo los predios identificados con acceso a riego, tomados del catastro de usuarios del Río Camarones. Dado este escenario y considerando los datos aportados por SMI (2008), se llevó cabo la estratificación adoptando los siguientes criterios:

Estrato 1: Predios entre 0,01 y 5 [ha] regadas. Corresponden a predios en los cuales se presentan esencialmente cultivos de alfalfa, elaboración de quesos y en algunos casos al cultivo de hortalizas.

Estrato 2: Predios entre 5,01 y 20 [ha] regadas. En estos predios se desarrolla esencialmente el cultivo de alfalfa, ganadería bovina de crianza y leche.

Estrato 3: Predios mayores a 20,01 [ha] regadas. Por lo general en este tipo de predios existen explotaciones con un nivel tecnológico mayor y una producción más extensiva que los estratos anteriores. La Tabla 5.7 detalla el número de predios por estrato identificados para el área de estudio.

Tabla 5.7: Número de predios por estrato

Estrato	Superficie [ha]	N° predios
E1	0,01-5	223
E2	5,01 -20	28
E3	Mayores 20,01	1
s/i	Sin Información	18
Total	-	270

La gran mayoría de los predios corresponden a un estrato 1, cubriendo alrededor de un 82,6% de los predios, mientras que tan sólo un 10,4% aproximadamente corresponde a un estrato 2. El estrato 3 por su parte, está constituido por una suma de propiedades, pertenecientes todas a un sólo propietario en la sección baja (Agrícola Tarapacá Ltda.), las que se han unificado cartográficamente para facilitar el análisis en función de su uso.

Dada la escasez de antecedentes, en algunos casos, no fue posible clasificar por estratos algunos predios, los que constituyen alrededor de un 6,7% del total, debido a que, algunos de sus propietarios no mantienen inscripciones de agua, y otros al mantener derechos de agua recientes, no se les ha registrado mayores antecedentes de su uso.

Cabe destacar que las distintas fuentes de información analizadas, en algunos casos mantienen información que no resulta coincidente entre ellas, lo que sumado a la falta de antecedentes en casos

puntuales, requirió un proceso de actualización minucioso, estimando en la posibilidad de ciertos casos valores referenciales, especialmente para algunas superficies de riego. Estos valores referenciales se estimaron considerando un porcentaje promedio de la superficie predial para riego, 77,52% en predios menores a 5 [ha], y 61,86% para predios entre 5 y 20 [ha].

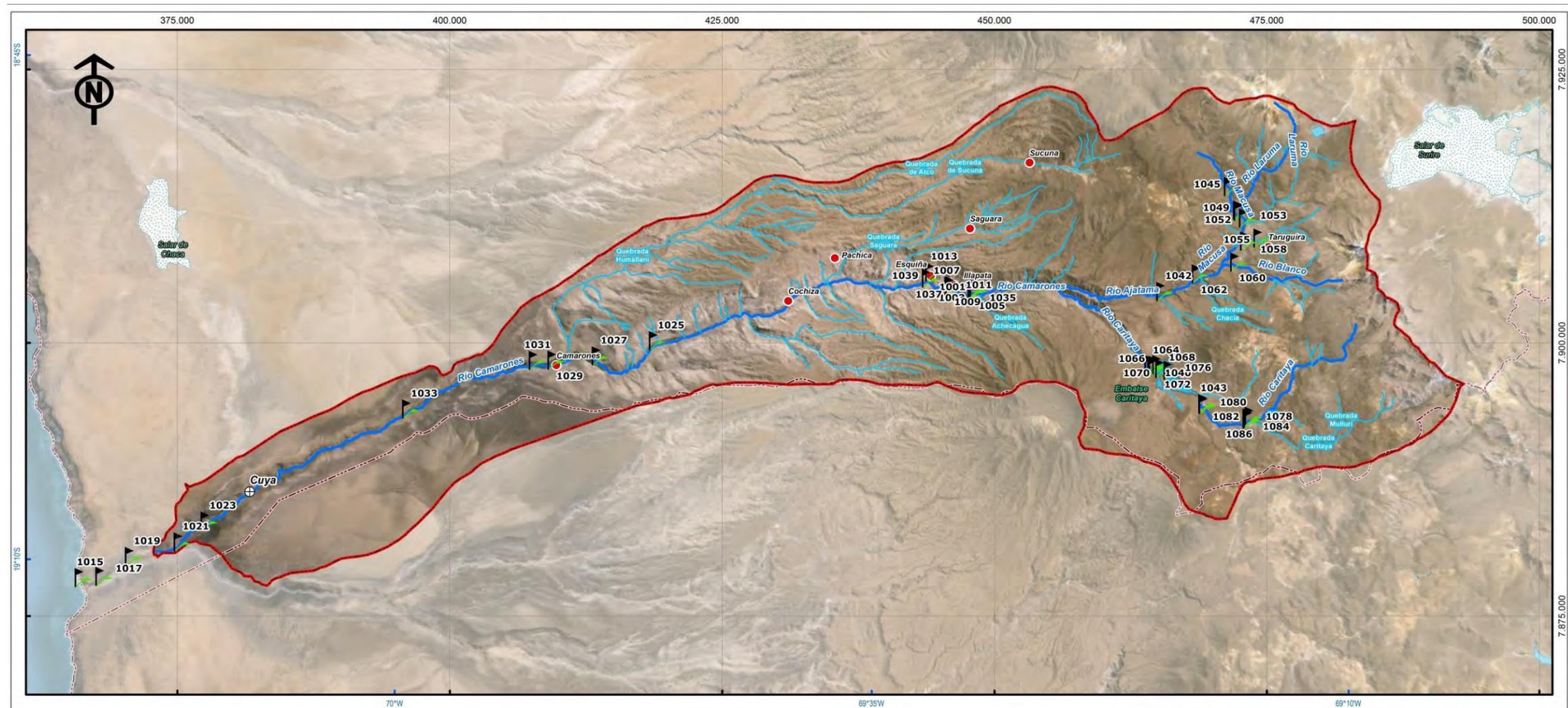
6 CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA

6.1 Hidrogeoquímica

La hidrogeoquímica descrita a continuación se basó en el estudio denominado: “Cuenca de Camarones: Identificación y caracterización de fuentes que condicionan la calidad de las aguas superficiales: rol del embalse Caritaya” (UTA 2010). El objetivo principal de este estudio fue caracterizar espacialmente la variabilidad en la composición fisicoquímica de las aguas y sedimentos a lo largo del cauce del Río Camarones y de sus principales afluentes, identificando a aquellos que representen entradas importantes de elementos o especies químicas críticas al Río Camarones. Se establecieron a las Lagunas de Amuyo como la principal fuente natural de contaminación al Río Camarones.

El análisis de este estudio se basó en antecedentes y la caracterización fisicoquímica de aguas y sedimentos. Para esto se llevaron a cabo 6 campañas de terreno entre octubre del 2008 y abril del 2009. En estas campañas se realizaron aforos, toma de parámetros in-situ de las aguas (pH, CE, OD, turbiedad y color verdadero) y muestreo de sedimentos y aguas para análisis químicos. Los puntos de muestreo estuvieron distribuidos ampliamente en la cuenca como se muestra en la Lámina 6.1.

Lámina 6.1: Puntos de Muestreo UTA (2010)



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital	— Internacional	— Río
○ Regional	— Regional	— Quebrada
□ Provincial	— Comunal	— Estero
⊕ Comunal	Caminos	— Lago; Laguna
● Poblado	— Pavimentado	— Salar
⊗ Área urbana	— No pavimentado	— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Muestra Química UTA
⊗ Área de Estudio	— Muestra Química UTA

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Muestras_Química_UTA

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
- Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)
- Estudio Universidad de Tarapacá (2010)

ESQUEJO REGIONAL

LÁMINA	DIBUJO	CONTROLÓ	FECHA
6.1	R.A.H.	J.C.R.	MAR 2016

0 1 2 4 6 8 10 Km

ESCALA 1 : 350.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Puntos de Muestreo Químico Universidad de Tarapacá

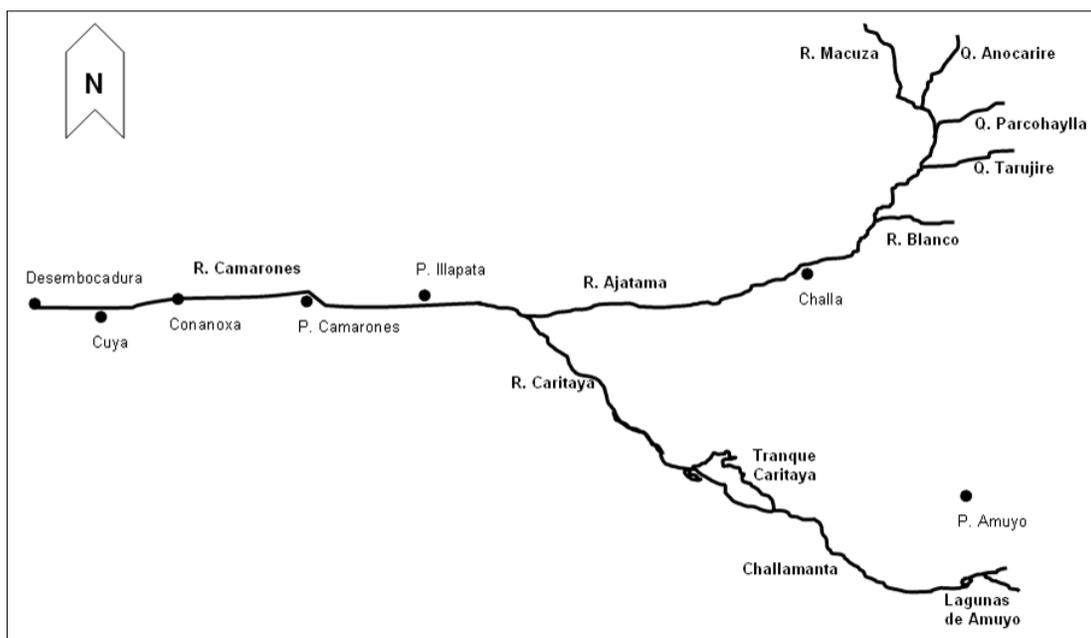
VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

Los cursos de agua con los niveles más bajos de arsénico boro y sales disueltas fueron localizados en el Río Ajatama y corresponden a los afluentes: Macuza, Anocarire y Río Blanco (Figura 6.1). En contraposición, los niveles más altos de arsénico, boro y sales disueltas en la cuenca fueron asociados al Río Caritaya y sus afluentes. Los puntos de mayor conflicto se ubican en el área de las lagunas de Amuyo (laguna Roja, Verde y Amarilla), que representan una fuente puntual importante de ingreso de elementos al Río Caritaya. Estas lagunas corresponden a afloramientos hidrotermales con niveles elevados de arsénico, boro y sales disueltas. Las aguas de estas lagunas son incorporadas al curso principal del Río Caritaya incrementando sus niveles de elementos disueltos y por consiguiente disminuyendo su calidad.

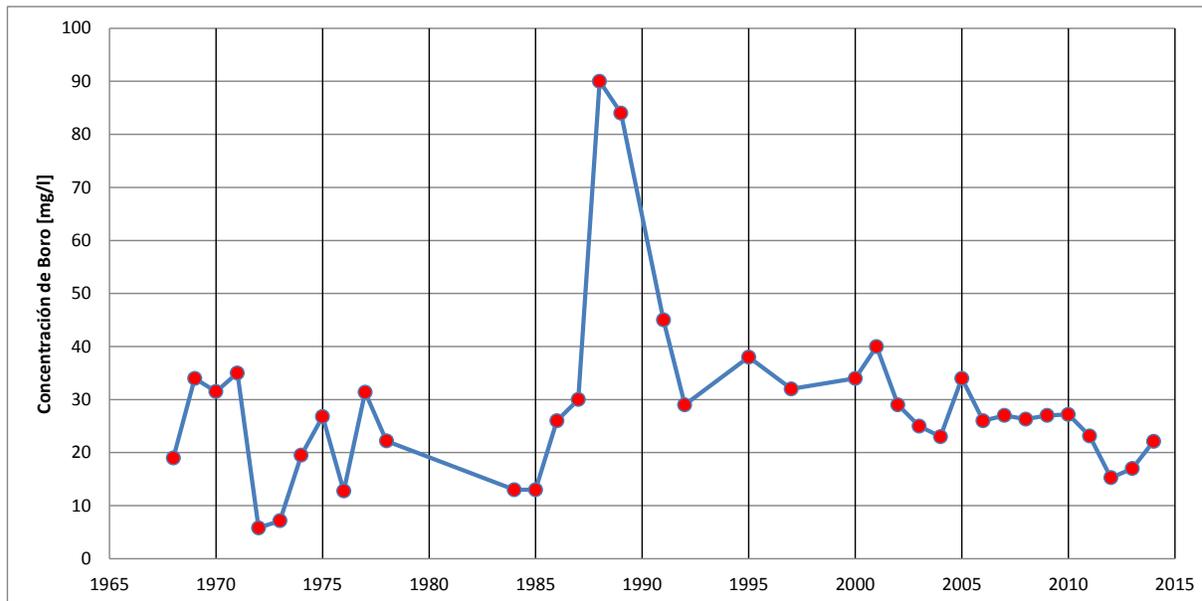
Figura 6.1: Esquema de la Cuenca del Río Camarones y lugares relevantes para el estudio de UTA (2010)



6.1.1 Boro

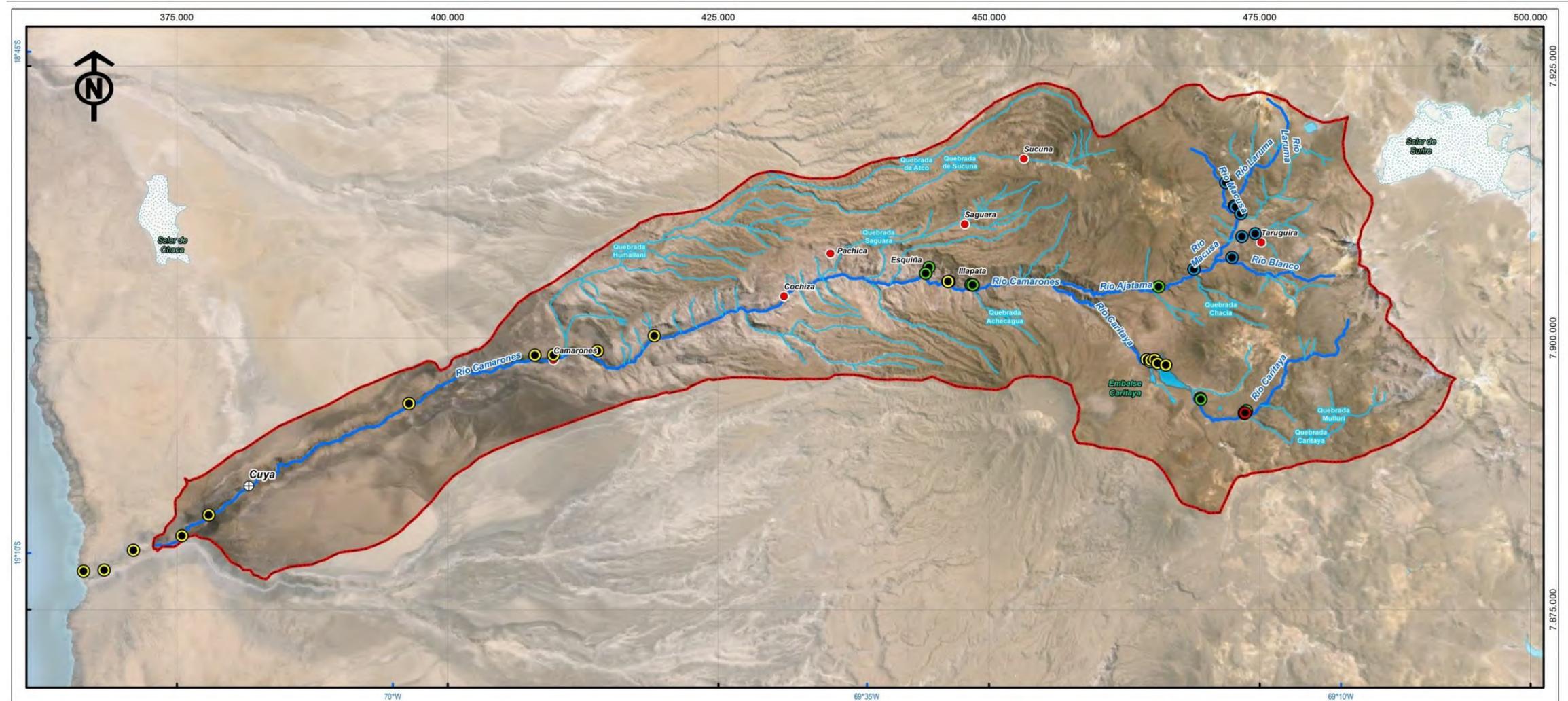
Se observa un nivel excesivamente elevado de contenido de boro (Lámina 6.2 y Figura 6.2) con un promedio por sobre los 25 [mg/l]. Se debe destacar que tanto para normativas internacionales como para la norma chilena de riego NCh 1.333, se acepta un máximo de 0,75 [mg/l].

Figura 6.2: Niveles de Boro en estación Conanoxa en el Río Camarones



Los niveles de boro que presentan las aguas de la cuenca de Camarones monitoreados por la UTA (2010) son variables (ver Lámina 6.2). Sólo las aguas correspondientes a los afluentes del Río Ajatama (Macuza, Anocarire, Tarujire y Blanco) presentan niveles de boro menores a 0,75 [mg/l], mientras que el propio Río Ajatama presenta una concentración de 1,50 [mg/l], levemente por sobre el valor de referencia. Por otro lado los niveles más altos de boro en aguas corresponden a las lagunas de Amuyo con concentraciones que llegan a un máximo de 35 [mg/l]. Las concentraciones de boro en las aguas del Río Camarones en los sectores bajo y medio son acordes a los datos históricos determinados en la estación Conanoxa.

Lámina 6.2: Distribución de los Contenidos de Boro en las Aguas de la Cuenca de Camarones (Adaptado de UTA, 2010)



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital	— Internacional	— Río
○ Regional	— Regional	— Quebrada
□ Provincial	— Comunal	— Estero
⊕ Comunal	Caminos	— Lago; Laguna
● Poblado	— Pavimentado	— Salar
⊗ Área urbana	— No pavimentado	— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Totales Boro
⊗ Área de Estudio	● 10,00-30,00 [mg/l]
	● < 0,75 [mg/l]
	● > 30,00 [mg/l]
	● 0,75-10,00 [mg/l]

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Contenido_Boro_UTA

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)
- Estudio Universidad de Tarapacá (2010)

ESQUEJO REGIONAL

LÁMINA 6.2 **DIBUJÓ** R.A.H. **CONTROLÓ** J.C.R. **FECHA** MAR 2016

ESCALA 1 : 350.000

0 1 2 4 6 8 10 Km

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Distribución de los contenidos de Boro en las aguas de la cuenca de Camarones (Adaptado de UTA, 2010)

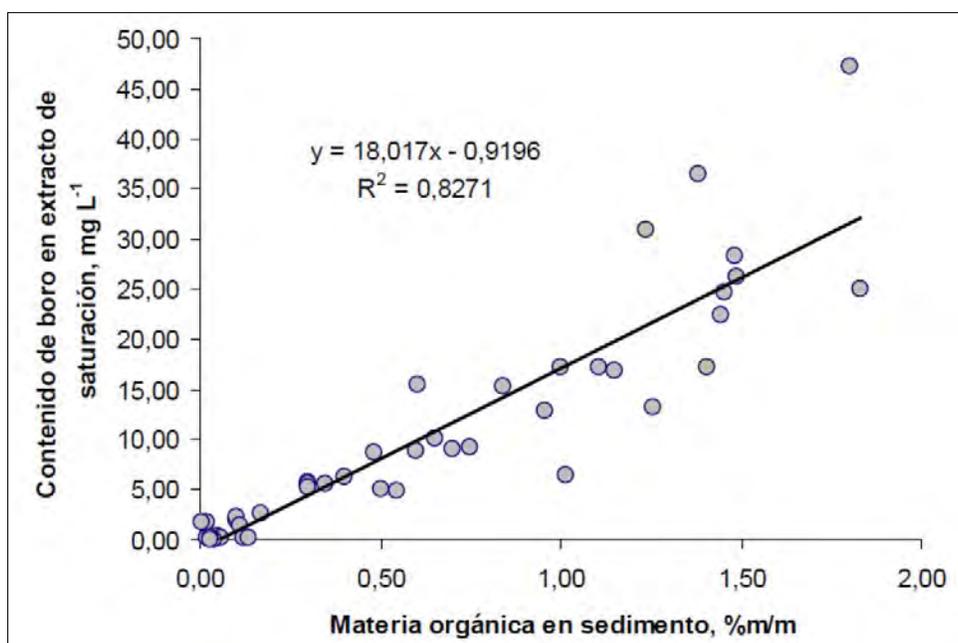
VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

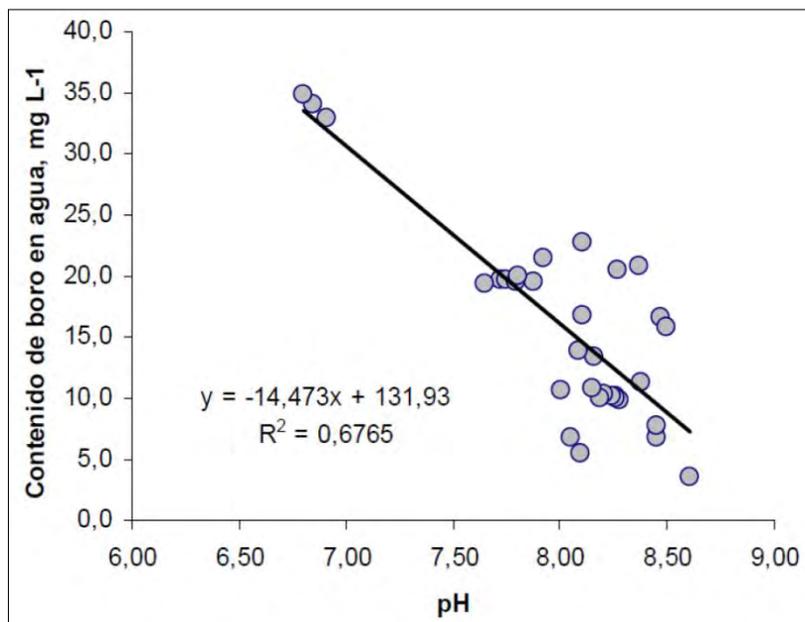
Basado en los análisis realizados a los sedimentos recolectados en distintos puntos al interior de la cuenca de camarones, se estableció la existencia de una relación directa entre los contenidos de materia orgánica (MO) y boro en el extracto de saturación. De esta manera representa una fuente de boratos fácilmente disponibles para su transferencia a la solución (extracto) del suelo/sedimento.

Figura 6.3: Relación entre el contenido de materia orgánica y boro (UTA, 2010)



En la relación entre el contenido de boro en las aguas estudiadas y el pH de las mismas, se observa que a medida que el pH se incrementa (desplazamiento hacia valores alcalinos) la concentración de boro en solución disminuye. Se interpreta que este fenómeno guarda relación con el hecho de que por sobre ciertos valores de pH, comienza a disminuir la disponibilidad del boro como resultado de procesos de adsorción lo cual induce a una “escasez temporal” del elemento en solución. Estos procesos de fijación sobre fases sólidas incluyen la adsorción sobre minerales arcillosos (con un máximo de absorción hacia pH 8,5-9); adsorción sobre hidróxidos de hierro y aluminio (con un máximo de absorción entre pH 8-9 para hidróxidos de hierro y hacia pH 7 para hidróxido de aluminio); y ligado a la materia orgánica (provocando un aumento del contenido en boro en las plantas). En general al aumentar el pH del suelo, la adsorción del boro por parte de éste es mayor y, en consecuencia, la disponibilidad para las plantas (boro en solución) es menor.

Figura 6.4: Relación entre el pH y boro en el agua (UTA, 2010)



6.1.2 Arsénico

A partir de los datos históricos registrados por la DGA (ver Figura 6.5) se observa que el valor promedio de arsénico en la estación Conanoxa tiene un promedio de $0,86 \pm 0,36$ [mg/l], a excepción del año 2007 que presentó un valor atípicamente alto de 1,62 [mg/l]. Este valor podría ser atribuido a la remoción de sedimentos en el embalse Caritaya producto de las labores de reparación realizadas entre noviembre del 2006 y 2007.

El valor promedio de arsénico se encuentra más de 80 veces por sobre el valor recomendado por la NCh 409.2005 que establece un contenido máximo de arsénico total de 0,01 [mg/l] para el agua destinada para consumo humano.

UTA (2010) al graficar las condiciones generales de pH y Eh características de los cursos de agua principales, se observa que en general, bajo condiciones de equilibrio, en la cuenca de Camarones debería predominar el As (V), con excepción de las aguas pertenecientes a las lagunas de Amuyo en donde las condiciones de afloramiento termal impondría condiciones reductoras favoreciendo la presencia de fracciones de As (III).

Figura 6.5: Concentración de arsénico en las aguas del Río Camarones en Conanoxa

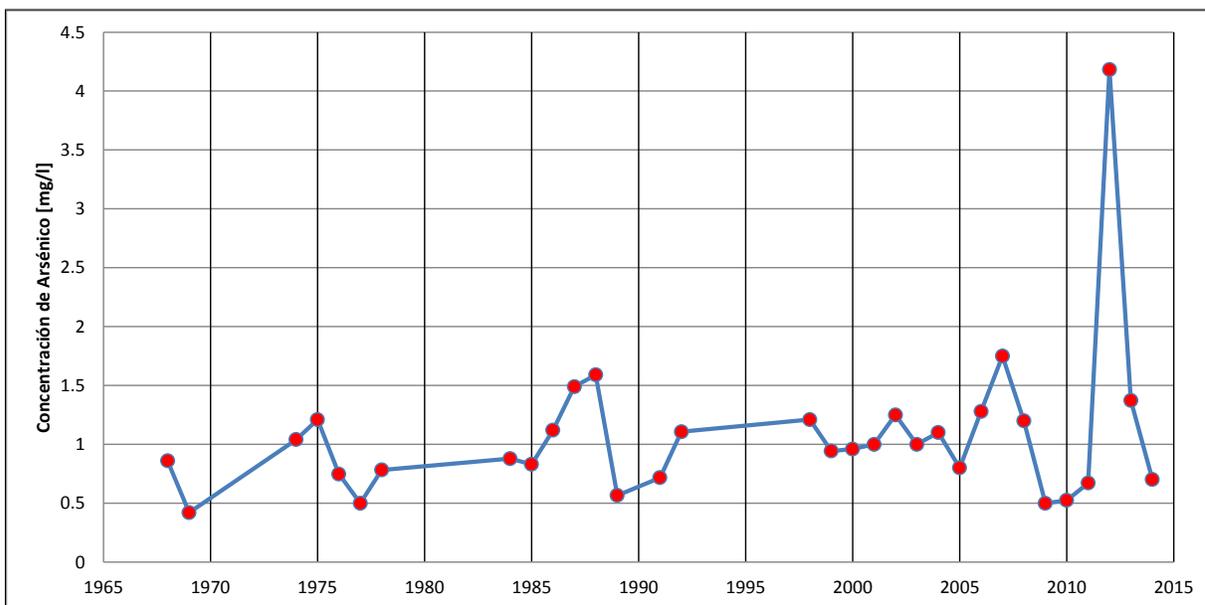
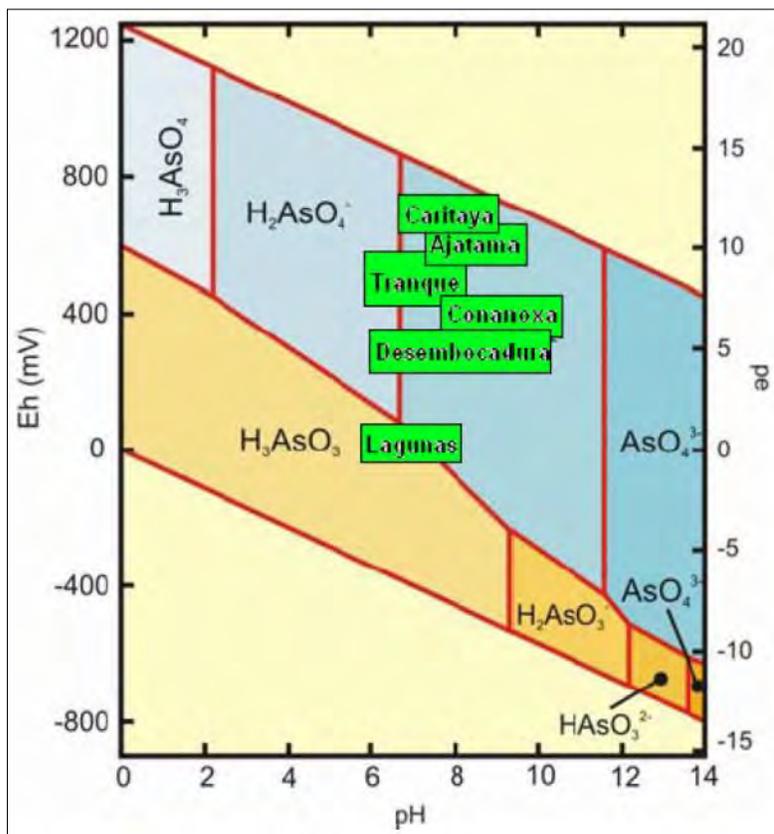


Figura 6.6: Diagramas pE-pH para el sistema arsénico (UTA, 2010)



La Lámina 6.3 muestra que el Río Camarones a lo largo de su cuenca posee niveles de arsénico variables, pero siempre por sobre lo establecido por la normativa nacional o internacionales (WHO, USEPA) como niveles máximos para aguas destinadas para consumo humano.

En el sector Camarones bajo y medio, desde la desembocadura del Río Camarones hasta la localidad de Huancarane fueron determinadas concentraciones de arsénico total en el rango de 0,50 a 1,00 [mg/l] (entre 50 a 100 veces por sobre la normativa).

En el sector Camarones alto, poblado de Illapata las aguas del Río presentaron un incremento en la concentración de arsénico entre los 1,00 a 2,00 [mg/l].

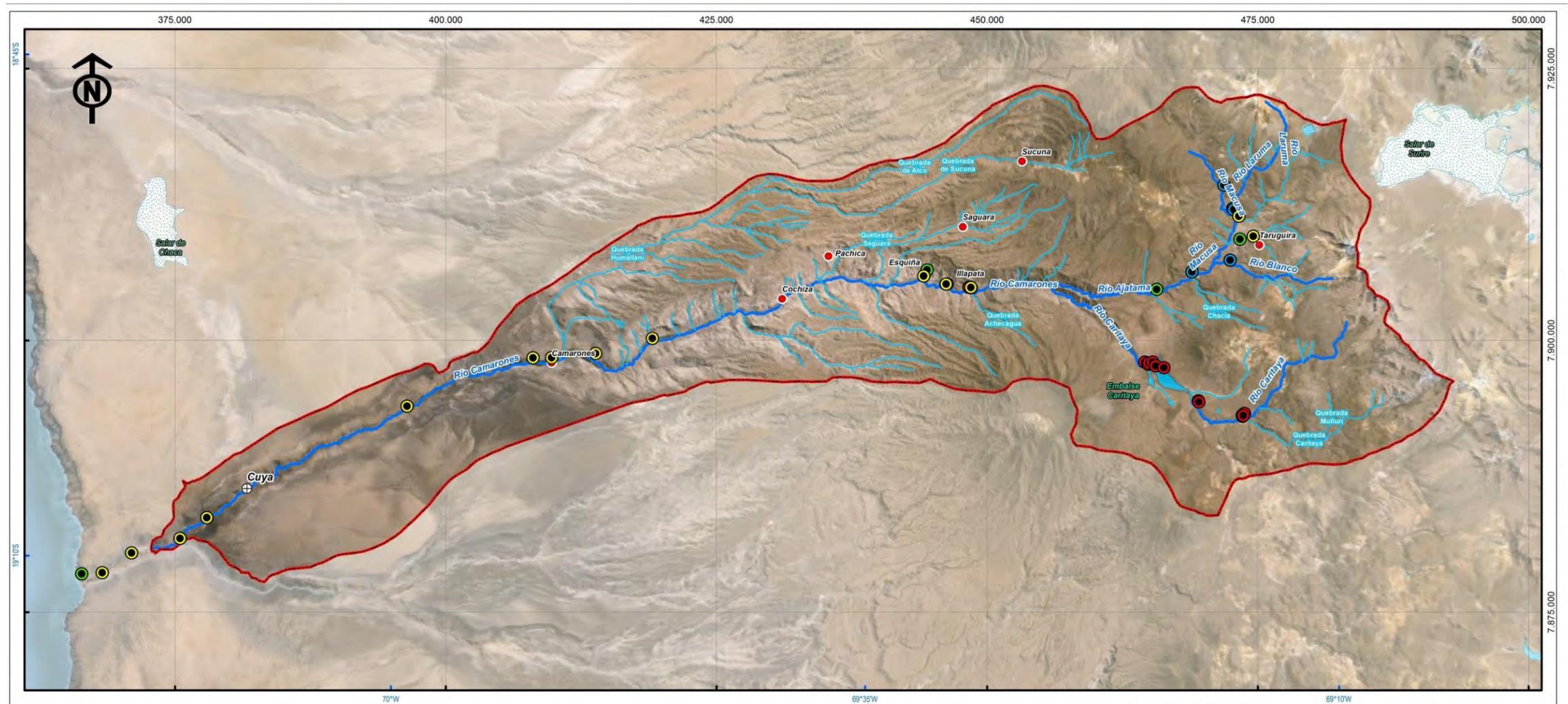
En el sector de las cuencas tributarias al Río Camarones se pudo observar una gran variabilidad en los contenidos de arsénico total entre los Ríos Ajatama y Caritaya, junto a sus respectivos afluentes. El río Ajatama (en alto Ajatama, 0,39 [mg/l] As) presentó niveles de arsénico tres veces por debajo del contenido de arsénico en las aguas del Río Caritaya (salida embalse, 2,52 [mg/l] As).

Entre los cursos de agua asociados a la cuenca del Ajatama los Ríos Macuza y Blanco, junto al flujo de agua proveniente de la quebrada de Anocarire presentaron los niveles de arsénico total menores a 0,05 [mg/l]. Los flujos de agua provenientes de las quebradas de Tarujire y Palcohallya presentaron niveles de arsénico entre 0,05 y 0,50 [mg/l].

A modo de comparación se debe mencionar que el nivel de arsénico de acuerdo a la norma NCh 1.333 (agua para riego) es de 0,10 [mg/l], concentración que es superada en todos los sectores en estudio a excepción de algunas zonas asociadas al Río Ajatama y sus tributarios.

En el sector del Río Caritaya, embalse Caritaya y sector lagunas de Amuyo fueron determinados los mayores contenidos de arsénico en aguas (>2,00 [mg/l]). Las lagunas de Amuyo corresponden a afloramientos hidrotermales con altos niveles de arsénico, en torno a los 10.000 [mg/l] de arsénico, presenta también una gran cantidad de sales disueltas lo cual se refleja en valores de conductividad eléctricas entre 16-17 [mS/cm] comparados con Azapa (1,83 [mS/cm]) y Lluta (3,22 [mS/cm]).

Lámina 6.3: Contenidos de Arsénico Total en Aguas del Cuenca del Río Camarones (Adaptado de UTA, 2010)



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Regional ⊠ Provincial ⊕ Comunal ● Poblado ⊗ Área urbana 	<ul style="list-style-type: none"> — Internacional — Regional — Comunal Caminos <ul style="list-style-type: none"> — Pavimentado — No pavimentado 	<ul style="list-style-type: none"> — Río — Quebrada — Estero — Lago; Laguna — Salar — Embalse — Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Totales Arsénico
<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Área de Estudio 	<ul style="list-style-type: none"> ● <math>< 0,05 \text{ [mg/l]}</math> ● <math>0,05-0,50 \text{ [mg/l]}</math> ● <math>0,50-1,00 \text{ [mg/l]}</math> ● <math>> 1,00 \text{ [mg/l]}</math>

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Contenido_Arsénico_UTA

INFORMACIÓN GEODÉSICA

- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

- Sistema de Coordenadas U.T.M.
- Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN

- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)
- Estudio Universidad de Tarapacá (2010)

ESQUEMA REGIONAL

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
6.3	R.A.H.	J.C.R.	MAR 2016

ESCALA 1 : 350.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Distribución de los contenidos de Arsénico en las aguas de la cuenca de Camarones (Adaptado de UTA, 2010)

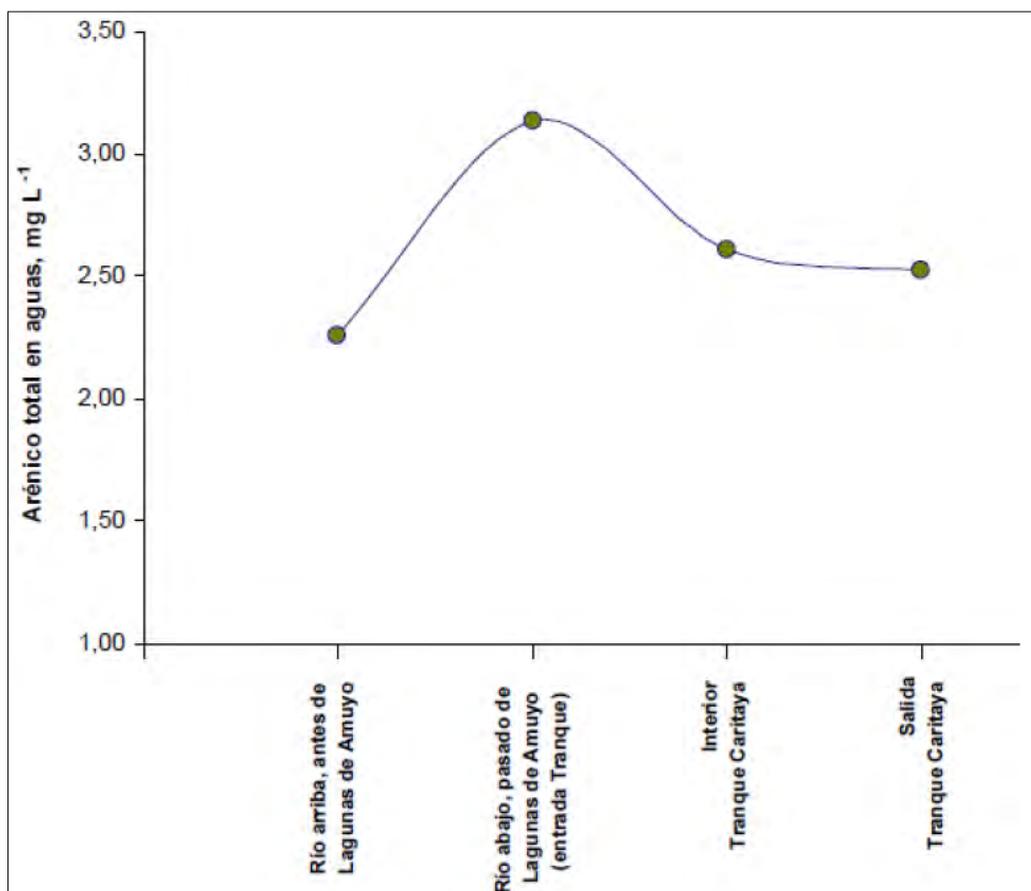
VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

UTA (2010) establece que las aguas de las lagunas de Amuyo evidentemente provocan un aumento en los niveles de arsénico del Río Caritaya de acuerdo a lo observado en la Figura 6.7. Considerando el contenido de arsénico en las aguas del Río antes y después del sector Lagunas, el incremento es de un 39%.

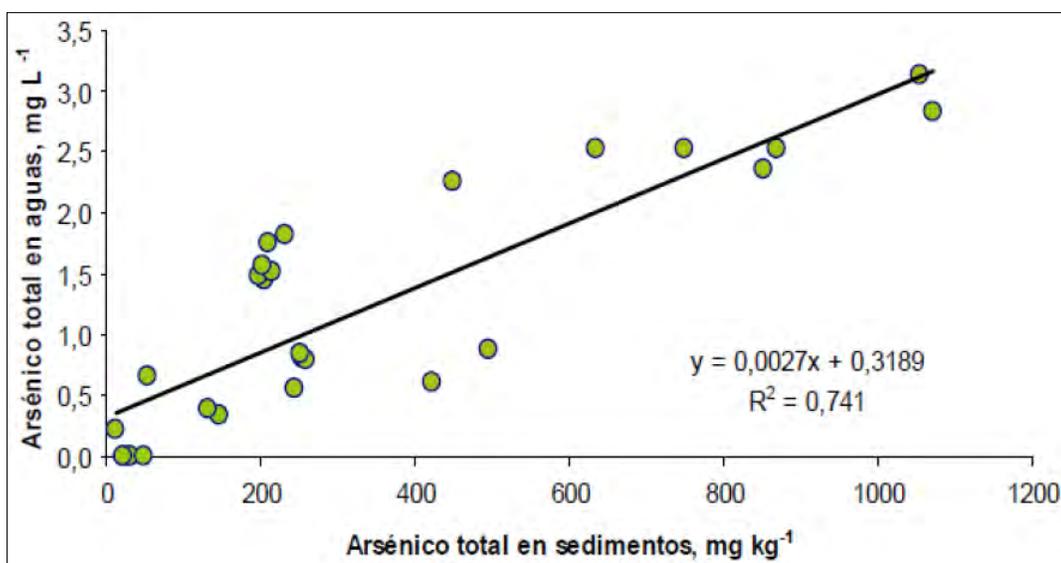
Figura 6.7: Variación de la concentración de As del Río Caritaya durante su tránsito a través de la zona en que se ubican las Lagunas de Amuyo (UTA, 2010)



Estudiando la relación arsénico-agua/arsénico-sedimento al interior de la cuenca de Camarones (Figura 6.8) es clara la fuerte interacción existente entre el arsénico/fase sólida, lo cual transforma al material particulado y en definitiva a los sedimentos en un virtual reservorio de este elemento al interior del Río. Los resultados obtenidos indican que los sedimentos contienen alrededor del 99,73% del arsénico total en el sistema Río, permaneciendo en estado disuelto sólo un 0,27%. De esta forma los sedimentos cumplen la importante función de regular la disponibilidad del arsénico en el sistema hídrico, limitando su contenido en solución, siempre en vista a su contenido variable de oxihidróxidos

de hierro y aluminio o arcillas minerales. Se debe considerar que cualquier variación del pH hacia el rango ácido provocaría un aumento en la solubilización de estos oxihidróxidos, provocando a su vez un aumento del contenido de arsénico en las aguas.

Figura 6.8: Relación entre los contenidos de arsénico total en aguas y sedimentos de la cuenca de Camarones (UTA, 2010)



En general UTA (2010) pudo establecer la relación en todos los sectores (Figura 6.9), la dependencia entre la concentración de hierro con respecto al pH. A medida que el valor del pH disminuye la concentración de hierro en solución aumentó, con el subsiguiente aumento en la concentración de arsénico (Figura 6.10).

Sin embargo resulta interesante analizar el fenómeno que fue observado para las muestras provenientes de la quebrada Anocarire y en la junta Anocarire/Macuza, con pH en torno a 4,0. En este sector los niveles de arsénico total en sedimentos son muy bajos (<30 [mg/kg]), por lo cual aun cuando el pH de sus aguas se encuentra en el rango ácido no existen las condiciones para generar un incremento significativo en el contenido de arsénico en las aguas.

En el otro extremo se encuentra lo observado en las aguas de las lagunas de Amuyo. En estas lagunas el pH de las aguas es levemente ácido (6,80), sin embargo, el contenido de arsénico en sus sedimentos es tan alto (58.000-100.000 [mg/kg]) que aún a este valor de pH es posible la disolución de pequeñas fracciones de hierro que liberan importantes cantidades de arsénico a la solución.

Figura 6.9: Relación entre el contenido de hierro total y pH en las aguas al interior de la cuenca de Camarones (UTA, 2010)

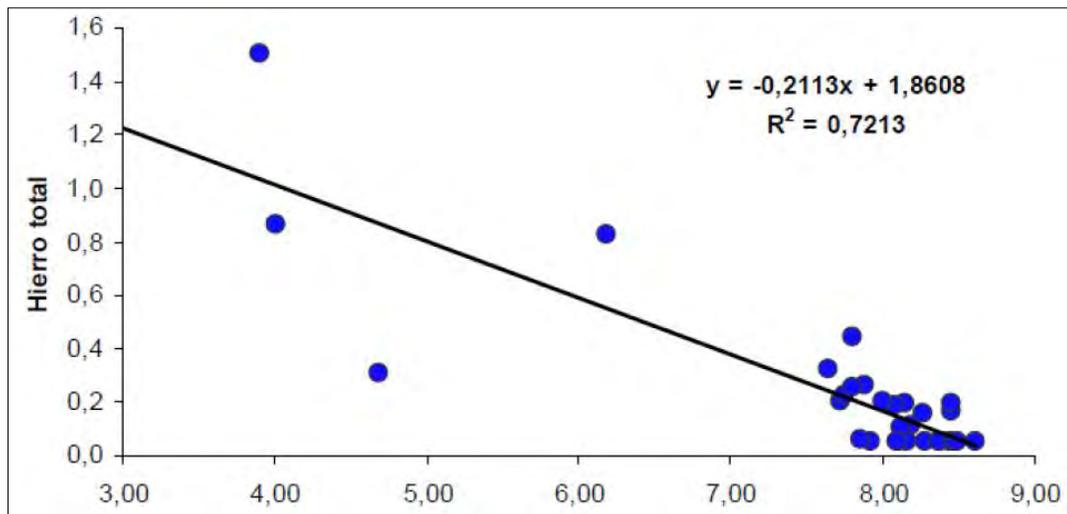
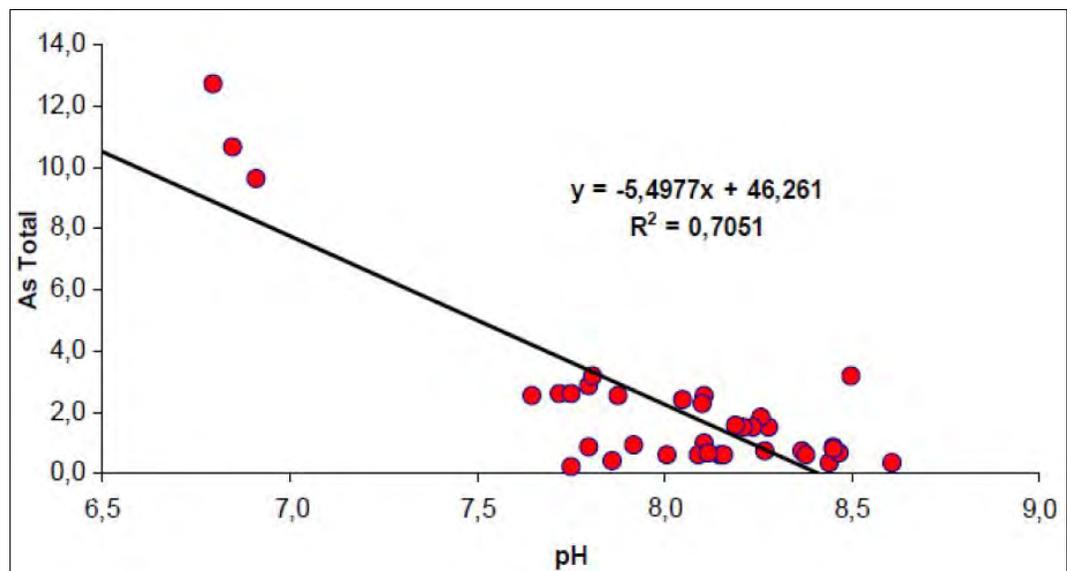


Figura 6.10: Relación entre el contenido de arsénico total y pH en aguas al interior de la cuenca de Camarones (UTA, 2010)



6.2 Efectos del Embalse de Caritaya

Las aguas del Río Caritaya a través de su paso por el embalse Caritaya, mantienen intactos sus niveles de sales y algunos elementos/especies importantes desde el punto de vista agronómico, como es el caso del boro, por lo que en la práctica el agua que se embalsaría tendría una calidad equivalente a la que posee el Río en la actualidad.

La operación del embalse, además de acumular agua, permite el depósito de sedimentos arsenicados, siendo necesario el establecimiento de procesos de gestión relacionados al manejo de estos materiales.

El arsénico es abatido con una eficiencia en torno al 24% mediante un proceso de remoción pasiva dentro del embalse. El agua que ingresa al embalse Caritaya posee una concentración de 3,13 [mg/l] As (con un caudal 395,6 [l/s]) y en la salida presentan una concentración de 2,52 [mg/l] As. Este proceso de remoción es atribuible al mayor tiempo de residencia, bajo condiciones de baja turbulencia, con que dispone el agua que ingresa durante su tránsito a través del embalse. Este hecho permite que el embalse se comporte como un sedimentador del material en suspensión presente en las aguas del Río. Los principales elementos removidos por este proceso de sedimentación son el arsénico y la sílice, junto a una disminución en el parámetro turbiedad (directamente relacionada con el material en suspensión).

No se observa un efecto de abatimiento similar en aquellos elementos altamente solubles y no asociados fuertemente al material en suspensión como es el caso del sodio, sulfatos y cloruros, reflejándose esto en un comportamiento prácticamente constante en la conductividad eléctrica del agua tanto al ingreso (3,30 [mS/cm]) como a la salida (3,38 [mS/cm]) del embalse.

Las especies de arsénico presentes en el agua son dependientes de algunos parámetros que son indicadores de la calidad de esta. Cambios en la calidad del agua que ingresa al embalse, así como cambios en el agua, afectarán la especiación del arsénico. Entre los principales factores responsables de controlar la especiación de arsénico se encuentran los siguientes:

- 1 pH:** El pH es el principal parámetro regulador de la especiación del arsénico. A pH bajo, el arsénico se encuentra disuelto en el agua; mientras que a pH alto éste se encuentra mayormente unido al material particulado. Si el pH del agua que ingresa al embalse

disminuye, el arsénico pasaría de la fase sólida a la fase acuosa, incrementando su concentración en dirección Río abajo.

- 2 Hierro:** El hierro en el sistema Río se encuentra mayormente como oxihidróxidos que asocian el arsénico. Si disminuye el hierro particulado, ya sea por disminución del hierro total y/o una disminución en el pH, la disolución de estas partículas conlleva a la liberación del arsénico a la fase acuosa. Los parámetros pH, Fe y As están altamente relacionados; por lo que se debe ser cuidadoso en cuanto a las condiciones que afecten la variación de ellos.
- 3 Condiciones anóxicas:** Es probable que durante su operación, en el fondo del embalse se generen condiciones anóxicas bajo condiciones naturales de carga orgánica o eventualmente por causas antrópicas. Esto favorecería el establecimiento de un ambiente reductor y carente de oxígeno, causando que el hierro presente como oxihidróxidos (fase sólida), que tiene inmovilizado el arsénico sobre sus superficies, se reduzca a hierro soluble, liberando el arsénico a la fase acuosa, y generando una descarga de arsénico hacia aguas abajo.

6.3 Efectos de los Contaminantes en la Producción Agrícola y en la Salud

La calidad química de las aguas del Río Camarones es deficiente por el elevado nivel de arsénico, boro, cloruros y conductividad eléctrica (Ver Tabla 6.1). Estos parámetros están entre 5 y 30 veces por sobre la norma. Se debe destacar que estos parámetros son sobrepasados en la parte alta del valle, lo que limita de manera importante el desarrollo agrícola.

A continuación se presenta una breve noción de los efectos del exceso de estos ya sea en la producción agrícola como en la salud pública.

- **Arsénico:** La exposición prolongada de concentraciones de arsénico en el agua está asociada a efectos crónicos, entre ellos problemas cutáneos tales como melanosis, queratosis y cáncer de piel; cáncer de vejiga, riñón y pulmón; enfermedades de los vasos sanguíneos de las piernas y pies, y posiblemente también diabetes, hipertensión arterial, trastornos reproductivos y menoscabo del desarrollo intelectual de los niños. La intoxicación por arsénico (arsenicismo) se manifiesta de forma característica a lo largo de un periodo de 5 a 20 años. Como algunos efectos de la exposición al arsénico son irreversibles, la principal medida de salud pública consiste en prevenir la exposición humana.
- **Boro:** El valor establecido para el Boro en la NCh 1.333 es de 0,75 [mg/l], el cual es superado en 11 de las 124 estaciones analizadas, esto se debe a factores naturales y antropogénicos. Los factores naturales se deben principalmente a los depósitos de bórax y ácido bórico existente en los salares y en rocas de origen sedimentarias ubicadas en la zona geomorfológica de desierto.

La mala calidad del agua respecto de este parámetro, puede provocar efectos en cultivos sensibles. La utilización de altos niveles de boro en riego podría provocar efectos en cultivos tolerantes como mora, durazno, cereza, uva, cebolla, ajo, camote, trigo, cebada, girasol, frutillar, alcachofa y porotos. Otros cultivos menos sensibles son pimienta roja, arveja, zanahoria, rábano, papa y pepino.

- **Cloruro:** Se aprecia que los niveles de cloruro aumentan aguas abajo, sobrepasando el valor de 200 [mg/l] establecido en la NCh 1.333 todas las estaciones. Los efectos sobre la agricultura se podrían ver acrecentados en combinación con fertilizantes con este principio activo y en condiciones de sequía, viéndose afectados cultivos de mayor sensibilidad al

Cloruro, por lo que se puede ver afectado el rendimiento de éstos. Entre los cultivos con mayor sensibilidad se encuentran cítricos, frutilla, soya, cebolla, lechuga, papa y tabaco; con una sensibilidad moderada se encuentran espinaca, alfalfa, tomate, brócoli, maíz.

- **Sulfatos:** Los sulfatos podrían contribuir a la acidificación de los suelos, pero no tiene efectos tóxicos importantes. Más bien presenta una influencia sobre la salinidad del agua, repercutiendo en los valores de conductividad eléctrica al ser el anión predominante en el agua de riego. Los factores que determinan las altas concentraciones de este parámetro son principalmente de origen natural, ya que se debe a la existencia de rocas sedimentarias constituidas por evaporitas (yesos y boratos), las cuales por procesos de disolución y lixiviación aportan constantemente sulfatos en la cuenca. En la parte alta el volcanismo es un factor importante en el aporte de sulfatos constituyente de las coladas, tobas y brechas fracturadas del macizo andino.

Puede afectar cultivos sensibles y los problemas de infiltración/salinidad se pueden mitigar a través de buenas prácticas agrícolas. Cuando los sulfatos se presentan en combinación con Calcio, pueden producirse efectos asociados al riego por aspersión, debido a la formación de depósitos e incrustaciones en los sistemas de riego.

- **Conductividad eléctrica:** Es una medida de la concentración de sales de una solución. El valor promedio de todas las estaciones sobrepasa altamente las recomendaciones de la NCh 1.333. Esto se debe principalmente a factores naturales como la disolución y lixiviación de una gran cantidad de sales minerales y metales presentes en el suelo, además de la alta radiación que favorece la evaporación del agua y la que en la zona geomorfológica de altiplano y montaña el agua tiende a cambiar a fase vapor, lo que origina una mayor concentración en los parámetros de calidad.

Se destaca que salvo la cuenca del Río Ajatama y la quebrada de Humallani, la quebrada del Río Camarones ha sido constante y extensamente monitoreada. La calidad de las aguas del Río no ha variado en el tiempo.

Tabla 6.1: Registros de calidad química del agua.

NCh 1333 Agua para riego	Unidad	Estación DGA Esquiña Abril 1977 - Diciembre 1977	Estación DGA La Hacienda Agosto 1968 - Febrero 1972	Estación DGA Condumaya Noviembre 1994 - Diciembre 2013	Estación DGA Conanoxa Noviembre 1968 - Diciembre 2014	Estación DGA Taltape Septiembre 1969 - Marzo 1972	SMI (Enero 2007)	SMI (Agosto 2008)			Arrau (Marzo 2013)			Límite Norma NCh 1333 Requisitos de agua para riego [mg/L]
							Taltape	M1: Aguas abajo muro	M2: Área inundación	M3: Aguas arriba Embalse	CA1	CA2	CA3	
pH	Rango	7,01	7,70	8,08	7,94	7,70	6,64	1,60	7,90	8,20	7,19	7,13	7,19	5.5 - 9.0
Aluminio	[mg/L]			6,21	7,95			142,00	142,00	1,40	4,4	5,59	6,29	5,00
Arsénico	[mg/L]	0,45	0,43	0,94	0,84		0,50	3,30	3,00	0,80	0,32	0,55	0,69	0,10
Bario	[mg/L]							0,90	0,30	0,10	0,53	0,77	0,9	4,00
Berilio	[mg/L]							< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,002	<0,002	<0,002	0,10
Boro	[mg/L]	19,83	10,47	12,40	21,36	8,96	10,07	18,80	17,30	20,30	4,57	5,81	<0,002	0,75
Cadmio	[mg/L]			<0,01	<0,01			< 0,01	< 0,01	< 0,01	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Cianuro	[mg/L]							< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,04	<0,04	<0,04	0,20
Cloruro	[mg/L]	250,45	776,47	444,47	1.021,20	703,1	390,50	727,00	816,00	763,00	207	234	281	200,00
Cobalto	[mg/L]			<0,01	<0,01			< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,001	0,001	0,007	0,05
Cobre	[mg/L]	0,03		<0,02	<0,02			0,12	< 0,05	< 0,05	0,02	0,04	0,06	0,20
Cromo	[mg/L]			<0,03	<0,03			< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,009	<0,009	<0,009	0,10
Fluoruro	[mg/L]							< 0,5	< 0,5	< 0,5	s/i	s/i	s/i	1,00
Hierro	[mg/L]	3,255		5,82	2,96			62,00	11,00	0,30	0,38	0,46	0,47	5,00
Litio	[mg/L]			1,71	5,55			3,10	3,30	3,50	s/i	s/i	s/i	2,50
Manganeso	[mg/L]			0,43	0,84			1,80	0,70	0,07	s/i	s/i	s/i	0,20
Mercurio	[mg/L]			<0,001	<0,001			0,00	< 0,001	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Molibdeno	[mg/L]			0,03	0,02			0,01	< 0,01	< 0,01	<0,009	<0,009	<0,009	0,01
Níquel	[mg/L]			0,02	<0,01			< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,009	<0,009	<0,009	0,20
Plata	[mg/L]			<0,01	<0,01			< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,20
Plomo	[mg/L]			0,03	0,03			< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	5,00
Selenio	[mg/L]			<0,001	<0,001			< 0,01	< 0,01	< 0,01	<0,004	<0,004	<0,004	0,02
Sodio porcentual	[%]						67,42	71,00	71,00	73,00	57,2	51,7	25,9	0,35
Sulfato	[mg/L]	120,80	210,93	160,95	331,09	235,65	158,40	862,00	120,00	118,00	83	108	<5,32	250,00
Vanadio	[mg/L]							0,20	0,07	< 0,05	s/i	s/i	s/i	0,10
Zinc	[mg/L]			0,03	0,03			0,16	0,06	< 0,05	s/i	s/i	s/i	2,00
Relación de adsorción de sodio	-			7,07	11,39		6,92	11,00	11,00	12,00				Autoridad debe pronunciarse
Conductividad eléctrica	[µS/cm]	1.174	2.989	1.982	3.878	2.948	2.000	7.820	3.060	2.970	985	1.272	1.492	750
Sólidos disueltos totales	[mg/L]						1.018	3.140	1.900	1.720	640	732	764	500
Coliformes fecales	[NMP/100 ml]							13	23	23	1.600	1.100	540	1.000

Otros parámetros TR													Límite Norma NCh 1333 Agua para Vida Acuática	
Nitrógeno	[mg/L]			0,32	0,44			< 5	< 5	< 5	6,44	9,34	10,9	Autoridad Competente se pronuncia
Fósforo	[mg/L]			0,49	0,49			0,50	< 0,5	0,50	0,89	1,43	<0,60	
Temperatura	[°C]			16,22	21,64									30 ° C máximo
Oxígeno	[mg/L]			7,77	8,47									5 mínimo
Bicarbonato	[mg/L]	67,1	191,6	61,07	224,04	139,33	97,60							
Carbonato	[mg/L]	0,00	0,81	23,12	5,48	0,00								20 mínimo
Cromo hexavalente	[mg/L]			0,01	0,01									
Nitrato	[mg/L]			0,28	0,18									
Demanda de oxígeno	[mg/L]			20,52	22,91									
Calcio	[mg/L]	43,39	147,26	82,72	181,93	129,13	72,00				36,1	57,7	<5,00	
Magnesio	[mg/L]	17,26	33,13	13,91	37,07	25,78	14,59							
Potasio	[mg/L]	15,64	46,23	31,44	49,08	47,75	14,92				19,8	40,5	<1,00	
Sodio disuelto	[mg/L]	151,73	410,54	269,48	620,98	428,17								
Sodio total	[mg/L]						246,50				103	141	<0,00	

Nota: Valores en Rojo Exceden la Norma NCh 1333

6.4 Muestreo Hidroquímico - CP Septiembre 2015

En el mes de septiembre del 2015 se realizó la primera campaña de toma y análisis de 15 muestras de agua (ver **Anexo B.1- Análisis Químico**) para determinar la calidad química de ésta, a lo largo del Río Camarones y sus afluentes. En la Lámina 6.4 se presenta la ubicación de los 15 puntos de muestreo hidroquímico, de la campaña ejecutada en Septiembre de 2015.

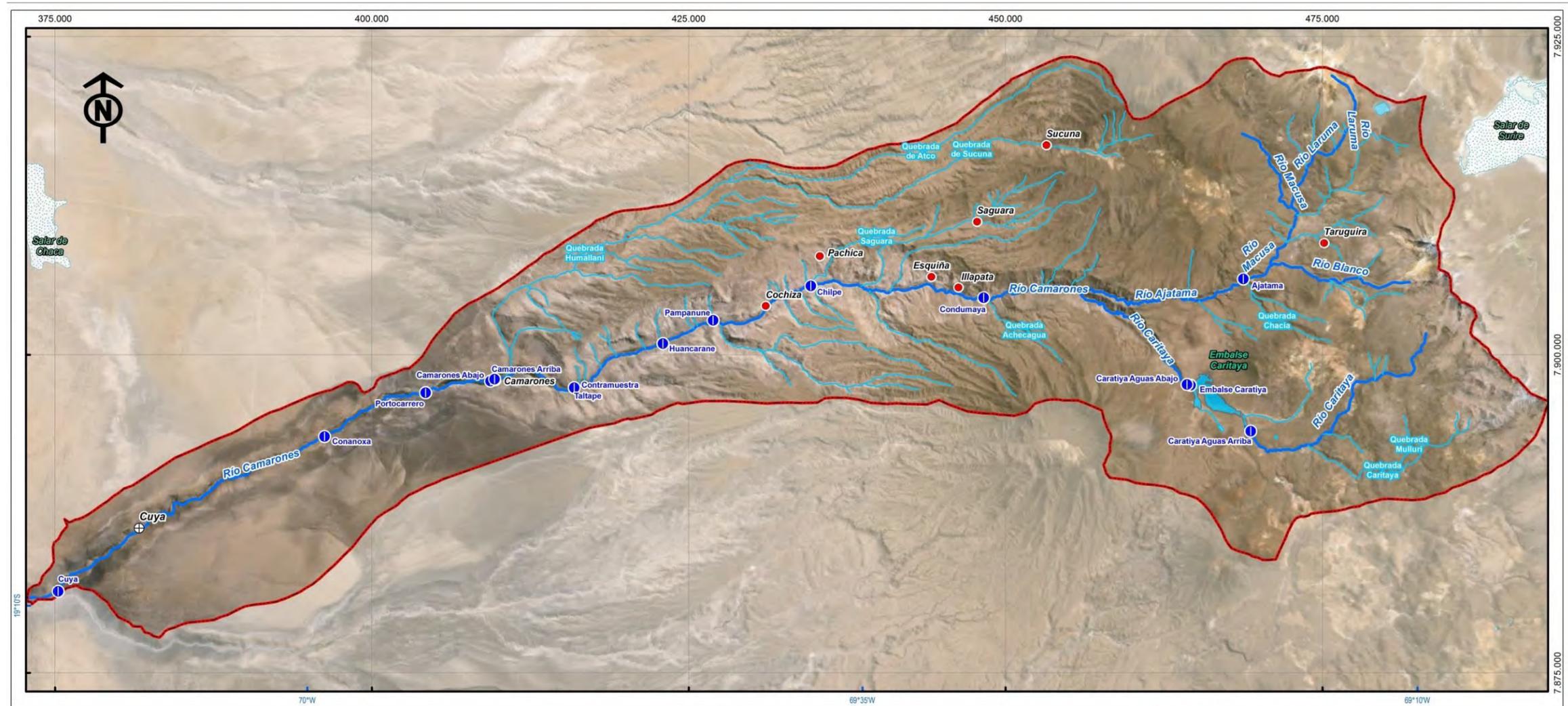
Los parámetros muestreados son Boro, Cloruros, Nitrato, pH, Sulfato, Arsénico, Calcio, Potasio, Magnesio, Sodio, Bicarbonatos, Carbonatos y Conductividad eléctrica.

En la Tabla 6.2 se presentan los valores para los distintos parámetros, distinguiendo en rojo los parámetros que exceden la norma de riego. Se aprecia con claridad que el Río Camarones en toda su extensión sobrepasa la norma para el Boro, Cloruros, Arsénico y Conductividad Eléctrica. Esto se debe netamente a la contaminación de las aguas del Río Caritaya, ya que el Ajatama no excede la norma en ningún parámetro.

Tabla 6.2: Punto y fecha de muestreo y parámetros analizados

Punto	Fecha Muestreo	UTM Norte WGS84 [m]	UTM Este WGS84 [m]	B [mg/L]	Cl [mg/L]	Nitrato [mg/L]	pH [unidad]	Sulfato [mg/L]	As [mg/L]	Ca [mg/L]	K [mg/L]	Mg [mg/L]	Na [mg/L]	Bicarbonatos [mg/L]	Carbonatos [mg/L]	Cond. Eléctrica [μs/cm]	Sodio Porcentual. [%]
Ajatama	27/09/2015 10:16:00	7.905.966	468.772	0,43	5,23	<0,20	8,470	130	0,011	25,30	6,68	8,82	18,4	31,5	0	358	27
Caritaya Aguas Arriba	27/09/2015 11:55:00	7.894.001	469.354	24,40	817,00	<0,20	7,880	130	1,970	78,30	66,80	15,9	479	116,0	0	3.110	75
Embalse Caritaya	27/09/2015 13:31:00	7.897.606	464.600	18,00	645,00	<0,20	7,800	120	1,350	46,60	39,30	11,2	675	90,0	0	2.455	87
Caritaya Aguas Abajo	27/09/2015 15:34:00	7.897.678	464.322	21,60	638,00	<0,20	8,060	114	1,450	62,90	51,40	14,3	409	97,5	0	2.440	76
Conzumaya	29/09/2015 14:32:00	7.904.491	448.279	17,20	521,00	<0,20	8,030	159	0,890	93,10	30,80	13,6	357	95,6	0	2.127	70
Chilpe	29/09/2015 11:05:00	7.905.425	434.647	18,30	534,00	<0,20	7,970	178	0,896	111,00	31,10	15,1	343	108,0	0	2.270	66
Pampanune	28/09/2015 18:45:00	7.902.708	426.928	18,30	532,00	<0,20	8,080	189	0,907	117,00	37,00	15,9	364	114,0	0	2.358	66
Huancarane	30/09/2015 12:33:00	7.900.883	422.967	14,40	539,00	<0,20	8,010	187	0,732	86,20	23,20	12,2	280	112,0	0	2.350	67
Taltape	28/09/2015 19:32:00	7.897.420	415.977	19,80	577,00	0,42	8,050	207	0,803	161,00	43,70	21,0	403	177,0	0	2.500	62
Contramuestra (Taltape)	29/09/2015 14:00:00	7.897.420	415.977	18,90	579,00	<0,20	8,050	210	0,770	129,00	34,00	17,1	393	137,0	0	2.505	66
Camarones Aguas Arriba	28/09/2015 17:00:00	7.898.094	409.682	20,30	622,00	<0,20	8,010	223	0,716	144,00	40,20	19,0	415	161,0	0	2.724	65
Camarones Aguas Abajo	28/09/2015 16:33:00	7.897.943	409.371	20,80	645,00	<0,20	8,040	234	0,579	147,00	40,10	19,2	443	163,0	0	2.748	66
Portocarrero	30/09/2015 15:36:00	7.897.022	404.245	21,30	718,00	<0,20	8,050	279	0,612	122,00	44,10	22,9	487	222,0	0	3.170	70
Conanoxa	28/09/2015 15:06:00	7.893.584	396.269	24,50	817,00	<0,20	8,300	309	0,819	188,00	45,40	25,1	590	216,0	0	3.450	67
Cuya	28/09/2015 11:40:00	7.881.421	375.252	29,10	1015,00	0,23	8,010	366	0,694	261,00	50,20	33,0	715	163,0	0	4.330	65

Lámina 6.4: Ubicación Puntos de Muestreo Hidroquímico – CP Septiembre 2015



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
● Regional	— Internacional	— Río
■ Provincial	— Regional	— Quebrada
⊕ Comunal	— Comunal	— Estero
● Poblado	— Pavimentado	— Lago; Laguna
⊗ Área urbana	— No pavimentado	— Salar
		— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

— Límites de Unidades	● Punto de Muestreo Hidroquímico
⊗ Área de Estudio	

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Muestras_Químicas CP 2015

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

LÁMINA	DIBUJO	CONTROLÓ	FECHA
6.4	R.A.H.	J.C.R.	MAR 2016

0 1 2 4 6 8 Km

ESCALA 1 : 300.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Puntos de Muestreo Hidroquímico CP 2015

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

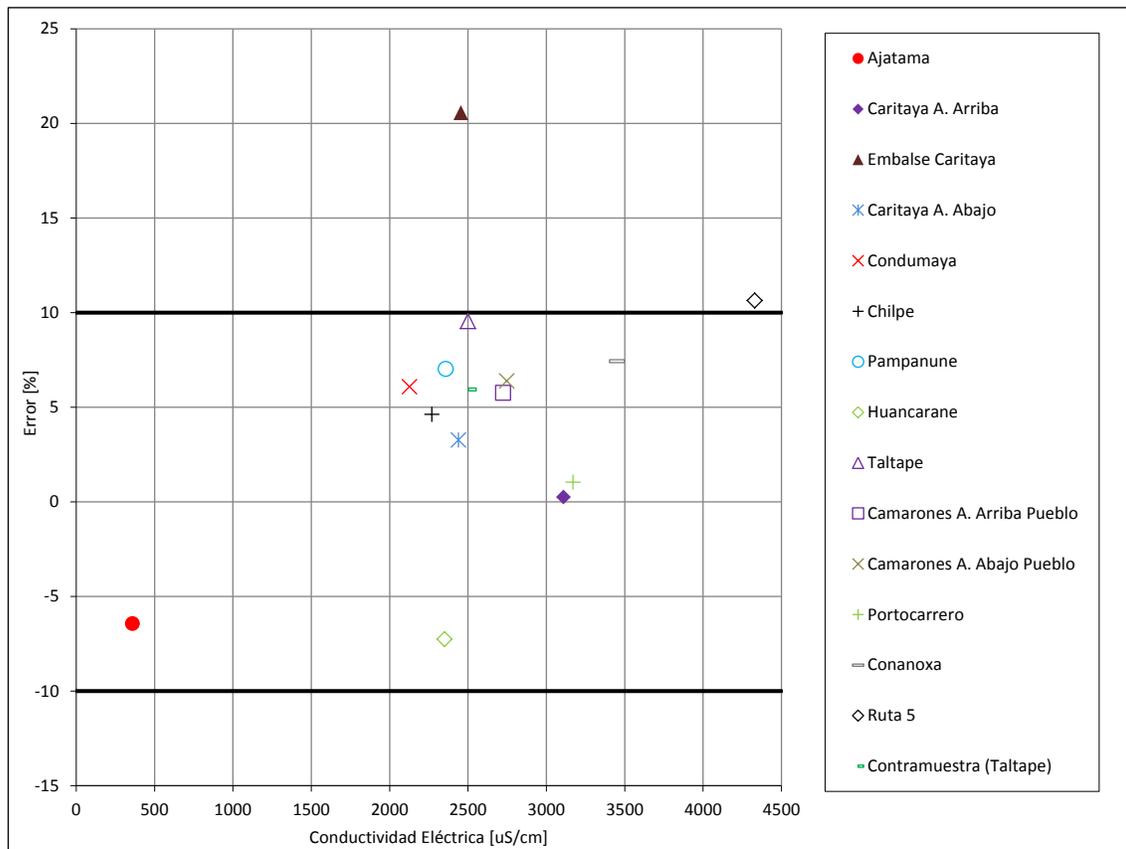
6.4.1 Cálculo de Error de Balance

Los resultados de los análisis químicos fueron validados por el método del error del balance iónico, el cual se basa en el principio de electroneutralidad del agua. El balance iónico considera el contenido de aniones (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}) y de cationes (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}). De esta forma, se verificó que la suma de miliequivalentes de los aniones fuese igual a la suma de miliequivalentes de cationes considerando un error aceptable del 10% mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Error (\%)} = \left(\frac{\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones}}{\sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones}} \right) \cdot 100$$

En la Figura 6.11 se presenta el error asociado a cada una de las muestras en función de la conductividad eléctrica. Se detectaron dos análisis fuera de rango (en el **Anexo C Respuesta Laboratorio**, se detalla el análisis a estos errores).

Figura 6.11: Muestras dentro y fuera de rango del error aceptable



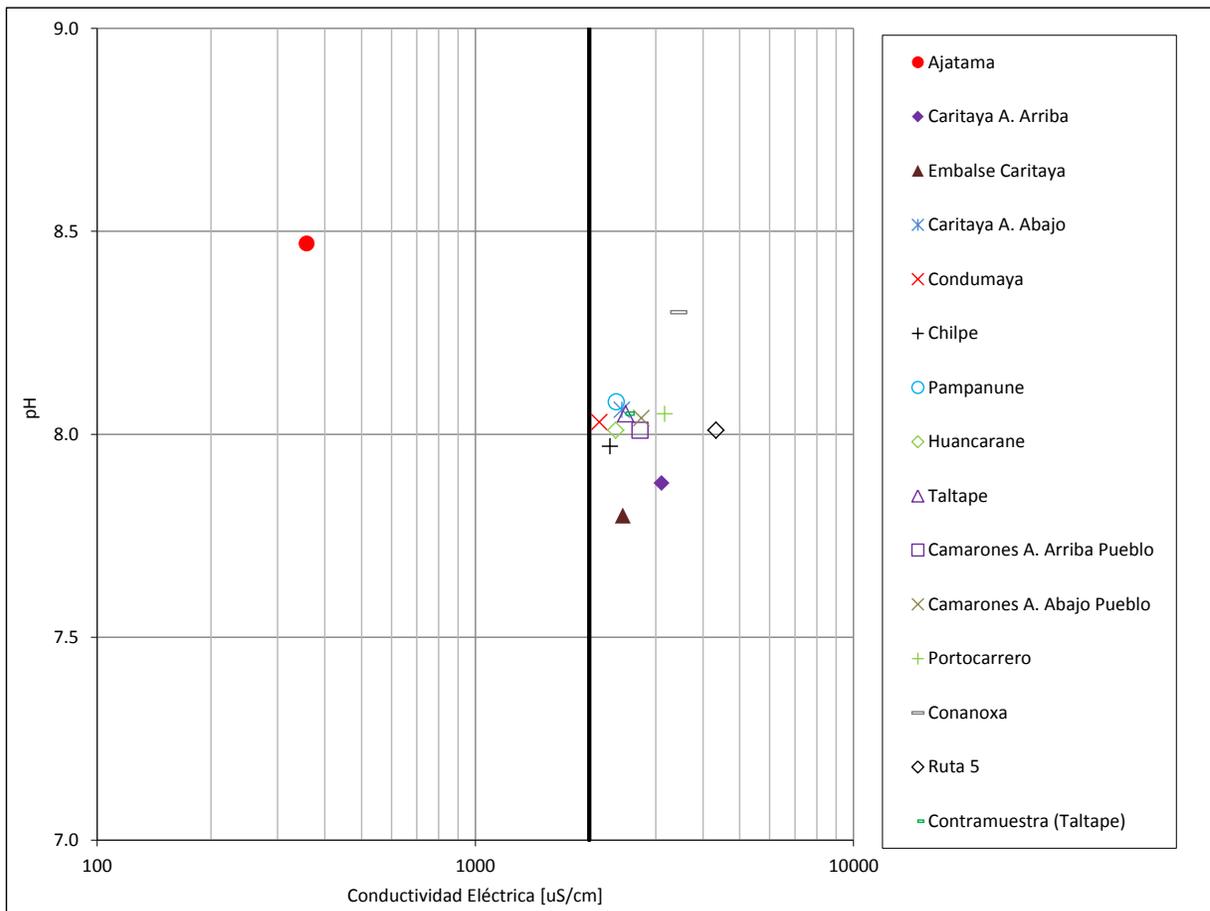
6.4.2 Descripción Parámetros Físico Químicos

En la Figura 6.12 se presenta la relación entre el pH y la conductividad eléctrica (CE) de los puntos de muestreo medidos en terreno. El pH varía entre 7,8 y 8,5 con un pH promedio de 8,1 correspondiente a aguas alcalinas.

La CE varía en un amplio rango desde 358 a 4.330 [$\mu\text{S}/\text{cm}$], lo que permite clasificar a las aguas en dos grupos: frescas y salobres.

Comparativamente, la muestra de aguas frescas (<2.000 [$\mu\text{S}/\text{cm}$]) correspondiente a la muestra del Río Ajatama tiene el pH más alcalino de las aguas muestreadas, mientras que todas las otras muestras corresponden a aguas salobres con pH menores. Las aguas del embalse y aguas abajo del mismo presentan una escasa variación en su conductividad, lo cual es indicativo que la conductividad eléctrica está dada por especies disueltas más que por especies en suspensión sedimentable.

Figura 6.12: Relación pH – Conductividad Eléctrica

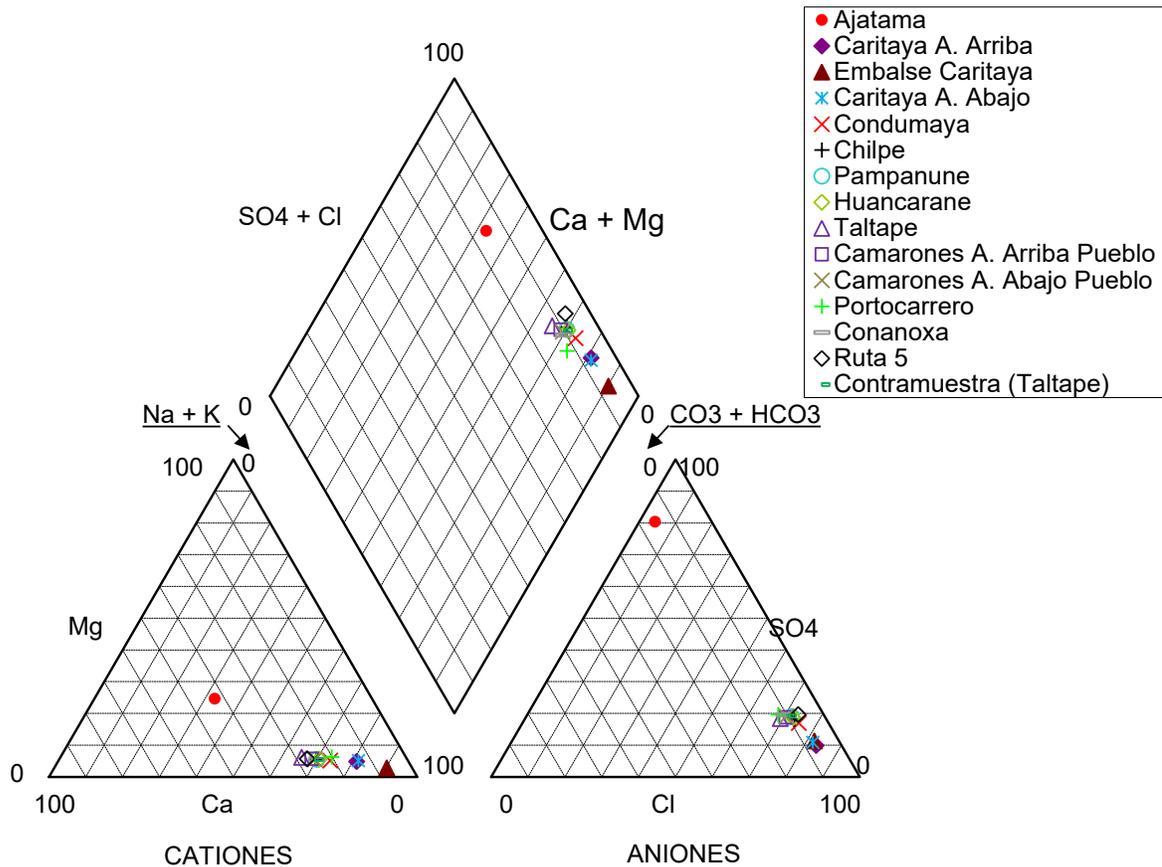


6.4.3 Clasificación Hidroquímica y Descripción Espacial

La clasificación composicional de las aguas se basa en la proporción relativa de los elementos mayoritarios diferenciados en aniones y cationes. En el diagrama de Piper de la Figura 6.13 se observa que las muestras del Río Camarones y el Río Caritaya (incluyendo el embalse) son cloruradas sódicas, mientras que las del Río Ajatama son sulfatadas cálcicas. Se interpreta que las aguas salobres cloruradas sódicas del Río Caritaya se originan por aportes de aguas meteóricas que lixivian zonas de alteración y reciben aportes de afloramientos hidrotermales directos.

Es claro que las aguas del Río Caritaya tienen una mayor proporción de cloro y sodio que las aguas del Río Camarones, ya que estas son una mezcla de las del Caritaya y las del Ajatama.

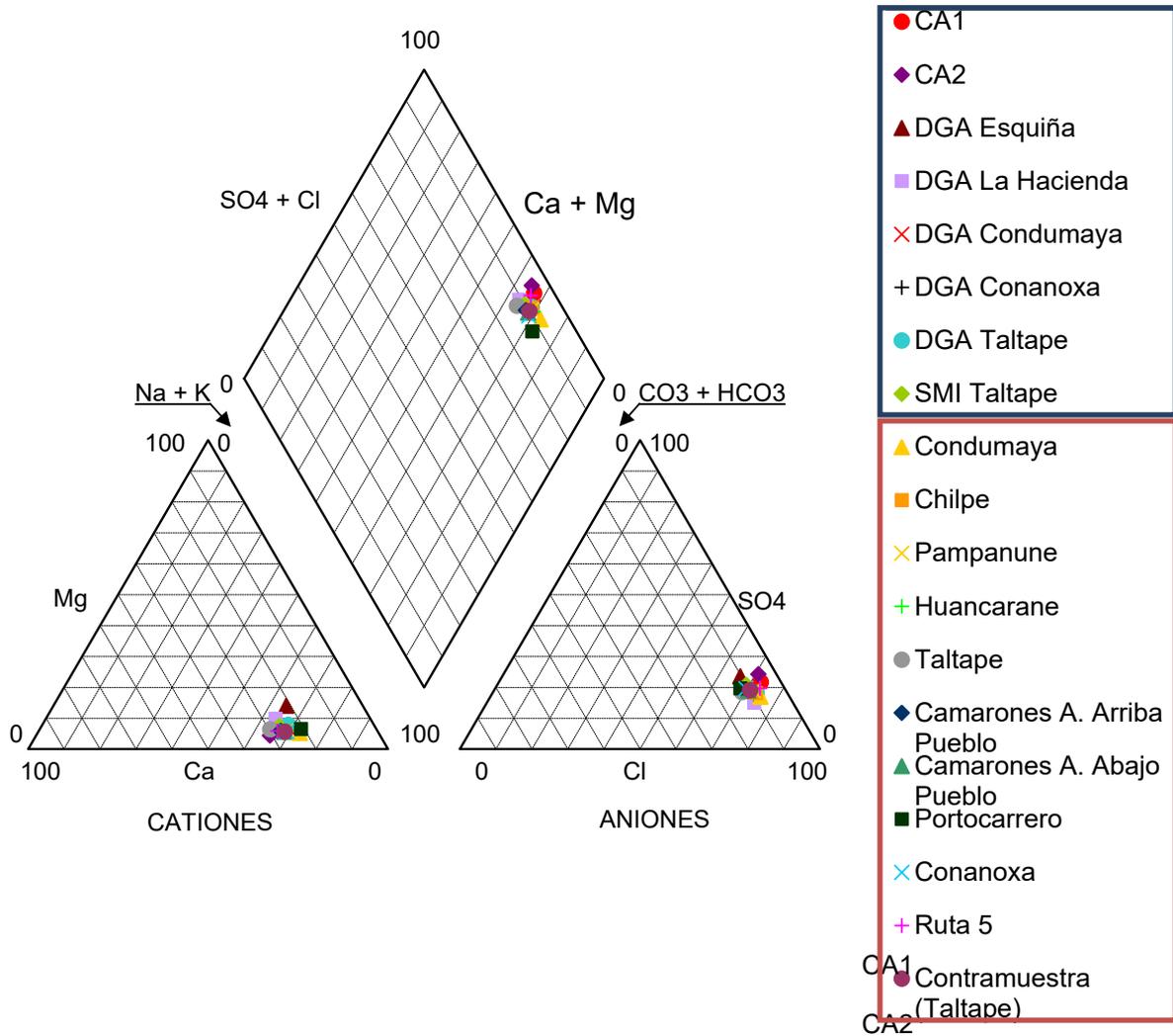
Figura 6.13: Diagrama de Piper muestras CP Septiembre 2015



Así mismo al graficar las muestras presentadas en la Tabla 6.1 en conjunto con las muestras del Río Camarones tomadas por CP 2015, se confirma que las aguas son cloruradas sódicas (ver Figura 6.13).

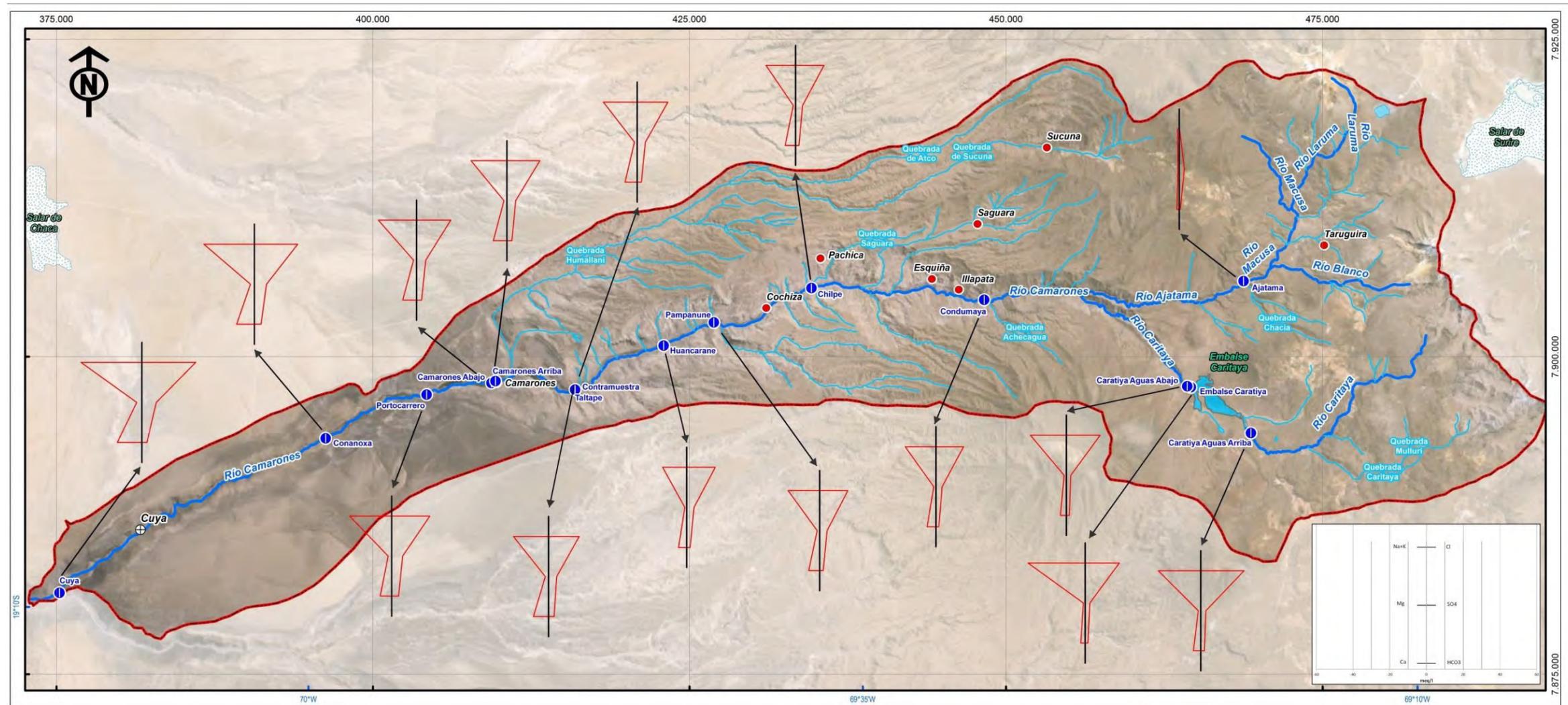
Figura 6.14: Diagrama de Piper muestras históricas (en el recuadro azul mediciones anteriores y en

rojo mediciones CP-2015)
DIAGRAMA DE PIPER



En la Lámina 6.5 se presentan los diagramas de Stiff asociados a los puntos de muestreo dentro de la cuenca del Río Camarones. Se hace evidente la influencia de la calidad de las aguas del Río Caritaya dentro de las aguas del Río Camarones. Se debe recordar que a pesar que la calidad de las aguas del Río Ajatama es buena, el caudal que aporta éste alcanza valores incluso de hasta 10% del caudal total del Río Camarones, es por eso que la calidad de las aguas de este último se parece más a la calidad de las aguas del Río Caritaya.

Lámina 6.5: Diagramas de Stiff (Septiembre 2015)



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital	Internacional	Río
Regional	Regional	Quebrada
Provincial	Comunal	Estero
Comunal	Caminos	Lago; Laguna
Poblado	Pavimentado	Salar
Área urbana	No pavimentado	Embalse
		Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Punto de Muestreo Hidroquímico
Área de Estudio	

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Diagrama_de_Stiff_Análisis_I

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

CHILE

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
6.5	R.A.H.	J.C.R.	MAR 2016

ESCALA 1 : 300.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Diagrama de Stiff (Septiembre 2015)

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

El RAS (Razón de Adsorción del Sodio) es la medida del efecto del sodio dada por la relación entre las concentraciones de iones sodio, calcio y magnesio, expresadas en miliequivalentes por litro, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

En la Figura 6.15 se presenta un diagrama de la peligrosidad de alcalinización del suelo en función de la relación de adsorción de sodio y la conductividad eléctrica. En la Tabla 6.3 se presenta una descripción de las aguas para los distintos rangos de la RAS. A partir de esto se determina que las aguas del Río Camarones y Caritaya no son aptas para el riego de cultivos frutales. No así las del Río Ajatama, que son útiles para el riego de la mayoría de los suelos y cultivos.

Figura 6.15: Peligrosidad de alcalinización del suelo

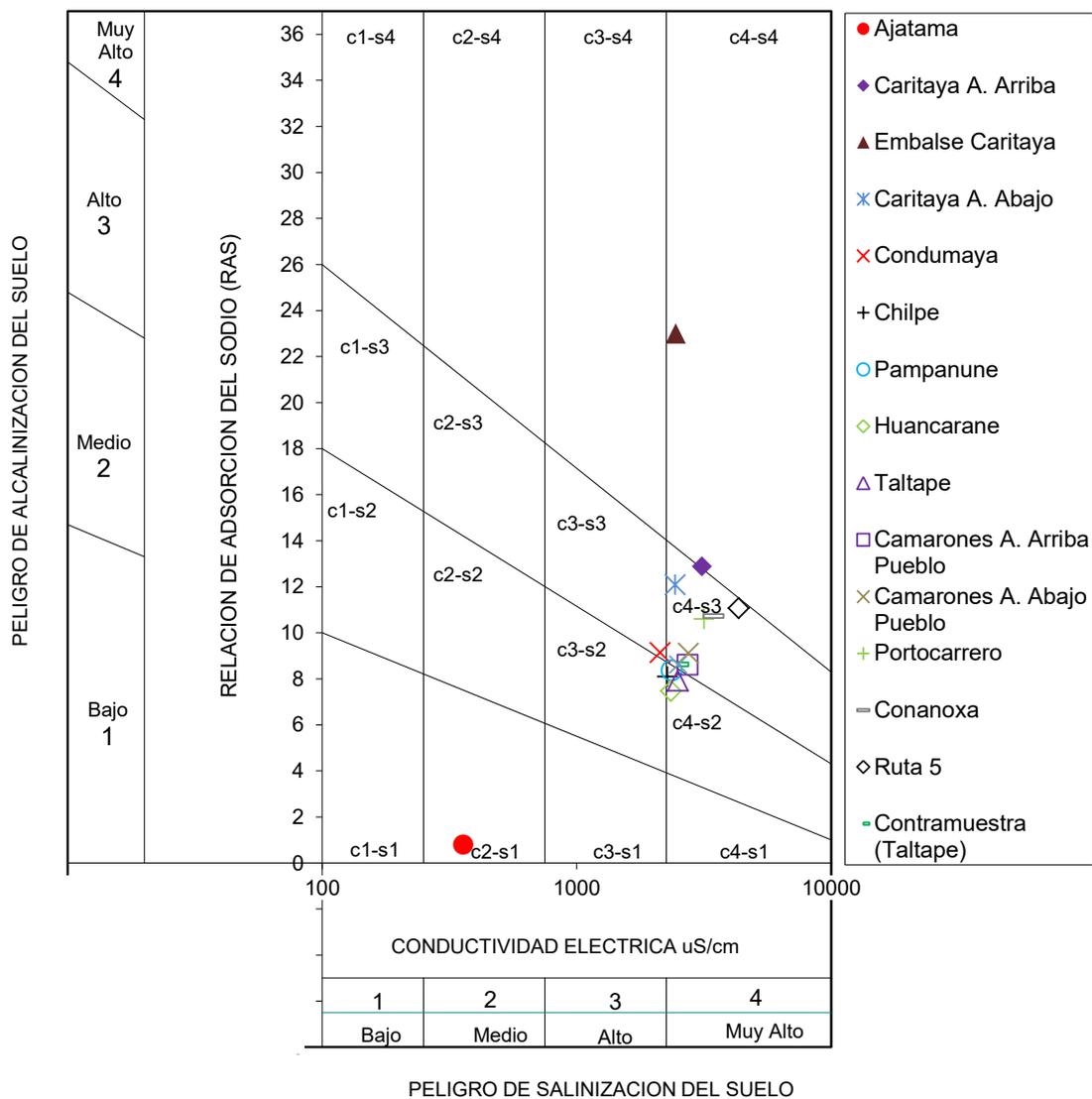


Tabla 6.3: Rangos RAS

Grupo	Rango RAS	Descripción
S1	0-10	Aguas de bajo contenido en sodio, útiles para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.
S2	10-18	Aguas de mediano contenido en sodio, útiles para el riego de suelos de textura gruesa o de suelos orgánicos con buena permeabilidad.
S3	18-26	Aguas de alto contenido en sodio, solo aplicables a suelos yesíferos o a suelos con prácticas especiales de manejo. No son útiles para el riego de cultivos altamente sensibles al sodio, como lo son la mayoría de frutales.
S4	>26	Aguas de muy alto contenido en sodio, prácticamente inadecuadas para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.

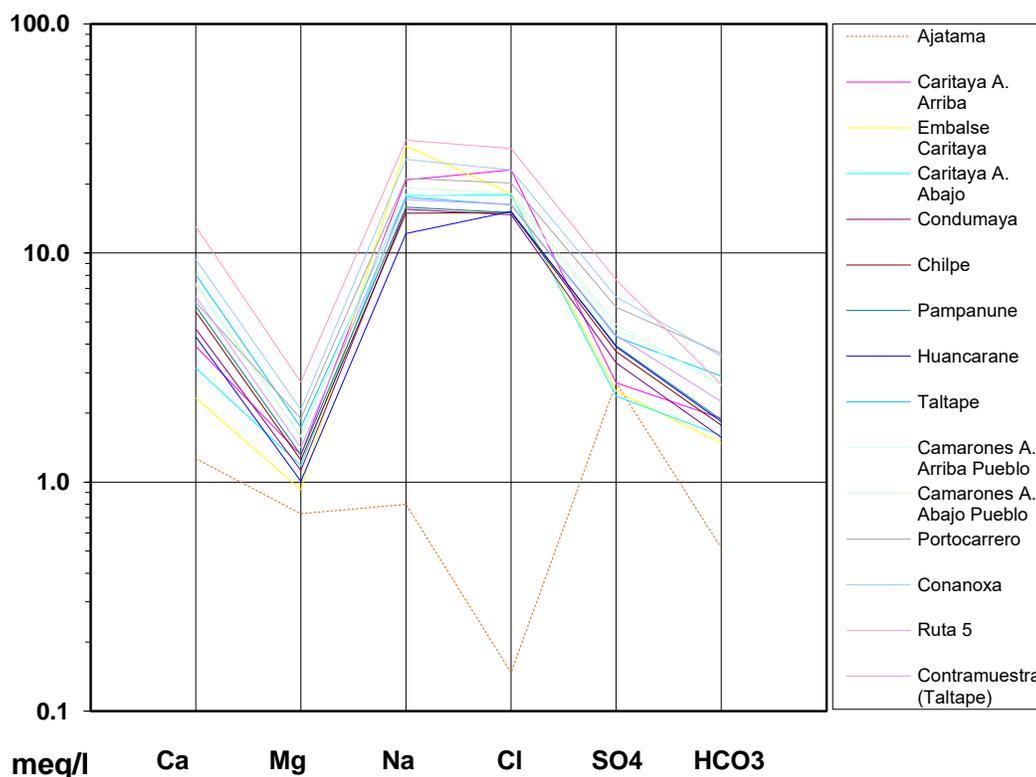
En la Figura 6.16 se presenta un diagrama de Schöller. En este se aprecia con claridad que todas las muestras tienen una composición similar, salvo la tomada en el Río Ajatama, la cual difiere principalmente en el sodio y los cloruros respecto a las otras.

Los daños que puede provocar el cloruro son los siguientes:

- Necrosis de las puntas de las hojas, que avanza con la acumulación de cloruros.
- En casos graves aparecen necrosis también en las puntas de las ramas.
- Caída de hojas, flores y frutos.
- Reducción de la conductividad de las estomas.
- Reducción del potencial hídrico de las hojas.
- Reducción de la fotosíntesis.
- Fruta pequeña y baja producción.
- Inhibición del crecimiento de la planta.
- Inhibición del crecimiento de las raíces.

El efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es, en la mayoría de los casos, indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo. El sodio desplaza al calcio y al magnesio del complejo arcillo-húmico, provocando así la dispersión de las partículas del suelo, lo que acarrea el desmoronamiento de la estructura del suelo. El suelo pierde su capacidad de aireación y de infiltración. Además se produce la alcalinización del suelo, pudiéndose elevar el pH por encima de 8,5.

Figura 6.16: Diagrama de Schöller



6.4.4 Distribución Espacial de Arsénico y Boro

El contenido de As en el Río Ajatama equivale a 0,011 [mg/l], siendo el único punto monitoreado que cumple la norma de riego. Lo mismo ocurre con el Boro cuyo contenido alcanza los 0,43 [mg/l].

En el Río Caritaya se observa que el embalse refleja un abatimiento tanto del Boro como del Arsénico. Mientras aguas arriba de este, los valores alcanzan a 24,4 [mg/l] y 1,97 [mg/l] respectivamente. Aguas abajo del embalse los parámetros alcanzan a 21,6 [mg/l] y 1,45 [mg/l] respectivamente.

Los resultados de Boro y Arsénico en el embalse presenta valores incluso menores (18 [mgB/l] y 1,35 [mgAs/l] respectivamente). Esto se debe a que la muestra fue tomada en la capa superficial del embalse, en donde el abatimiento es mayor.

Respecto a las aguas del Río Camarones, estas contienen menor cantidad de B y As que el Río Caritaya, pero mayor a las del Río Ajatama, y se mantienen relativamente constantes en los distintos puntos de muestreo (20,26 [mgB/l] y 0,77 [mgAs/l] promedio).

6.5 Muestreo Hidroquímico - CP Enero 2016

En el mes de enero del 2016 se realizó la segunda campaña de toma y análisis de 15 muestras de agua (ver **Anexo B.2- Análisis Químico**) para determinar la calidad química de ésta, a lo largo del Río Camarones y sus afluentes. En la Lámina 6.6 se presenta la ubicación de los 15 puntos de muestreo hidroquímico, de la campaña ejecutada en Enero de 2015.

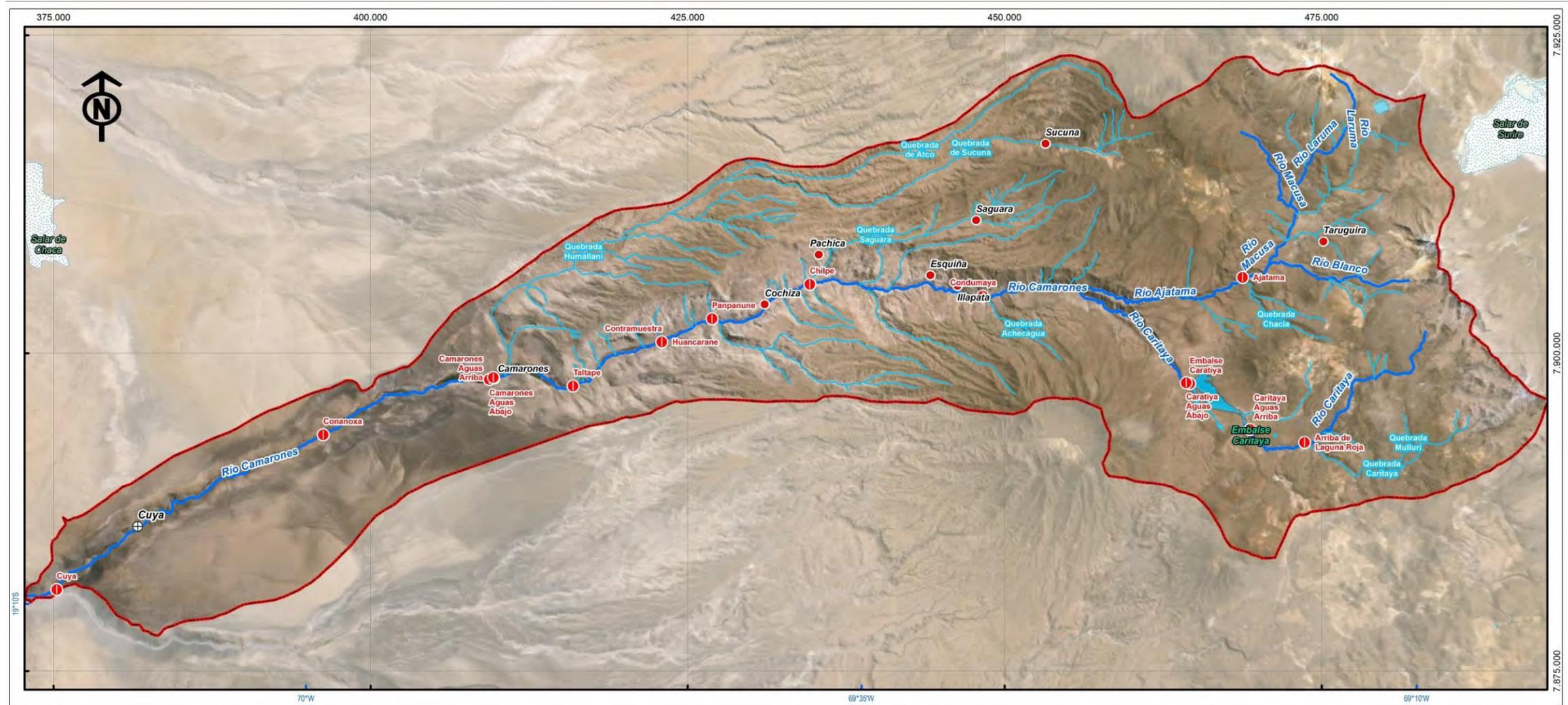
Los parámetros muestreados son Boro, Cloruros, Nitrato, pH, Sulfato, Arsénico, Calcio, Potasio, Magnesio, Sodio, Bicarbonatos, Carbonatos y Conductividad eléctrica.

En la Tabla 6.4 se presentan los valores para los distintos parámetros, distinguiendo en rojo los parámetros que exceden la norma de riego. Se aprecia con claridad que el Río Camarones en toda su extensión sobrepasa la norma para el Boro, Cloruros, Arsénico y Conductividad Eléctrica. Esto se debe netamente a la contaminación de las aguas del Río Caritaya, ya que el Ajatama no excede la norma en ningún parámetro.

Tabla 6.4: Punto y fecha de muestreo y parámetros analizados

Punto	UTM Norte WGS84 [m]	UTM Este WGS84 [m]	Fecha Muestreo	B [mg B/L]	Cl [mg Cl/L]	Nitrato [mg N-NO3/L]	pH (unidad)	Sulfato [mg SO4/L]	As [mg As/L]	Ca [mg Ca/L]	K [mg K/L]	Mg [mg Mg/L]	Na [mg Na/L]	Bicarbonatos [mg HCO3/L]	Carbonatos [mg CaCO3/L]	Cond. Eléctrica [us/cm]	Sodio Porcentual [%]
Ajatama	7.905.966	468.772	16/01/2016 10:50:00 a.m.	0,109	6,5	0,24	6,44	129	0,011	35,2	6,25	7,78	19,1	9,9	0	369	28
Laguna Roja Arriba	7.892.993	473.677	16/01/2016 01:20:00 p.m.	21,1	671	2,22	8,09	74,9	3,14	127	53,2	11,5	325	110	0	2.468	63
Caritaya Arriba	7.894.001	469.354	16/01/2016 03:00:00 p.m.	26,7	874	0,94	8,01	112	3,69	189	70,2	13,4	402	121	0	3.120	60
Embalse Caritaya	7.897.606	464.600	16/01/2016 04:20:00 p.m.	24,6	819	0,46	8,33	128	2,71	183	59,9	13,9	373	114	1,6	2.903	59
Caritaya Abajo	7.897.678	464.322	16/01/2016 05:06:00 p.m.	24,7	791	0,42	8,36	130	2,69	185	60,3	14,3	373	102	4,4	2.895	59
Condumaya	7.904.491	448.279	18/01/2016 01:25:00 p.m.	16,2	579	0,67	7,14	189	1,56	168	32,7	12,7	270	106	0	2.292	56
Chilpe	7.905.425	434.647	18/01/2016 10:47:00 a.m.	15,7	579	0,58	8,12	168	1,22	189	29,9	13,3	277	130	0	2.362	54
Pampanune	7.902.708	426.928	17/01/2016 10:49:00 a.m.	16,2	593	1,68	7,15	178	0,96	210	35	14,2	300	118	0	2.455	54
Huancarane	7.900.883	422.967	17/01/2016 12:52:00 p.m.	17,1	646	0,55	8,2	229	0,962	239	37,2	15,8	327	111	0	2.694	53
Contramuestra	7.900.883	422.967	16/01/2016 03:00:00 p.m.	17,5	644	1,98	8,04	239	0,855	212	37,5	16,3	337	138	0	2.686	56
Taltape	7.897.420	415.977	17/01/2016 01:06:00 p.m.	17	650	0,64	8,2	240	0,927	227	37,4	16	326	149	0	2.718	54
Camarones Arriba	7.898.094	409.682	17/01/2016 03:10:00 p.m.	18,9	760	1,89	8,06	241	0,721	262	41,6	18,6	367	191	0	3.020	53
Camarones Abajo	7.897.943	409.371	17/01/2016 02:51:00 p.m.	19,2	757	1,74	7,97	250	0,747	265	40,9	18,6	368	184	0	3.080	53
Conanoxa	7.893.584	396.269	17/01/2016 04:08:00 p.m.	26,7	1027	1,08	7,54	346	0,684	334	48,1	26,8	488	199	0	4.080	54
Cuya	7.881.421	375.252	17/01/2016 09:04:00 a.m.	33,9	2005	0,49	7,81	706	0,751	392	80,4	60,5	887	296	0	7.140	62

Lámina 6.6: Ubicación Puntos de Muestreo Hidroquímico – CP Enero2016



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
Regional	Internacional	Río
Provincial	Regional	Quebrada
Comunal	Comunal	Estero
Poblado	Pavimentado	Lago; Laguna
Área urbana	No pavimentado	Salar
		Embalse
		Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	
Área de Estudio	Punto de Muestreo Hidroquímico

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Muestras_Químicas CP

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M. Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
6.6	R.A.H.	J.C.R.	MAR 2016
ESCALA		1 : 300.000	

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Puntos de Muestreo Hidroquímico CP 20156

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

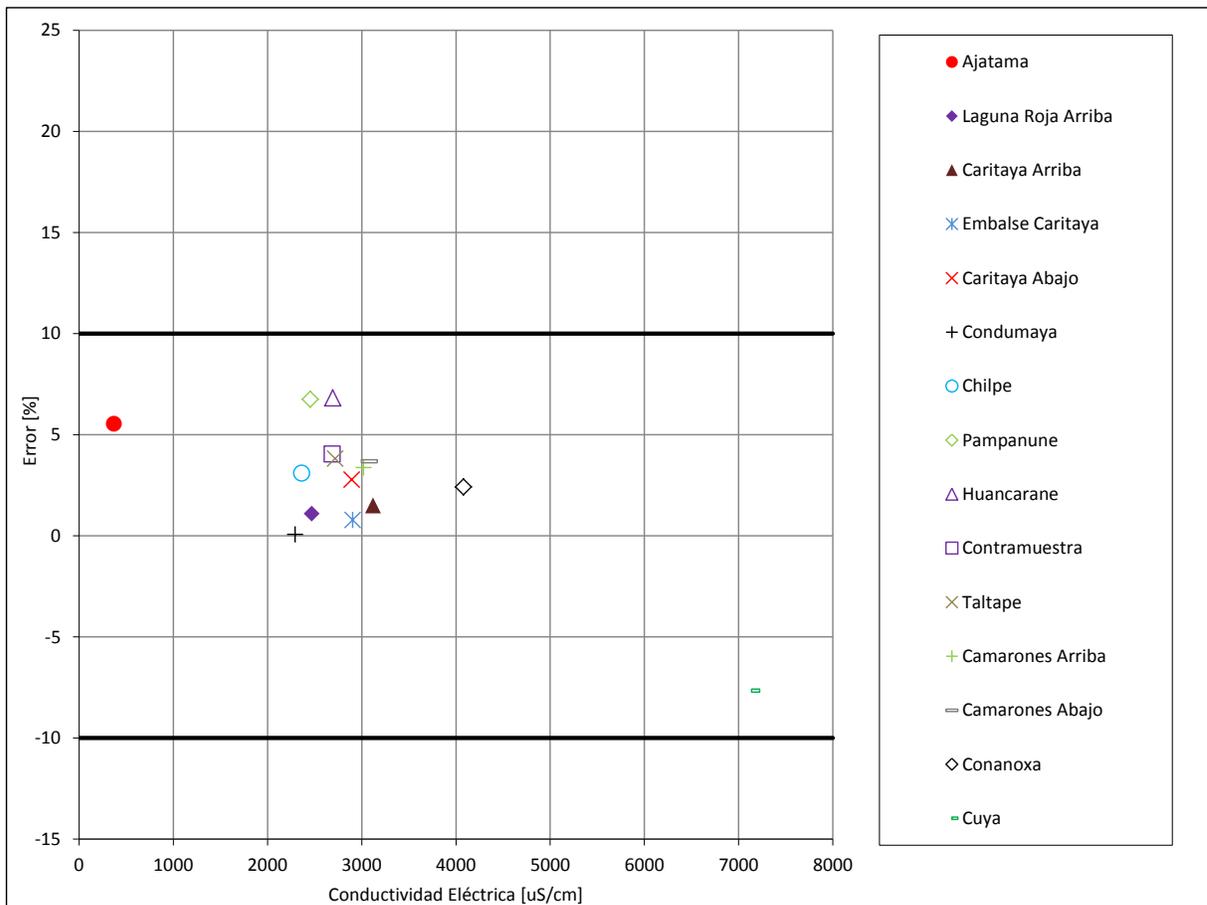
6.5.1 Cálculo de Error de Balance

Los resultados de los análisis químicos fueron validados por el método del error del balance iónico, el cual se basa en el principio de electroneutralidad del agua. El balance iónico considera el contenido de aniones (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}) y de cationes (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}). De esta forma, se verificó que la suma de miliequivalentes de los aniones fuese igual a la suma de miliequivalentes de cationes considerando un error aceptable del 10% mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Error (\%)} = \left(\frac{\sum \text{Cationes} - \sum \text{Aniones}}{\sum \text{Cationes} + \sum \text{Aniones}} \right) \cdot 100$$

En la Figura 6.17 se presenta el error asociado a cada una de las muestras en función de la conductividad eléctrica. Se puede apreciar que todas las mediciones se encuentran dentro del rango de error aceptable.

Figura 6.17: Muestras dentro y fuera de rango del error aceptable



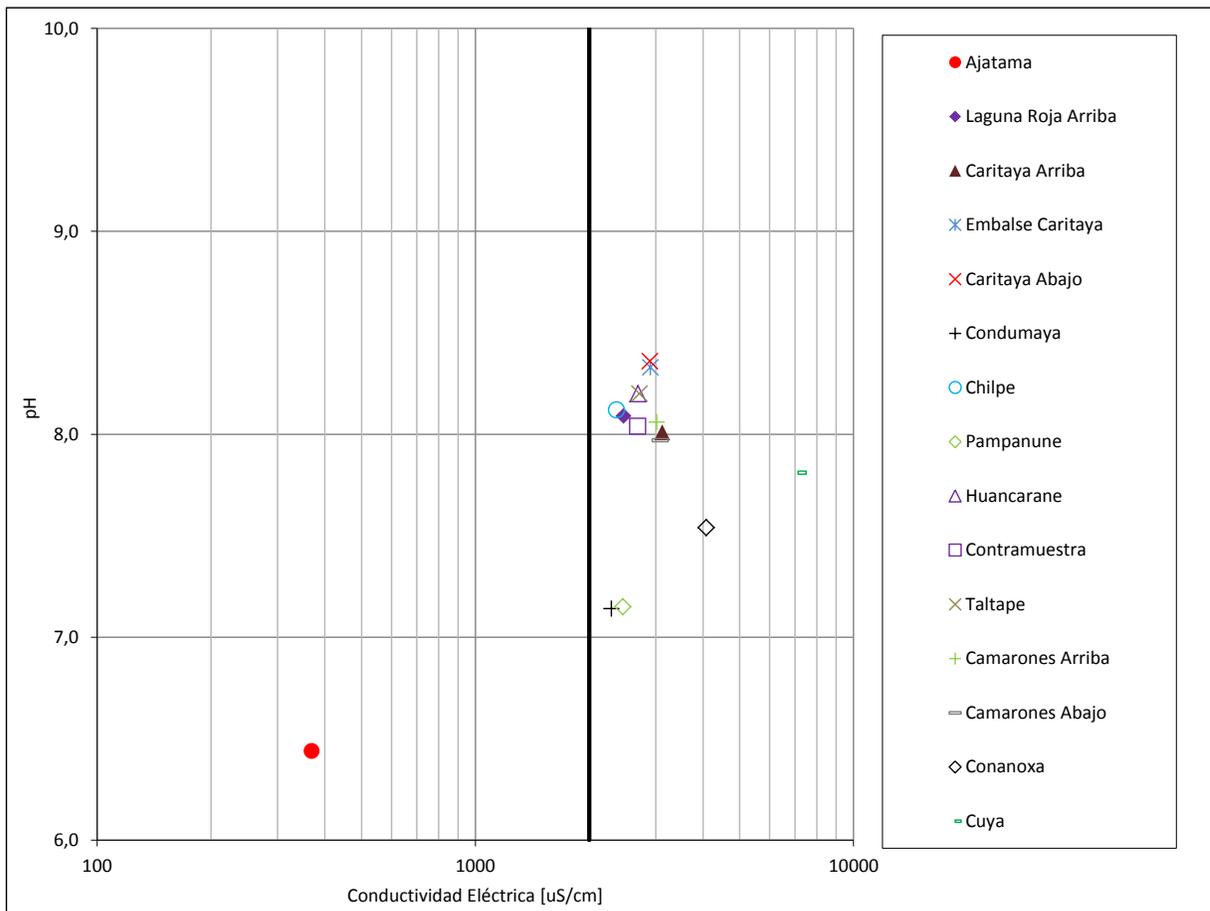
6.5.2 Descripción Parámetros Físico Químicos

En la Figura 6.18 se presenta la relación entre el pH y la conductividad eléctrica (CE) de los puntos de muestreo medidos en terreno. El pH varía entre 6,4 y 8,4 con un pH promedio de 7,8 correspondiente a aguas alcalinas.

La CE varía en un amplio rango desde 369 a 7.140 [$\mu\text{S}/\text{cm}$], lo que permite clasificar a las aguas en dos grupos: frescas y salobres.

Comparativamente, la muestra de aguas frescas (<2.000 [$\mu\text{S}/\text{cm}$]) correspondiente a la muestra del Río Ajatama tiene el pH más alcalino de las aguas muestreadas. Mientras que todas las otras muestras corresponden a aguas salobres con pH menores. Las aguas del embalse y aguas abajo del mismo presentan una escasa variación en su conductividad, lo cual es indicativo que la conductividad eléctrica está dada por especies disueltas más que por especies en suspensión sedimentable.

Figura 6.18: Relación pH – Conductividad Eléctrica

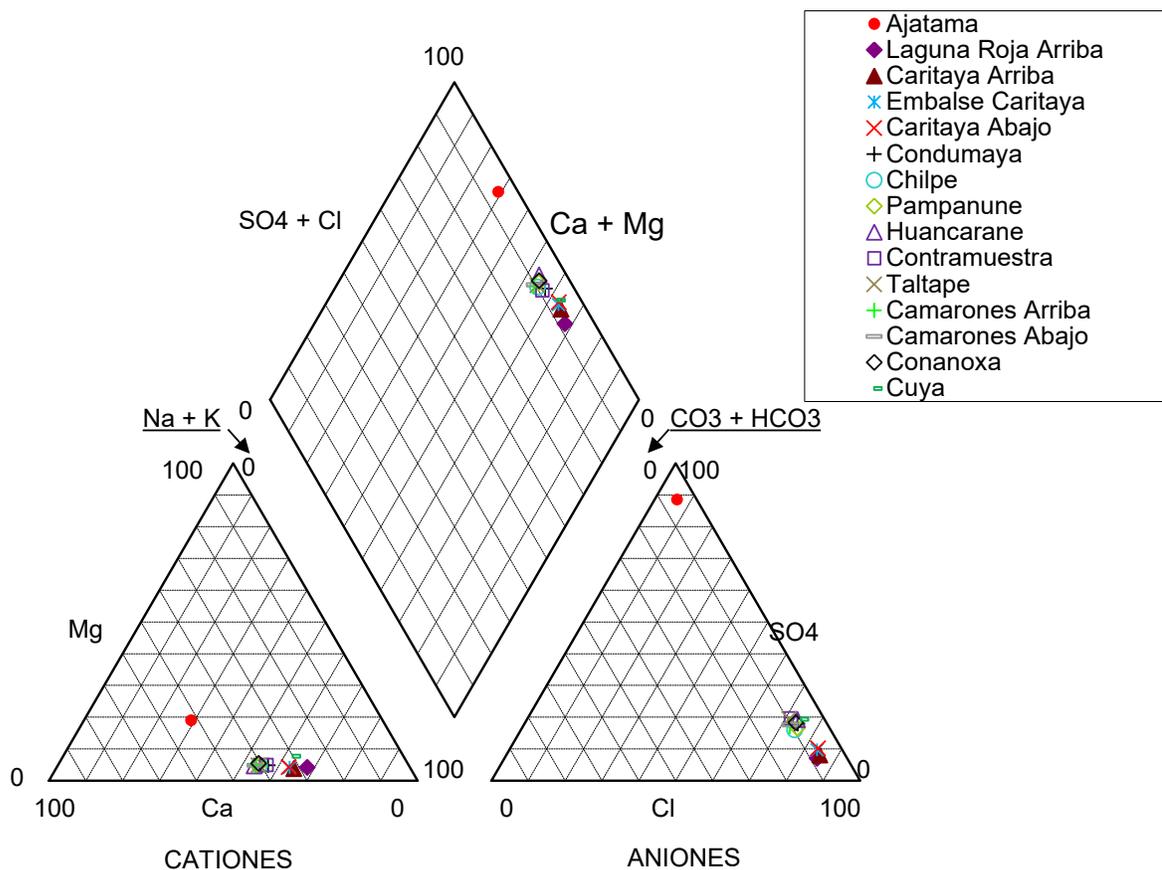


6.5.3 Clasificación Hidroquímica y Descripción Espacial

La clasificación composicional de las aguas se basa en la proporción relativa de los elementos mayoritarios diferenciados en aniones y cationes. En el diagrama de Piper de la Figura 6.19 se observa que las muestras del Río Camarones y el Río Caritaya (incluyendo el embalse) son cloruradas sódicas, mientras que las del Río Ajatama son sulfatadas cálcicas. Se interpreta que las aguas salobres cloruradas sódicas del río Caritaya se originan por aportes de aguas meteóricas que lixivian zonas de alteración y reciben aportes de afloramientos hidrotermales directos.

Es claro que las aguas del Río Caritaya tienen una mayor proporción de cloro y sodio que las aguas del Río Camarones, ya que estas son una mezcla de las del Caritaya y las del Ajatama.

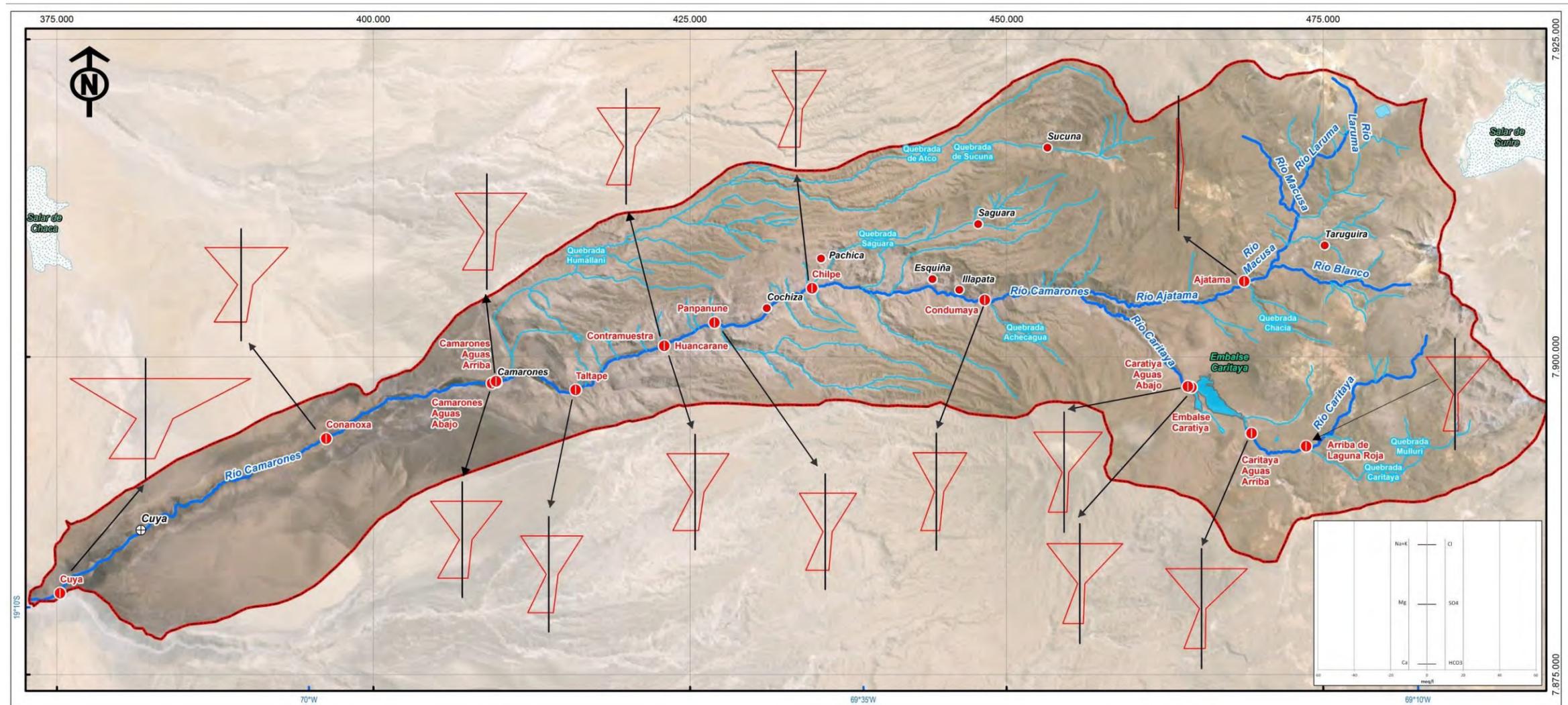
Figura 6.19: Diagrama de Piper muestras CP Enero 2016



Así mismo al graficar las muestras presentadas en la Tabla 6.1 en conjunto con las muestras del Río Camarones tomadas por CP Enero 2016, se confirma que las aguas son cloruradas sódicas (ver Figura 6.19).

En la Lámina 6.7 se presentan los diagramas de Stiff asociados a los puntos de muestreo dentro de la cuenca del Río Camarones. Se hace evidente la influencia de la calidad de las aguas del Río Caritaya dentro de las aguas del Río Camarones. Se debe recordar que a pesar que la calidad de las aguas del Río Ajatama es buena, el caudal que aporta este alcanza valores incluso menores al 10% del caudal total del Río Camarones, es por eso que la calidad de las aguas de este último se asemeja más a la calidad de las aguas del Río Caritaya.

Lámina 6.7: Diagramas de Stiff (Enero 2016)



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital	— Internacional	— Río
Regional	— Regional	— Quebrada
Provincial	— Comunal	— Estero
Comunal	— Salar	— Lago; Laguna
Poblado	Caminos	— Salar
Área urbana	— Pavimentado	— Embalse
	— No pavimentado	— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Punto de Muestreo Hidroquímico
— Área de Estudio	●

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Diagrama_de_Stiff_Análisis_II

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M. Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

CHILE

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
6.7	R.A.H.	J.C.R.	MAR 2016

ESCALA 1 : 300.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Diagrama de Stiff (Enero 2016)

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

En la Figura 6.20 se presenta un diagrama de la peligrosidad de alcalinización del suelo en función de la relación de adsorción de sodio y la conductividad eléctrica. En la Tabla 6.5 se presenta una descripción de las aguas para los distintos rangos de la RAS. A partir de esto se determina que las aguas del Río Camarones y Caritaya no son aptas para el riego de cultivos frutales. No así las del Río Ajatama son útiles para el riego de la mayoría de los suelos y cultivos.

Figura 6.20: Peligrosidad de alcalinización del suelo

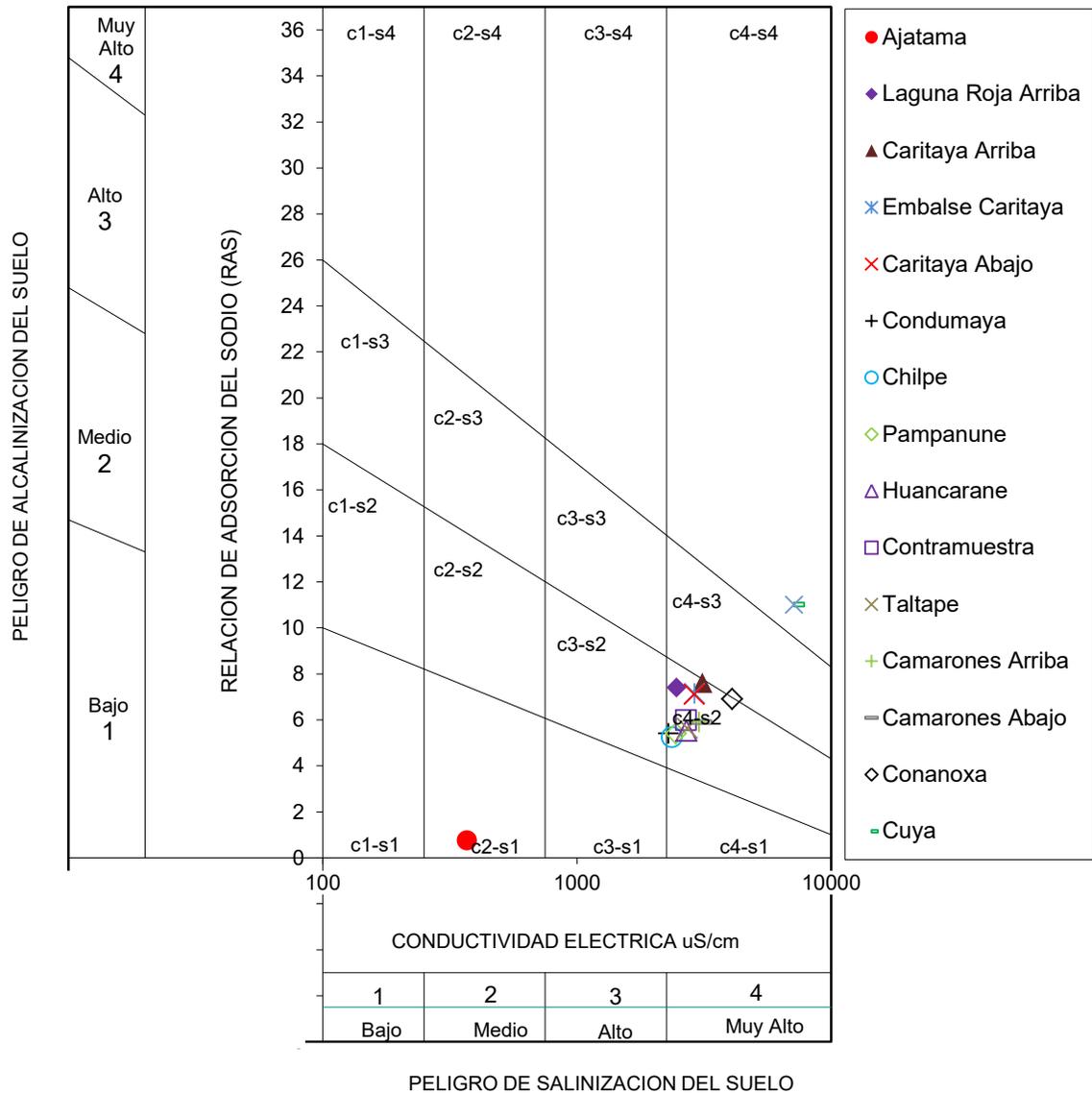


Tabla 6.5: Rangos RAS

Grupo	Rango RAS	Descripción
S1	0-10	Aguas de bajo contenido en sodio, útiles para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.
S2	10-18	Aguas de mediano contenido en sodio, útiles para el riego de suelos de textura gruesa o de suelos orgánicos con buena permeabilidad.
S3	18-26	Aguas de alto contenido en sodio, solo aplicables a suelos yesíferos o a suelos con prácticas especiales de manejo. No son útiles para el riego de cultivos altamente sensibles al sodio, como lo son la mayoría de frutales.
S4	>26	Aguas de muy alto contenido en sodio, prácticamente inadecuadas para el riego de la mayoría de suelos y cultivos.

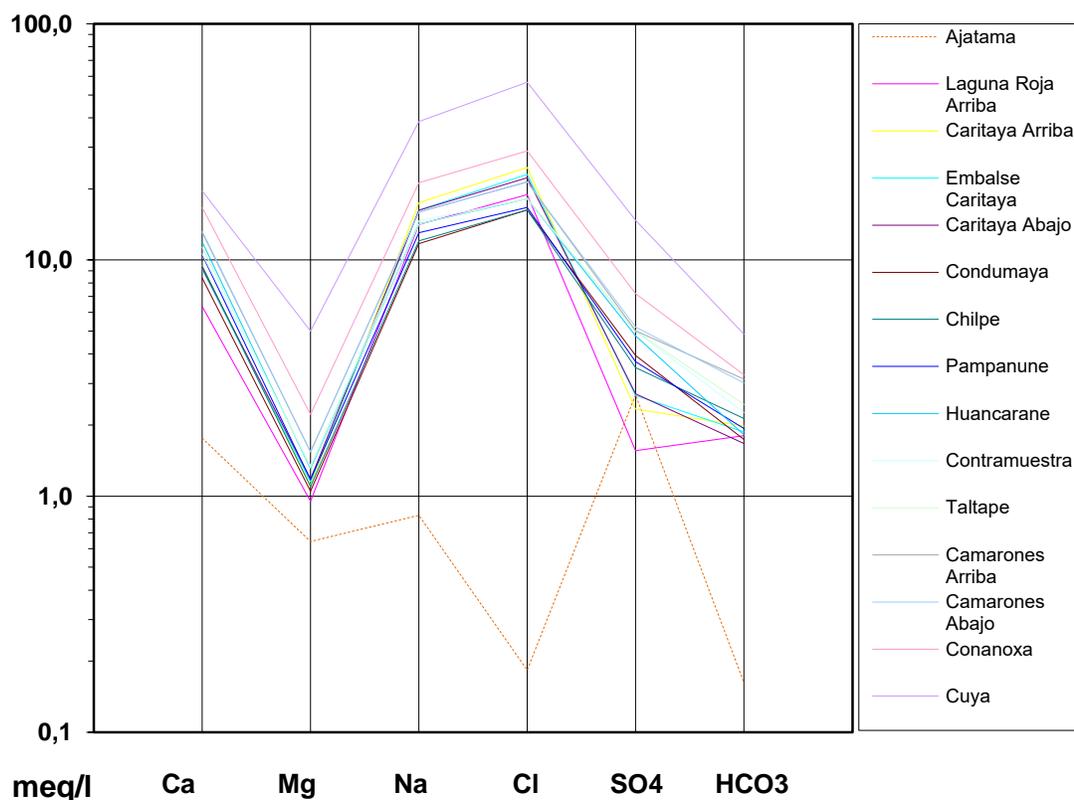
En la Figura 6.21 se presenta un diagrama de Schöller. En este se aprecia con claridad que todas las muestras tienen una composición similar, salvo la tomada en el Río Ajatama, la cual difiere principalmente en el sodio y los cloruros respecto a las otras.

Los daños que puede provocar el cloruro son los siguientes:

- Necrosis de las puntas de las hojas, que avanza con la acumulación de cloruros.
- En casos graves aparecen necrosis también en las puntas de las ramas.
- Caída de hojas, flores y frutos.
- Reducción de la conductividad de las estomas.
- Reducción del potencial hídrico de las hojas.
- Reducción de la fotosíntesis.
- Fruta pequeña y baja producción.
- Inhibición del crecimiento de la planta.
- Inhibición del crecimiento de las raíces.

El efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es, en la mayoría de los casos, indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo. El sodio desplaza al calcio y al magnesio del complejo arcillo-húmico, provocando así la dispersión de las partículas del suelo, lo que acarrea el desmoronamiento de la estructura del suelo. El suelo pierde su capacidad de aireación y de infiltración. Además se produce la alcalinización del suelo, pudiéndose elevar el pH por encima de 8.5.

Figura 6.21: Diagrama de Schöller



6.5.4 Distribución Espacial de Arsénico y Boro

El contenido de As en el Río Ajatama equivale a 0,011 [mg/l] siendo el único punto monitoreado que cumple la norma de riego. Lo mismo ocurre con el Boro cuyo contenido alcanza los 0,109 [mg/l].

En el Río Caritaya se observa que el embalse refleja un abatimiento tanto del Boro como del Arsénico. Mientras aguas arriba de este, los valores alcanzan a 26,7 [mg/l] y 3,69 [mg/l] respectivamente. Aguas abajo del embalse los parámetros alcanzan a 24,7 [mg/l] y 2,69 [mg/l] respectivamente.

Los resultados de Boro y Arsénico en el embalse presenta valores menores (24,6 [mgB/l] y 2,71 [mgAs/l] respectivamente). Esto se debe a que la muestra fue tomada en la capa superficial del embalse, en donde el abatimiento es mayor.

Respecto a las aguas del Río Camarones estas contienen menor cantidad de B y As que el Río Caritaya, pero mayor a las del Río Ajatama, y se mantienen relativamente constantes en los distintos puntos de muestreo (19,84 [mgB/l] y 0,94 [mgAs/l] promedio).

6.5.1 Variación de la Calidad Química de las Aguas en Río Camarones

Se observa en las Figura 6.22 y Figura 6.23 la variación de los elementos según el avance de las aguas en la cuenca, donde en el sector de Condumaya se produjo la mezcla de las aguas del Río Caritaya y el Río Ajatama. Se puede apreciar que el primer tramo hasta Pampanune las concentraciones se mantienen constantes para la mayoría de los elementos, mientras que se avanza hacia el sector de Conanoxa, sector que presenta la mayor productividad agrícola de la cuenca. Por último se observa el aumento significativo de las concentraciones, hasta el sector de Cuya, donde se encuentra el sector industrial de la cuenca (agrícolas).

Como excepción se da el comportamiento del Arsénico (As), que disminuye su concentración con el avance de las aguas en la cuenca, esto se debe a que los niveles de As en el ambiente son variables, ya que es un elemento con muy alta movilidad y capacidad de transformación, pudiendo sorberse o desorberse de partículas, cambiar de estado de oxidación al reaccionar con oxígeno u otras moléculas del aire, del agua o del suelo o por acción de microorganismos. La presencia de elevados niveles de As en agua está directamente relacionada con su liberación desde la fase sólida, con fenómenos de transporte y de transferencia a otros medios y a procesos de dilución por mezcla. Por lo tanto, para poder determinar el fenómeno que está provocando el abatimiento del As, se deberían realizar análisis de especiación del elemento para poder determinar las especies arsenicales orgánicas e inorgánicas existentes en la cuenca (Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. Iberoarsen, 2009).

Figura 6.22 Variación de elementos

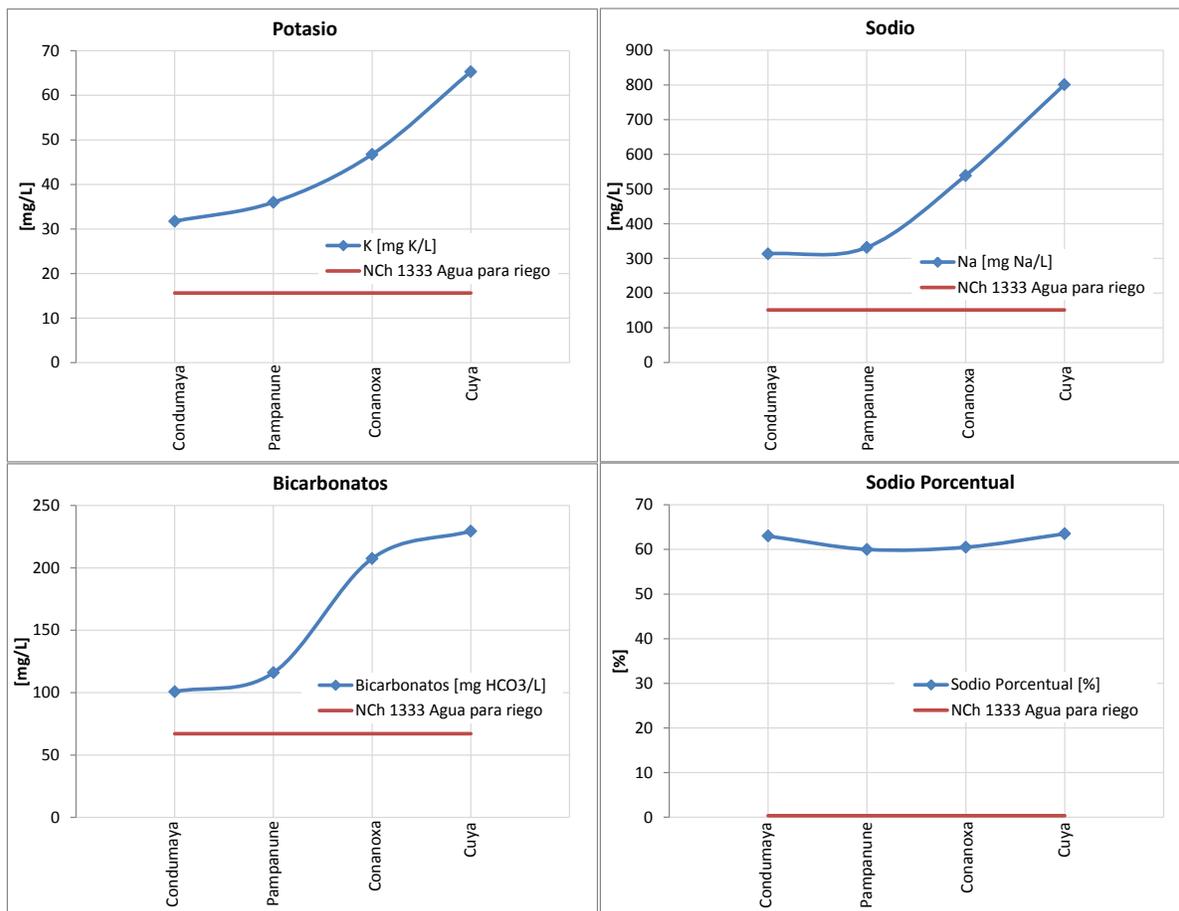
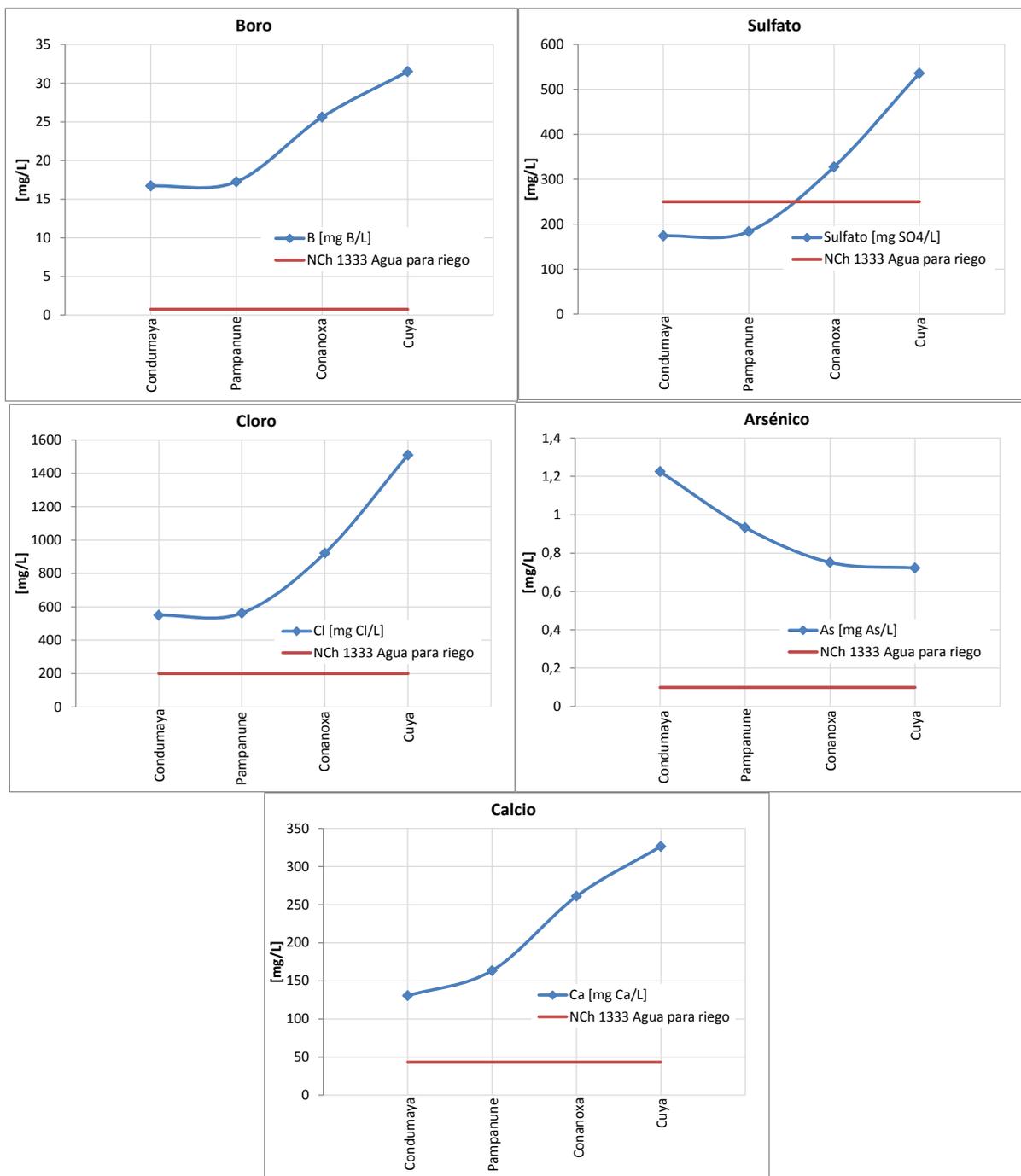


Figura 6.23: Variación de elementos

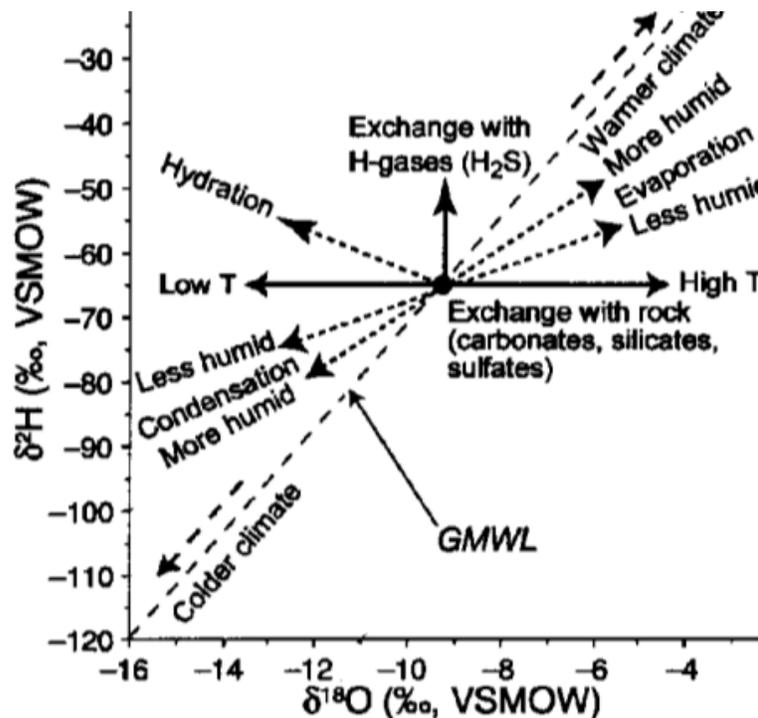


6.6 Análisis Isotópico

Los isótopos estables del agua han demostrado ser de gran utilidad para el estudio de numerosos problemas hidrológicos relacionados con las aguas subterráneas. Los procesos físicos y los fenómenos meteorológicos responsables del transporte de agua en las diferentes fases del ciclo hidrológico producen una caracterización isotópica de la misma que puede ser aprovechada para obtener conclusiones sobre su origen y comportamiento.

Las variaciones de la relación isotópica para Oxígeno¹⁸ y Deuterio se expresan como desviaciones respecto al patrón V-SMOW (**Vienna Standard Mean Ocean Water**), que se caracteriza por presentar una línea de tendencia del tipo $\delta D = 8 \cdot \delta^{18}O + 10$, donde 10 equivale al denominado exceso de deuterio. La mayor parte de los recursos de agua subterránea son de origen meteórico. En la Línea de Agua Meteórica Mundial se refleja la fuerte relación que existe entre los valores de las desviaciones δ de la precipitación. Los diagramas que relacionan las desviaciones isotópicas δ (¹⁸O) y δ (²H) se utilizan para poner de manifiesto los procesos que afectan a los diferentes tipos de agua tal como se presenta en la Figura 6.24.

Figura 6.24: Cambios de la composición isotópica del agua producida por diferentes procesos (Spangenberg et al., 2007)



6.6.1 Revisión de Antecedentes Existentes -Estudio CNR (2014) – Sector Río Caritaya

Respecto del Origen del agua, y de los patrones isotópicos característicos del Río Camarones y de sus afluentes, se ha efectuado una revisión, análisis y reprocesamiento de la información de muestras isotópicas, obtenida del estudio CNR (2014), desarrollado para el sector alto de la cuenca, específicamente el Río Caritaya (ver Figura 6.25).

En la Tabla 6.6 se presentan los resultados de los análisis y en la Figura 6.26 se ha construido a partir de los resultados de laboratorio informados en el estudio CNR, se detecta fuentes de agua de distinto origen en el sector alto de la cuenca del Río Caritaya, principal tributario del Río Camarones.

Figura 6.25: Muestreo isotópico GeoH-2014

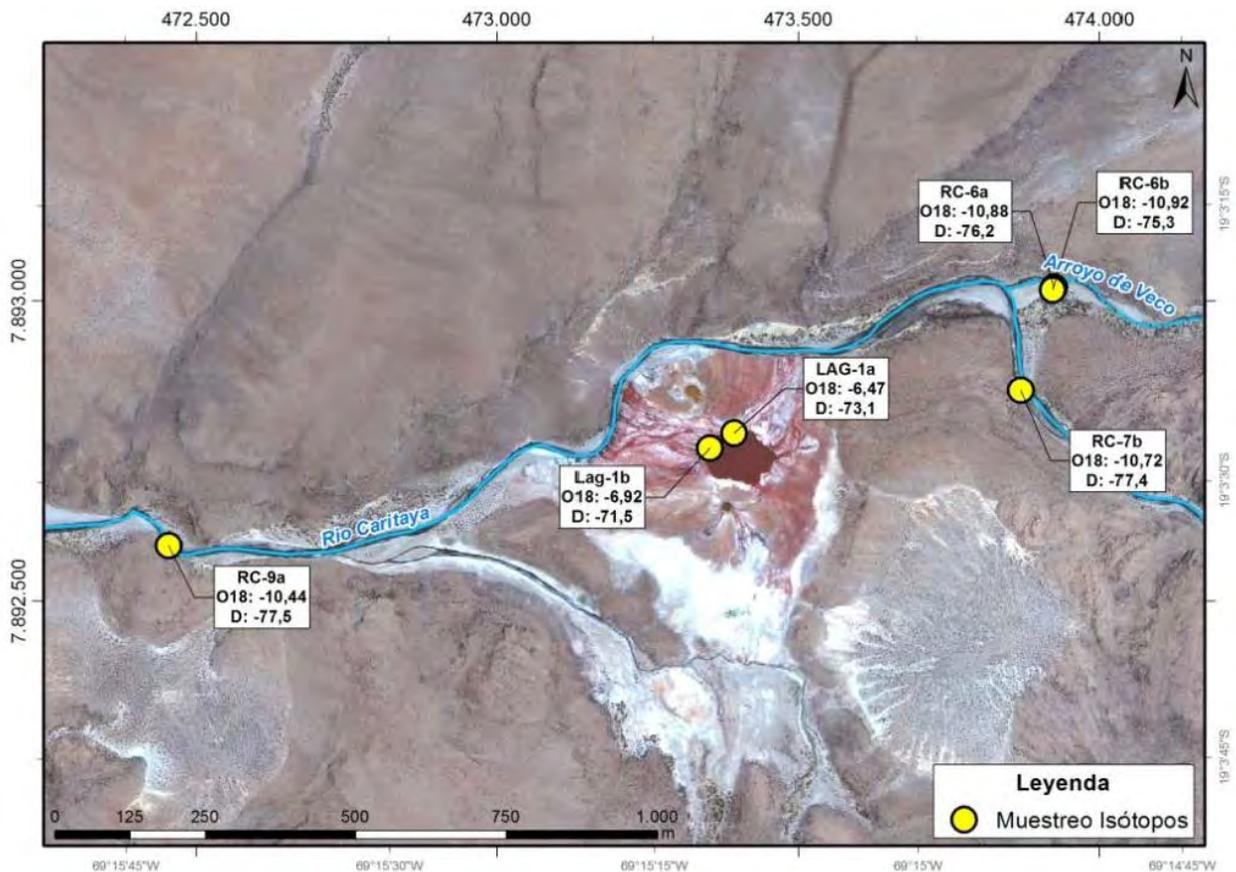
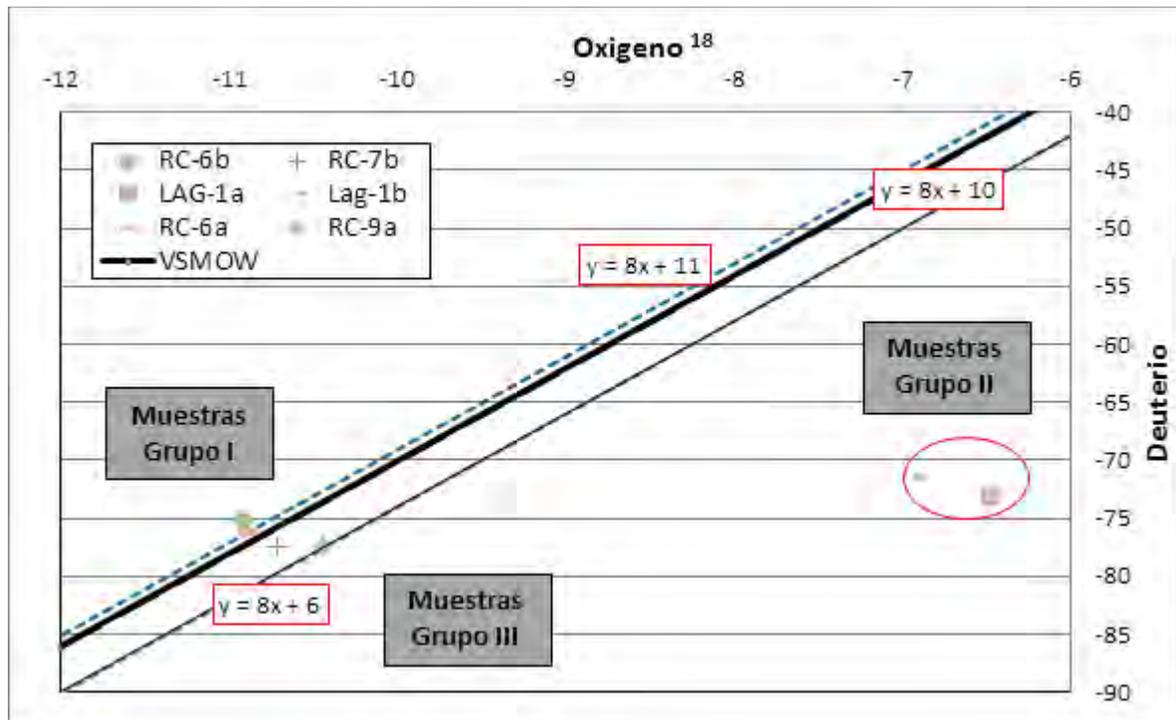


Tabla 6.6: Resultados muestreo isotópico GeoH 2014

Nombre	$\delta^{2}H$	$\delta^{18}O$	Fecha Análisis
RC-6b	-75,3	-10,92	05/06/14
RC-7b	-77,4	-10,72	05/06/14
Lag-1b	-71,5	-6,92	05/06/14
RC-6a	-76,2	-10,88	07/04/14
RC-9a	-77,5	-10,44	07/04/14
LAG-1a	-73,1	-6,47	07/04/14

Figura 6.26: Análisis isotópico muestras GeoH 2014



Analizando dichas muestras se logró determinar que se evidencian 3 grupos de aguas asociados a la presencia mayor o menor de Oxígeno¹⁸ y Deuterio.

- **Muestras Grupo I:** El primer grupo lo componen las muestras cuyo exceso de deuterio equivale a 11. Dichas muestras fueron obtenidas aguas arriba del sector de Laguna Roja (laguna de Amuyo).
- **Muestras Grupo II:** Un segundo grupo corresponde a las muestras que presentaron una disociación completa respecto de la V-SMOW. Dichas muestras fueron obtenidas en la Laguna Roja.
- **Muestras Grupo III:** El tercer grupo corresponde a las muestras cuyo exceso de deuterio equivale a 6. Dichas muestras fueron obtenidas aguas abajo del sector de Laguna Roja.

Se puede concluir que el análisis isotópico logra detectar aquellas aguas que fueron sometidas a un intercambio geotermal de oxígeno (Muestras **Grupo II** - Laguna Roja). También como esta incorporación de aguas al Río Caritaya cambia su patrón isotópico, alterando la composición original (muestras **Grupo I**). A partir de esto se determina entonces que las aguas del Río Camarones debiesen ser similares a las aguas abajo del embalse Caritaya (Muestras **Grupo III**).

6.6.1 Muestreo Isotópico

Previo a la realización de una campaña isotópica, para detectar el origen de los aportes de aguas en un cauce, se debe tener en primer lugar una estimación de los caudales pasantes a lo largo de todo el tramo en estudio. De esta forma se pueden detectar, en el balance de aguas que se realice, zonas donde se detectan aportes que obedecen a procesos hidrogeológicos (afloramiento de aguas subterráneas, o zonas de recarga desde sistemas fracturados). Ante esta evidencia, se puede entonces programar una campaña de análisis isotópicos en aquellas zonas donde se evidencia recarga de aguas de origen subterráneo. Una vez determinadas estas potenciales recargas, se puede efectuar un análisis isotópico que permita determinar el origen de las potenciales recargas subterráneas de aguas, si estas fuesen detectadas. Por lo anterior, se ejecutaron previamente dos campañas sistemáticas de aforos superficiales a lo largo de todo el cauce del Río Camarones (90 [km]) y sus principales afluyente, con el fin de detectar desbalances a lo largo de todo el cauce del Río Camarones.

Se han detectado, según se muestran en la Tabla 7.9 de análisis de aforos presentado en el acápite 7.7, en el sector de Condumaya, existen evidencias de una aportación de recursos subterráneos al cauce principal, en el rango de (50 a 260 [l/s]), de carácter estacional.

Se desarrolla una campaña de muestreo de agua para análisis de isótopos, de forma de determinar el origen del agua, en 11 estaciones ubicadas a lo largo del cauce del Río Camarones.

Dichas muestras fueron enviadas a análisis a la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CCHEN) y la estandarización de estas se basa en VSMOW (Vienna Standard Mid Ocean Water). La incerteza es de $\pm 0,08 \delta\%$ para el oxígeno y $\pm 1\delta\%$ para el deuterio.

6.6.2 Campaña Muestreo Isotópico – CP 2015

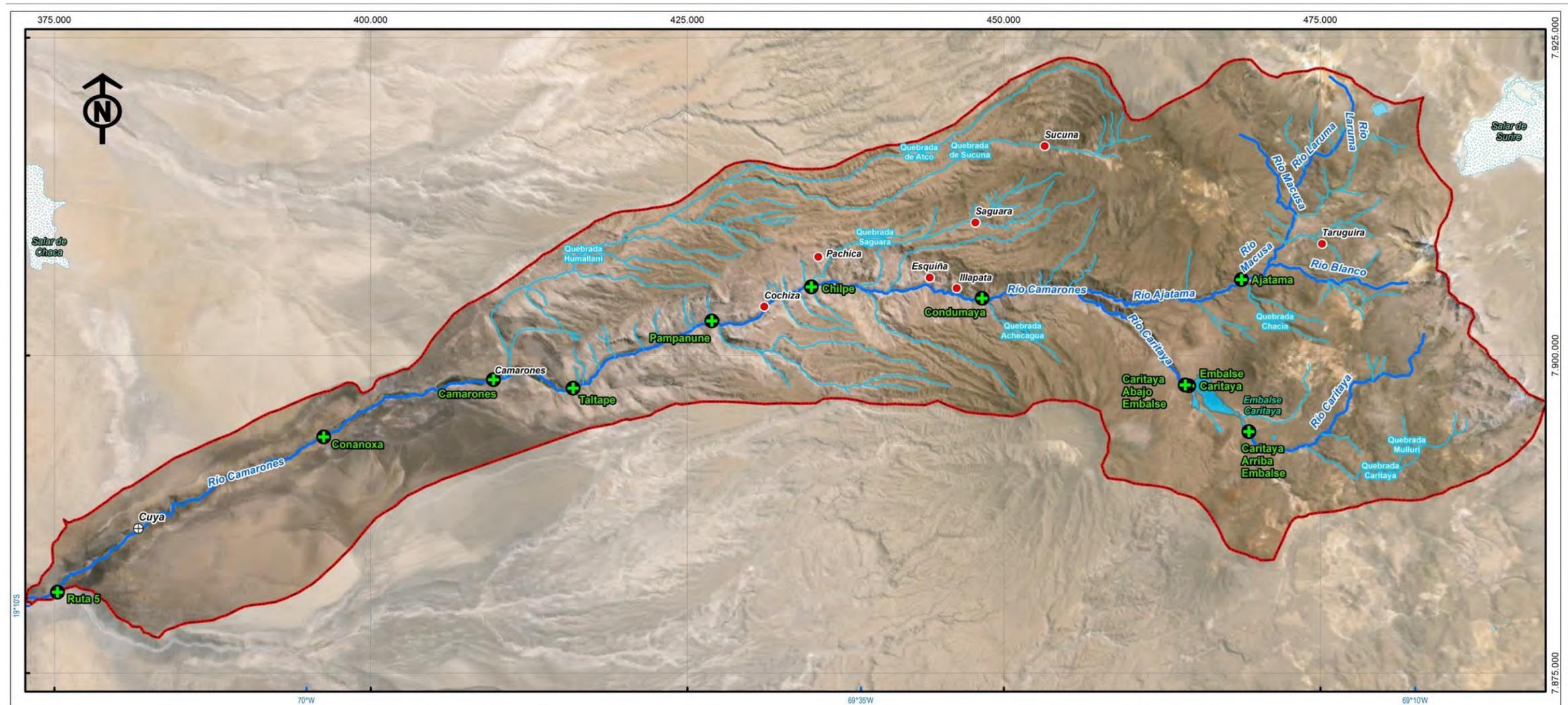
Entre los días 25 y 30 de septiembre, se realizó una campaña de muestreo, en la cual se obtuvieron 10 muestras de agua para el análisis de isótopos de deuterio y oxígeno, distribuidas a lo largo del cauce del Río Camarones, según se indica en la Lámina 6.8. En la Tabla 6.7 se presentan los resultados

del muestreo y en la Figura 6.27 el análisis de estas. Se acompaña en **Anexo D- Análisis de Isótopos**, certificado del análisis de muestras emitido por CCHEN.

Tabla 6.7: Resultados muestreo isotópico CP 2015

Nombre	$\delta^{2}H$	$\delta^{18}O$	Fecha Muestreo	Fecha Análisis
Ajatama	-74,6	-10,68	27/05/15	14/10/15
Caritaya Aguas Arriba Embalse	-78,0	-10,12	27/05/15	14/10/15
Embalse Caritaya	-57,7	-7,27	27/05/15	14/10/15
Caritaya Aguas Abajo Embalse	-60,1	-7,51	27/05/15	14/10/15
Condumaya	-60,5	-7,90	29/05/15	14/10/15
Chilpe	-63,1	-8,27	29/05/15	14/10/15
Pampanune	-59,7	-7,48	28/05/15	14/10/15
Taltape	-58,4	-7,48	28/05/15	14/10/15
Aguas Arriba Puente Camarones	-58,6	-7,55	28/05/15	14/10/15
Conanoxa	-61,9	-7,32	28/05/15	14/10/15
Ruta 5 Cuya	-54,8	-7,01	28/05/15	14/10/15

Lámina 6.8: Muestreo Isotópico Río Camarones CP-2015



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital	— Internacional	— Río
○ Regional	— Regional	— Quebrada
□ Provincial	— Comunal	— Estero
⊕ Comunal	Caminos	— Lago; Laguna
● Poblado	— Pavimentado	— Salar
⊗ Área urbana	— No pavimentado	— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

— Límites de Unidades	⊕ Muestra Isotópica
⊗ Área de Estudio	

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Muestras_Isotópicas

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

LÁMINA 6.8 **DIBUJÓ** R.A.H. **CONTROLÓ** J.C.R. **FECHA** MAR 2016

ESCALA 1 : 300.000

0 1 2 4 6 8 Km

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

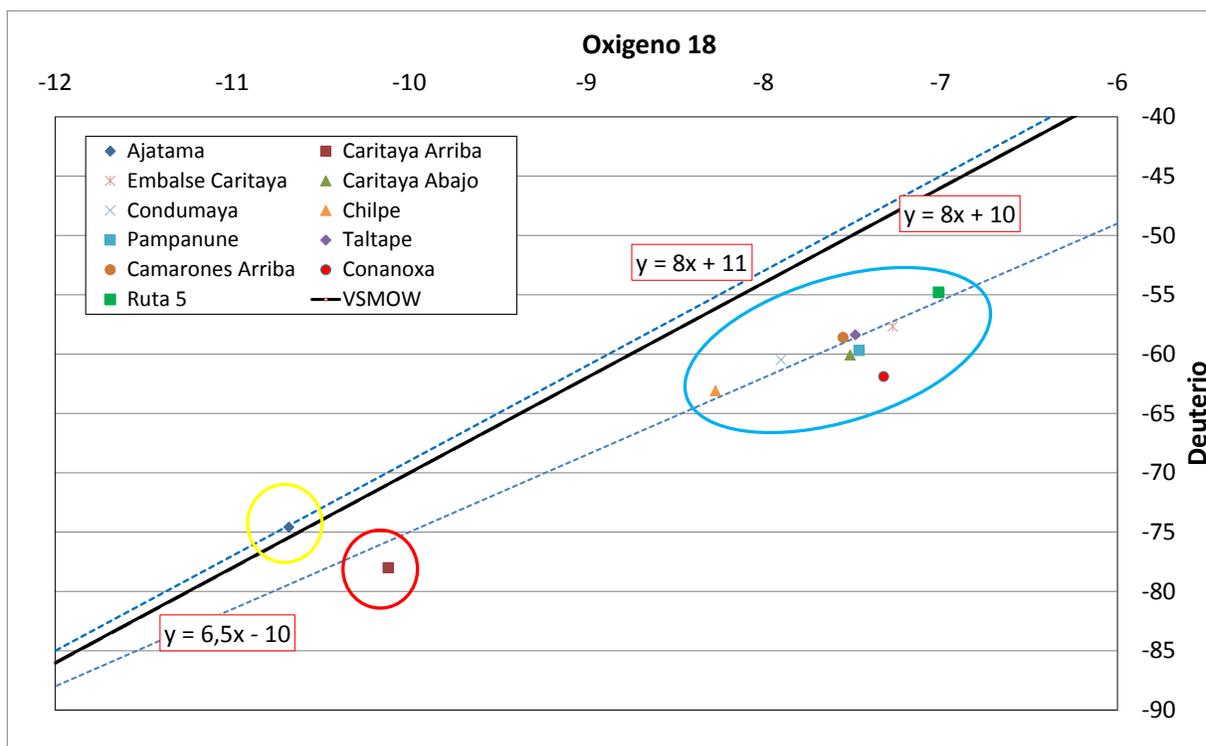
TEMA: Muestreo Isotópico Río Camarones CP-2015

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

Figura 6.27: Análisis isotópico muestras CP 2015



Se observan tres grupos de aguas según origen isotópico:

- Río Ajatama (círculo amarillo)
- Río Caritaya Aguas arriba embalse (círculo rojo)
- Aguas evaporadas con poca humedad (círculo celeste)

Las aguas del Río Ajatama son aguas puras, por lo que se ubican muy cercana a la VSMOW. Mientras que las aguas del Río Caritaya aguas arriba del embalse, están contaminadas por las aguas de las lagunas de Amuyo tal como se presenta en la Figura 6.27.

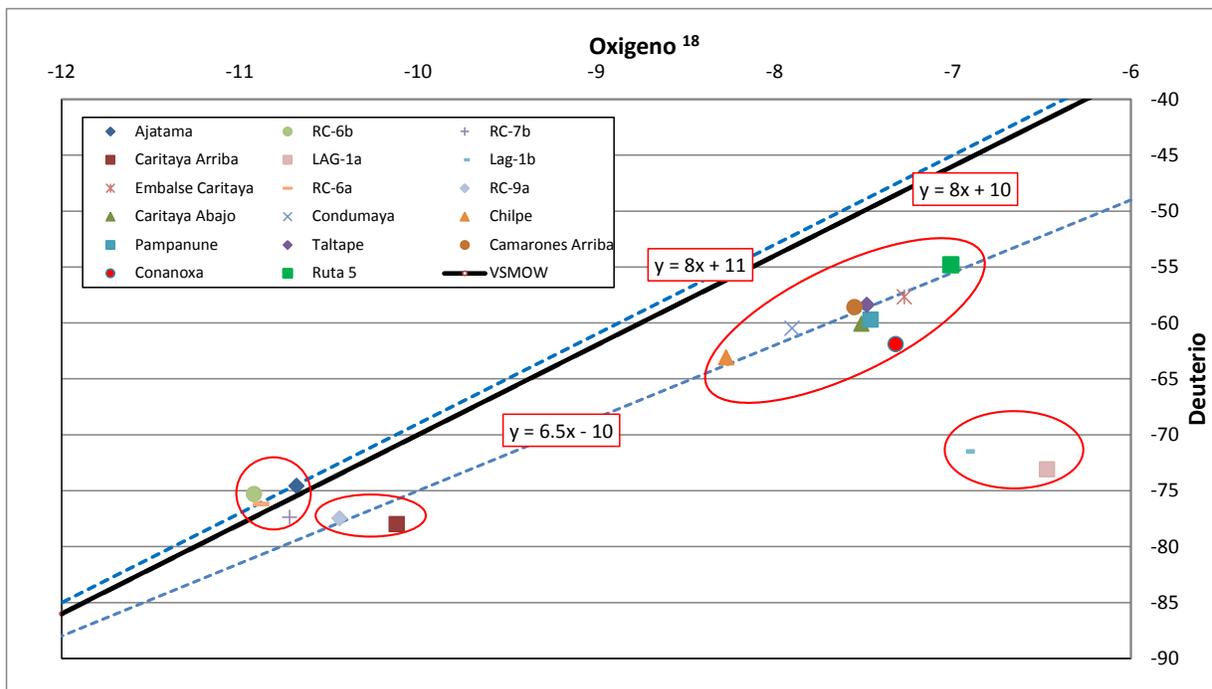
En la Figura 6.27 se observa la línea de tendencia en la cual se mueven las aguas evaporadas, específicamente con poca humedad. Esta clasificación corresponde a las aguas del Río Caritaya desde el embalse hacia aguas abajo y a las aguas de todo el Río Camarones. Las aguas son sometidas a evaporación dentro del embalse y a medida que avanzan a través del Río.

Se destaca que tras la confluencia de ambos tributarios (Condamaya), las aguas presentan un empobrecimiento de isotopos pesados debido a las aguas del Río Ajatama.

A medida que las aguas escurren hacia aguas abajo, estas continúan el proceso de evaporación, enriqueciéndose con isótopos pesados. Además tienden a cambiar la pendiente de evaporación, dada la humedad presente en la parte baja de la cuenca producida por la camanchaca.

Finalmente en la Figura 6.28 se presenta un compilado de las muestras isotópicas del Río Camarones, en la cual se observa con claridad los 4 grupos de aguas mencionados anteriormente. Se destaca que las aguas del Río Ajatama son muy similares a las del Río Caritaya aguas arriba de las lagunas de Amuyo.

Figura 6.28: Análisis isotópico Río Camarones



De los resultados se puede concluir que como punto de recarga se identifica claramente el sector de las Lagunas de Amuyo. Por otra parte, las demás zonas no presentan una distinción tan clara, pero se puede comentar la anomalía del ^{18}O que presenta el sector de Conanoxa, en donde posiblemente existan afloramientos de flujos subsuperficiales que expliquen dicho comportamiento.

7 CAMPAÑAS DE AFOROS

Dado que el objetivo principal del estudio fue determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca y los aforos son un método directo para cuantificar el recurso hídrico dentro de la cuenca, la campaña de estos aforos se transformó en la primera prioridad.

Se realizaron dos aforos en cada punto, con el fin de evitar errores. La metodología de aforo consistió en medir la velocidad de escurrimiento del cauce cada 0,5 [m] en la horizontal y cada 10 [cm] en la vertical. Luego se calcula la velocidad promedio para cada sección horizontal y se multiplica por su área con el fin de obtener el caudal que pasa por ese tramo. Finalmente se suman todos los caudales por tramo y se obtiene el caudal total que escurre por cada sección.

Aforar tan solo en las desembocaduras de las subcuencas presentadas en la Tabla 7.1 no es suficiente para determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca. Es por esto que se dividió la cuenca del Río Ajatama-Camarones, en una mayor cantidad de tramos, las cuales son detallados en la Tabla 7.2.

Cabe mencionar que las alturas máximas de los tramos presentadas en la Tabla 7.2, están referidas a la cota máxima de la cuenca, perteneciente a la cuenca del Río Ajatama con 5.556 [m.s.n.m.], por lo que también las áreas y longitudes del cauce principal están referidas a dicha cota.

Tabla 7.1: Información distintas cuencas y subcuencas.

Cuenca	Área [km ²]	Perímetro [km]	Altura mínima [m.s.n.m.]	Altura máxima [m.s.n.m.]	Desembocadura	
					UTM WGS 84 HUSO 19	
					NORTE [m]	ESTE [m]
Camarones	2.317	289	78	5.556	7.881.311	374.972
Caritaya	448	102	2.919	5.303	7.904.864	455.894
Ajatama	432	95	2.919	5.556	7.904.905	455.925
Quebrada Humallani	400	137	756	4.528	7.899.003	410.705

El estudio consideró la totalidad de cinco visitas a terreno, para la caracterización de los caudales, en la cuenca, tal como se presenta en la Tabla 7.3 (ver **Anexo E- Campañas de Terreno**).

Tabla 7.2: Características de los tramos aforadas.

Pto.	Tramo	UTM WGS 84 Huso 19		Área [km ²]	L _c [km]	Cota _{min} [m.s.n.m.]	Cota _{max} [m.s.n.m.]	Desnivel [m]	Sector
		Este [m]	Norte [m]						
1	Ajatama	468.772	7.905.966	636	21	3.620	5.556	1.936	Cuencas Cabeceras
2	Caritaya A. Arriba Embalse	469.354	7.894.001	250	22	3.661	5.343	1.682	
3	Tributario Caritaya	468.950	7.895.268	32	9	3.615	4.399	784	
4	Caritaya A. Abajo Embalse	464.322	7.897.678	365	28	3.602	5.343	1.741	
5	Condumaya	448.279	7.904.491	960	45	2.351	2.920	3.205	Alto
6	Chilpe	434.793	7.905.388	1.185	57	1.565	5.556	3.991	
7	Pampanune	426.928	7.902.708	1.326	67	1.187	5.556	4.369	Medio
8	Taltape	415.977	7.897.420	1.444	77	845	5.556	4.711	Bajo
9	Puente Camarones	409.682	7.898.094	1.889	82	720	5.556	4.836	
10	Conanoxa	396.269	7.893.584	1.926	100	710	5.556	4.846	
11	Camarones en Ruta 5	375.239	7.881.361	2.317	121	78	5.556	5.478	

Tabla 7.3: Resumen de campañas a terreno

Fecha	Campaña
21-24 de abril de 2015	Reconocimiento del área de estudio
14-25 de junio de 2015	Campaña de Aforos I
2-7 de agosto de 2015	Campaña de Aforos II
27-29 de septiembre de 2015	Campaña de Aforos III
23-25 de noviembre de 2015	Campaña de Aforos IV
16-18 de Enero de 2016	Campaña de Aforos V

7.1 Campañas de Terreno 21, 23 y 24 de Abril

En esta primera campaña, se efectuó un recorrido de más de 500 [km] por el área de estudio, reconociendo rutas, poblados, predios, obras hidráulicas como canales, bocatomas, el embalse Caritaya, entre otros, como a su vez identificar los posibles lugares para efectuar aforos dentro del río.

El día 23 de abril se acompañó a hidromensor de la DGA a realizar un aforo en la estación fluviométrica Río Camarones en Chilpe y se obtuvo un caudal de 688 [l/s].

7.2 Campaña de Aforos I - 14 a 25 de Junio

En la Tabla 7.4 se presentan las mediciones de caudales efectuadas en la primera campaña de aforos. Ejecutada en el mes de junio del 2015. Se incluye el área total, caudal y el error asociado entre ambas mediciones.

Tabla 7.4: Mediciones de caudales, primera campaña de aforos

Pto.	Aforo Campaña I	Medición	Área total [m²]	Caudal [l/s]	Error intermedición [%]
1	Ajatama	1	0,35	196	1,4
		2	0,34	199	
2	Caritaya Aguas Arriba Embalse	1	0,77	433	1,9
		2	0,74	442	
3	Tributario Caritaya	0	0	0	0
4	Caritaya Aguas Abajo Embalse	1	1,04	465	1,6
		2	1,08	457	
5	Condumaya	1	1,11	716	1,2
		2	1,10	708	
6	Chilpe	1	0,95	829	1,9
		2	0,94	845	
7	Pampa Nune	1	0,94	651	0,9
		2	0,94	645	
8	Taltape	1	1,01	742	1,5
		2	1,01	731	
9	Camarones	1	0,62	450	1,8
		2	0,63	442	
10	Conanoxa	1	0,86	713	1,4
		2	0,84	703	
11	Ruta 5	1	2,50	380	1,9
		2	2,50	373	

7.3 Campaña de Aforos II - 2 a 7 de Agosto

En la Tabla 7.5 se presenta los resultados de la segunda campaña ejecutada en el mes de agosto del 2015.

Tabla 7.5: Mediciones de caudales, segunda campaña de aforos

Punto	Aforo Campaña II	Medición	Área total [m²]	Caudal [l/s]	Error intermedición [%]
1	Ajatama	1	0,32	151	0,3
		2	0,32	151	
2	Caritaya Aguas Arriba Embalse	1	0,57	349	1,9
		2	0,58	356	
3	Tributario Caritaya	0	0	0	0
4	Caritaya Aguas Abajo Embalse	1	1,20	550	1,5
		2	1,19	558	
5	Condumaya	1	1,13	961	1,2
		2	1,10	973	
6	Chilpe	1	1,08	969	1,3
		2	1,11	956	
7	Pampanune	1	1,04	866	0,3
		2	1,03	863	
8	Taltape	1	1,15	811	0,2
		2	1,19	812	
9	Camarones	1	0,68	466	1,2
		2	0,65	472	
10	Conanoxa	1	0,68	465	1,5
		2	0,69	472	
11	Ruta 5	1	2,28	375	0,1
		2	2,23	375	

7.4 Campaña de Aforos III - 27 a 29 de Septiembre

En la Tabla 7.6 se presenta los resultados de la tercera campaña ejecutada en el mes de septiembre del 2015.

Tabla 7.6: Mediciones de caudales, tercera campaña de aforos (septiembre 2015)

Punto	Aforo Campaña III	Medición	Área total [m ²]	Caudal [l/s]	Error intermedición [%]
1	Ajatama	1	0.25	71	1.9
		2	0.25	73	
2	Caritaya Aguas Arriba	1	0.56	368	1.4
		2	0.56	373	
3	Tributario Caritaya	0	0	0	0
4	Caritaya Aguas Abajo	1	1.10	402	1.2
		2	1.13	397	
5	Condumaya	1	1.04	712	1.8
		2	1.01	700	
6	Chilpe	1	1.03	694	1.6
		2	1.05	706	
7	Pampanune	1	0.94	737	1.7
		2	0.96	750	
8	Taltape	1	0.85	568	1.5
		2	0.85	577	
9	Camarones	1	0.53	306	1.6
		2	0.52	301	
10	Conanoxa	1	0.67	398	1.5
		2	0.71	392	
11	Ruta 5	1	0.81	211	1.0
		2	0.81	213	

7.5 Campaña de Aforos IV - 23 a 25 de Noviembre

En la Tabla 7.7 se presenta los resultados de la cuarta campaña ejecutada en el mes de noviembre del 2015. En esta campaña fue imposible realizar las mediciones en Caritaya Aguas abajo del Embalse dada la alta densidad de algas en la sección. Este crecimiento se debe probablemente al aumento repentino de nutrientes provenientes del vaciamiento del embalse, iniciado a mediados de septiembre, con el fin de reparar sus válvulas.

Tabla 7.7: Mediciones de caudales, cuarta campaña de aforos (noviembre 2015)

Punto	Aforo Campaña IV	Medición	Área total [m ²]	Caudal [l/s]	Error intermedición [%]
1	Ajatama	1	0.3	146	1.8
		2	0.3	143	
2	Caritaya Aguas Arriba	1	0.6	355	1.9
		2	0.6	348	
3	Tributario Caritaya	0	0	0	0
5	Condumaya	1	1.0	525	1.4
		2	1.0	532	
6	Chilpe	1	0.3	698	1.6
		2	0.4	686	
7	Pampanune	1	0.8	524	0.3
		2	0.8	523	
8	Taltape	1	0.6	380	1.8
		2	0.7	374	
9	Camarones	1	0.4	218	1.3
		2	0.5	216	
10	Conanoxa	1	0.4	221	1.8
		2	0.4	225	
11	Ruta 5	1	0.8	191	1.7
		2	0.7	194	

7.6 Campaña de Aforos V – 16 a 18 de Enero 2016

En la Tabla 7.8 se presenta los resultados de la quinta campaña ejecutada en el mes de enero del 2016.

Tabla 7.8: Mediciones de caudales, quinta campaña de aforos (enero 2016)

Punto	Aforo Campaña V	Medición	Área total [m ²]	Caudal [l/s]	Error intermedición [%]
1	Ajatama	1	0,33	160	0,1
		2	0,31	160	
2	Caritaya Aguas Arriba	1	0,56	307	1,8
		2	0,57	313	
3	Tributario Caritaya	0	0	0	0
4	Caritaya Aguas Abajo	1	0,88	463	2,0
5	Condumaya	2	0,97	454	1,8
		1	0,73	717	
6	Chilpe	2	0,72	707	1,9
		1	0,31	600	
7	Pampanune	2	0,30	612	1,1
		1	0,91	547	
8	Taltape	2	0,94	541	1,2
		1	0,75	573	
9	Camarones	2	0,80	567	1,8
		1	0,36	161	
10	Conanoxa	2	0,37	158	1,1
		1	0,40	159	
11	Ruta 5	1		3	-
12	AA Laguna Roja	1	0,4	159	1,1
		2	0,38	158	

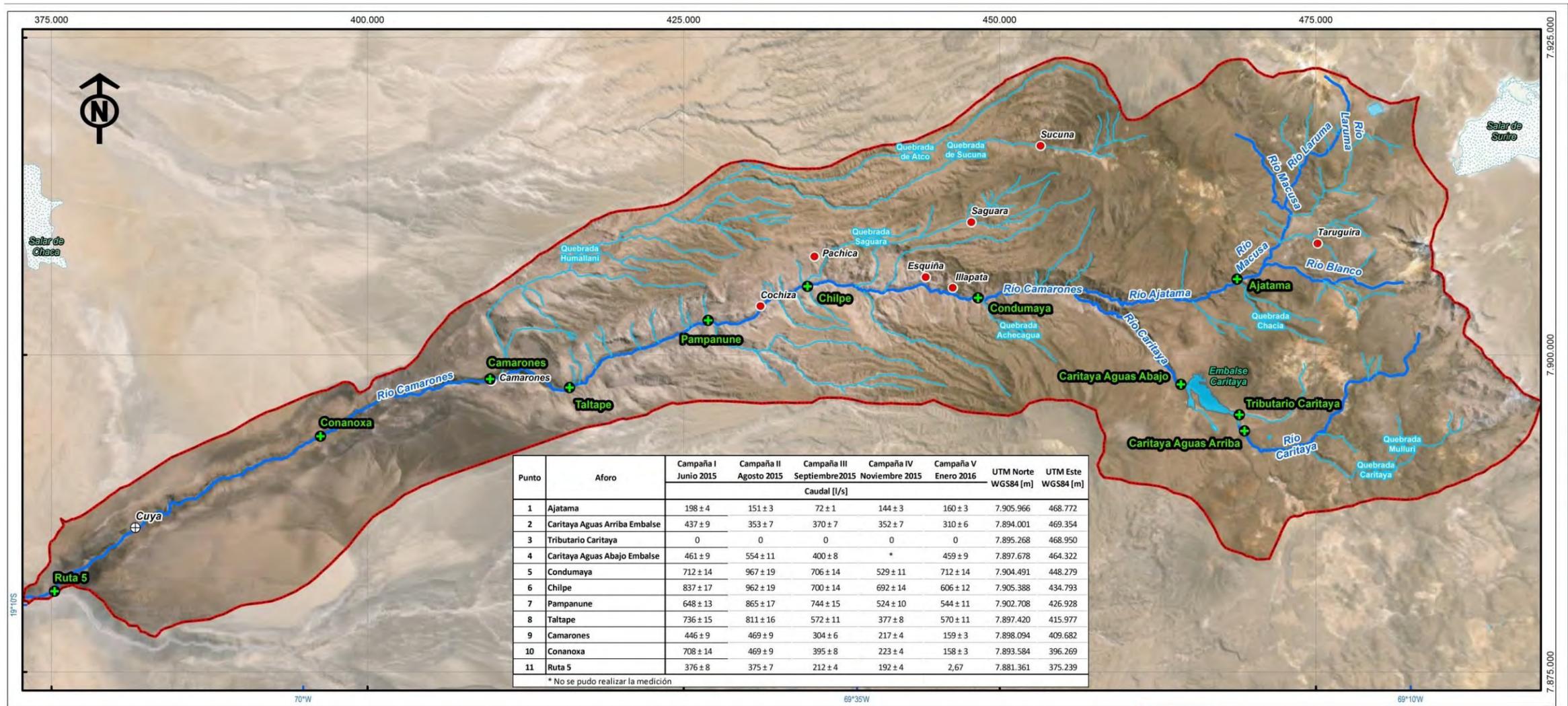
7.7 Resultados Campañas Aforos – Año 2015 y Enero 2016

En la Tabla 7.9 se presenta el resultado de las 5 campañas hidrométricas efectuadas hasta la fecha en la zona de estudio, con aforos sistemáticos en 11 puntos a los largo de toda la cuenca.

Tabla 7.9: Resumen aforos campañas I, II, III, IV y V- año 2015 y enero 2016

Punto	Aforo	Campaña				
		I 16-19 Junio 2015	II 3-5 Agosto 2015	III 27-29 Septiembre 2015	IV 23-25 Noviembre 2015	V 15-21 Enero 2016
		Caudal [l/s]				
1	Ajatama	197,5	151,0	71,9	144,4	159,8
2a	Aguas Arriba Lagunas Amuyo	-	-	-	381,2	158,4
2	Caritaya Aguas Arriba Embalse	437,5	352,5	370,4	351,7	310,1
3	Tributario Caritaya	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	Caritaya Aguas Abajo Embalse	461	554	400	Medición Anómala	459
Caudal Almacenado Embalse (2+3-4)		-23,5	-201,5	-29,4		-148,8
Caudal pasante a Río Camarones (1+4)		658,5	705,0	471,7		618,7
5a	Conдумaya Aguas Arriba Canal	-	-	-	692,2	712,1
5	Conдумaya	712	967	706,2	528,6	-
Diferencial Río Camarones en Conдумaya (1+4-5)		-53,5	-262,0	-234,5	-	-93,4
6	Chilpe	837,0	962,5	700,0	692,0	605,9
Diferencial Río Camarones en Chilpe (5-6)		-125,5	4,5	6,2	-163,5	106,2
7	Pampa Nune	648,0	864,5	743,8	523,5	544,1
Diferencial Río Camarones en Pampa Nune (6-7)		189,0	98,0	-43,8	168,5	61,7
8	Taltape	736,5	811,5	572,5	377,1	570,0
Diferencial Río Camarones en Taltape (7-8)		-88,5	53,0	171,3	146,4	-25,9
9	Camarones	446,0	469,0	304,0	217,1	159,1
Diferencial Río Camarones en Camarones (8-9)		290,5	342,5	268,5	160,0	410,9
10	Conanoxa	708,0	468,5	395,2	222,7	158,4
Diferencial Río Camarones en Conanoxa (9-10)		-262,0	0,5	-91,2	-5,6	0,8
11	Ruta 5	376,5	375,0	211,9	192	2,7
Diferencial Río Camarones en Ruta 5 (10-11)		331,5	93,5	183,3	30,5	155,7
Posibles aportes flujos subsuperficiales o subterráneos						

Lámina 7.1: Campaña Aforos Cuenca Río Camarones (CP 2015 y Enero 2016)



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
○ Regional	— Internacional	— Río
□ Provincial	— Regional	— Quebrada
⊕ Comunal	— Comunal	— Estero
● Poblado	Camino	— Lago; Laguna
⊗ Área urbana	— Pavimentado	— Salar
	— No pavimentado	— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

— Límites de Unidades	⊕ Aforos
⊗ Área de Estudio	

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Aforos_CP_2015-2016

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

LÁMINA	DIBUJO	CONTROLÓ	FECHA
7.1	R.A.H.	M.M.	MAR 2016

0 1 2 4 6 8 Km

ESCALA 1 : 300.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Campaña de Aforos Cuenca Río Camarones CP 2015-2016

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

8 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

8.1 Descripción Hidrográfica

Al sur de la región de Arica y Parinacota se localiza la cuenca de Camarones, que se extiende por 100 [km] en dirección aproximada SO. El Río Camarones nace de la confluencia a 2.900 [m.s.n.m.] entre el Río Caritaya por el sur, y el Ajatama, por el norte. Esta hoya hidrográfica drena un área total de 2.317 [km²]. El valle limita por el norte con la cuenca de Vitor y por el sur limita con la quebrada de Tana o Camiña. Por la parte alta (Este) limita con la cuenca del salar de Surire y por el Oeste con el Océano Pacífico.

La hoya del Río Camarones tiene un régimen permanente, sin embargo, en sequías prolongadas suelen sumirse sus aguas en las arenas en su curso inferior. El Río Camarones (principal curso de agua de la cuenca) desarrolla su curso en dirección Suroeste, en el que recibe los aportes intermitentes de las quebradas Saguara y Humallani (ver Lámina 8.1), ambas por el norte. Finalmente después de recorrer aproximadamente 97 [km] en un valle estrecho aluvional con un ancho variable entre 25 y 700 [m], donde se desarrollan actividades como la agricultura y la ganadería, desemboca en el océano pacífico en el sector denominado Caleta Camarones. El río tiene una pendiente promedio de 3% entre la costa y el embalse (ver Tabla 8.1 y Figura 8.1).

Tal como se señala, los únicos aportes que recibe de manera permanente el Río Camarones son sus Ríos formadores Ajatama y Caritaya. Los otros tributarios son ocasionales, los que generalmente hacen su aporte en épocas de lluvias, principalmente en el fenómeno denominado como Invierno Altiplánico.

El Río Ajatama, se forma de la unión del Río Macusa y de la quebrada Chacia, los que a su vez se generan de diferentes arroyos y ríos al pie del cordón montañoso cordillerano. Este río tiene un recorrido de aproximadamente 14 [km] hasta su junta con el Río Caritaya.

Por su parte, el Río Caritaya nace aguas arriba de la confluencia del arroyo Veco con la quebrada Guaiguasi. En el tramo inferior del Río Caritaya se ubica el Embalse Caritaya, en el sector donde antiguamente se emplazaba la laguna Pareacota.

Posteriormente, el Río Caritaya sigue su rumbo con dirección Noroeste hasta su confluencia con el Río Ajatama.

La quebrada de Saguara nace de una vertiente, que es aprovechada para el riego de cultivos en la localidad de Saguara y Pachica, en donde descarga al Río Camarones. El agua que aporta a este río, se caracteriza por ser de buena calidad.

A su vez, la quebrada de Humallani se genera de las quebradas de Aico y Sucuna. En su recorrido la tributan algunas vertientes de poca importancia con aguas salobres, que finalmente se une al Río Camarones aguas abajo de la angostura de Taltape.

Tabla 8.1: Perfil longitudinal aproximado del Río Camarones

Distancia aprox. a la costa [km]	Elevación [m.s.n.m.]	Pendiente [%]	Distancia aprox. a la costa [km]	Elevación [m.s.n.m.]	Pendiente [%]
0	16	0,72	55	789	2,68
5	52	0,78	60	923	2,06
10	91	1,18	65	1.026	2,78
15	150	1,44	70	1.165	2,96
20	222	1,76	75	1.313	4,14
25	310	1,26	80	1.520	4,36
30	373	1,4	85	1.738	3,94
35	443	1,4	90	1.935	5,46
40	513	1,82	95	2.208	6,62
45	604	1,74	100	2.539	7,56
50	691	1,96	105	2.917	7,56

Figura 8.1: Esquema del trayecto del Río Camarones y su elevación

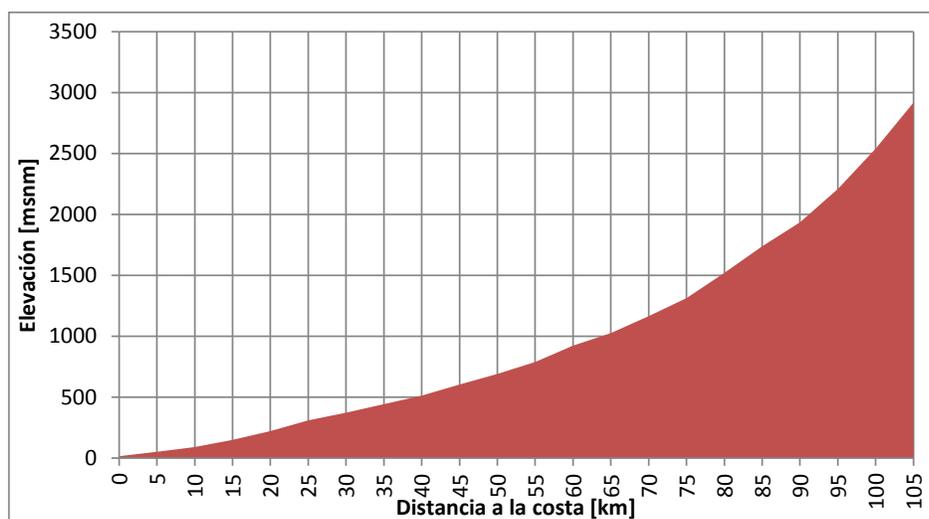
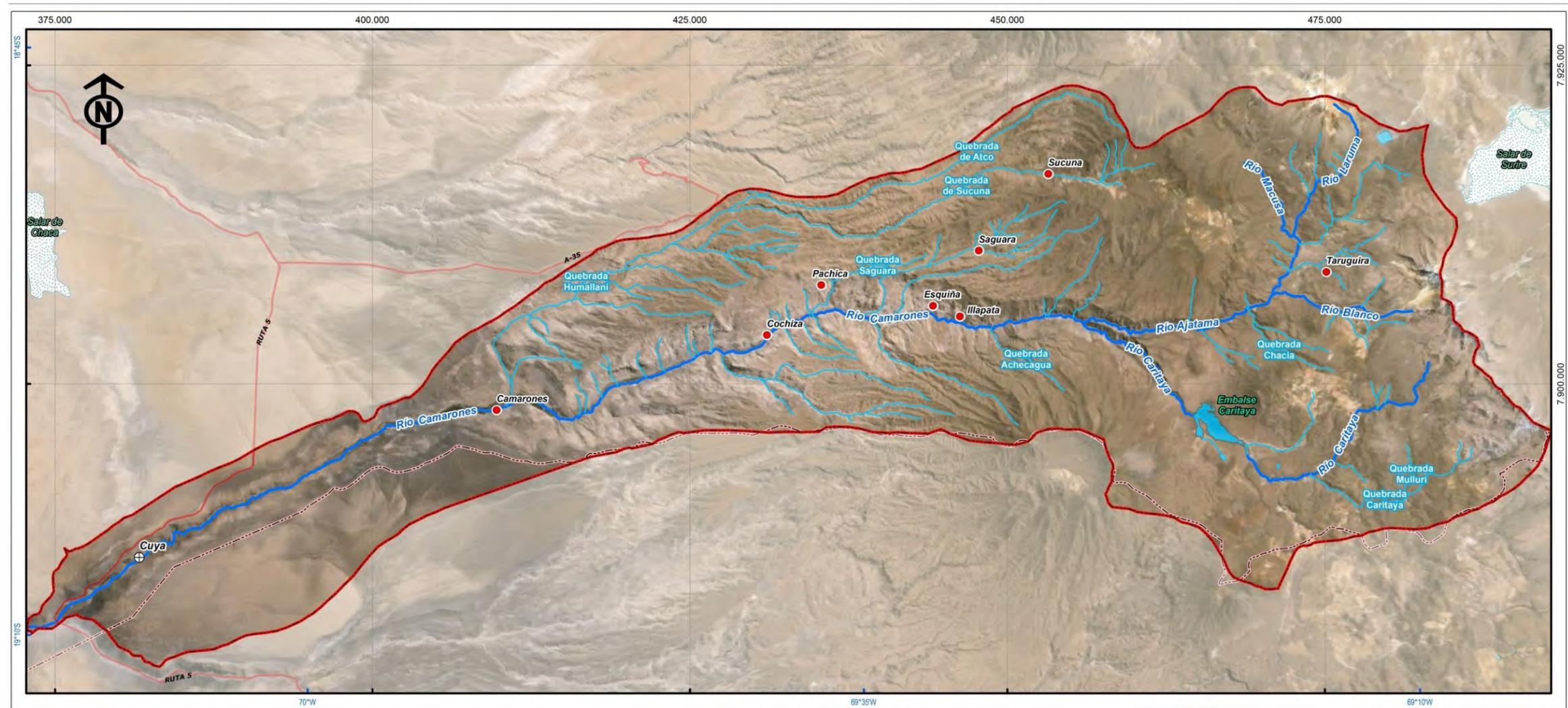


Lámina 8.1: Red de Drenaje Cuenca Río Camarones



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
○ Regional	— Internacional	— Río
□ Provincial	— Regional	— Quebrada
⊕ Comunal	— Comunal	— Estero
● Poblado	Caminos	— Lago; Laguna
⊗ Área urbana	— Pavimentado	— Salar
	— No pavimentado	— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

— Límites de Unidades
— Área de Estudio

URL:
X://SIG/mxd/Lámina_Red_de_Drenaje_Cuenca_Río_Camarones

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

LÁMINA 8.1 **DIBUJÓ** R.A.H. **CONTROLÓ** M.M. **FECHA** MAR 2016

ESCALA 1 : 300.000

0 1 2 4 6 8 Km

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Red de Drenaje Cuenca Río Camarones

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

De acuerdo a lo presentado en el informe de la Universidad de Tarapacá (2009), las fuertes lluvias que caen durante la temporada de verano provocan violentas crecidas, lo que implica que en Conanoxa escurra el 50% del volumen anual en los meses de Enero a Abril, repartiéndose su caudal en forma homogénea durante el resto del año. Esto se debe a que el área que recibe las mayores precipitaciones (cuenca alta) posee un efecto de regulación debido a los siguientes factores:

- En la zona más alta de la cuenca, que posee clima de hielo por efecto de altura, se produce una fusión lenta y distribuida a lo largo del año.
- La cuenca, en general está caracterizada por suelos de textura gruesa y con pendiente medias a bajas, por lo que se constituye en un sector favorable a la infiltración. Se produce así una regulación del agua que pasa por el valle, que se caracteriza por un flujo más o menos plano, sin acusar la fuerte variabilidad de las cuencas más bajas.

En la hoya hidrográfica del Río Camarones, la DGA cuenta con 2 estaciones fluviométricas, las que se presentan en la Tabla 8.2 y Lámina 8.2.

Tabla 8.2: Estaciones fluviométricas de la DGA en cuenca de Camarones

Código BNA	Nombre	UTM WGS 84 H19S		Altitud [m.s.n.m.]	Fecha Inicio	Suspensión
		Este [m]	Norte [m]			
01502002-4	Río Camarones en Conanoxa	7.8935.78	396.231	710	01-01-1968	No suspendida
01502008-3	Río Camarones en Chilpe	7.904.972	434.543	1.565	01-12-2005	No suspendida

En la Figura 8.2 se presenta la curva de variación estacional de la estación Río Camarones en Conanoxa.

Respecto de la estación Río Camarones en Chilpe, ésta posee registros de bajo peso estadístico (sólo cuatro años completos), por lo que no fue considerada para el análisis de disponibilidad.

Para el análisis, se considera un año hidrológico que comienza en septiembre, de manera de lograr graficar de forma óptima las crecidas provocadas por el invierno altiplánico.

Se aprecian los caudales máximos en la época estival originados por el invierno altiplánico. Los meses de junio y julio presentan un leve aumento en los caudales, la cual se asocia a las escasas lluvias invernales.

El caudal medio anual de la estación Río Camarones en Conanoxa es 0,53 [m³/s].

Figura 8.2: Curva de variación estacional estación Río Camarones en Conanoxa

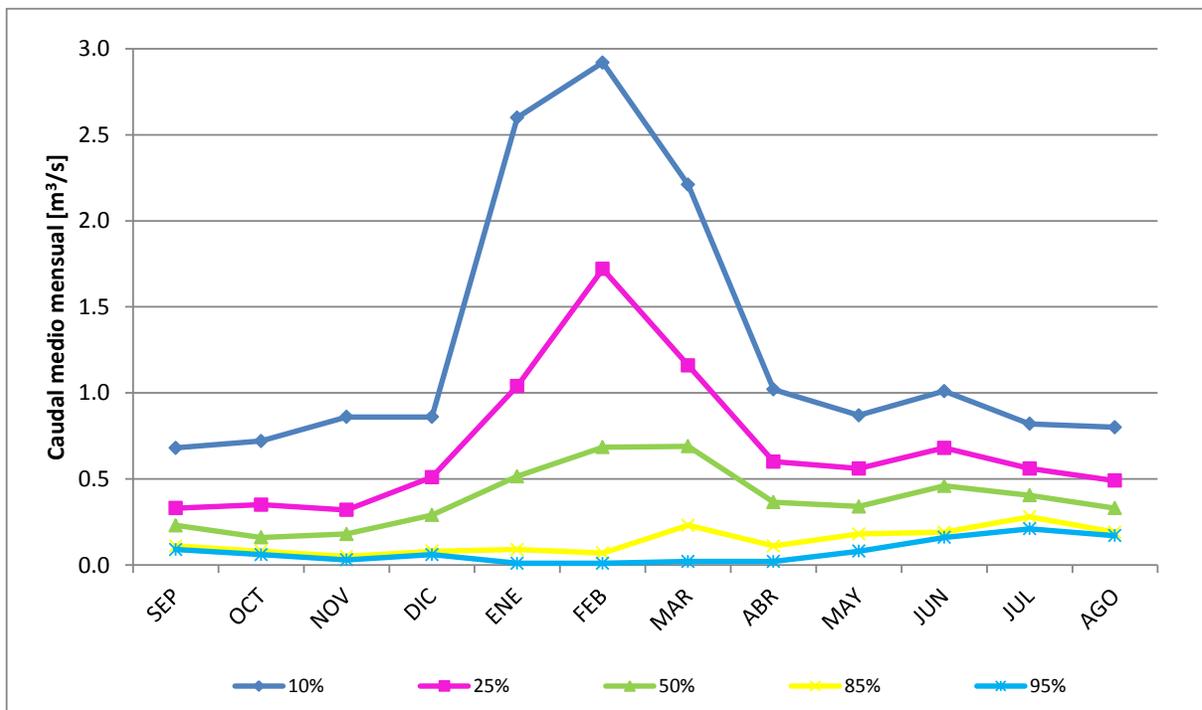
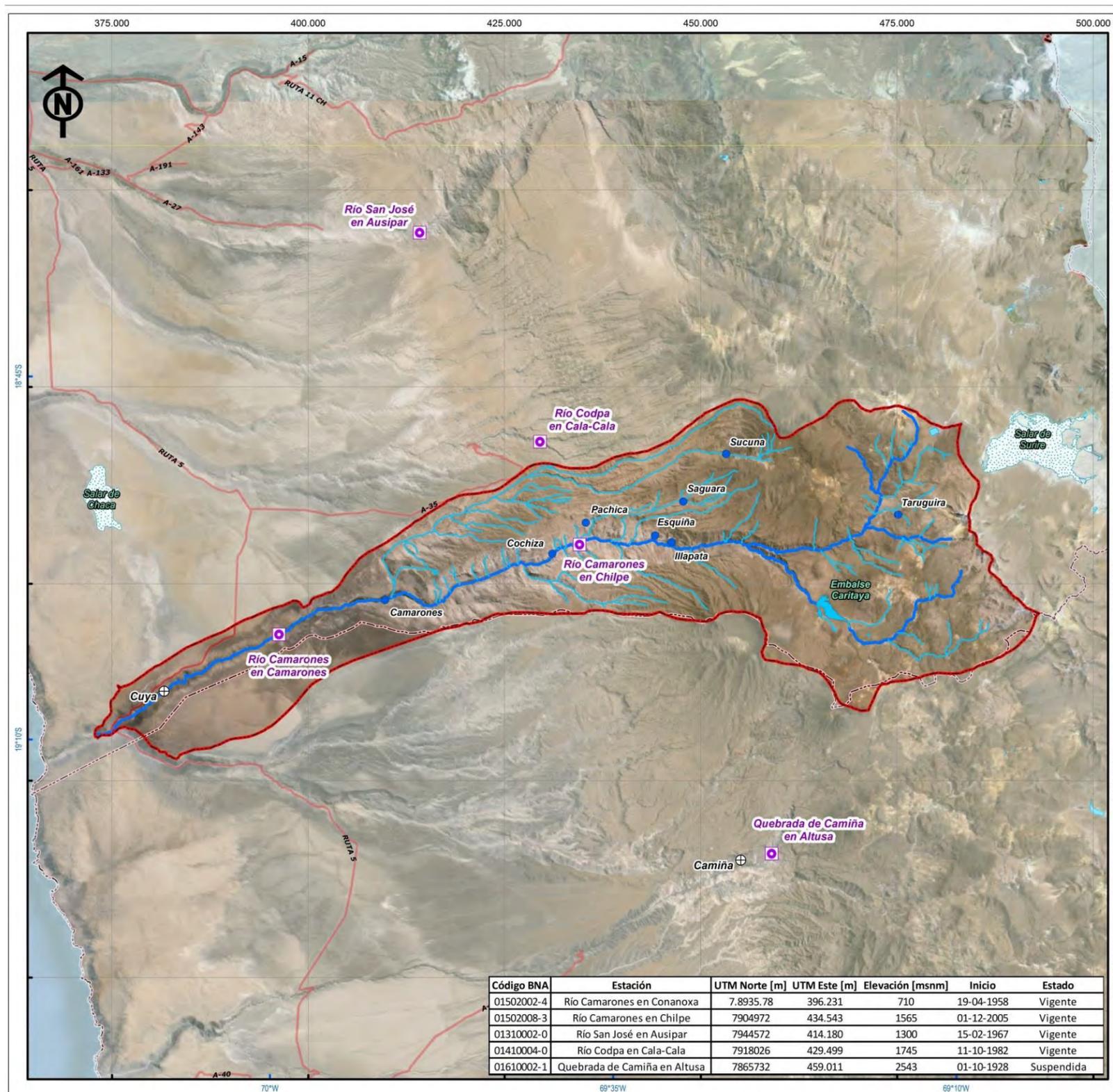


Lámina 8.2: Estaciones Fluviométricas Existentes en la Zona de Estudio



Código BNA	Estación	UTM Norte [m]	UTM Este [m]	Elevación [msnm]	Inicio	Estado
01502002-4	Río Camarones en Conanoxa	7.8935.78	396.231	710	19-04-1958	Vigente
01502008-3	Río Camarones en Chilpe	7904972	434.543	1565	01-12-2005	Vigente
01310002-0	Río San José en Ausipar	7944572	414.180	1300	15-02-1967	Vigente
01410004-0	Río Codpa en Cala-Cala	7918026	429.499	1745	11-10-1982	Vigente
01610002-1	Quebrada de Camiña en Altusa	7865732	459.011	2543	01-10-1928	Suspendida

SIMBOLOGÍA BASE

<p>Asentamientos</p> <p>Capital</p> <ul style="list-style-type: none"> Regional Provincial Comunal Poblado Área urbana 	<p>Límite Político administrativo</p> <ul style="list-style-type: none"> Internacional Regional Comunal <p>Caminos</p> <ul style="list-style-type: none"> Pavimentado No pavimentado 	<p>Hidrografía</p> <ul style="list-style-type: none"> Río Quebrada Estero Lago; Laguna Salar Embalse Glaciares
--	---	--

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

<p>Límites de Unidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Área de Estudio 	<ul style="list-style-type: none"> Estación Fluviométrica
---	--

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)

Value

High : 5571

Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Estaciones Fluviométricas existentes en la Zona de Estudio

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Estaciones_Fluviométricas

INFORMACIÓN GEODÉSICA

- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

- Sistema de Coordenadas U.T.M.
- Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN

- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUICIO REGIONAL

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
8.2	R.A.H.	M.M.	MAR 2016

ESCALA	1 : 500.000
--------	-------------

110

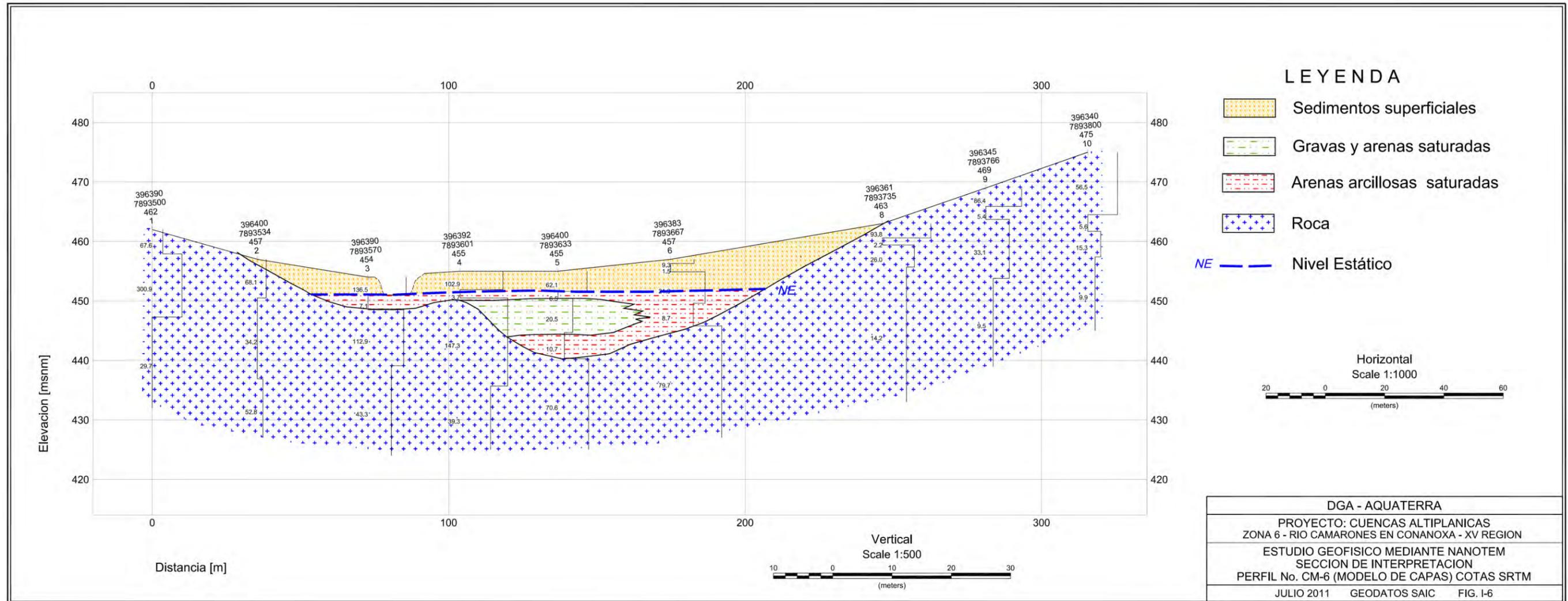
8.2 Flujos Subterráneos en Sector Bajo de la Cuenca (Conanoxa)

La consultora Aquaterra Ingenieros en el año 2011, realizó una campaña de prospecciones geofísicas NanoTem (Figura 8.3) en el sector de la estación fluviométrica Conanoxa, los resultados de dichas mediciones indicaron la presencia de sedimentos superficiales, gravas y arenas saturadas, arenas arcillosas saturadas y roca. La roca basal se encuentra a una profundidad máxima de 15 [m]. Se observa la presencia de un pequeño acuífero, cuya sección es igual a 823 [m²]. También se calculó la conductividad hidráulica a partir de una ponderación entre la conductividad y el área de las arenas, gravas, limos y arcillas encontrados según la prospección geofísica, alcanzando un valor de 5 [m/día].

Por otro lado mediante curvas de nivel, se determinó la pendiente de terreno (asimilada a la del agua subterránea) como $i=0,0104$

Finalmente el caudal subterráneo equivale a 0,5 [l/s], es decir menor al 0,1% del superficial.

Figura 8.3: Perfil NanoTEM en estación fluviométrica Río Camarones en Conanoxa



8.3 Embalse Caritaya

8.3.1 Antecedentes

En la cabecera de la cuenca del Río Camarones, a una altura de 3.600 [m.s.n.m.] y a unos 10 [km] aguas arriba de la confluencia del Río Caritaya con el Río Ajatama, se localiza el embalse Caritaya, el cual fue construido tras la Crisis del Salitre, entre los años 1931 y 1935.

El acceso más rápido y seguro al embalse es por la quebrada Camiña. Existe un camino alternativo que parte desde Tana y se eleva al portezuelo de Vilacoyo a 4.050 [m.s.n.m.] para descender a la pampa Caritaya.

El Embalse Caritaya está constituido (ver Tabla 8.3) básicamente por los siguientes elementos:

- Cuerpo de presa compuesto de enrocados, con taludes externos de 1V:1,5H en ambos paramentos.
- Pantalla de impermeabilización en el paramento de aguas arriba, constituida por losetas de hormigón armado. De 7,50 x 7,50 [m] las inferiores y de 2,50 x 2,50 [m] las superiores.
- Túnel de desvío revestido en hormigón, situado en el estribo izquierdo, con sección medio punto de 4 [m] de base y 3 [m] de altura. Dentro del túnel se encuentran las obras mecánicas de entrega y descarga.
- Evacuador de crecidas, situado en la ladera izquierda del río, formado por un canal excavado en roca de 40 [m] de ancho, sin revestimiento.

Tabla 8.3: Características Embalse Caritaya

Características	Dimensión	Unidad
Altura sobre el nivel del mar	3.600	[m.s.n.m.]
Superficie hoya hidrográfica	453	[km ²]
Capacidad de almacenamiento	38.000.000	[m ³]
Longitud de coronamiento del muro	156	[m]
Ancho del coronamiento	5	[m]
Altura máxima del muro sobre el plano de válvulas	38,50	[m]
Cota Vertedero de Crecidas	3.638	[m.s.n.m.]
Revancha del coronamiento sobre el vertedero	4	[m]
Altura útil del agua	31	[m]
Capacidad vertedero de rebalse	180	[m ³ /s]

En la cuenca aportante al embalse Caritaya, existen afloramientos hidrotermales, los que forman las Lagunas de Amuyo, denominadas Laguna Roja, Amarilla y Verde, cuyas aguas se encuentran teñidas de los colores respectivos. La temperatura promedio del agua de estas lagunas varían entre los 40 – 50 [°C]. Estas aguas ricas en arsénico, boro y sales disueltas, se unen al curso principal del Río Caritaya, afectando su calidad de agua.

Las aguas embalsadas son de mala calidad dada su alta salinidad, presentando altos contenidos de arsénico (As) y boro (B). El estudio UTA (2010) detectó que uno de los principales focos de contaminación de (As) y (B) del Río Caritaya, corresponden a las Lagunas de Amuyo, ubicada en una de las subcuentas aportante al embalse Caritaya.

8.3.2 Situación Actual Embalse Caritaya

Durante el año 2009, fue sometido a un complejo plan de reparación encargado por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), para recuperar su capacidad de acumulación de agua. Esta obra hidráulica permite garantizar una seguridad de riego al valle de Camarones y a su vez colabora en la regulación de crecidas que se generan los veranos con ocasión del fenómeno climático denominado "invierno altiplánico"

Figura 8.4: Muro embalse aguas arriba



8.3.3 Obras de Entrega

El embalse cuenta con dos tuberías de entrega tal como se presenta en la Figura 8.5.

Figura 8.5: Tuberías de entrega



8.3.4 Capacidad de Embalse

De los antecedentes presentados en el estudio desarrollado por la DOH-SMI el año 2006, denominado “Diagnóstico y Diseño Definitivo Reparación Embalse Caritaya”, fue posible determinar que:

- La cota de la obra de evacuación de crecidas es 3.638 [m.s.n.m.], lo que de acuerdo con la curva de embalse significa un volumen máximo a embalsar de 38 [Hm³] para una altura útil del embalse de 31 [m].
- La cota estimada del radiar del túnel es 3.605,5 [m.s.n.m.], pero dada la existencia de sedimento en la zona la topografía refleja valores sobre la cota 3.607 [m.s.n.m.].
- En sus primeros 15 [m] de altura la obra posee una capacidad de regulación 1.5 [Hm³] y entre los 15 y 20 [m] una capacidad de 4.1 [Hm³], produciéndose la gran regulación desde los 20 [m] de altura aproximadamente.

La curva de Embalse y la Curva de Superficie Inundada se presentan en la Figura 8.6 y Figura 8.7.

Figura 8.6: Curva embalse Caritaya

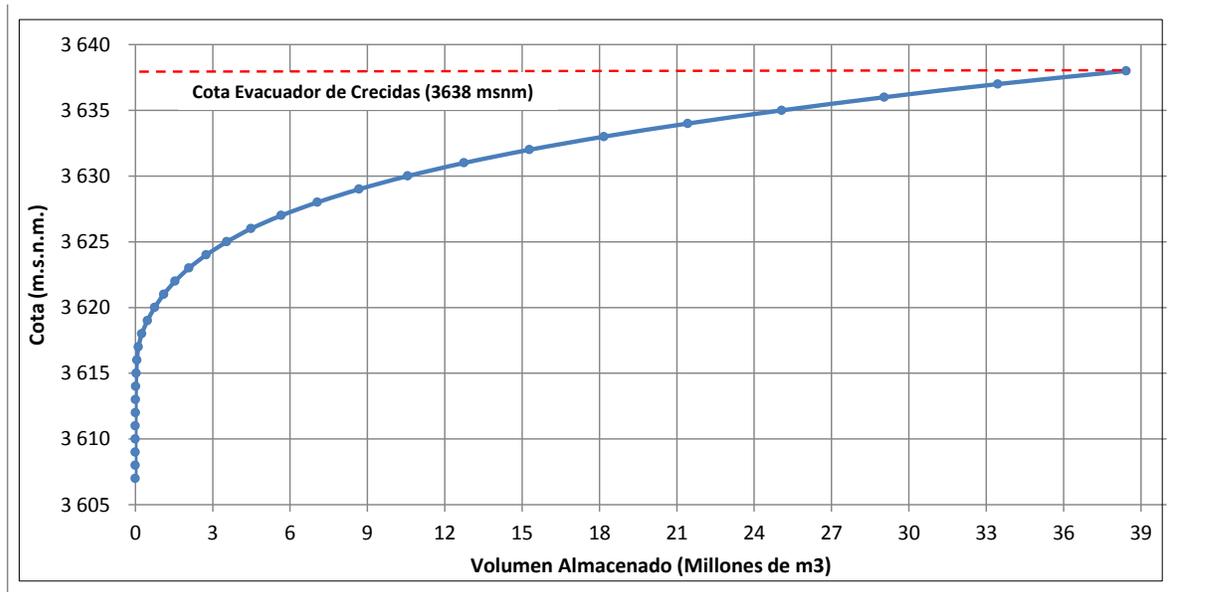


Figura 8.7: Curva superficie inundada Embalse Caritaya

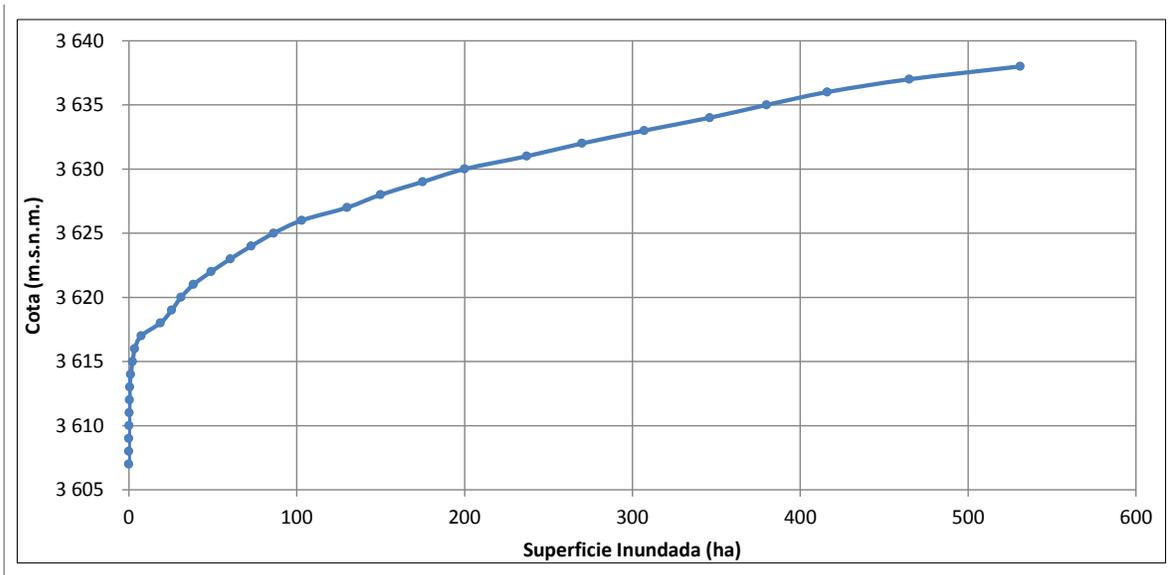


Tabla 8.4: Curva Embalse Caritaya

Cota (m.s.n.m.)	Superficie Inundada (ha)	Δ Volumen (m³)	Volumen Almacenado (Millones de m³)
3.638	531,0	4.976.220	38,43
3.637	465,0	4.403.861	33,45
3.636	416,0	3.983.227	29,05
3.635	380,0	3.631.741	25,07
3.634	346,0	3.263.597	21,43
3.633	307,0	2.886.093	18,17
3.632	270,0	2.536.741	15,28
3.631	237,0	2.186.213	12,75
3.630	200,0	1.877.529	10,56
3.629	175,0	1.627.981	8,68
3.628	150,0	1.400.580	7,06
3.627	130,0	1.162.809	5,66
3.626	103,0	945.64	4,49
3.625	86,3	796.40	3,55
3.624	72,9	667.45	2,75
3.623	60,5	547.69	2,08
3.622	49,0	437.55	1,54
3.621	38,5	347.45	1,10
3.620	31,0	282.13	0,75
3.619	25,5	221.05	0,47
3.618	18,8	130.33	0,25
3.617	7,3	54.22	0,12
3.616	3,5	28.75	0,06
3.615	2,2	16.47	0,03
3.614	1,1	8.13	0,02
3.613	0,6	4.48	0,01
3.612	0,4	2.76	0,01
3.611	0,2	1.52	0,00
3.610	0,1	637,9	0,00
3.609	0,0	228,4	3,25E-04
3.608	0,0	82,6	9,63E-05
3.607	0,0	13,8	1,38E-05

8.3.5 Situación Legal del Embalse

De acuerdo a la revisión de antecedentes legales realizados por SMI, 2008 “Diagnóstico y Diseño Definitivo Reparación Embalse Caritaya, Provincia de Arica, I Región”, se listan las siguientes observaciones:

-
- Decreto Supremo N° 741 del 29 de abril de 1934, del Ministerio de Obras Públicas: se declarara explotación provisoria del embalse Caritaya.
 - Decreto N° 2.427 del 31 de agosto de 1946, del Ministerio de Obras Públicas: declara explotación definitiva de las obras del embalse Caritaya. Este decreto especifica que las obras del embalse y los terrenos que ellas ocupan pasarán a poder de la Caja de Colonización Agrícola a contar del 1º de enero de 1947. Este mismo decreto faculta al director del departamento de riego para firmar, en representación del Fisco, la correspondiente escritura pública para perfeccionar el correspondiente traspaso.
 - De acuerdo con lo informado por el Servicio Agrícola y Ganadero tal escritura pública no fue firmada, por lo cual el traspaso no se concretó. De acuerdo con el decreto N° 2.427 del Ministerio de Obras Públicas, los terrenos que las obras ocupan son de propiedad del Fisco Chileno.
 - Con fecha 23 de Noviembre de 1994, ORD DR 3.967, el Director Nacional de riego solicita al Sr. Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero los antecedentes técnicos legales que sustentan la propiedad del Embalse Caritaya.
 - Con fecha 22 de diciembre de 1994, ORD DR N° 4.341 el Director Nacional de riego solicita al Sr. Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero el traspaso de la propiedad del embalse.
 - Con fecha 29 de diciembre de 1994, el Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero informa que el traspaso que se establecía en el decreto N° 2.427 del 31 de agosto de 1946 **no se concretó mediante firma de escritura pública**, motivo por el cual la propiedad del embalse seguía siendo del Fisco chileno.
 - Con fecha 5 de junio de 1998 el Sr. Ministro de Obras Públicas solicita al Sr. Ministro de Bienes Nacionales disponer a favor de la Dirección de Obras Hidráulicas la pertenencia del embalse Caritaya y sus obras anexas. De acuerdo a lo informado por Bienes Nacionales, en razón de la petición de fecha 5 de junio de 1998, se solicitó al Ministerio de Obras Públicas la documentación correspondiente al proceso de expropiación llevado a cabo para construir el embalse, y así proceder a lo solicitado.

8.4 Morfología Cuencas

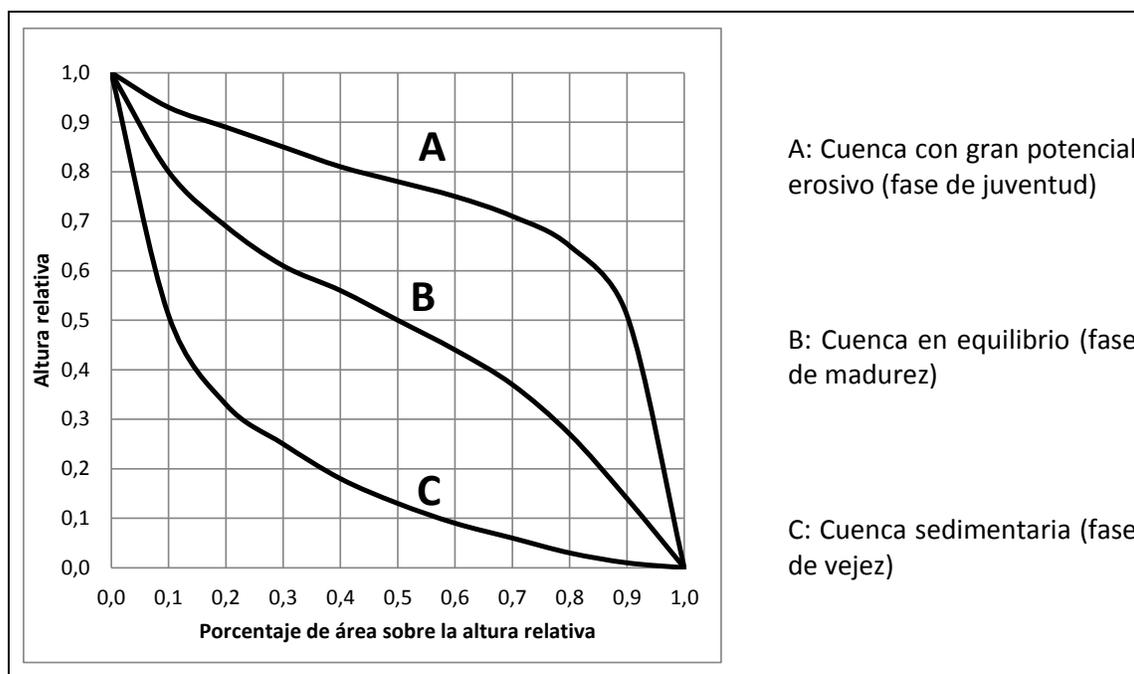
En la Tabla 8.5 se presenta el área de algunas cuencas representativas para el estudio.

Tabla 8.5: Cuencas representativas para el estudio

Cuenca	Área [km ²]	Elevación máxima [m.s.n.m.]
Codpa en Cala Cala	371	5.023
Camiña en Altusa	546	5.362
San José en Ausipar	1.143	5.099
Ajatama	441	5.512
Embalse Caritaya	388	5.325
Condumaya	1.012	5.512
Chilpe	1.224	5.512
Conanoxa	1.985	5.512

Con el fin de realizar una caracterización hidrológica más acabada, se elaboraron curvas hipsométricas para las distintas cuencas involucradas en el estudio. En la Figura 8.8 se presenta la clasificación de las cuencas según las distintas curvas hipsométricas.

Figura 8.8: Clasificación de cuencas según curvas hipsométricas



En la Figura 8.9 (Tabla 8.6) se presentan las curvas hipsométricas de las cinco cuencas utilizadas para realizar la caracterización hidrológica del estudio (ver Lámina 8.3).

Figura 8.9: Curvas hipsométricas para Codpa en Cala Cala, Ajatama, Embalse Caritaya y Camiña en Altusa

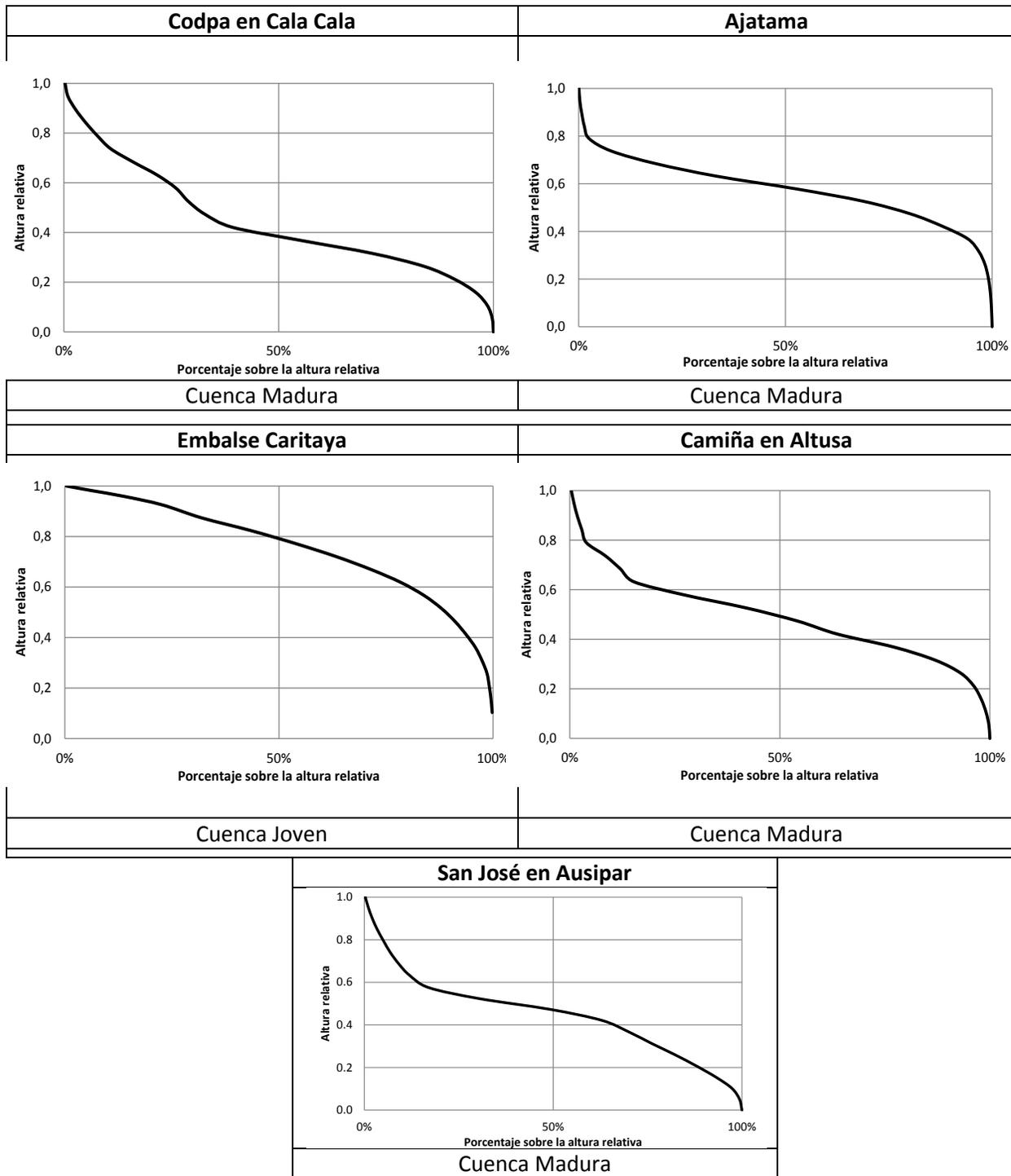


Tabla 8.6: Información curvas hipsométricas para Codpa en Cala Cala, Ajatama, Embalse Caritaya, Camiña en Altusa y San José en Ausipar.

Altura Relativa	Codpa en Cala Cala	Ajatama	Embalse Caritaya	Camiña en Altusa	San José en Ausipar
	% Área				
1,0	0%	0%	0%	0%	0%
0,9	1%	0%	6%	1%	1%
0,9	3%	1%	14%	2%	2%
0,8	5%	1%	23%	3%	3%
0,8	8%	3%	32%	4%	5%
0,7	11%	8%	44%	8%	7%
0,7	16%	19%	54%	12%	9%
0,6	22%	33%	63%	15%	12%
0,6	26%	52%	72%	27%	17%
0,5	29%	69%	79%	42%	30%
0,5	33%	80%	84%	54%	49%
0,4	39%	88%	88%	64%	63%
0,4	55%	94%	91%	77%	70%
0,3	72%	97%	94%	87%	76%
0,3	84%	98%	96%	93%	82%
0,2	91%	99%	97%	96%	88%
0,2	96%	99%	99%	98%	93%
0,1	99%	100%	99%	99%	97%
0,1	100%	100%	100%	100%	99%
0,0	100%	100%	100%	100%	100%

Finalmente en la Figura 8.10 se presenta una comparación de las curvas hipsométricas para las distintas cuencas.

Lámina 8.3: Cuencas Utilizadas para Realizar la Caracterización Hidrológica

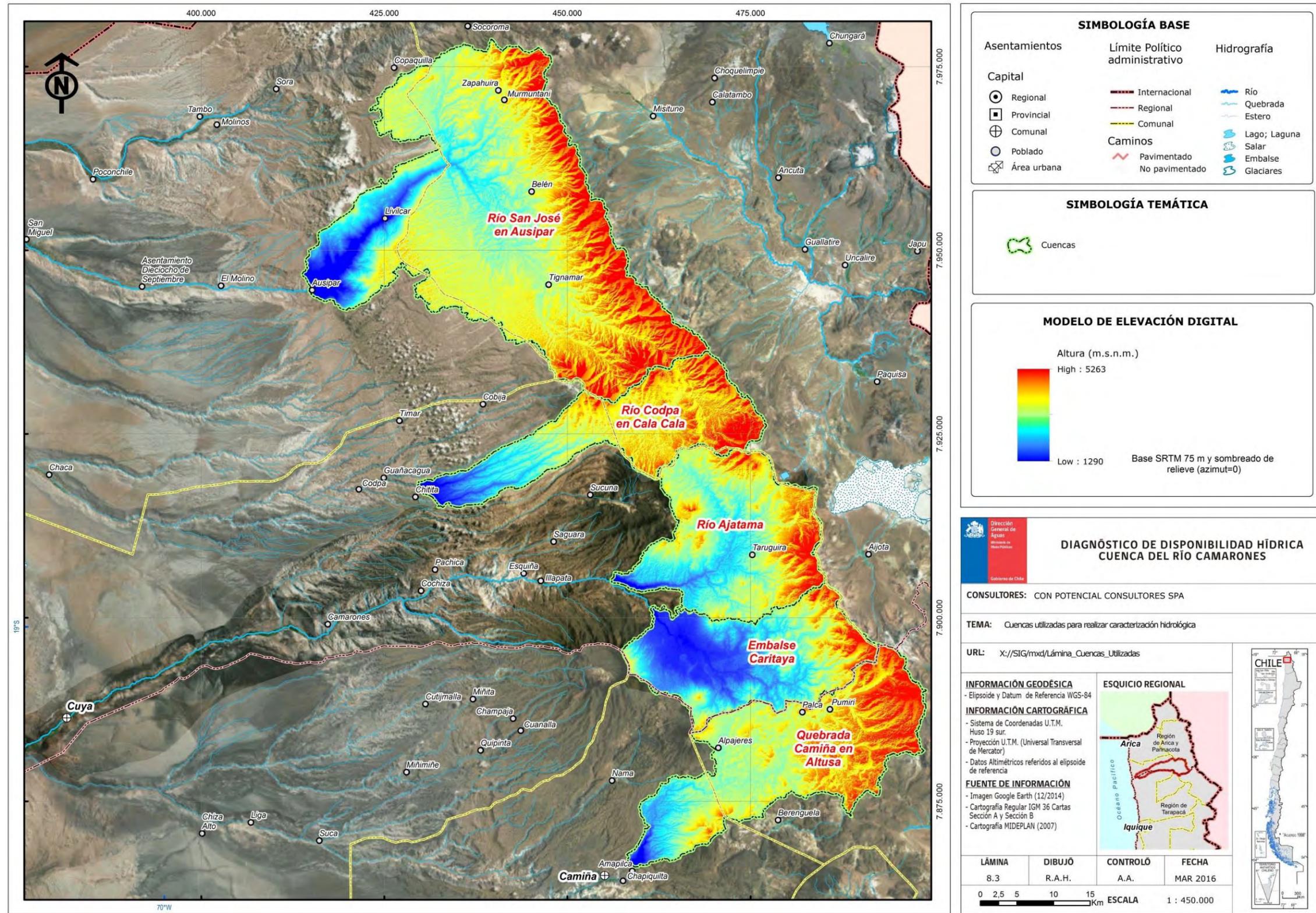
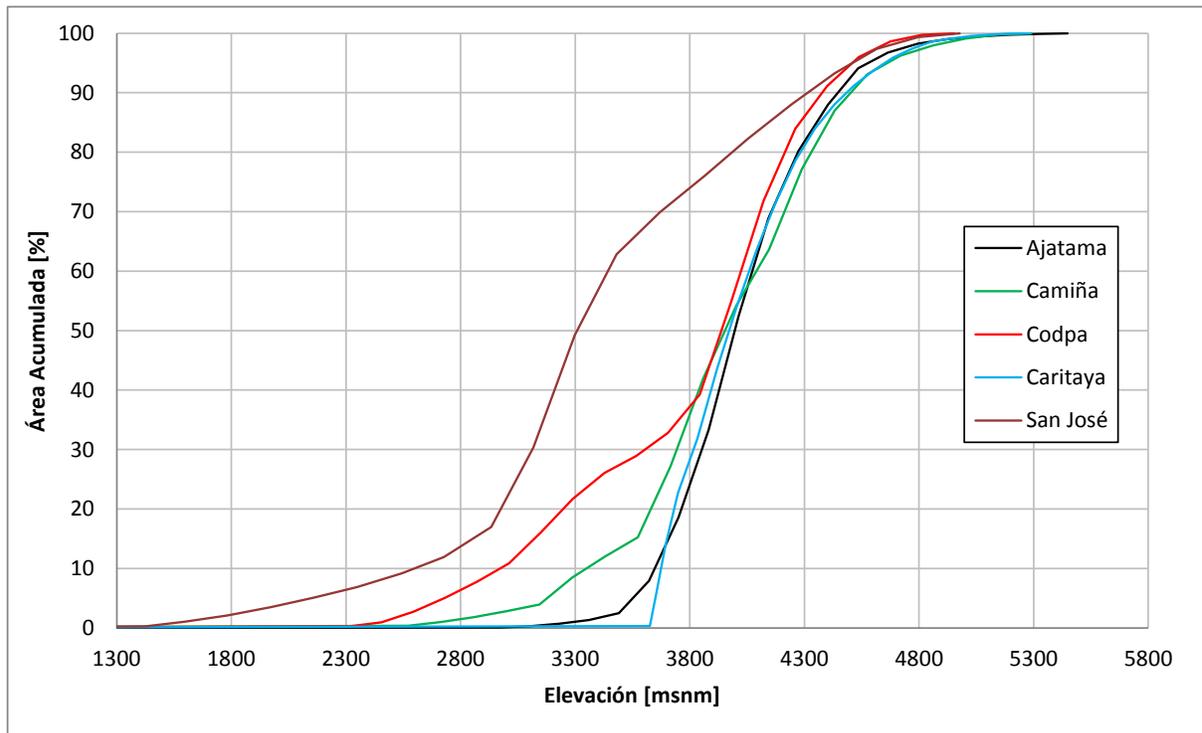


Figura 8.10: Comparación curvas hipsométricas



Además se presentan las curvas hipsométricas modificadas (Figura 8.12 y Tabla 8.7) de la cuenca definida por la estación fluviométrica Chilpe en Camarones y Conanoxa en Camarones. Se definen como modificadas ya que en estas no se considera el área ya incluida en las curvas hipsométricas anteriores. Es decir para la cuenca Chilpe no se consideran las áreas de las cuencas Ajatama y Embalse Caritaya, mientras que para Conanoxa no se consideraron las áreas de las cuencas Ajatama, Embalse Caritaya y Chilpe.

En la Figura 8.11 se muestran las cuencas en cuestión. En color morado aparecen las cuencas Ajatama y Embalse Caritaya, en color blanco la Cuenca Chilpe modificada y en color verde la cuenca Conanoxa modificada, mientras que en color rojo la cuenca del Río Camarones.

Se destaca que al utilizar estas cuencas, se están considerando todos los cauces presentes dentro de las áreas correspondientes.

Figura 8.11: Cuencas modificadas



Figura 8.12: Curvas hipsométricas para Chilpe modificada y Conanoxa modificada

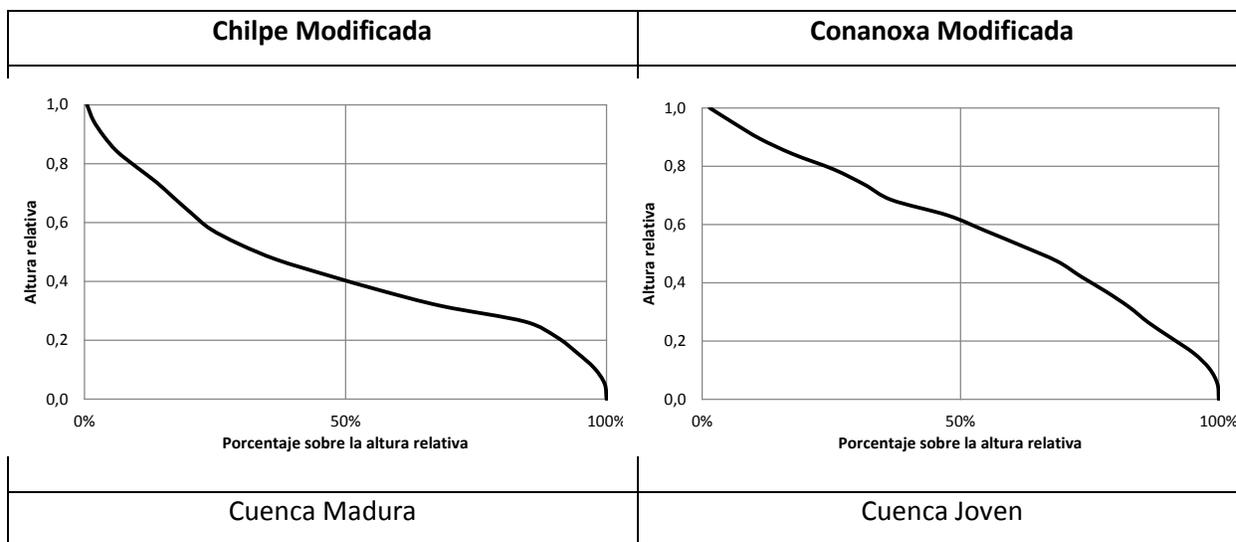


Tabla 8.7: Curvas hipsométricas Chilpe y Conanoxa modificadas

Chilpe Modificada		Conanoxa Modificada	
H relativa	% Área	H relativa	% Área
1,0	0%	1,0	0%
0,9	2%	0,9	3%
0,9	4%	0,9	7%
0,8	6%	0,8	12%
0,8	10%	0,8	18%
0,7	14%	0,7	24%
0,7	17%	0,7	30%
0,6	20%	0,6	37%
0,6	24%	0,6	51%
0,5	30%	0,5	70%
0,5	37%	0,5	83%
0,4	47%	0,4	88%
0,4	57%	0,4	91%
0,3	69%	0,3	93%
0,3	84%	0,3	95%
0,2	90%	0,2	97%
0,2	94%	0,2	98%
0,1	98%	0,1	99%
0,1	100%	0,0	100%
0,0	100%	0,0	100%

8.5 Precipitaciones

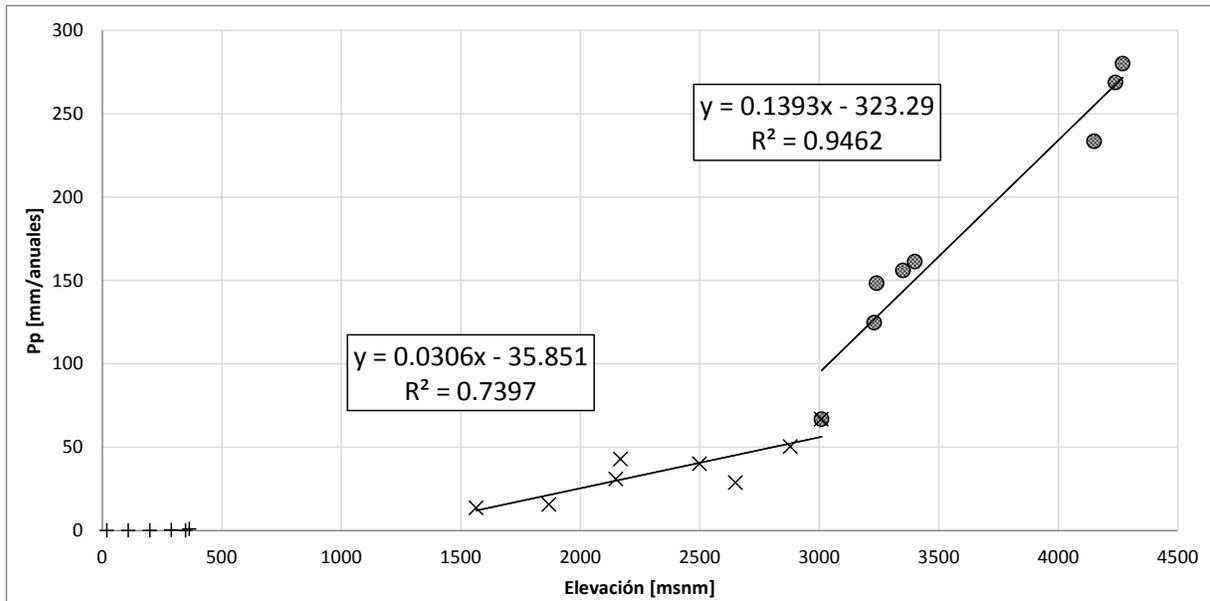
Esta cuenca se ve dominada por un régimen de lluvias convectivas en la parte alta, que ocurren durante el verano austral, donde la escorrentía producto de las lluvias y el escurrimiento subterráneo son significativamente importantes para la disponibilidad hídrica del valle. Las lluvias se concentran entre los meses de Enero y Marzo, al igual que los caudales. Por otra parte, la DGA mide precipitaciones en 4 puntos aguas abajo del embalse (ver Tabla 8.8).

Tabla 8.8: Estaciones pluviométricas con datos disponibles en la Cuenca

Código BNA	Nombre	UTM WGS 84 H 19		Altura [m.s.n.m.]	Año Inicio	Año Suspensión
		Norte [m]	Este [m]			
01501001-0	Caritaya Embalse	7.896.909	464.712	3.600	ene-32	jul-65
01502006-7	Cuya	7.886.317	381.083	200	nov-65	abr-79
01502007-5	Esquiña	7.906.728	443.982	2.170	jul-75	-
01502008-3	Río Camarones en Chilpe	7.905.049	434.581	1.565	dic-05	-

Con el fin de caracterizar las precipitaciones en la cuenca, se elaboró un perfil de precipitaciones en función de la altura (ver Figura 8.13) a partir de la información entregada en la Tabla 8.9 (Lámina 8.4), la cual contiene la información de las estaciones pluviométricas cercanas a la cuenca.

Figura 8.13: Gradiente regional anual de precipitación



El gradiente se separa en tres secciones según altura:

$$\text{Elevación (H) [m.s.n.m.]} \left\{ \begin{array}{ll} H < 1.170 & Pp = 0 \text{ [mm]} \\ 1.170 < H < 3.000 & Pp = 0,036 \cdot H - 35,851 \text{ [mm]} \\ 3.000 < H & Pp = 0,1393 \cdot H - 323,29 \text{ [mm]} \end{array} \right.$$

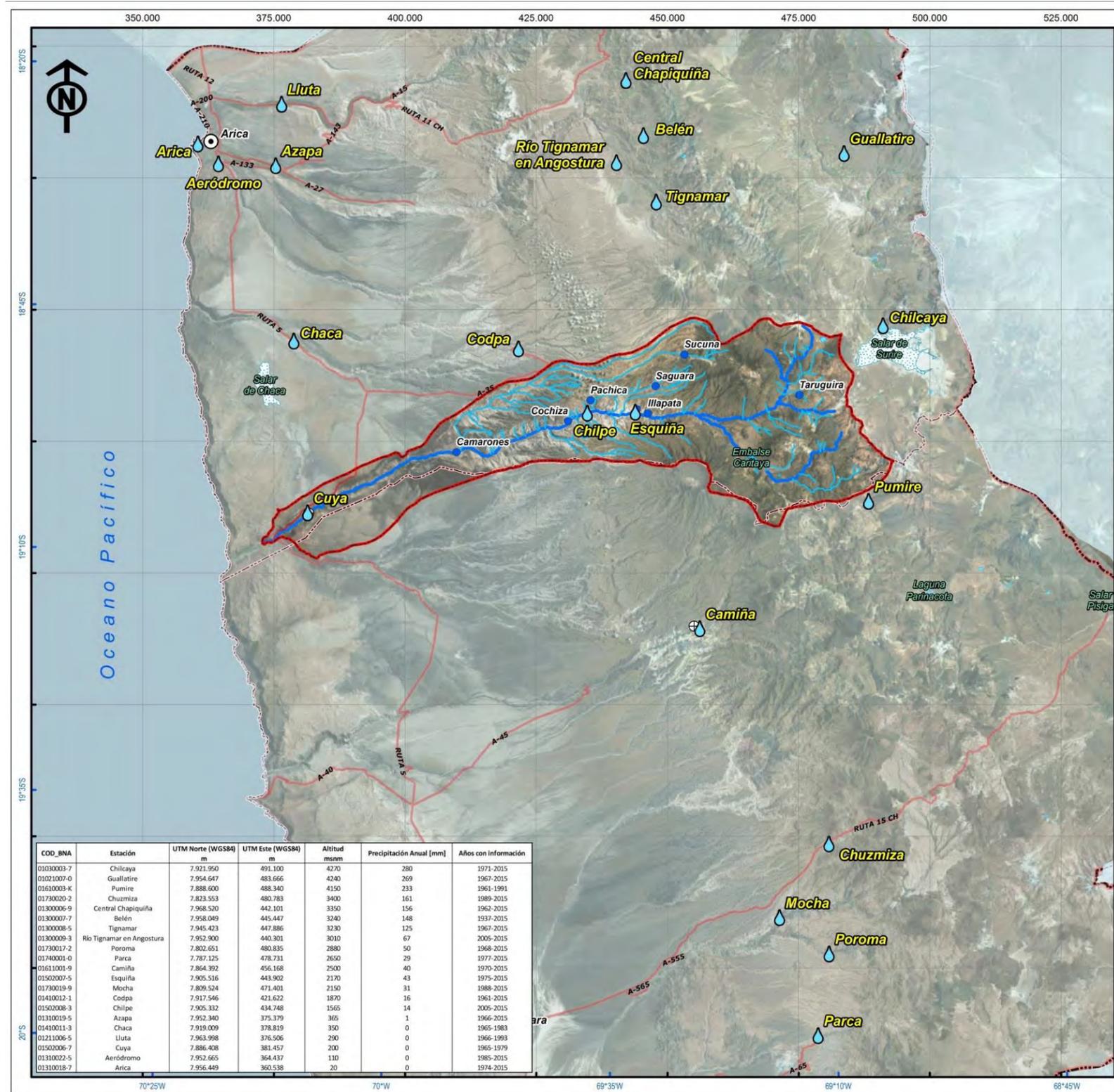
De este mismo modo y para obtener una mejor discretización temporal, se elaboraron perfiles mensuales de precipitación en función de la altura (ver Figura 8.14, Figura 8.15 y Figura 8.16), cuyo

resumen se presenta en la Tabla 8.10. Se debe destacar que el coeficiente de correlación R^2 es pequeño para los meses de menores precipitaciones, lo cual no genera problemas ya que en estos meses la lluvia es prácticamente inexistente.

Tabla 8.9: Estaciones utilizadas en la determinación del gradiente de precipitación

Estación	Código BNA	UTM WGS 84 H19		Altitud	Precipitación Anual [mm]	Años con información
		Este [m]	Norte [m]	[m.s.n.m.]		
Chilcaya	01030003-7	7.921.950	491.100	4.270	280	1971-2015
Guallatire	01021007-0	7.954.647	483.666	4.240	269	1967-2015
Pumire	01610003-K	7.888.600	488.340	4.150	233	1961-1991
Chuzmiza	01730020-2	7.823.553	480.783	3.400	161	1989-2015
Central Chapiquiña	01300006-9	7.968.520	442.101	3.350	156	1962-2015
Belén	01300007-7	7.958.049	445.447	3.240	148	1937-2015
Tignamar	01300008-5	7.945.423	447.886	3.230	125	1967-2015
Río Tignamar en Angostura	01300009-3	7.952.900	440.301	3.010	67	2005-2015
Poroma	01730017-2	7.802.651	480.835	2.880	50	1968-2015
Parca	01740001-0	7.787.125	478.731	2.650	29	1977-2015
Camiña	01611001-9	7.864.392	456.168	2.500	40	1970-2015
Esquiña	01502007-5	7.905.516	443.902	2.170	43	1975-2015
Mocha	01730019-9	7.809.524	471.401	2.150	31	1988-2015
Codpa	01410012-1	7.917.546	421.622	1.870	16	1961-2015
Chilpe	01502008-3	7.905.332	434.748	1.565	14	2005-2015
Azapa	01310019-5	7.952.340	375.379	365	1	1966-2015
Chaca	01410011-3	7.919.009	378.819	350	0	1965-1983
Lluta	01211006-5	7.963.998	376.506	290	0	1966-1993
Cuya	01502006-7	7.886.408	381.457	200	0	1965-1979
Aeródromo	01310022-5	7.952.665	364.437	110	0	1985-2015
Arica	01310018-7	7.956.449	360.538	20	0	1974-2015

Lámina 8.4: Estaciones Pluviométricas Utilizadas



COD_BNA	Estación	UTM Norte (WGS84) m	UTM Este (WGS84) m	Altitud msnm	Precipitación Anual [mm]	Años con información
01030003-7	Chilcaya	7.921.950	491.100	4270	280	1971-2015
01021007-0	Guallatire	7.954.647	483.666	4240	269	1967-2015
01610003-K	Pumire	7.888.600	488.340	4150	233	1961-1991
01730002-2	Chuzmiza	7.823.553	480.783	3400	161	1989-2015
01300006-9	Central Chapiquiña	7.968.530	442.101	3350	156	1962-2015
01300007-7	Belén	7.958.049	445.447	3240	148	1937-2015
01300008-5	Tignamar	7.945.423	447.886	3230	125	1967-2015
01300009-3	Río Tignamar en Angostura	7.952.900	440.301	3010	67	2005-2015
01730017-2	Poroma	7.802.651	480.835	2880	50	1968-2015
01740001-0	Parca	7.787.125	478.731	2650	29	1977-2015
01611001-9	Camiña	7.864.392	456.168	2500	40	1970-2015
01502007-5	Esquiña	7.905.516	443.902	2170	43	1975-2015
01730019-9	Mocha	7.809.524	471.401	2150	31	1988-2015
01410012-1	Codpa	7.917.546	421.622	1870	16	1961-2015
01502008-3	Chilpe	7.905.332	434.748	1565	14	2005-2015
01310019-5	Azapa	7.952.340	375.379	365	1	1966-2015
01410011-3	Chaca	7.919.009	378.819	350	0	1965-1983
01211006-5	Lluta	7.963.998	376.506	290	0	1966-1993
01502006-7	Cuya	7.886.408	381.457	200	0	1965-1979
01310022-5	Aeródromo	7.952.665	364.437	110	0	1985-2015
01310018-7	Arica	7.956.449	360.538	20	0	1974-2015

SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos Capital ● Regional ■ Provincial ⊕ Comunal ● Poblado ⊗ Área urbana	Límite Político administrativo --- Internacional --- Regional --- Comunal Caminos --- Pavimentado --- No pavimentado	Hidrografía 〰 Río 〰 Quebrada 〰 Estero 〰 Lago; Laguna 〰 Salar 〰 Embalse 〰 Glaciares
--	--	--

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades

📍 Área de Estudio 💧 Estación Pluviométrica

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
 Value
 High : 5571
 Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Estaciones Pluviométricas utilizadas

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Estaciones_Pluiométricas

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEJO REGIONAL

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
8.4	R.A.H.	M.M.	MAR 2016

ESCALA	1 : 750.000
--------	-------------

Figura 8.14: Gradiente regional mensual (septiembre-diciembre) de precipitación

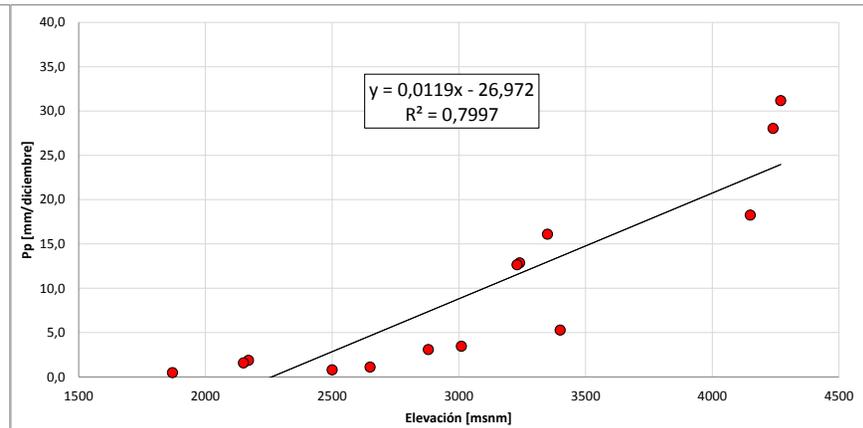
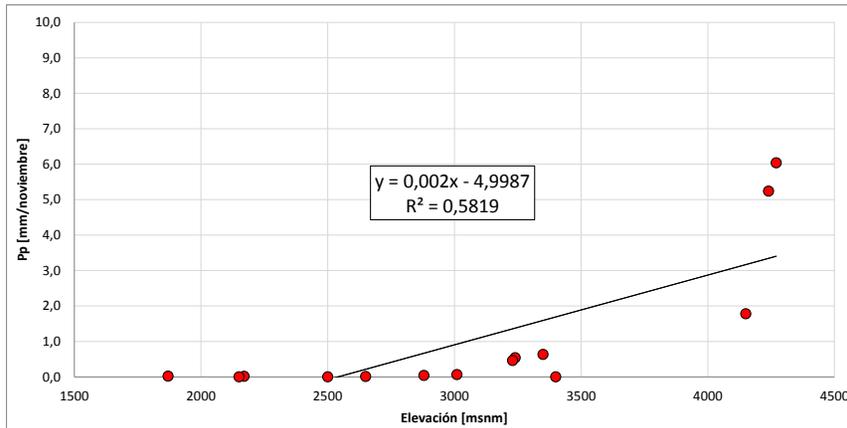
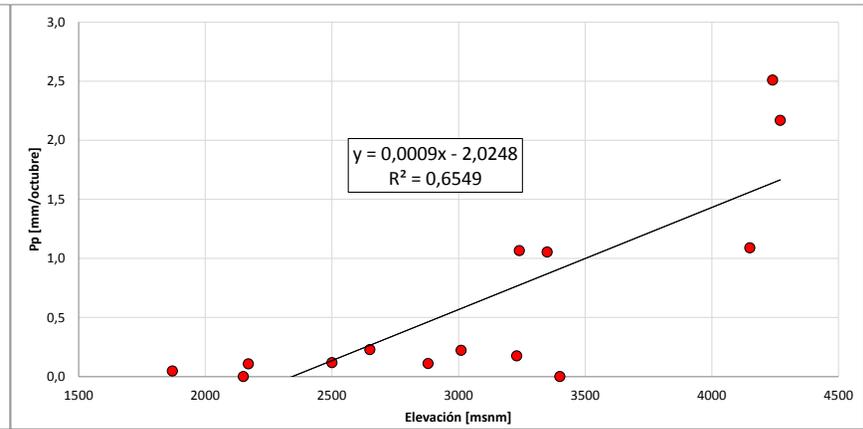
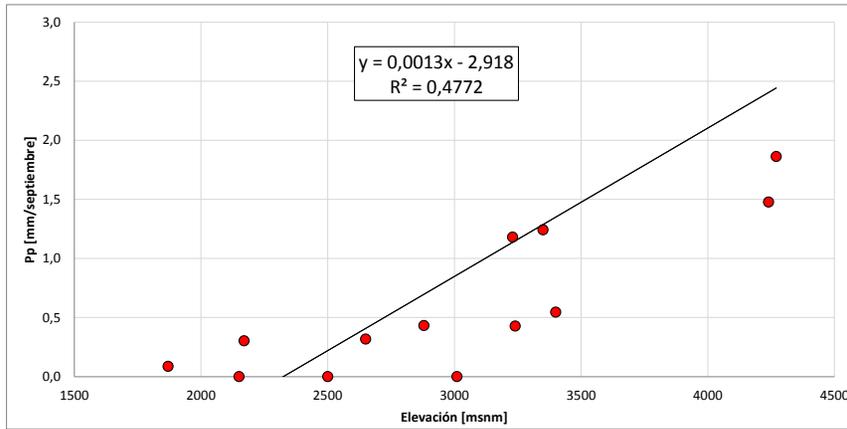


Figura 8.15: Gradiente regional mensual (enero-abril) de precipitación

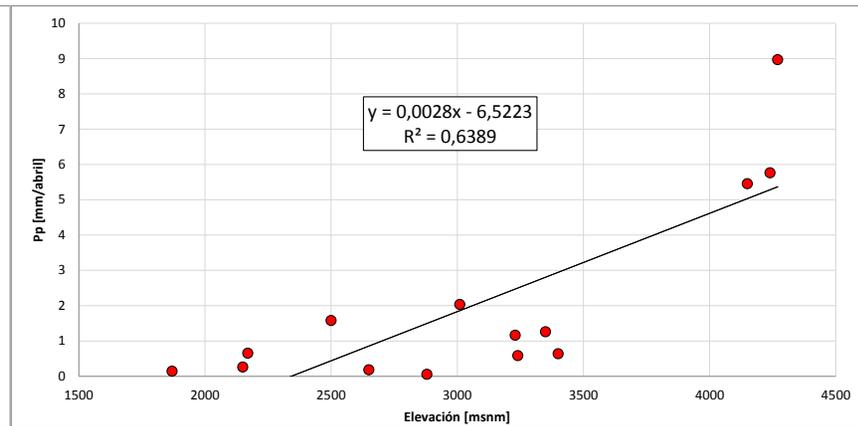
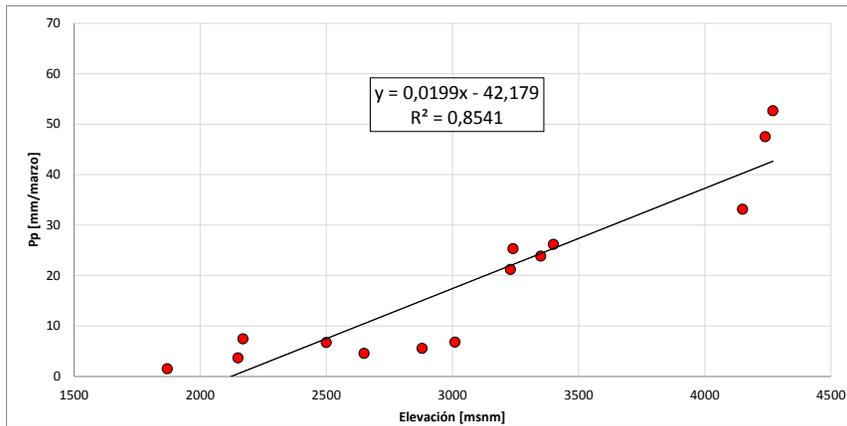
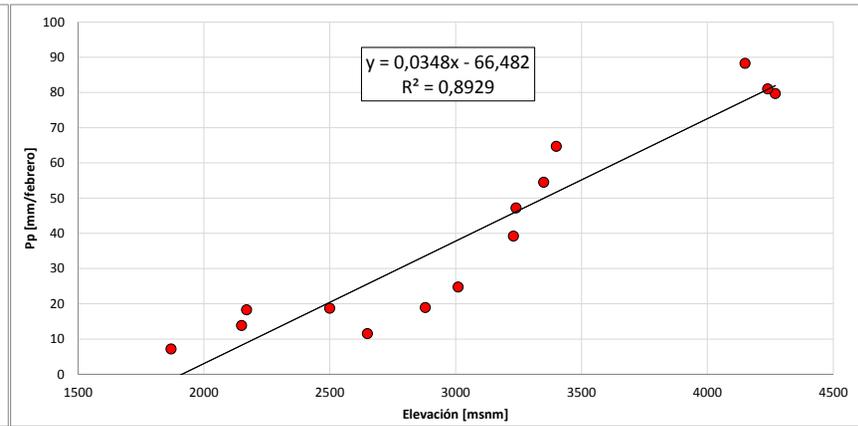
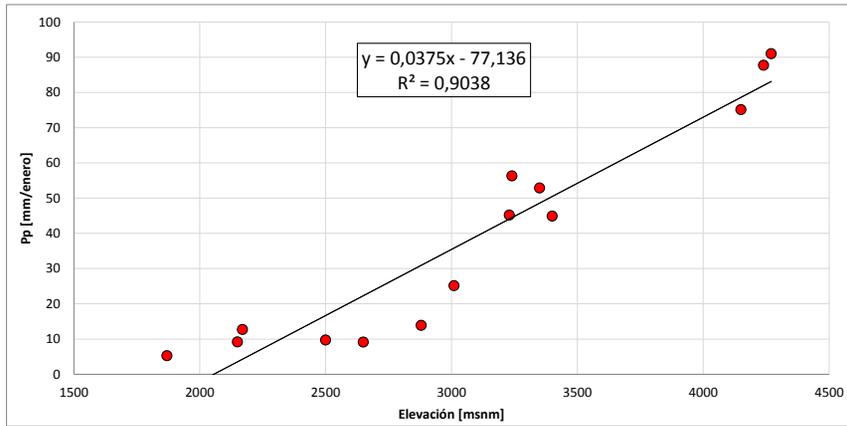


Figura 8.16: Gradiente regional mensual (mayo-agosto) de precipitación

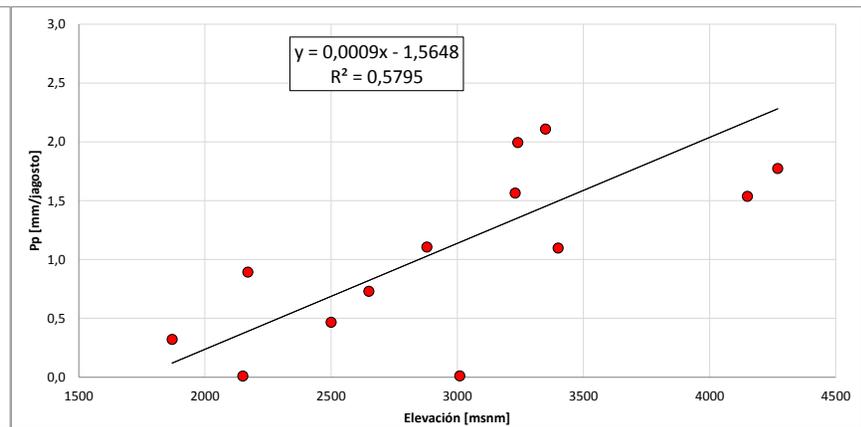
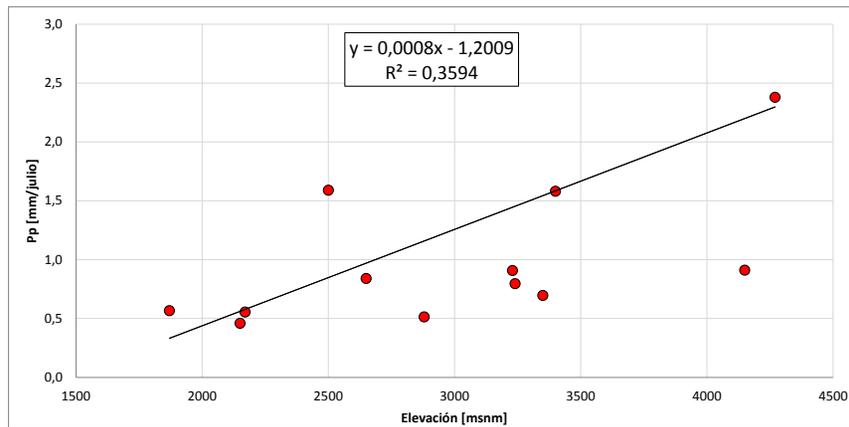
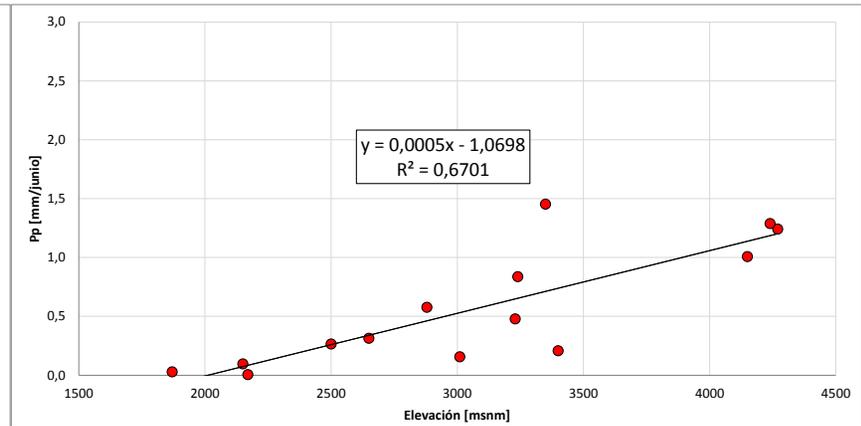
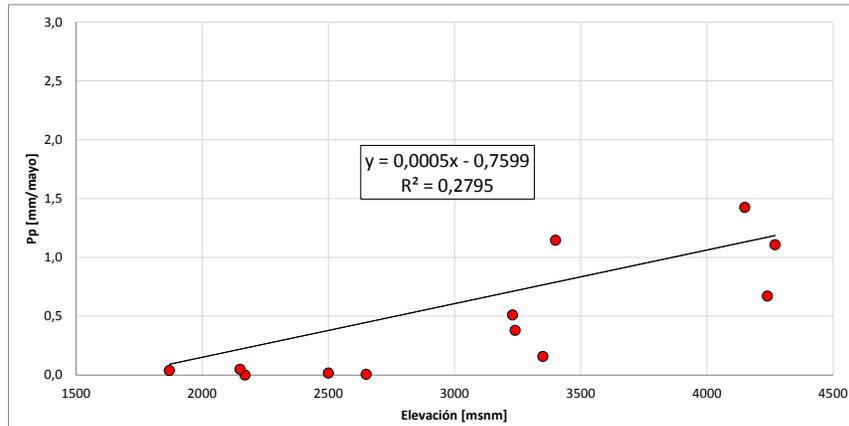


Tabla 8.10: Datos regresiones mensuales Pp v/s Elevación

Mes	Pendiente	Coficiente de posición	R ²	Equivalencia [mm/100m]
Septiembre	0,0013	-2,2	0,48	0,13
Octubre	0,0009	-2,0	0,65	0,09
Noviembre	0,0020	-5,0	0,58	0,02
Diciembre	0,0119	-27,0	0,80	1,19
Enero	0,0375	-77,1	0,90	3,75
Febrero	0,0348	-66,5	0,89	3,48
Marzo	0,0199	-42,2	0,85	1,99
Abril	0,0028	-6,5	0,64	0,28
Mayo	0,0005	-0,8	0,28	0,05
Junio	0,0005	-1,1	0,67	0,05
Julio	0,0008	-1,2	0,36	0,08
Agosto	0,0009	-1,6	0,58	0,09

Asimismo se generaron las regresiones mensuales de precipitación en función de la altura para probabilidad de excedencia de un 15% y un 85%. Se presentan en la Tabla 8.11 y Tabla 8.12 respectivamente.

Para el 85% de excedencia sólo ocurre precipitación en los meses de enero, febrero y marzo.

Tabla 8.11: Datos regresiones mensuales Pp v/s Elevación con 15% de probabilidad de excedencia

Mes	Pendiente	Coficiente de posición	R ²	Equivalencia [mm/100m]
Septiembre	0,0102	-32,5	0,46	1,02
Octubre	0,0042	-12,6	0,83	0,42
Noviembre	0,0132	-41,8	0,97	1,32
Diciembre	0,0376	-94,3	0,88	3,76
Enero	0,0677	-132,3	0,86	6,77
Febrero	0,0708	-128,6	0,83	7,08
Marzo	0,0473	-100,6	0,82	4,73
Abril	0,0131	-34,6	0,60	1,31
Mayo	0,0037	-10,2	0,60	0,37
Junio	0,0021	-5,4	0,70	0,21
Julio	0,0045	-14,5	0,81	0,45
Agosto	0,0004	-11,5	0,54	0,04

Tabla 8.12: Datos regresiones mensuales Pp v/s Elevación con 85% de probabilidad de excedencia

Mes	Pendiente	Coficiente de posición	R ²	Equivalencia [mm/100m]
Enero	0,0237	-71,6	0,4985	2,37
Febrero	0,0122	-37,1	0,8278	1,22
Marzo	0,0068	-22,8	0,9346	0,68

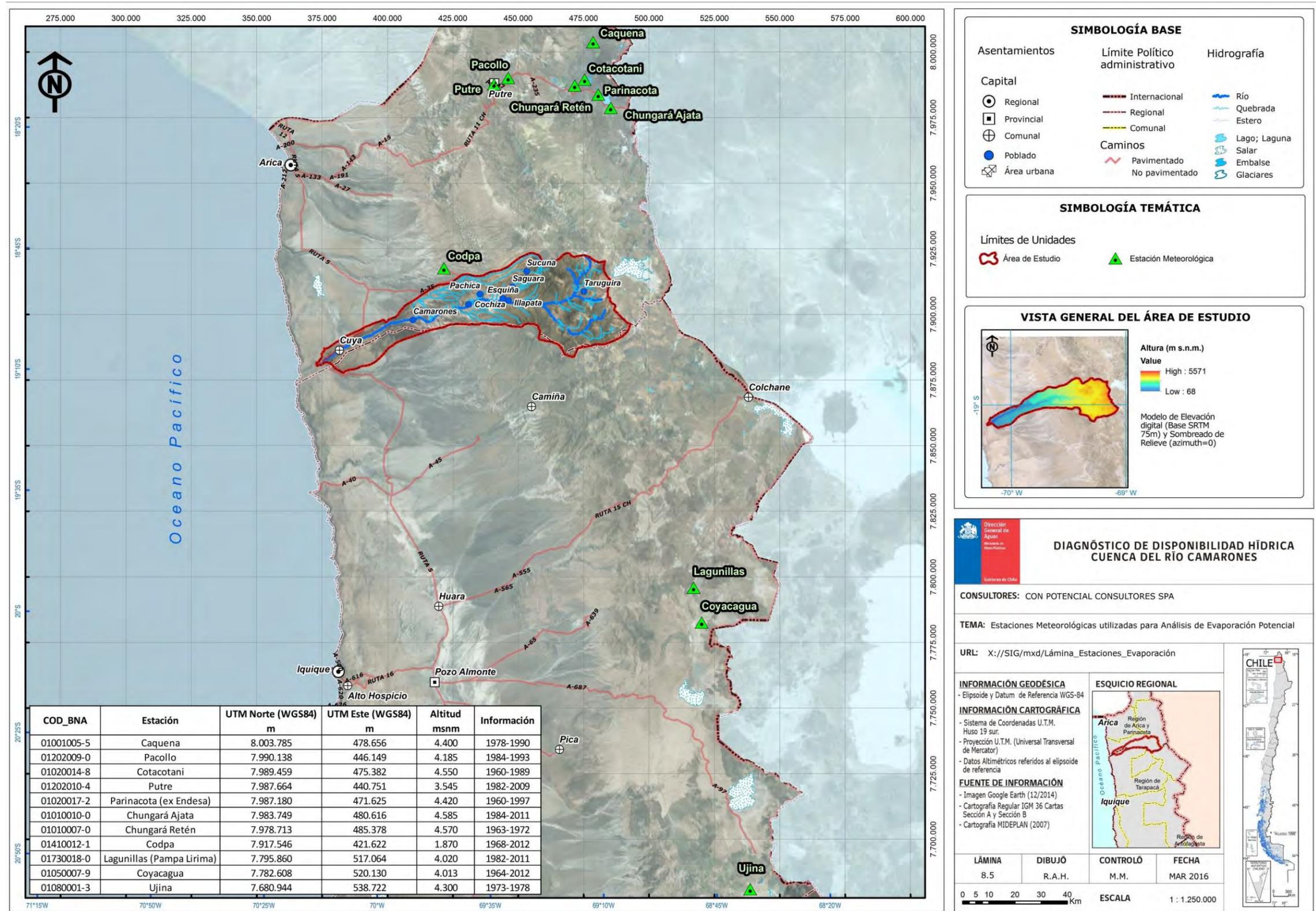
8.6 Evaporación Potencial

Para la caracterización de la evaporación potencial en la cuenca, se consideraron 11 estaciones pertenecientes a la DGA a nivel regional. Se incluyen estaciones de la región de Arica y Parinacota y de la región de Tarapacá. En la Tabla 8.13 se presenta el listado de estaciones meteorológicas utilizadas y en la Lámina 8.5 se presenta su ubicación. Para el análisis se consideró la evaporación mensual de aquellos meses con al menos 11 días de registro. La Figura 8.17 presenta la disponibilidad de información en las estaciones seleccionadas.

Tabla 8.13: Estaciones meteorológicas utilizadas para caracterizar la evaporación potencial

Estación	Código BNA	UTM WGS84 H19S		Altitud [m.s.n.m.]	Información
		Norte [m]	Este [m]		
Caquena	01001005-5	8.003.785	478.656	4.400	1978-1990
Pacollo	01202009-0	7.990.138	446.149	4.185	1984-1993
Cotacotani	01020014-8	7.989.459	475.382	4.550	1960-1989
Putre	01202010-4	7.987.664	440.751	3.545	1982-2009
Parinacota (ex Endesa)	01020017-2	7.987.180	471.625	4.420	1960-1997
Chungará Ajata	01010010-0	7.983.749	480.616	4.585	1984-2011
Chungará Retén	01010007-0	7.978.713	485.378	4.570	1963-1972
Codpa	01410012-1	7.917.546	421.622	1.870	1968-2012
Lagunillas (Pampa Lirima)	01730018-0	7.795.860	517.064	4.020	1982-2011
Coyacagua	01050007-9	7.782.608	520.130	4.013	1964-2012
Ujina	01080001-3	7.680.944	538.722	4.300	1973-1978

Lámina 8.5: Ubicación de Estaciones Meteorológicas Utilizadas para el Análisis de Evaporación Potencial



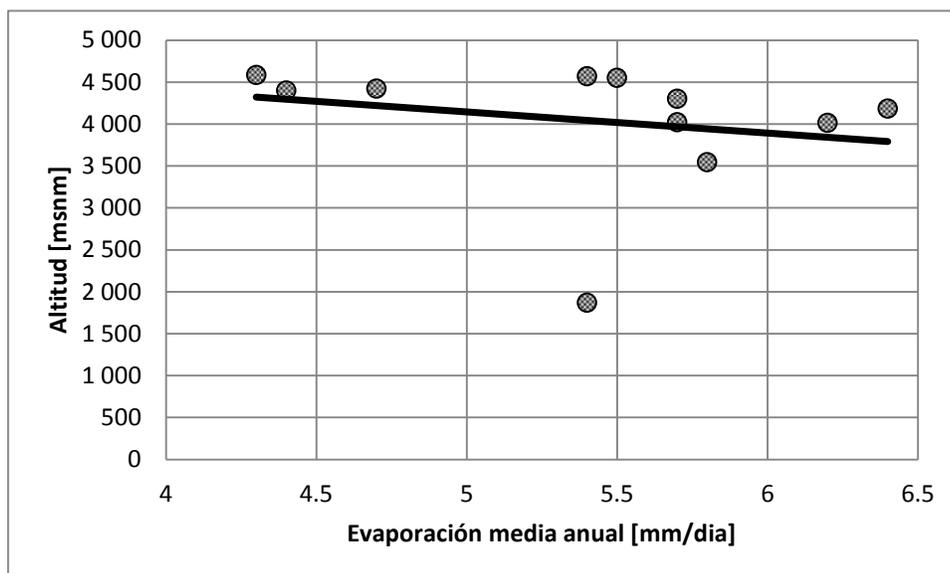
En la Tabla 8.14 se presenta la evaporación potencial media mensual estimada en las estaciones seleccionadas. A escala regional se estima una evaporación potencial media anual de 5,4 [mm/día], con un rango entre 4,3 [mm/día] y 6,4 [mm/día]. Como promedio regional, la mayor tasa de evaporación se presenta entre octubre y diciembre y la menor evaporación entre mayo y julio.

Tabla 8.14: Evaporación media mensual neta [mm/día]

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Caquena	4,2	4,6	3,9	4,0	4,1	2,9	3,3	3,8	4,9	5,2	6,0	5,8	4,4
Pacollo	5,6	5,6	7,2	5,5	5,9	5,7	6,2	6,4	7,3	7,1	6,8	7,3	6,4
Cotacotani	4,4	4,1	4,2	5,3	5,3	4,9	5,0	5,5	6,3	7,1	7,4	6,1	5,5
Putre	5,3	5,0	5,2	6,0	5,5	5,3	5,3	5,8	6,1	6,5	6,6	6,6	5,8
Parinacota	4,6	4,7	4,3	4,6	4,2	4,0	3,9	4,7	5,0	5,8	5,8	5,1	4,7
Chungará Ajata	3,8	4,1	4,2	4,6	4,1	3,9	3,5	3,9	4,7	5,1	5,4	4,8	4,3
Chungará Retén	4,6	4,0	4,5	5,5	5,6	5,4	5,4	5,1	5,4	6,5	6,7	5,8	5,4
Codpa	6,3	5,6	5,5	4,6	4,0	3,6	3,9	4,6	5,7	6,7	6,9	6,9	5,4
Lagunillas	6,5	5,9	6,0	5,4	4,5	3,5	3,4	5,1	5,4	7,6	7,6	7,4	5,7
Coyacagua	6,5	6,3	6,6	6,2	5,1	4,6	4,5	5,3	6,2	7,4	8,0	8,1	6,2
Ujina	4,9	3,5	5,0	5,5	5,6	5,9	5,9	5,8	6,3	6,2	7,0	6,9	5,7
Promedio	5,1	4,9	5,2	5,2	4,9	4,5	4,6	5,1	5,8	6,5	6,7	6,4	5,4

En la Figura 8.18 se muestra el comportamiento de la evaporación media anual [mm/día] con la altura a nivel regional. Aunque no existe una correlación clara entre las estaciones seleccionadas, se observó una pequeña reducción de la evaporación con la altura, de manera que en promedio se pudo estimar una disminución de 4,1 [mm/día] por cada 1.000 [m] de altitud (gradiente de -0,41 [mm/día] cada 100 [m]).

Figura 8.18: Gradiente de evaporación potencial media anual [mm/día] con respecto a la altura.



A partir de la estimación del gradiente de evaporación potencial y la altura media de la cuenca se estima que la evaporación potencial media anual para la cuenca del Río Camarones es de 5,3 [mm/día], equivalente a 1.937 [mm/año].

8.7 Caudales

Para estimar los caudales de la cuenca es necesario analizar algunos factores de relevancia hidrológica.

8.7.1 Flujo Base

El flujo base es el aporte de un sistema acuífero somero a un cauce determinado. Este flujo fue calculado a partir de la metodología propuesta por Eckhardt (2005), en la cual el flujo base para el período t depende del caudal para el mismo período y del flujo base para el período $t - 1$.

$$b_t = \frac{(1 - BFI_{max}) \cdot \alpha \cdot b_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot BFI_{max} \cdot Q_t}{1 - \alpha \cdot BFI_{max}}$$

Dónde:

b_t : Flujo base para el período t .

Q_t : Caudal para el período t .

b_{t-1} : Flujo base para el período $t - 1$.

α : Parámetro de filtro digital: 0,98.

BFI_{max} : Valor máximo de la relación a largo plazo entre el flujo total y el flujo base.

El parámetro BFI_{max} fue calibrado con el fin de minimizar la diferencia entre el flujo base y el flujo total para el mes con menor precipitación.

En la Figura 8.19 se presenta el flujo base comparado con el caudal medio mensual para la estación fluviométrica Camiña en Altusa y la estación San José en Ausipar. En este caso se minimizó la diferencia mencionada para el mes de noviembre utilizando un parámetro $BFI_{max} = 0,5$.

Se debe destacar que el flujo base se calculó a partir de los caudales medios diarios y luego se promedió a nivel mensual, para obtener el flujo base medio mensual.

Luego se genera el flujo base tanto para la cuenca del Río Ajatama, como para la del Río Caritaya, utilizando una transposición de caudales:

$$FB_{cuenca\ a\ modelar} = FB_{cuenca\ con\ información} \cdot \frac{A_{cuenca\ a\ modelar}}{A_{cuenca\ con\ información}}$$

Figura 8.19: Caudal medio mensual y flujo base para estación fluviométrica Camiña en Altusa.

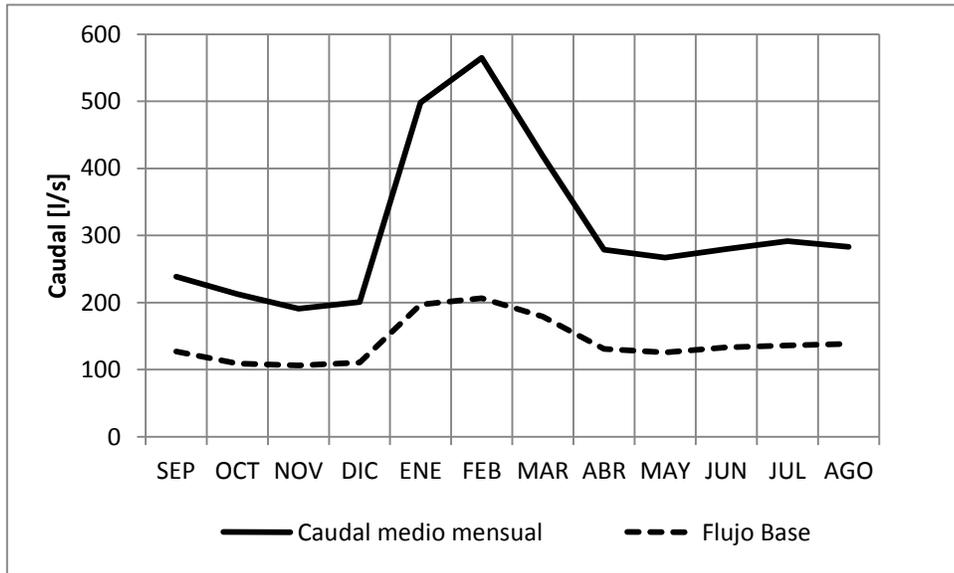
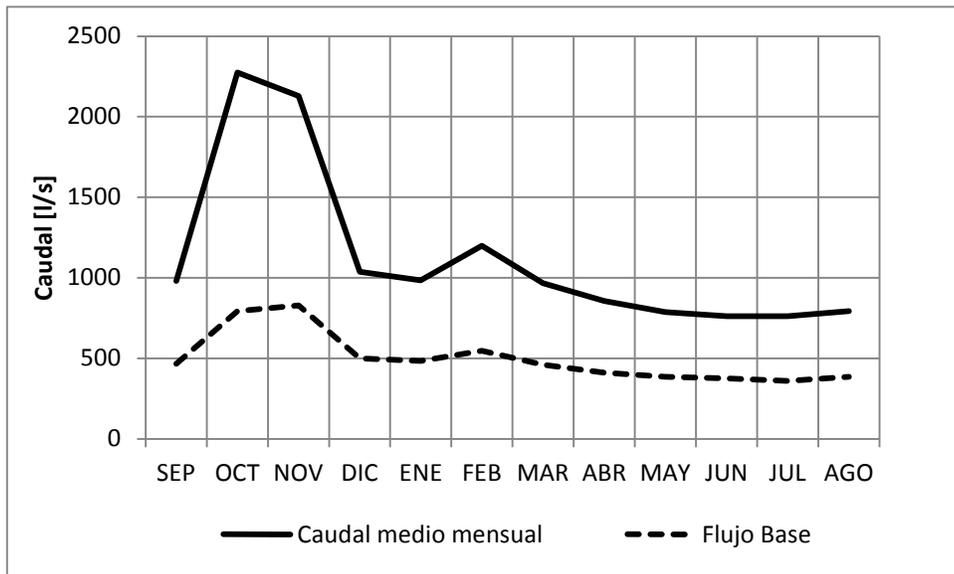


Figura 8.20: Caudal medio mensual y flujo base para estación fluviométrica San José en Ausipar.



Finalmente se obtiene los flujos bases mensuales presentados en la Tabla 8.15.

Tabla 8.15: Flujo base para las distintas cuencas.

Mes	A partir de Camiña [l/s]			A partir de San José [l/s]		
	Camiña	Ajatama	Caritaya	San José	Ajatama	Caritaya
Enero	197	159	140	465	172	151
Febrero	206	167	147	793	293	258
Marzo	179	145	127	828	306	269
Abril	131	106	93	500	185	162
Mayo	126	101	89	484	179	157
Junio	133	108	95	547	202	178
Julio	136	110	97	460	170	150
Agosto	138	112	98	411	152	134
Septiembre	127	103	90	386	143	125
Octubre	109	88	78	375	139	122
Noviembre	106	86	75	360	133	117
Diciembre	111	89	79	386	143	125

Inicialmente se utilizó el coeficiente BFI_{max} en función de la cercanía de las cuencas, es decir para Ajatama se utilizó Codpa en Cala Cala y para Embalse Caritaya, Camiña en Altusa. Pero esto subestimaba los caudales, dado que la cuenca de Codpa en Cala Cala tiene un alto uso del recurso hídrico en lo que riego respecta. Es por esto que se utilizó la cuenca de Camiña tanto para Embalse Caritaya como para Ajatama.

8.7.2 Caudales Pluviales

Utilizando los perfiles mensuales de precipitaciones y las distintas curvas hipsométricas se calculó el caudal potencial mensual dentro de cada cuenca.

$$Q_{pot_k} = \sum \frac{A_i \cdot Pp_{ik}}{T_k}$$

Dónde:

Q_{pot_k} : Caudal potencial para el período k .

A_i : Área para la elevación promedio i .

Pp_{ik} : Precipitación para elevación i en cada período k .

T_k : Tiempo en cada período k .

A pesar de que la línea de nieves en la zona se encuentra a los 4.750 [m.s.n.m.] (SMI, 2008), se considera la totalidad del área de las cuencas como pluvial, ya que tal como se ve en la Figura 8.10, el área nival es menor al 3% del total.

Luego, con el fin de generar un coeficiente K , los caudales potenciales fueron contrastados con los caudales reales medidos (descontando el flujo base anteriormente calculado) en la estación Camiña en Altusa que se muestran en la Figura 8.21 (Tabla 8.16). Así mismo se contrastó con la estación San José en Ausipar (Figura 8.22).

$$K_k = \frac{Q_{reg_k} - FB_k}{Q_{pot_k}}$$

Dónde:

K_k : Coeficiente para el período k .

Q_{reg_k} : Caudal registrado en el período k .

FB_k : Flujo base en el período k .

Figura 8.21: Caudales medios Camiña en Altusa

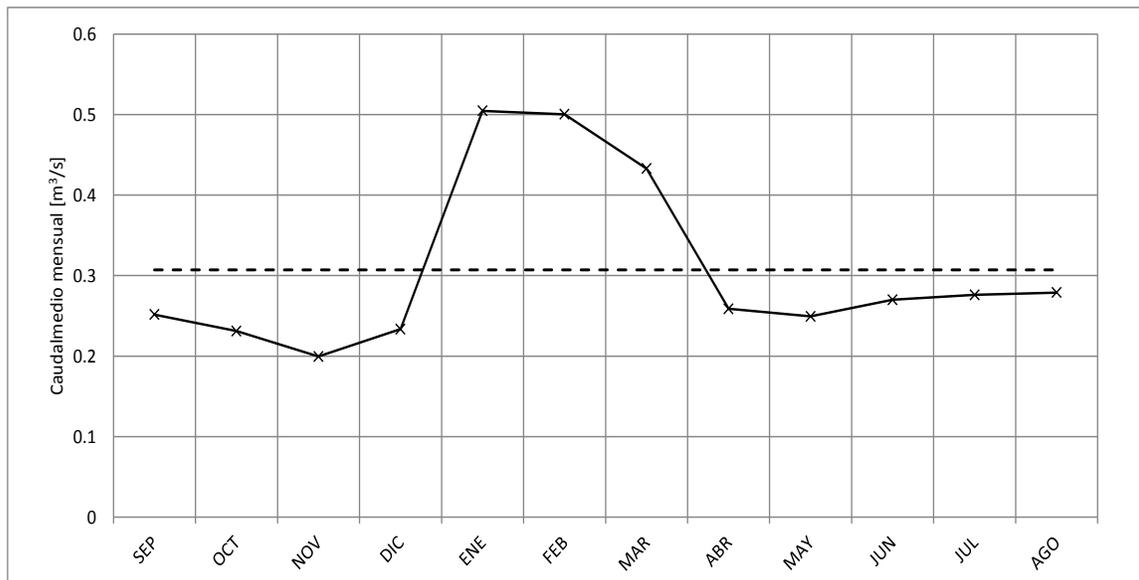
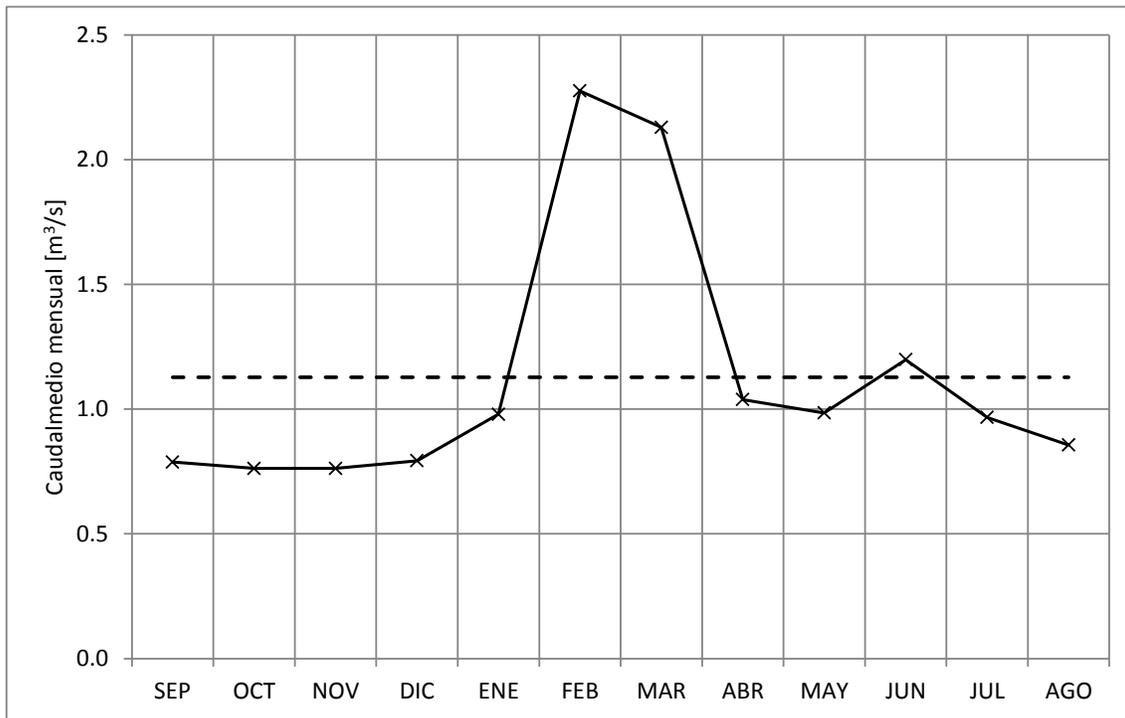


Figura 8.22: Caudales medios San José en Ausipar



Utilizando los coeficientes K, los caudales potenciales y los flujos base ya calculados en las cuencas de Ajatama y Caritaya se genera la Tabla 8.17. Se destaca que a la cuenca del embalse Caritaya se le agrega un flujo constante de 100 [l/s] (determinado por GEOH (2014)) equivalente a los afloramientos de las lagunas de Amuyo.

De la misma forma se genera la Tabla 8.19: Aporte a caudal medio mensual de cuencas modificadas, la cual presenta el aporte de las cuencas delimitadas en la Figura 8.11.

Al igual que en el caso del flujo base se descartó utilizar la estación Codpa en Cala Cala debido a la intervención que esta presenta.

Tabla 8.16: Relación entre caudal potencial y caudal pluvial Camiña en Altusa y San José en Ausipar

Cuenca	Parámetro	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Camiña en Altusa	Caudal Potencial [l/s]	640	326	644	4.270	15.060	16.624	7.738	1.001	256	199	412	420
	Caudal Real pluvial [l/s]	239	212	191	201	498	565	418	279	267	280	292	283
	K [-]	0,17	0,32	0,13	0,02	0,02	0,02	0,03	0,15	0,55	0,74	0,38	0,34
San José en Ausipar	Caudal Potencial [l/s]	1067	497	927	6.492	23.811	26.907	12.100	1.502	435	310	703	696
	Caudal Real [l/s]	788	762	762	793	979	2.275	2.129	1.038	985	1.198	967	856
	K [-]	0,38	0,78	0,43	0,06	0,02	0,06	0,11	0,36	1,15	2,10	0,72	0,64

Tabla 8.17: Caudales medios mensuales cuencas Ajatama y Embalse Caritaya en base a cuenca Camiña en Altusa

Cuenca	Parámetro	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom.
Ajatama	Caudal Potencial [l/s]	531	273	541	3.573	12.555	13.830	6.457	839	212	166	341	349	2.268
	Caudal Real Pluvial [l/s]	93	86	71	76	251	298	200	124	117	123	129	120	141
	Caudal Real Total [l/s]	195	175	157	165	410	465	344	230	219	230	239	232	255
Caritaya	Caudal Potencial [l/s]	463	237	470	3.108	10.934	12.053	5.622	729	185	144	298	304	2.879
	Caudal Real Pluvial [l/s]	81	75	62	66	218	260	174	108	102	107	113	105	123
	Caudal Real Total [l/s]	271	253	237	244	459	507	401	301	291	301	309	303	323

Tabla 8.18: Caudales medios mensuales cuencas Ajatama y Embalse Caritaya en base a cuenca San José en Ausipar

Cuenca	Parámetro	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom.
Ajatama	Caudal Potencial [l/s]	531	273	541	3.573	12.555	13.830	6.457	839	212	166	341	349	3.306
	Caudal Real Pluvial [l/s]	200	212	235	224	271	762	694	301	244	349	246	223	330
	Caudal Real Total [l/s]	342	351	368	367	443	1.055	1.000	486	423	551	416	375	515
Caritaya	Caudal Potencial [l/s]	463	237	470	3.108	10.934	12.053	5.622	729	185	144	298	304	2.879
	Caudal Real Pluvial [l/s]	174	185	204	195	236	664	605	262	213	304	215	194	288
	Caudal Real Total [l/s]	450	457	471	471	537	1.072	1.024	574	520	632	514	478	600

Tabla 8.19: Aporte a caudal medio mensual de cuencas modificadas en base a cuenca Camiña en Altusa

Cuenca	Parámetro	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom.
Chilpe Modificada	Caudal Potencial [l/s]	10	5	8	60	225	258	114	14	4	3	7	7	60
	Caudal Real Pluvial [l/s]	2	1	1	1	4	6	4	2	2	2	3	2	3
Conanoxa Modificada	Caudal Potencial [l/s]	17	6	10	81	326	394	161	18	8	4	12	11	87
	Caudal Real Pluvial [l/s]	3	2	1	2	7	8	5	3	4	3	5	4	4

Tabla 8.20: Aporte a caudal medio mensual de cuencas modificadas en base a cuenca San José en Ausipar

Cuenca	Parámetro	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom.
Chilpe Modificada	Caudal Potencial [l/s]	10	5	8	60	225	258	114	14	4	3	7	7	60
	Caudal Real Pluvial [l/s]	4	4	4	4	5	14	12	5	5	6	5	4	6
Conanoxa Modificada	Caudal Potencial [l/s]	17	6	10	81	326	394	161	18	8	4	12	11	87
	Caudal Real Pluvial [l/s]	7	5	5	5	7	22	17	7	9	9	9	7	9

8.7.3 Curvas de Variación Estacional

La curva de variación estacional representa la distribución, durante el año hidrológico, de los caudales de un curso fluvial. Siguiendo la misma metodología recién presentada, en conjunto con las precipitaciones para 15% y 85% de excedencia, se pueden crear curvas de variación de caudales.

8.7.3.1 Transposición a partir de Camiña en Altusa

Cuando las cuencas no cuentan con suficiente información meteorológica que permita su correcta interpretación se debe recurrir a métodos de transposición de cuencas, que en general, se basan en relaciones entre cuencas similares o cercanas.

Se confeccionan curvas de variación estacional para las cuencas Ajatama (ver Figura 8.23), Embalse Caritaya (ver Figura 8.22), Río Camarones en Condumaya (calculada a partir de la suma de los flujos de Caritaya y Ajatama (Figura 8.25)), Río Camarones en Chilpe (ver Figura 8.26) y Río Camarones en Conanoxa (ver Figura 8.27).

Figura 8.23: Curva de variación estacional Río Ajatama en base a cuenca Camiña en Altusa

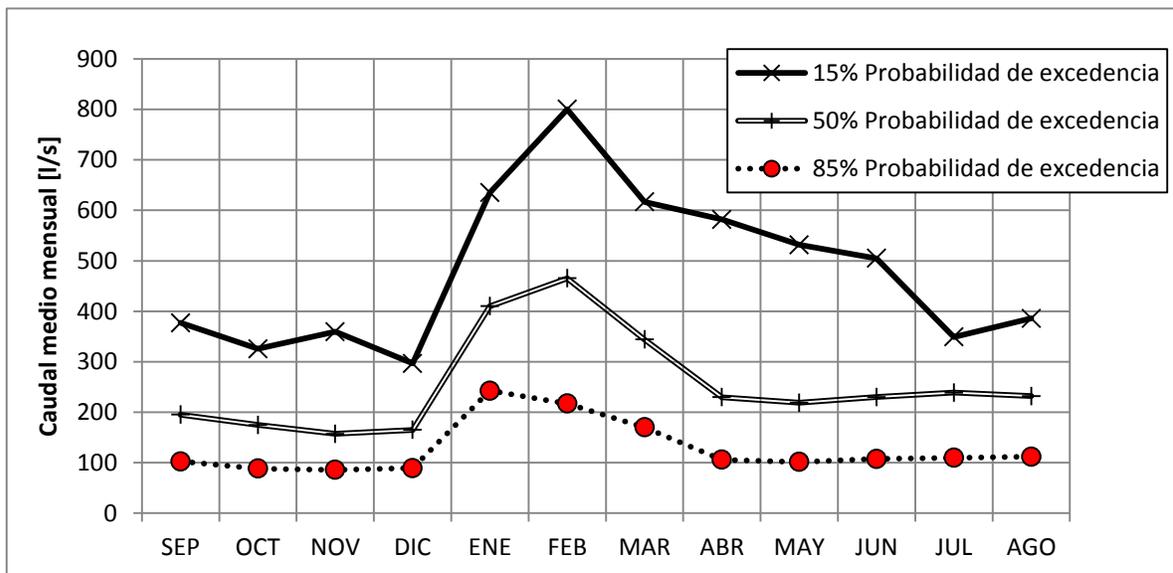


Figura 8.24: Curva de variación estacional Embalse Caritaya en base a cuenca Camiña en Altusa

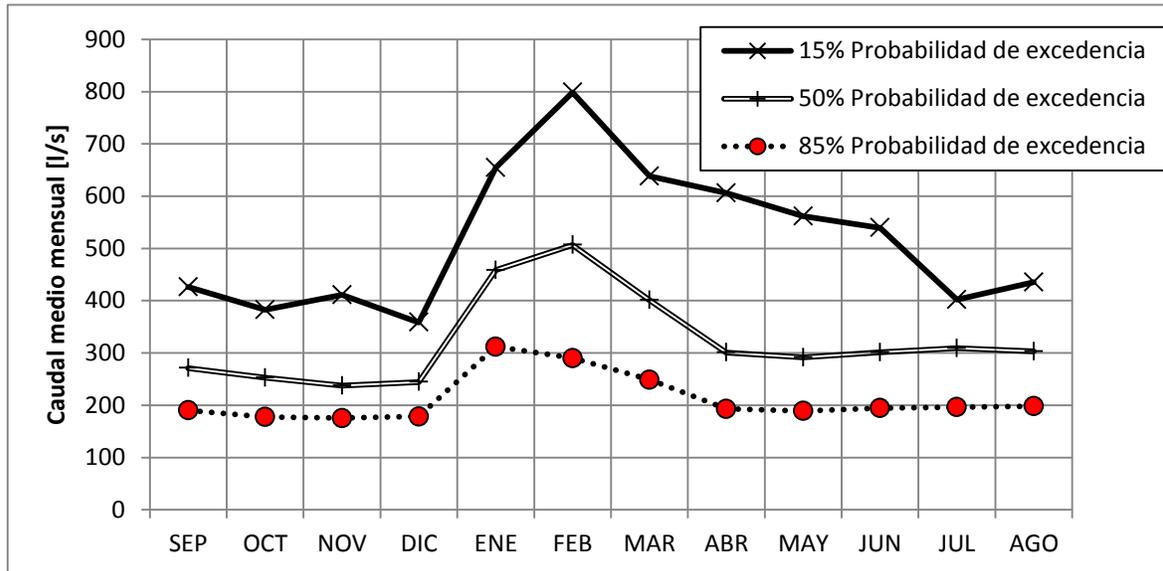


Figura 8.25: Curva de variación estacional Río Camarones en Condumaya no controlada por embalse en base a cuenca Camiña en Altusa

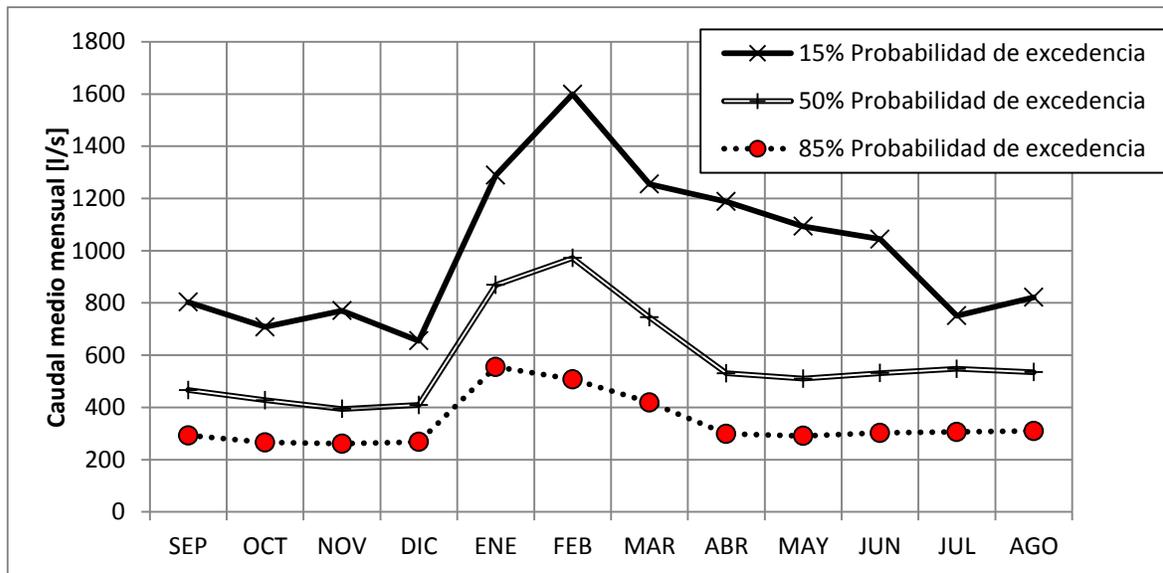


Figura 8.26: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Chilpe no controlada por embalse en base a cuenca Camiña en Altusa

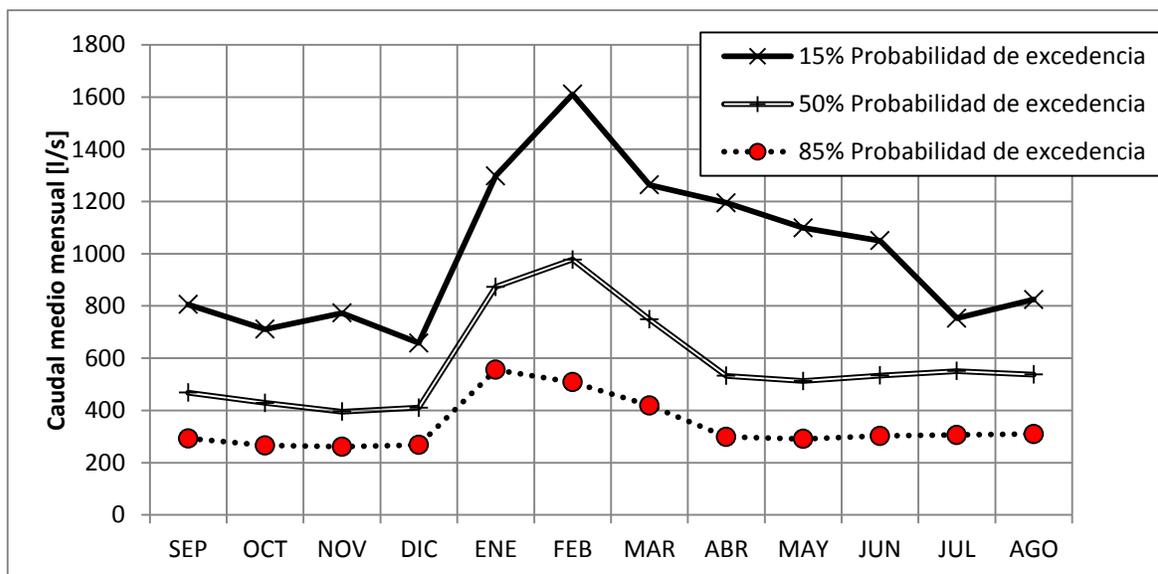
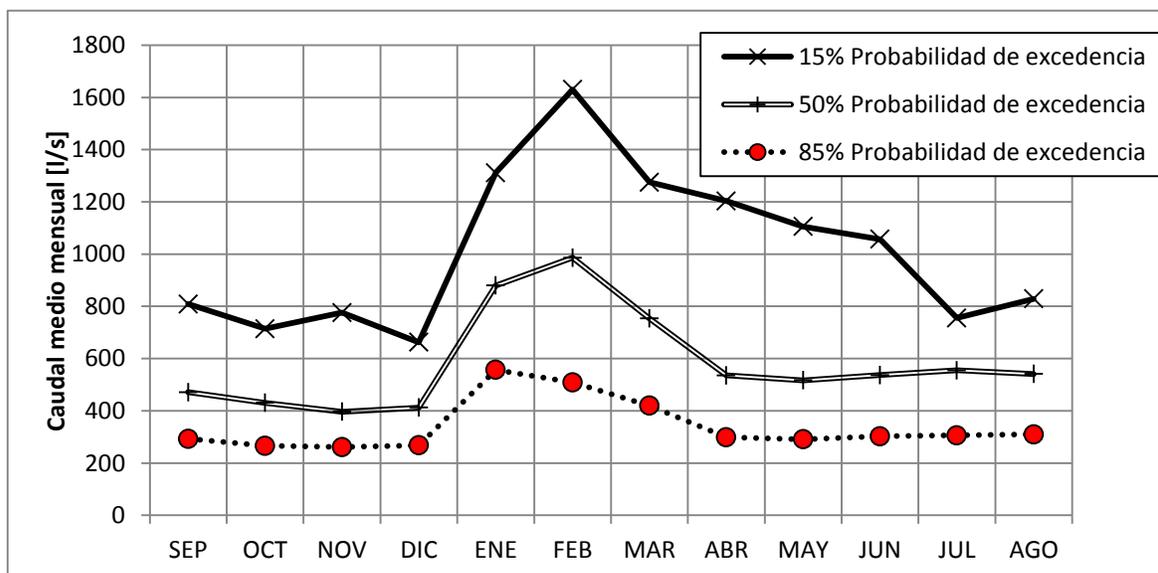


Figura 8.27: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Conanoxa no controlada por embalse en base a cuenca Camiña en Altusa



Finalmente en la Tabla 8.21, Tabla 8.22 y Tabla 8.23 se presentan los caudales con 15%, 50% y 85% de probabilidad de excedencia.

Tabla 8.21: Caudales con 15% de probabilidad de excedencia en base a cuenca Camiña en Altusa

Cuenca	Caudal medio mensual real [l/s] (15% probabilidad de excedencia)												
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom
Ajatama	377	326	360	297	635	800	617	582	532	505	349	386	480
Caritaya	426	383	411	359	654	799	638	606	562	539	402	435	518
Condumaya	803	708	770	655	1289	1599	1255	1188	1093	1044	751	821	998
Chilpe	806	711	773	658	1298	1611	1263	1195	1099	1050	753	825	1004
Conanoxa	809	714	776	662	1311	1630	1275	1203	1106	1057	756	829	1011

Tabla 8.22: Caudales con 50% de probabilidad de excedencia en base a cuenca Camiña en Altusa

Cuenca	Caudal medio mensual real [l/s] (50% probabilidad de excedencia)												
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom
Ajatama	195	175	157	165	410	465	344	230	219	230	239	232	255
Caritaya	271	253	237	244	459	507	401	301	291	301	309	303	323
Condumaya	466	427	394	409	869	972	745	531	510	531	548	535	578
Chilpe	468	429	395	411	873	978	749	533	512	533	550	537	581
Conanoxa	471	431	397	412	880	986	754	535	517	536	555	541	585

Tabla 8.23: Caudales con 85% de probabilidad de excedencia en base a cuenca Camiña en Altusa

Cuenca	Caudal medio mensual real [l/s] (85% probabilidad de excedencia)												
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom
Ajatama	103	88	86	89	243	217	170	106	101	108	110	112	128
Caritaya	190	178	175	179	312	290	249	193	189	195	197	198	212
Condumaya	293	266	261	268	555	507	419	299	291	302	306	310	340
Chilpe	293	266	261	268	556	508	419	299	291	302	306	310	340
Conanoxa	293	266	261	268	557	509	419	299	291	302	306	310	340

8.7.3.1 Transposición a partir de San José en Ausipar

Se confeccionan las mismas curvas de variación estacional con las mismas probabilidades de excedencias presentadas para la transposición en función a la estación Camiña en Altusa.

Figura 8.28: Curva de variación estacional Río Ajatama en base a cuenca San José en Ausipar

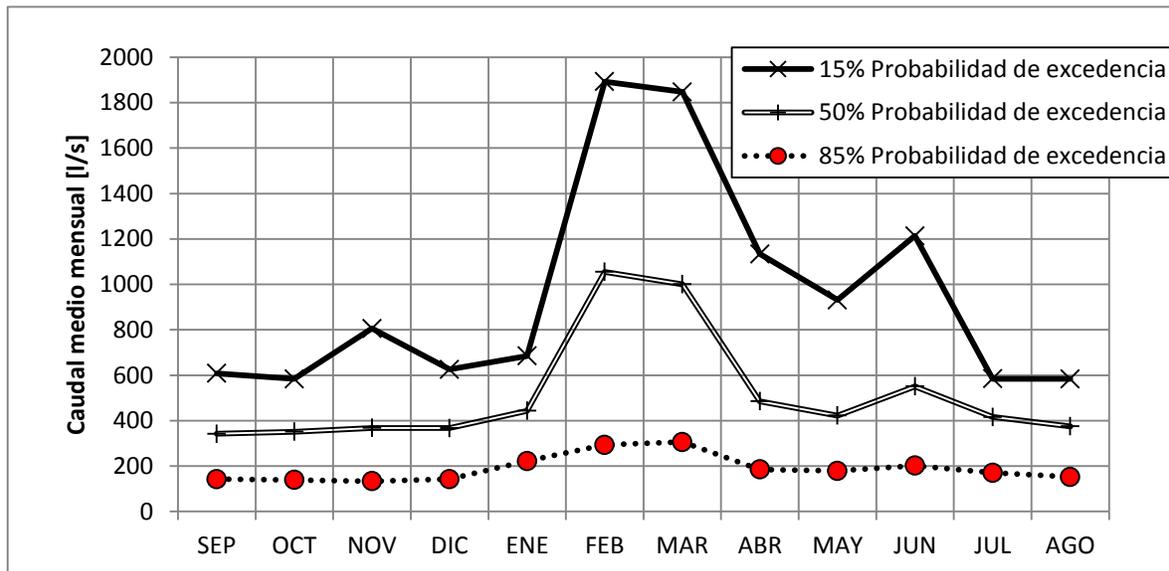


Figura 8.29: Curva de variación estacional Embalse Caritaya en base a cuenca San José en Ausipar

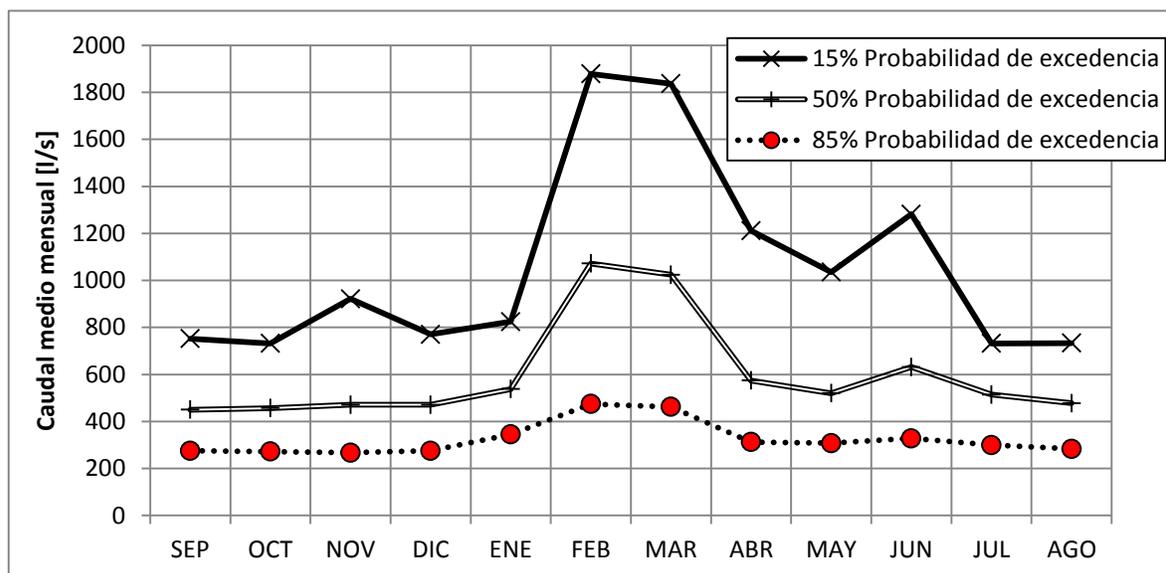


Figura 8.30: Curva de variación estacional Río Camarones en Condumaya no controlada por embalse en base a cuenca San José en Ausipar

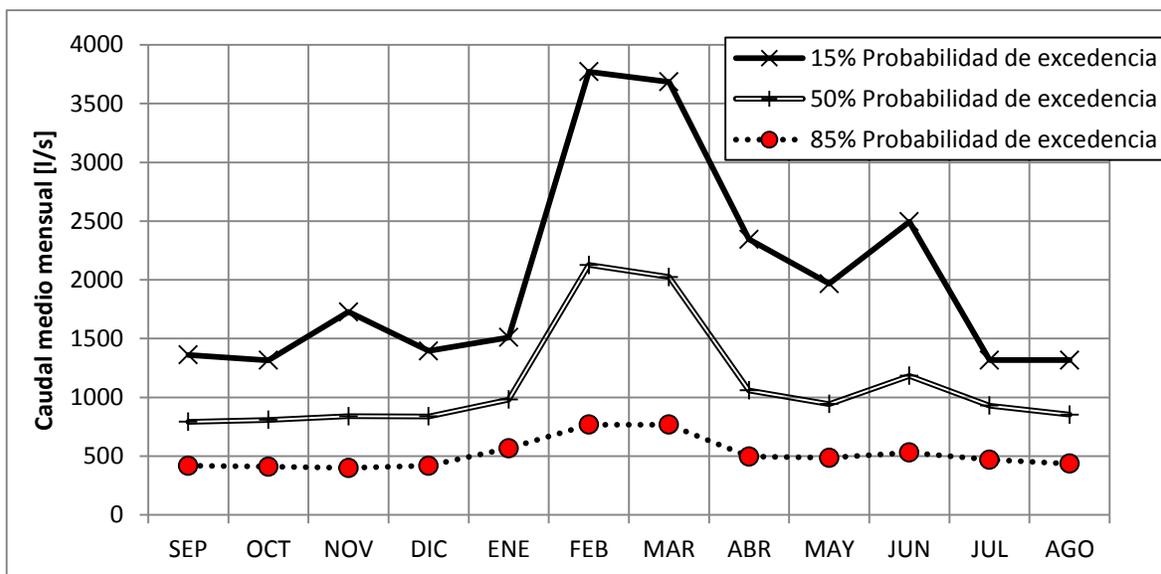


Figura 8.31: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Chilpe no controlada por embalse en base a cuenca San José en Ausipar

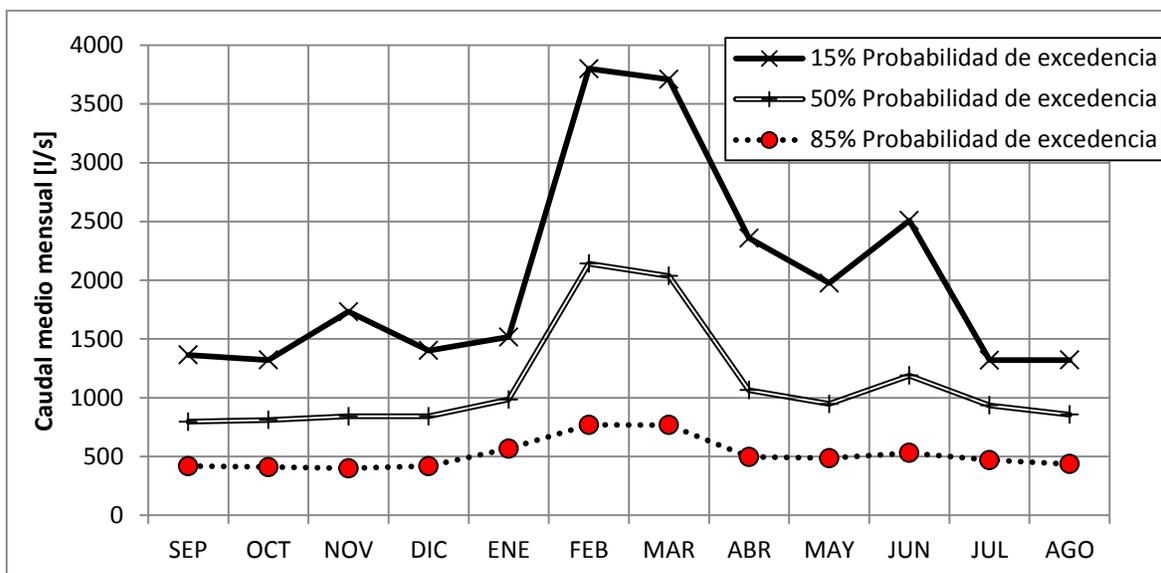


Figura 8.32: Curva de variación estacional Estación Río Camarones en Conanoxa no controlada por embalse en base a cuenca San José en Ausipar

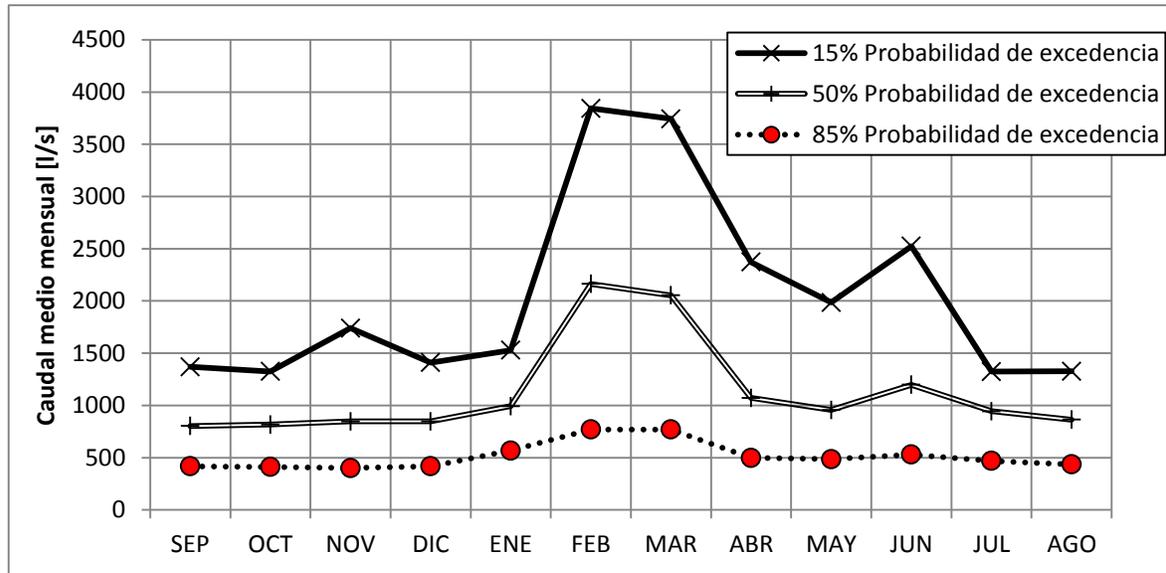


Tabla 8.24: Caudales con 15% de probabilidad de excedencia en base a cuenca San José en Ausipar

Cuenca	Caudal medio mensual real [l/s] (15% probabilidad de excedencia)												Prom.
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Ajatama	608	584	805	625	685	1.893	1.847	1.134	932	1.213	585	584	958
Caritaya	752	732	922	770	824	1.879	1.837	1.212	1.035	1.282	732	733	1.059
Condumaya	1.361	1.316	1.727	1.396	1.509	3.771	3.684	2.346	1.967	2.495	1.317	1.317	2.017
Chilpe	1.364	1.320	1.733	1.402	1.517	3.799	3.709	2.358	1.976	2.508	1.320	1.321	2.027
Conanoxa	1.369	1.325	1.740	1.410	1.529	3.843	3.743	2.373	1.986	2.525	1.323	1.327	2.041

Tabla 8.25: Caudales con 50% de probabilidad de excedencia en base a cuenca San José en Ausipar

Cuenca	Caudal medio mensual real [l/s] (50% probabilidad de excedencia)												Prom.
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Ajatama	342	351	368	367	443	1.055	1.000	486	423	551	416	375	515
Caritaya	450	457	471	471	537	1.072	1.024	574	520	632	514	478	600
Condumaya	792	808	839	838	980	2.127	2.024	1.060	942	1.183	930	853	1.115
Chilpe	796	811	843	841	985	2.141	2.037	1.064	947	1.189	935	857	1.121
Conanoxa	802	816	847	846	992	2.163	2.054	1.071	956	1.197	944	864	1.129

Tabla 8.26: Caudales con 85% de probabilidad de excedencia en base a cuenca San José en Ausipar

Cuenca	Caudal medio mensual real [l/s] (85% probabilidad de excedencia)												
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Prom.
Ajatama	143	139	133	143	222	293	306	185	179	202	170	152	189
Caritaya	275	272	267	275	344	475	462	312	307	328	300	284	325
Condumaya	418	411	400	418	566	768	768	497	486	530	470	435	514
Chilpe	418	411	400	418	567	769	768	497	486	530	470	435	514
Conanoxa	418	411	400	418	568	770	769	497	486	530	470	435	514

8.7.3.2 Conclusiones sobre caudales generados

Los caudales generados a partir de la cuenca Camiña en Altusa son inferiores a la disponibilidad hídrica real en la cuenca del Río Camarones. Esto puede explicarse por la ausencia de crecidas estivales en los registros de la estación. Es usual que las estaciones fluviométricas, sobre todo antiguas, no sean capaces de registrar de manera fidedigna las crecidas, las cuales son la principal fuente de caudal a las cuencas del norte de Chile.

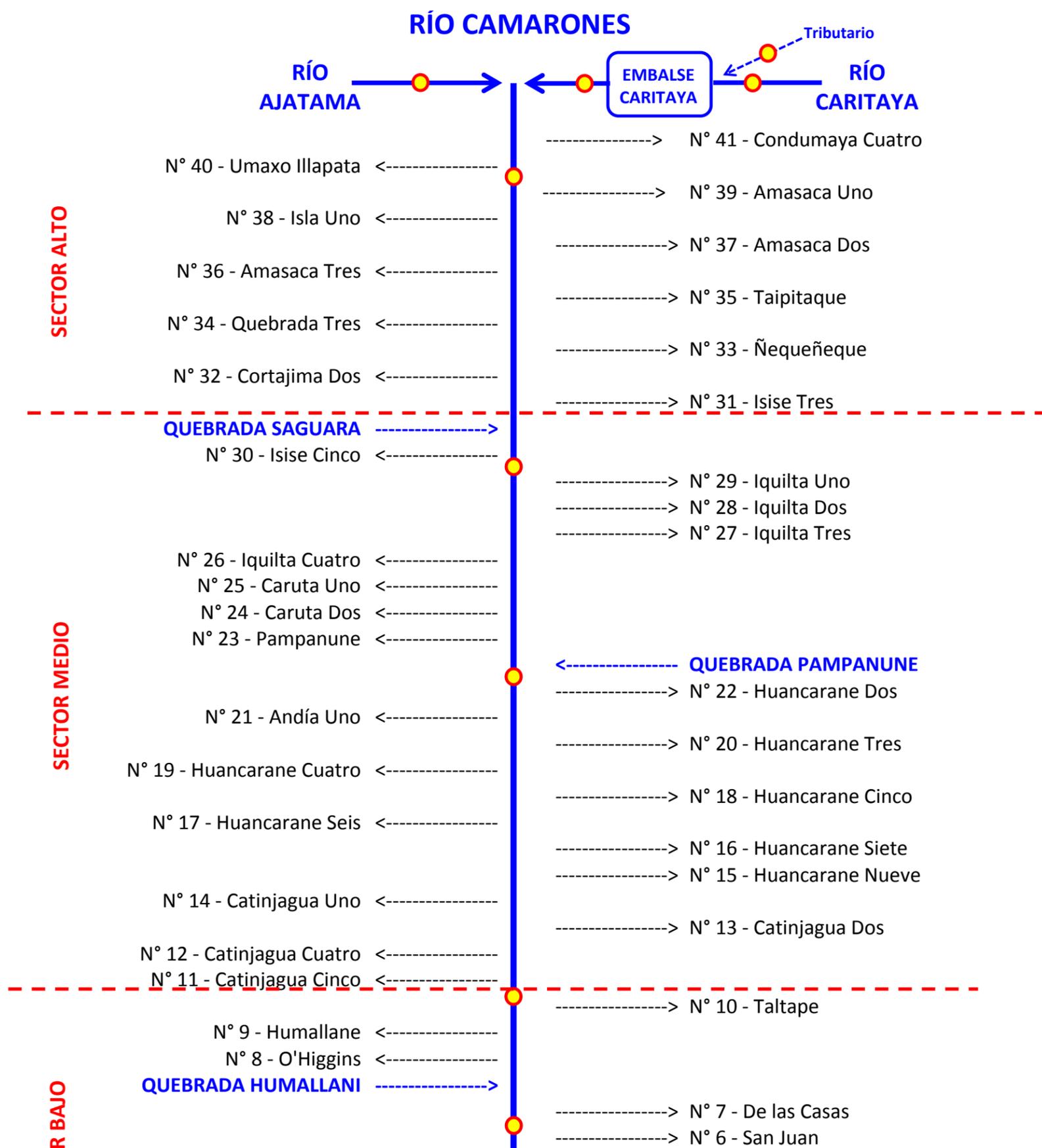
Dado lo anterior se considera la estación fluviométrica San José en Ausipar por entregar la mejor correlación Hidrológica, respecto a los registros del río Camarones. Esta estación se encuentra habilitada hasta el día de hoy y registra las crecidas provocadas por los caudales estivales.

Se destaca también que para probabilidades de excedencia menores, la Quebrada de Humallani juega un rol importante, ya que a pesar de no aportar con recurso hídrico durante todo el año (cota máxima bajo isoterma cero), posee un área de gran extensión. Esta área recibe el agua de eventos extremos de precipitación, y desemboca aguas arriba de la estación Río Camarones en Conanoxa. Es principalmente debido a esto la diferencia que existe entre los caudales en Chilpe y Conanoxa.

8.8 Diagrama Unifilar

En la Figura 8.33 se presenta el diagrama unifilar de la Cuenca del Río Camarones, incluyendo tanto canales como ríos y quebradas aportantes. Las coordenadas de captación de bocatomas fueron obtenidas mediante resolución de constitución de comunidades de aguas, de estudios anteriores y corroboradas en terreno mediante GPS.

Figura 8.33: Unifilar canales inscritos Quebrada de Camarones



ID	Comunidad de Agua	Caudal Otorgado l/s	Cantidad de Acciones	Días de Riego	Horas de Riego	Caudal Otorgado m ³ /año	Coordenadas UTM WGS 84 19H
							Norte (m) Este (m)
1	Canal Carlos Ibañez	105	797	7	133	2.618.145	7.883.981 378.675
2	Canal Manuel Rodríguez	105	635	7	105,83	2.085.975	7.887.905 384.558
3	Canal Chupisilca	50	1.080	10	180	1.182.600	7.896.801 403.634
4	Canal Portocarrero	20		Continuo	Continuo	630.720	7.897.057 404.314
5	Canal Maquita	50	3.072	15	512	2.242.560	7.898.020 409.505
6	Canal San Juan	50	2.064	10	344	2.260.080	7.898.124 409.949
7	Canal de las Casas	10	408	10	68	89.352	7.898.266 410.713
8	Canal O'Higgins	50	3.528	15	588	2.575.440	7.898.713 411.650
9	Canal Humallane	50	3.312	15	552	2.417.760	7.897.858 414.137
10	Canal Taltape	50	3.120	15	520	2.277.600	7.897.317 415.300
11	Canal Catinjagua Cinco	35		7	15,9	104.463	7.899.178 418.130
12	Canal Catinjagua Cuatro	50		7	36,73	344.769	7.899.997 419.361
13	Canal Catinjagua Dos	15	930	10	155	305.505	7.900.026 420.302
14	Canal Catinjagua Uno	20	1.230	10	205	538.740	7.900.515 421.231
15	Canal Huancarane Nueve	20	510	10	85	223.380	7.900.782 422.827
16	Canal Huancarane Siete	55,2		Continuo	Continuo	1.740.787	7.901.298 423.658
17	Canal Huancarane Seis	15,9		8	48	125.356	7.901.465 424.397
18	Canal Huancarane Cinco	40	1.080	10	180	946.080	7.901.741 424.682
19	Canal Huancarane Cuatro	52		8	36	307.476	7.901.939 424.943
20	Canal Huancarane Tres	40	1.224	10	204	1.072.224	7.902.394 425.620
21	Canal Andía Uno	25,8		Continuo	Continuo	813.629	7.902.396 425.636
22	Canal Huancarane Dos	40	1.008	10	168	883.008	7.902.453 426.547
23	Canal Pampanune	30	702	8	117	576.518	7.902.453 428.650
24	Canal Caruta Dos	30	1.104	10	184	725.328	7.902.799 430.085
25	Canal Caruta Uno	30	552	10	92	362.664	7.903.075 430.686
26	Canal Iquilta Cuatro	40	324	10	54	283.824	7.904.021 431.284
27	Canal Iquilta Tres	40	258	15	43	150.672	7.904.172 431.492
28	Canal Iquilta Dos	30	420	12	70	229.950	7.904.585 431.840
29	Canal Iquilta Uno	40	96	12	16	70.080	7.904.573 431.901
30	Canal Isise Cinco	30	276	8	46	226.665	7.904.942 440.648
31	Canal Isise Tres	30	228	8	38	187.245	7.905.175 441.147
32	Canal Cortajima Dos	40	360	8	60	394.200	7.905.193 441.725
33	Canal ÑequeÑeque	50	726	10	121	794.970	7.905.450 442.955
34	Canal Quebrada Tres	40	414	8	69	453.330	7.905.453 442.955
35	Canal Taipitaque	50	636	8	106	870.525	7.905.524 443.717
36	Canal Amasaca Tres	30	438	10	73	287.766	7.904.616 446.644
37	Canal Isla Uno	30	252	10	42	165.564	7.904.579 446.870
38	Canal Amasaca Dos	50	936	10	156	1.024.920	7.904.418 447.009
39	Canal Amasaca Uno	30	420	10	70	275.940	7.904.411 447.566
40	Canal Umaxo Illapata	100	4.026	14	671	6.297.814	7.904.550 448.574
41	Canal Condumaya Cuatro	30	786	12	131	430.335	7.904.338 448.740

9 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE DERECHOS

Se efectuó un catastro de los usuarios de aguas en la cuenca del Río Camarones, cuantificando el número de regantes, y la cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas, tanto superficiales como subterráneos.

Lo anterior, por cuanto conforme al artículo 3° inciso 2° del Código de Aguas, la cuenca u hoya hidrográfica de un caudal de aguas la forman todos los afluentes, subafluentes, quebradas, esteros, lagos y lagunas que afluyen a ella, en forma continua o discontinua, superficial o subterráneamente.

Enseguida, cabe hacer presente que la información de los derechos de aprovechamiento de aguas se recopiló del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica (artículos 112, 114 N°s 1, 4, 5, 6, 7 y 8, 119 y 150 del Código de Aguas) y del Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, que forma parte del Catastro Público de Aguas, que se encuentra a cargo del Archivero del Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (artículo 122 inciso 3° del Código de Aguas, en relación con los artículos 5° N° 2, 13, 14, 15, 16, 30 N° 2 y 31 del Decreto Supremo N° 1.220, de 1997, del Ministerio de Obras Públicas, aprobatorio del Reglamento del Catastro Público de Aguas)

Para estos efectos, se consideraron tanto los derechos legalmente constituidos o reconocidos a los particulares sobre las aguas (artículo 19 N° 24 inciso final de la Constitución Política de la República), como aquellos susceptibles de regularizar¹ de acuerdo al procedimiento que contempla el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas.

¹ Esta categoría de derechos de aprovechamiento los denominaremos como COMPROMETIDOS pues se trata de solicitudes para regularizar e inscribir caudales de aguas, conforme al procedimiento del artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, las que se encuentran en sede judicial, sin haberse dictado a su respecto sentencia ejecutoriada.

Es dable precisar, que los derechos legalmente constituidos son los otorgados por acto originario de autoridad, en la especie resolución de la Dirección General de Aguas (artículos 20 inciso 1°, 22, 141 inciso final y 147 bis del Código de Aguas)

Por su parte, los derechos legalmente reconocidos, son aquellos cuya existencia ha sido declarada por una sentencia judicial ejecutoriada, como acontece en el caso del procedimiento de regularización que contempla el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, o por un acto administrativo (resolución) como ocurre con la determinación de los derechos provenientes de predios total o parcialmente adquiridos a cualquier títulos por las leyes de Reforma Agraria (Leyes N°s 15.020 y 16.640) que efectúa el Servicio Agrícola y Ganadero, en conformidad a la facultad que le confiere el artículo 5° Transitorio del Código de Aguas.

Puntualizado lo anterior, cabe agregar que también se consideraron los derechos de aprovechamiento de aguas que fueron fijados por diversas sentencias judiciales que declararon la existencia de Comunidades de Aguas², cuya organización fue promovida por la Dirección General de Aguas (artículos 188, 189, 190, 192 y 193 del Código de Aguas, y artículo 43 inciso final del Decreto Supremo N° 1.220, de 1997, del Ministerio de Obras Públicas, aprobatorio del Reglamento del Catastro Público de Aguas)

Ahora bien, en relación con los derechos de aprovechamiento legalmente constituidos o reconocidos, tanto superficiales como subterráneos, la información se obtuvo tanto en el Conservador de Bienes Raíces de Arica y como en la Dirección General de Aguas.

² Esta categoría de derechos de aprovechamiento los denominaremos como REGISTRADOS pues la inscripción que se practicó en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, corresponde a los títulos constitutivos de la respectiva Comunidad de Aguas, conforme lo prescribe el artículo 114 N° 1 del Código de Aguas, y no a la inscripción individual de cada comunero a que se refiere el N° 8, del mismo precepto legal.

En efecto, los datos obtenidos en esta materia emana del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador del Conservador de Bienes Raíces de Arica y el Registro Público de Derechos Aprovechamiento de Aguas, que forma parte del Catastro Público de Aguas

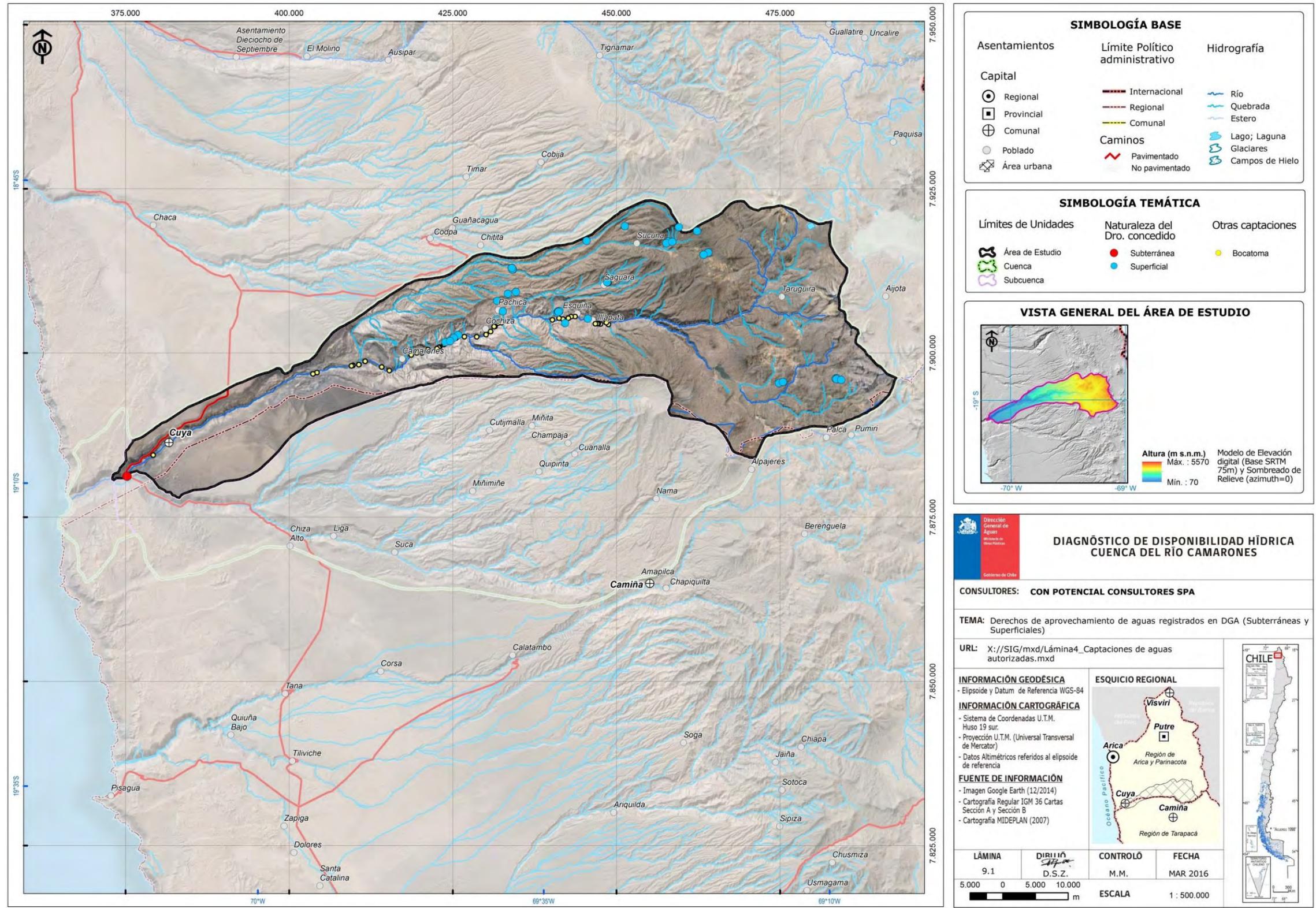
Resulta útil consignar, que en el caso de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales asociados a las Comunidades de Aguas, formadas judicialmente por cuestión promovida por la Dirección General de Aguas, la revisión se limitó al Registro de Propiedad de Aguas del Conservador del Conservador de Bienes Raíces de Arica (artículo 114 N° 1 del Código de Aguas)

Se generó la siguiente información:

- Ubicación geográfica (UTM, Datum WGS 1984, Huso 19 Sur) de los derechos de aprovechamiento legalmente constituidos o reconocidos y “registrados”
- Caudal constituido, distinguiendo aquellos en los cuales no exista un valor único de caudal.
- Características esenciales de los derechos (artículo 149 del Código de Aguas y artículo 45 del Reglamento del Catastro Público de Aguas)
- En el caso de los derechos pertenecientes a las comunidades, se calculó la dotación tanto de los comuneros como de la respectiva Organización de Usuarios.
- Elaboración de fichas y planillas con el detalle de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales fijados en la sentencia judicial que declaró la existencia de la Comunidad de Aguas, tanto respecto de la organización de regantes en su conjunto, como a cada comunero, como también respecto de los canales o cauces artificiales de un usuario.

En la Lámina 9.1 se presentan los derechos de aprovechamientos de aguas superficiales y subterráneos, de aprovechamientos legalmente constituidos o reconocidos y “registrados”, en la zona de estudio.

Lámina 9.1: Derechos de Aprovechamientos de Aguas (Subterráneas y Superficiales)



9.1 Revisión Bibliográfica

A lo largo del Río Camarones se reconocen de acuerdo a estudios previos, tres secciones: alta, media y baja. En la sección Alta es donde se presenta la mayor tasa de captación, a diferencia de la parte baja del valle, en donde en ocasiones prácticamente no alcanza a llegar el agua.

Dada esta situación, la DGA en 1980 intervino el río, acordando con los usuarios de la parte alta y media, captar el recurso desde las 6 de la mañana hasta las 19 horas todos los días, dejando pasar el recurso a la parte baja el resto del tiempo.

A continuación se resume los principales estudios que se han desarrollado en el área, y que han logrado identificar y catastrar los usuarios y predios en la cuenca.

9.1.1 Catastro de Usuarios Provincia de Arica; Alfa, 1982

De la revisión del estudio “Catastro de Usuarios Provincia de Arica” desarrollado por Alfa Ingenieros el año 1982 se puede observar que existe una totalidad de **279 predios** de riego (ver **ANEXO D- Catastro Usuarios Alfa 1982**) Por otra parte en el Catastro realizado por Alfa, 1982 se constató una totalidad de 63 canales o cauces artificiales en la cuenca del Río Camarones, de los cuales, 41 se encuentran organizados judicialmente como Comunidades de Aguas superficiales.

Los títulos constitutivos de las referidas Comunidades de Aguas se encuentran inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, conforme a la exigencia que establece el artículo 114 N° 1 del Código de Aguas.

Resulta útil señalar que los mencionados títulos constitutivos inscritos dan cuenta del derecho de aprovechamiento de agua que corresponde al canal organizado en Comunidad de Aguas, en la fuente natural de uso público, como la forma en que ese derecho real se divide entre los comuneros (artículos 114 N° 1 y 198 N° 4 del Código de Aguas).

9.1.2 Situación de Recursos Hídricos I Región; DGA, 1992

Posteriormente en el estudio realizado por la DGA “Situación de Recursos Hídricos I Región “, en el año 1992 valida el estudio previamente descrito, pero incorpora un mayor número de predios y regantes en la cuenca. En total, en dicho estudio se identificaron **310 predios de riego**, con un total de **789,23 hectáreas regadas**. A continuación, se presenta la distribución predial levantada:

Sección Alta:

En esta sección se identificaron 142 predios con una superficie regada 140,98 hectáreas mientras que en el estudio de Alfa (1982) se catastraron 109 predios con 135,36 hectáreas. Se presume que la diferencia de los 33 predios se debe principalmente a subdivisión de predios existentes, incorporación de nuevos predios por habilitación de terrenos fiscales y predios que no fueron considerados.

Sección Media:

En esta sección se identificaron 89 predios con una superficie regada 157,03 hectáreas mientras que en el estudio de Alfa (1982) se catastraron 61 predios. Las razones para estas diferencias son las mismas presentadas en la sección Alta.

Sección Baja:

En esta sección se identificaron 79 predios con una superficie regada 491,22 hectáreas, lo mismos que se catastraron en el estudio de Alfa (1982).

Por su parte, en el estudio “Diagnóstico Definitivo Reparación Embalse Caritaya” (SMI, 2008), identifica a su vez 34 Comunidades de Aguas superficiales constituidas judicialmente por la Dirección General de Aguas el año 2007, en virtud de la facultad que le confiere el artículo 188 incisos 1° y final del Código de Aguas.

Los caudales de aguas superficiales asociados a dichas organizaciones de usuarios consisten en un total de 36.952 acciones. A su vez, los mencionados derechos registrados son de naturaleza consuntivos y su forma de ejercicio esencialmente permanente y alternada (artículos 12, 13, 16, 17 y 19 inciso final del Código de Aguas)

9.2 Análisis de los Antecedentes Existentes y Levantados por este Estudio

Como resultado del levantamiento de información realizado en el presente estudio, y como se detalla en el acápite 9.3.1, se puede afirmar con certeza, que de los 310 predios de riego existentes y levantados en el estudio DGA del año 1992, se encuentran identificados al día de hoy, **284 predios de**

riego. Las aguas superficiales que se destinan al regadío de esos inmuebles corresponden a los derechos de aguas legalmente constituidos e inscritos en el Conservador de Bienes Raíces y a los derechos registrados ³ que corresponden a la dotación total de los 41 canales de riego actualmente en uso en la cuenca del Río Camarones. Esto representa **el 92% del universo de usuarios de riego**, levantado el año 1992. La diferencia restante se puede deber a los siguientes motivos:

- Actualmente un porcentaje de los comuneros y/o usuarios han abandonado el uso agrícola de sus predios, o ha emigrado a otras ciudades.
- Otro porcentaje de comuneros y/o usuarios no han regularizado sus derechos de aguas por los procedimientos que contemplan las disposiciones transitorias del Código de Aguas, a saber, los artículos 1°, 2° y 5°, o no han inscrito sus derechos reales que constan en los títulos constitutivos de la Comunidad de Aguas, acorde con lo prevenido en el artículo 114 N° 8 de dicha codificación.
- Finalmente, una fracción de los predios originales levantado el año 1992, se han perdido (forman parte del cauce actual del Río Camarones) o han sido destruidos debido a las crecidas del río.

9.3 Derechos de Aprovechamiento de Aguas Superficiales

9.3.1 Derechos Inscritos, No inscritos y Registrados

Como resultado del estudio, análisis y sistematización de la información recabada en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica y del Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas que lleva la Dirección General de Aguas se elaboró la Tabla 9.1, la cual presenta en términos generales la distribución de las acciones del Río Camarones, diferenciando 3

³ Las inscripciones que rolan en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, corresponden a los títulos constitutivos de cada comunidad de aguas, a saber, la escritura pública a que se redujo la sentencia judicial que reconoce la existencia de la organización y los derechos de aprovechamiento de los comuneros y los estatutos si hubo acuerdo sobre ellos (artículos 114 N ° 1 y 197 inciso 2° del Código de Aguas).

sectores con caudales asociados para cada uno de ellos. Se hace presente, que el respaldo de dicha tabla se encuentra en el **ANEXO H - Fichas de Canales**

Pues bien del contenido del **ANEXO H – Ficha de Canales**, como de la Tabla 9.1, se concluye que en la cuenca del Río Camarones existen a esta data las siguientes situaciones de hecho y de derecho:

- De los 41 Canales existentes en la Cuenca del Río Camarones, 34 se encuentran organizados en Comunidades de Aguas, y 7 carecen de organización legal alguna reconocida por el Código de Aguas, esto es, se trata de simples “comunidades de hecho”.
- Con todo de los 7 canales de organización legal, solamente 3 cauces artificiales ⁴ no pueden organizarse en Comunidad de Aguas, pues tienen un solo titular de derechos de aprovechamiento de aguas inscritos en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Arica (artículo 186 del Código de Aguas).
- Los 34 canales organizados se encuentran registrados en el Registro Público de Organizaciones de Usuarios, que lleva el Archivero de la División Legal de la Dirección General de Aguas, por tanto, gozan de personalidad jurídica conforme al artículo 196 inciso 3° del Código de Aguas.
- Los títulos constitutivos de las 34 Comunidades de Aguas se encuentran inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces, en conformidad a lo establecido en el artículo 114 N° 1 del Código de Aguas.
- En dichos títulos inscritos consta el derecho de aprovechamiento de aguas superficial que corresponde a cada uno de los 34 Canales organizados judicialmente en Comunidades de Aguas, y la forma como se divide ese derecho real entre los comuneros.
- El total de los derechos de aprovechamiento que corresponden a los 34 Canales ascienden a un total de 36.952 acciones, equivalentes, a un caudal total teórico de 1.126 [l/s].

⁴ Los canales que tienen un solo usuario son Andía Uno, Catinjagua Cinco y Huancarane Siete.

-
- Los mencionados derechos reales son de ejercicio permanente y alternado (artículos 16 inciso 1°, 17, y 19 inciso 3° del Código de Aguas)
 - Algunos comuneros miembros de las 34 Comunidades de Aguas registradas han inscrito a su nombre en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica⁵, este es, de manera individual el derecho de aprovechamiento que se le fijó o reconoció en la sentencia que declaró la existencia de la respectiva organización de usuarios, el que consta, además, en los títulos constitutivos inscritos (artículos 114 N°s 1, 8, 192 y 197 inciso 2° del Código de Aguas)
 - Asimismo algunos comuneros miembros de las 34 Comunidades de Aguas registradas no han inscrito⁶, a su nombre en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, el derecho de aprovechamiento que se le fijó o reconoció en la sentencia que declaró la existencia de la respectiva organización de usuarios, y que consta en los títulos constitutivos inscritos (artículo 114 N° 8 del Código de Aguas)
 - En el caso de los 7 Canales que no se encuentran organizados en alguna de las formas que prescribe el artículo 186 del Código de Aguas, debemos hacer una distinción, entre los cauces artificiales que pueden constituirse en Comunidad de Aguas , y los que no.
 - Respecto de los primeros que son 4, en 2 de canales los usuarios tienen inscritos sus derechos de aprovechamiento de aguas en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, y en los 2 restantes los regantes carecen de inscripción registral conservatoria⁷.

⁵ Ese hecho aparece de manifiesto de la sola lectura del ANEXO H- Fichas de Canales. A vía ejemplar puede señalarse el caso de algunos comuneros de las Comunidades de Aguas de Canal Tapitaque, Amasaca Dos, Condumaya Cuatro etc.

⁶ Dicha situación consta de lectura del ANEXO H- Fichas de Canales. A vía ejemplar puede señalarse el caso de algunos comuneros de las Comunidades de Aguas de Canal Tapitaque, Amasaca Dos, Condumaya Cuatro etc.

⁷ Los derechos de aprovechamiento inscritos corresponden a los usuarios de los Canales Huancarane Cuatro y Huancarane Seis. No tienen inscripción registral conservatoria los regantes de los Canales Catinjagua Cinco y Portocarrero.

-
- Los Canales que no pueden organizarse en Comunidad de Aguas por tener un solo usuario son 3. En 2 de ellos los usuarios tienen sus respectivos derechos de aprovechamiento inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, y en el restante (1) el único regante carece de inscripción registral conservatoria⁸.
 - Los 7 Canales que no se encuentran organizados conforme al Título III del Libro Segundo del Código de Aguas, administran un caudal total teórico de 129 [l/s]
 - Los mencionados derechos inscritos, no inscritos y registrados, según detalle que se indica en **ANEXO H- Ficha de Canales**, se ejercen de forma permanente y continua ; y de manera permanente y alternada (artículos 16 inciso 1°, 17, y 19 incisos 1° y 3° del Código de Aguas)
 - El total del caudal que administran y distribuyen los 41 Canales de la cuenca del río Camarones asciende a 1.255 [l/s].
 - Los usuarios de los 41 canales corresponden a 284 regantes, que dan uso agrícola a las aguas captadas.

La Tabla 9.2 relativa a los 34 Canales de Riego organizados en Comunidades de Aguas, se indica los siguientes aspectos: El número de regantes originales; el número de regantes actuales; los caudales registrados en el Conservador de Bienes Raíces registrados en litros por segundo, su equivalencia en acciones y en metros cúbicos anuales⁹; la forma de alternancia (días y horas) como se ejercen los derechos registrados por los usuarios o comuneros de cada canal y la ubicación de las respectivas bocatomas definidas en coordenadas UTM WGS 84 Huso 19 Sur.

En la Lámina 9.2 (A, B, C y D) se presenta la ubicación las bocatomas de las Comunidades de Aguas legalmente organizadas y registradas en la Dirección General de Aguas (artículo 196 inciso 1° del

⁸ Los usuarios de los Canales Huancarane Siete y Andía Uno cuentan con inscripción registral conservatoria de sus respectivos derechos de aprovechamiento de aguas. El único usuario del Canal Catinjagua Cinco no tiene inscrito su derecho real.

⁹ La metodología de cálculo del volumen total anual de los derechos registrados se indica en el numeral 9.3.2.

Código de Aguas) y de los Canales no organizados legalmente existentes. Además, se muestra el listado completo y actualizado de los derechos inscritos y registrados en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Arica, asimismo los derechos no inscritos, que corresponden a los caudales de aguas que administran y distribuyen los canales en el área de estudio.

Adicionalmente, se ha incorporado en dichas láminas el resto de los canales que fueron identificados en los estudios de Alfa (1982) y de DGA (1992). Cabe destacar que los referidos canales no se encuentran organizados conforme al Título III del Libro Segundo del Código de Aguas, o bien no se encuentran en operando.

Como producto de la compilación, análisis y sistematización de la información levantada, se elaboraron 41 Fichas de Canales y Bocatomas, en la cuenca del Río Camarones.

Las fichas elaboradas presentan, actualizada a la fecha, la situación legal de los propietarios de derechos de cada canal, identificando transferencias, cesiones y ventas de los derechos originalmente inscritos.

Respecto de la información contenida en las Fichas, debemos distinguir, entre los Canales organizados en Comunidad de Aguas y Canales no organizados. A su vez, entre estos últimos, debemos distinguir entre Canales de dos o más usuarios y de usuario único.

En el caso de los 34 Canales organizados en Comunidad de Aguas, la ficha proporciona información acerca de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales que corresponde a cada uno de los canales en la fuente natural de uso público. Estos derechos se encuentran registrados en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Arica (artículos 114 N° 1 y 198 N° 4 del Código de Aguas).

La ficha en comento, también nos da cuenta de los casos de comuneros que han inscrito a su nombre el derecho de aprovechamiento que se les fijó o reconoció en la sentencia que declaró la existencia de la comunidad. Estos derechos se encuentran inscritos individualmente en el en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Arica (artículos 190, 197 inciso 2° y 114 N° 8 del Código de Aguas).

Ahora bien, en el caso de los Canales no organizados en Comunidad de Aguas, Asociación de Canalistas o cualquier tipo de sociedad conforme al Título III del Libro Segundo del Código Civil,

debemos tener presente que solamente los canales que tengan 2 o más personas o usuarios, pueden constituirse en alguna de las entidades de regantes señaladas.

Como se ha visto, de los 7 Canales no organizados legalmente 3 tienen un único usuario, ergo, no pueden reglamentar comunidad, asociación o sociedad alguna pues la ley exige al menos la concurrencia de 2 o más personas¹⁰.

La ficha nos proporciona la información de que los usuarios de los Canales Huancarane Siete y Andía Uno tienen sus respectivos derechos de aprovechamiento de aguas superficiales inscritos en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Arica (artículo 114 N° 5 del Código de Aguas). Asimismo, consta en dicho documento el único usuario del Canal Catinjagua Cinco no tiene derechos inscritos en el mencionado registro CBR de Arica.

A su turno, en los 4 Canales que carecen de organización legal, pero que por tener dos o más usuarios podrían constituirse en algunas de las formas que establece el Código de Aguas, la situación es la siguiente de acuerdo con la ficha, los usuarios de los Canales Huancarane Cuatro, Huancarane Seis y Portocarrero, tienen inscritos sus respectivos derechos de aprovechamiento de aguas superficiales en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Arica (artículo 114 N° 5 del Código de Aguas). En tanto que el único usuario del Canal Huancarane Siete, no tiene derechos inscritos.

¹⁰ El artículo 186 del Código de Aguas dispone que las organizaciones de usuarios que regula solamente puede formarse cuando existan dos o más personas que tengan derechos de aprovechamiento en las aguas de un mismo canal, embalse o de un mismo acuífero.

Tabla 9.1: Acciones y caudales inscritos, registrados y no inscritos en secciones de la Cuenca Río Camarones

	Canales	Usuarios Actuales	Acciones	Q [l/s]
Sección Alta	11	110	9.222	354,60
Canal Condumaya Cuatro Canal Umaxo Illapata Canal Amasaca Uno Canal Amasaca Dos Canal Isla Uno Canal Amasaca Tres Canal Taipitaque Canal Quebrada Tres Canal Ñequeñeque Canal Cortajima Dos Canal Isise Tres				
Sección Media	20	69	9.714	338,08
Canal Isise Cinco Canal Iquilta Uno Canal Iquilta Dos Canal Iquilta Tres Canal Iquilta Cuatro Canal Caruta Uno Canal Caruta Dos Canal Pampanune Canal Huancarane Dos Canal Andía Uno Canal Huancarane Tres Canal Huancarane Cuatro Canal Huancarane Cinco Canal Huancarane Seis Canal Huancarane Siete Canal Huancarane Nueve Canal Catinjagua Uno Canal Catinjagua Dos Canal Catinjagua Cuatro Canal Catinjagua Cinco				
Sección Baja	10	105	18.016	562,87
Canal Taltape Canal Humallane Canal O'Higgins Canal de las Casas Canal San Juan Canal Maquita Canal Portocarrero Canal Chupisilca Canal Manuel Rodríguez Canal Carlos Ibáñez				
TOTAL				
Cuenca Río Camarones	Canales	Usuarios	Acciones	Q [l/s]
Secciones Alta, Media y Baja	41	284	36.952*	1.255,56

* Las Acciones corresponden a los canales organizados en comunidades de aguas.

Tabla 9.2: Canales organizados en comunidad de aguas

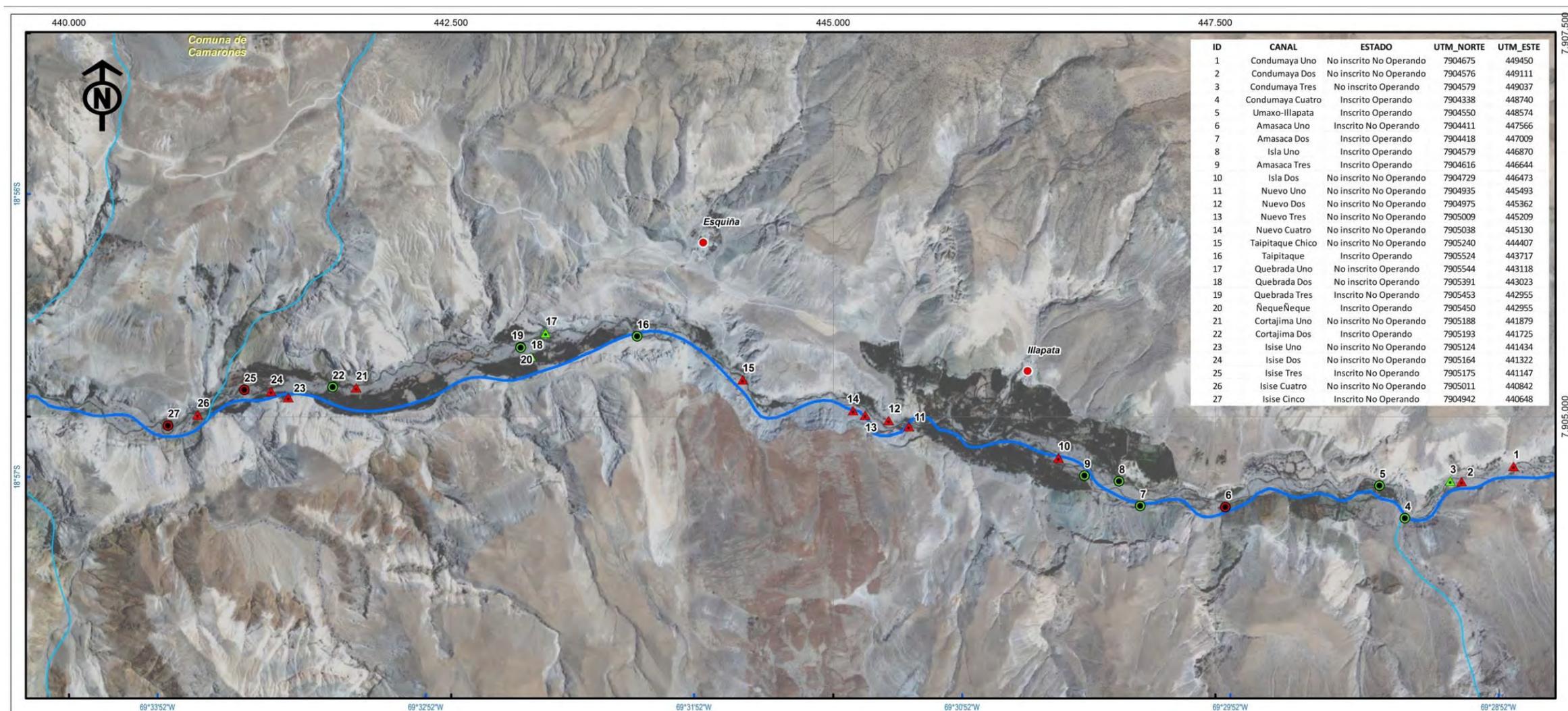
Código	Comunidad de Aguas	Regantes Originales	Regantes Actuales	Caudal Inscrito[l/s]	Cantidad de Acciones	Días de Riego	Horas de Riego	Caudal [m ³ /año]	Coordenadas UTM WGS 84 19H	
									Norte [m]	Este [m]
NC-0101-121	Canal Condumaya Cuatro	3	6	30	786	12	131	430.335	7.904.338	448.740
NC-0101-120	Canal Umaxo Illapata	55	55	100	4.026	14	671	6.297.814	7.904.550	448.574
NC-0101-119	Canal Amasaca Uno	2	2	30	420	10	70	275.940	7.904.411	447.566
NC-0101-113	Canal Amasaca Dos	8	4	50	936	10	156	1.024.920	7.904.418	447.009
NC-0101-114	Canal Isla Uno	2	8	30	252	10	42	165.564	7.904.579	446.870
NC-0101-115	Canal Amasaca Tres	4	5	30	438	10	73	287.766	7.904.616	446.644
NC-0101-116	Canal Taipitaque	13	11	50	636	8	106	870.525	7.905.524	443.717
NC-0101-117	Canal Quebrada Tres	3	3	40	414	8	69	453.330	7.905.453	442.955
NC-0101-118	Canal Ñequeñeque	15	9	50	726	10	121	794.970	7.905.450	442.955
NC-0101-136	Canal Cortajima Dos	4	4	40	360	8	60	394.200	7.905.193	441.725
NC-0101-137	Canal Isise Tres	3	3	30	228	8	38	187.245	7.905.175	441.147
NC-0101-138	Canal Isise Cinco	2	5	30	276	8	46	226.665	7.904.942	440.648
NC-0101-139	Canal Iquilta Uno	7	2	40	96	12	16	70.080	7.904.573	431.901
NC-0101-202	Canal Iquilta Dos	1	5	30	420	12	70	229.950	7.904.585	431.840
NC-0101-140	Canal Iquilta Tres	6	4	40	258	15	43	150.672	7.904.172	431.492
NC-0101-141	Canal Iquilta Cuatro	7	7	40	324	10	54	283.824	7.904.021	431.284
NC-0101-142	Canal Caruta Uno	5	4	30	552	10	92	362.664	7.903.075	430.686
NC-0101-143	Canal Caruta Dos	2	5	30	1.104	10	184	725.328	7.902.799	430.085
NC-0101-201	Canal Pampanune	3	5	30	702	8	117	576.518	7.902.453	428.650
NC-0101-179	Canal Huancarane Dos	4	3	40	1.008	10	168	883.008	7.902.423	426.547
NC-0101-181	Canal Huancarane Tres	2	11	40	1.224	10	204	1.072.224	7.902.394	425.620
NC-0101-181	Canal Huancarane Cinco	2	2	40	1.080	10	180	946.080	7.901.741	424.682
NC-0101-182	Canal Huancarane Nueve	2	3	20	510	10	85	223.380	7.900.782	422.827
NC-0101-144	Canal Catinjagua Uno	3	3	20	1.230	10	205	538.740	7.900.515	421.231
NC-0101-145	Canal Catinjagua Dos	3	4	15	930	10	155	305.505	7.900.026	420.302

Código	Comunidad de Aguas	Regantes Originales	Regantes Actuales	Caudal Inscrito[l/s]	Cantidad de Acciones	Días de Riego	Horas de Riego	Caudal [m ³ /año]	Coordenadas UTM WGS 84 19H	
									Norte [m]	Este [m]
NC-0101-146	Canal Taltape	4	10	50	3.120	15	520	2.277.600	7.897.317	415.300
NC-0101-186	Canal Humallane	5	7	50	3.312	15	552	2.417.760	7.897.858	414.137
NC-0101-185	Canal O'Higgins	6	7	50	3.528	15	588	2.575.440	7.898.713	411.650
NC-0101-184	Canal de las Casas	24	25	10	408	10	68	89.352	7.898.266	410.713
NC-0101-183	Canal San Juan	3	4	50	2.064	10	344	2.260.080	7.898.124	409.949
NC-0101-190	Canal Maquita	4	10	50	3.072	15	512	2.242.560	7.898.020	409.505
NC-0101-189	Canal Chupisilca	4	4	50	1.080	10	180	1.182.600	7.896.801	403.634
NC-0101-188	Canal Manuel Rodríguez	10	9	105	635	7	105,83	2.085.975	7.887.905	384.558
NC-0101-187	Canal Carlos Ibáñez	28	28	105	797	7	133	2.618.145	7.883.981	378.675
	Total	249	277		36.952		6.159	35.526.759		

Tabla 9.3: Canales no organizados legalmente

Canales Individuales	Propietarios	Caudal Inscrito[l/s]	Cantidad de Acciones	Días de Riego	Horas de Riego	Caudal Inscrito[m ³ /año]	Coordenadas UTM WGS 84 19H	
							Norte [m]	Este [m]
Canal Catinjagua Cuatro	Santiago Calle Gonzales y otros	50		7	36,73	344.769	7.899.997	419.361
Canal Catinjagua Cinco	Santiago Calle Gonzales	35		7	15,9	104.463	7.899.178	418.130
Canal Portocarrero	Solón ChávezTicona	20		Continuo	Continuo	630.720	7.897.057	404.314
Canal Huancarane Cuatro	Milton Claudio Andía Estay	52		8	36	307.476	7.901.939	424.943
Canal Huancarane Seis	Milton Claudio Andía Estay	15,9		8	48	125.356	7.901.465	424.397
Canal Andía Uno	Robelio Amado Andía Portu	25,8		Continuo	Continuo	813.629	7.902.396	425.636
Canal Huancarane Siete	Robelio Amado Andía Portu	55,2		Continuo	Continuo	1.740.787	7.901.298	423.658
	Total					4.067.199	m³/s	

Lámina 9.2-A: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Alto Cuenca Río Camarones



ID	CANAL	ESTADO	UTM_NORTE	UTM_ESTE
1	Condumaya Uno	No inscrito No Operando	7904675	449450
2	Condumaya Dos	No inscrito No Operando	7904576	449111
3	Condumaya Tres	No inscrito Operando	7904579	449037
4	Condumaya Cuatro	Inscrito Operando	7904338	448740
5	Umaxo-Illapata	Inscrito Operando	7904550	448574
6	Amasaca Uno	Inscrito No Operando	7904411	447566
7	Amasaca Dos	Inscrito Operando	7904418	447009
8	Isla Uno	Inscrito Operando	7904579	446870
9	Amasaca Tres	Inscrito Operando	7904616	446644
10	Isla Dos	No inscrito No Operando	7904729	446473
11	Nuevo Uno	No inscrito No Operando	7904935	445493
12	Nuevo Dos	No inscrito No Operando	7904975	445362
13	Nuevo Tres	No inscrito No Operando	7905009	445209
14	Nuevo Cuatro	No inscrito No Operando	7905038	445130
15	Taipitague Chico	No inscrito No Operando	7905240	444407
16	Taipitague	Inscrito Operando	7905524	443717
17	Quebrada Uno	No inscrito Operando	7905544	443118
18	Quebrada Dos	No inscrito Operando	7905391	443023
19	Quebrada Tres	Inscrito No Operando	7905453	442955
20	ÑequeÑeque	Inscrito Operando	7905450	442955
21	Cortajima Uno	No inscrito No Operando	7905188	441879
22	Cortajima Dos	Inscrito Operando	7905193	441725
23	Isise Uno	No inscrito No Operando	7905124	441434
24	Isise Dos	No inscrito No Operando	7905164	441322
25	Isise Tres	Inscrito No Operando	7905175	441147
26	Isise Cuatro	No inscrito No Operando	7905011	440842
27	Isise Cinco	Inscrito No Operando	7904942	440648

SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
○ Regional	— Internacional	— Río
□ Provincial	— Regional	— Quebrada
⊕ Comunal	— Comunal	— Estero
● Poblado	Caminos	— Lago; Laguna
⊗ Área urbana	— Pavimentado	— Salar
	— No pavimentado	— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Estado de Canales
⊗ Área de Estudio	● Inscrito No Operando
	● Inscrito Operando
	▲ No inscrito No Operando
	▲ No inscrito Operando

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Bocatomas_Finales_SA

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
- Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUICIO REGIONAL

LÁMINA 9.2-A **DIBUJÓ** R.A.H. **CONTROLÓ** A.A. **FECHA** MAR 2016

ESCALA 1 : 25.000

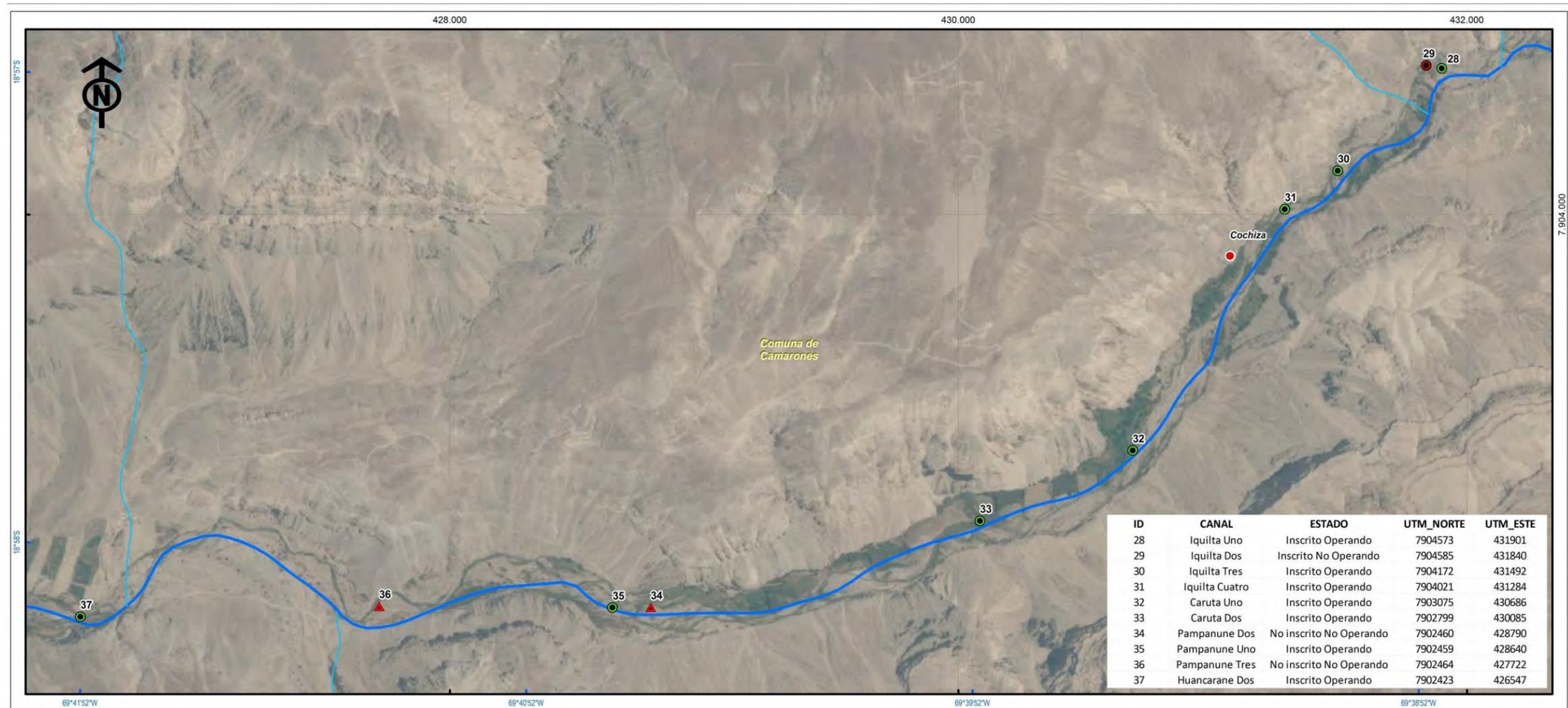
DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Ubicación de Bocatomas de los Canales - Sector Alto Cuenca Río Camarones

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Lámina 9.3-B: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Medio Cuenca Río Camarones



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
Regional	Internacional	Río
Provincial	Regional	Quebrada
Comunal	Comunal	Estero
Poblado	Caminos	Lago; Laguna
Área urbana	Pavimentado	Salar
	No pavimentado	Embalse
		Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Estado de Canales
Área de Estudio	Inscrito No Operando
	Inscrito Operando
	No inscrito No Operando
	No inscrito Operando

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Bocatomas_Finales_SM(1)

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUICIO REGIONAL

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
9.3-B	R.A.H.	A.A.	MAR 2016

ESCALA 1 : 15.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

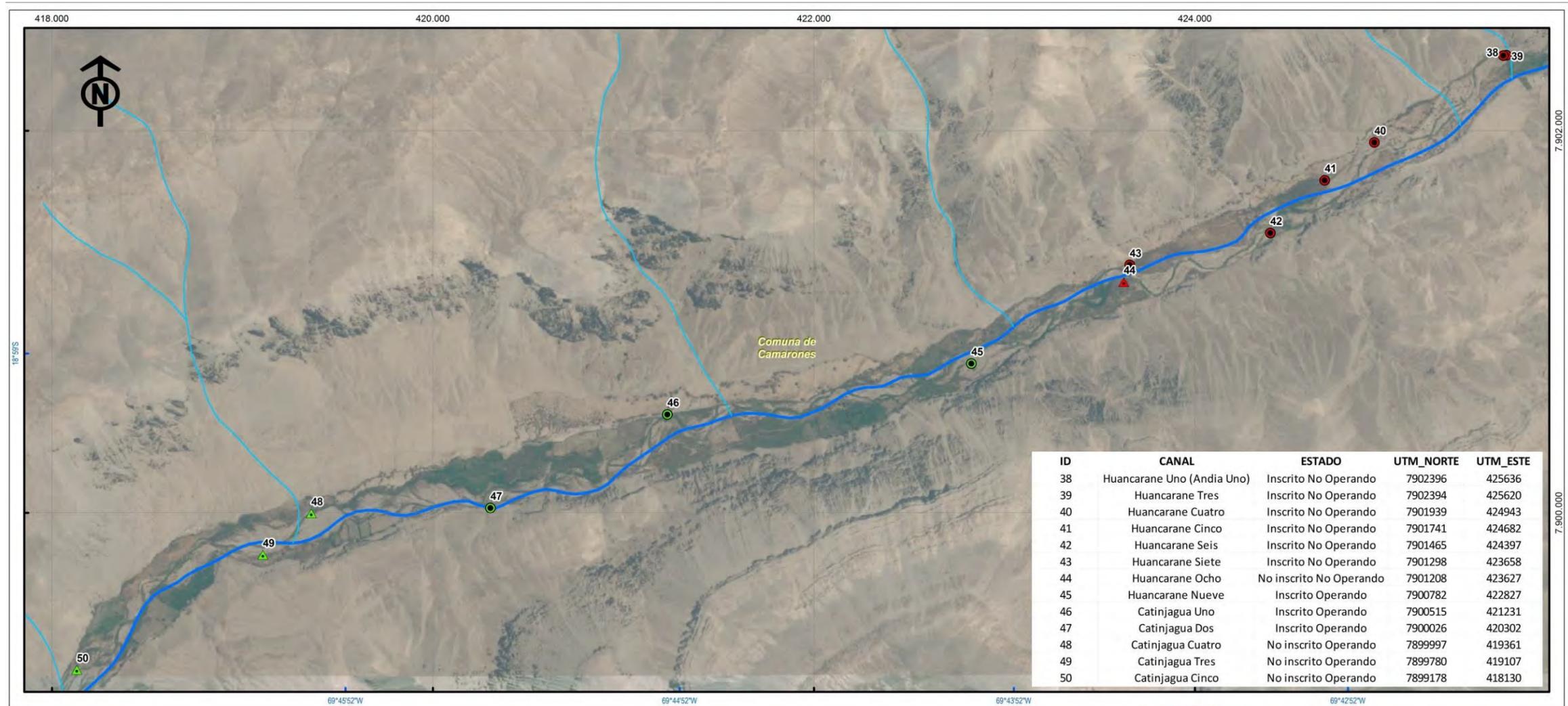
TEMA: Ubicación de Bocatomas de los Canales - Sector Medio Cuenca Río Camarones

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

Lámina 9.4-C: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Medio Cuenca Río Camarones



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
● Regional	— Internacional	— Río
■ Provincial	— Regional	— Quebrada
⊕ Comunal	— Comunal	— Estero
● Poblado	Camino	— Lago; Laguna
⊗ Área urbana	— Pavimentado	— Salar
	— No pavimentado	— Embalse
		— Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Estado de Canales
⊗ Área de Estudio	● Inscrito No Operando
	● Inscrito Operando
	▲ No inscrito No Operando
	▲ No inscrito Operando

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Bocatomas_Finales_SM(2)

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEJO REGIONAL

CHILE

LÁMINA 9.4-C **DIBUJÓ** R.A.H. **CONTROLÓ** A.A. **FECHA** MAR 2016

ESCALA 1 : 20.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

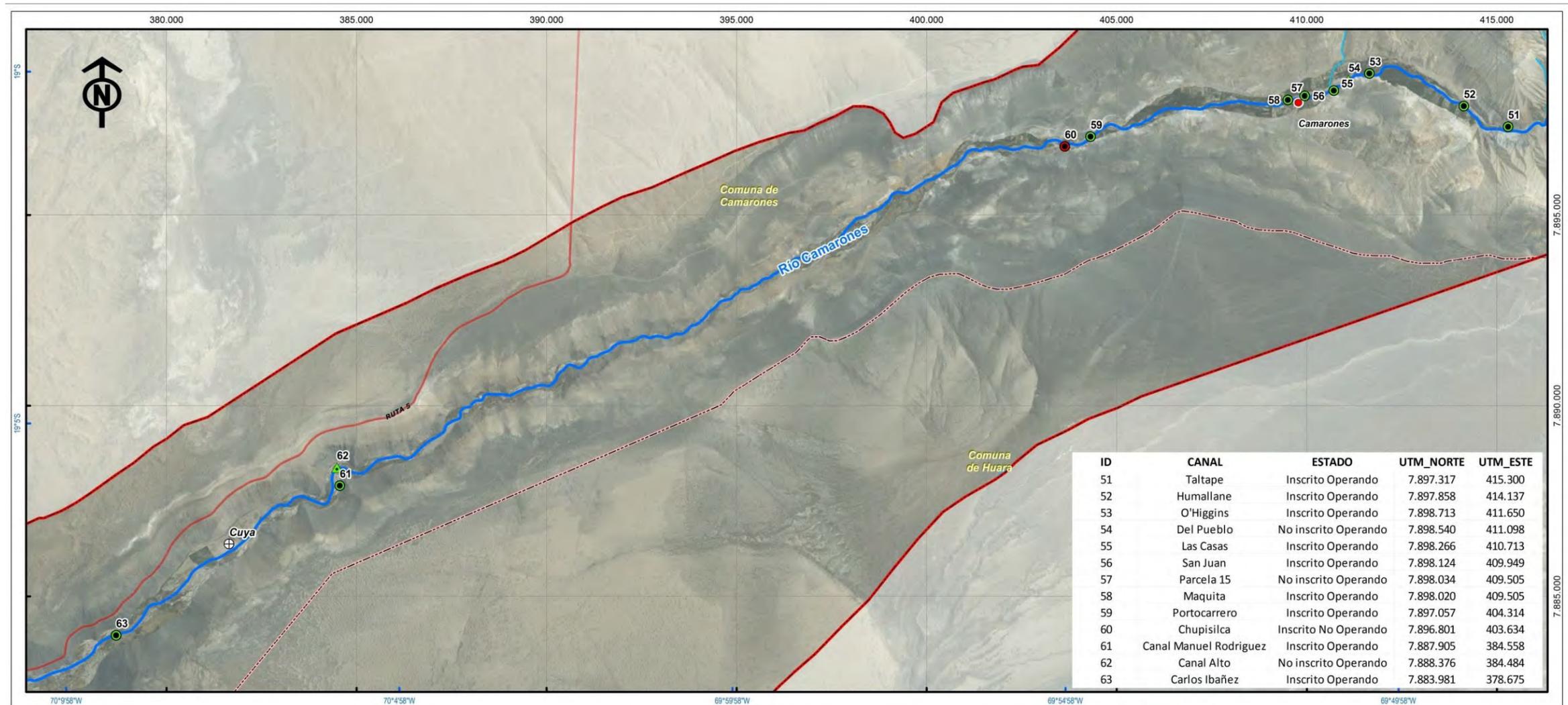
TEMA: Ubicación de Bocatomas de los Canales - Sector Medio Cuenca Río Camarones

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

Lámina 9.5-D: Ubicación de Bocatoma de los Canales - Sector Bajo Cuenca Río Camarones



SIMBOLOGÍA BASE

Asentamientos	Límite Político administrativo	Hidrografía
Capital		
Regional	Internacional	Río
Provincial	Regional	Quebrada
Comunal	Comunal	Estero
Poblado	Caminos	Lago; Laguna
Área urbana	Pavimentado	Salar
	No pavimentado	Embalse
		Glaciares

SIMBOLOGÍA TEMÁTICA

Límites de Unidades	Estado de Canales
Área de Estudio	Inscrito No Operando
	No inscrito No Operando
	Inscrito Operando
	No inscrito Operando

URL: X://SIG/mxd/Lámina_Bocatomas_Finales_SB

INFORMACIÓN GEODÉSICA
- Elipsoide y Datum de Referencia WGS-84

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA
- Sistema de Coordenadas U.T.M.
Huso 19 sur.
- Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)
- Datos Altimétricos referidos al elipsoide de referencia

FUENTE DE INFORMACIÓN
- Imagen Google Earth (12/2014)
- Cartografía Regular IGM 36 Cartas Sección A y Sección B
- Cartografía MIDEPLAN (2007)

ESQUEMA REGIONAL

LÁMINA	DIBUJÓ	CONTROLÓ	FECHA
9.5-D	R.A.H.	A.A.	MAR 2016

ESCALA 1 : 100.000

DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

CONSULTORES: CON POTENCIAL CONSULTORES SPA

TEMA: Ubicación de Bocatomas de los Canales - Sector Bajo Cuenca Río Camarones

VISTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Altura (m s.n.m.)
Value
High : 5571
Low : 68

Modelo de Elevación digital (Base SRTM 75m) y Sombreado de Relieve (azimuth=0)

9.3.2 Cálculo del Volumen Total de los caudales de los Derechos Registrados

- **Canales organizados en Comunidades de Aguas y Canales no organizados legalmente**

En la Tabla 9.2 se presentan los volúmenes anuales de los derechos de aprovechamiento registrados en [m³/año], calculados a partir de los caudales que corresponden a cada uno de los Canales organizados en Comunidad de aguas superficiales, que constan en sus respectivos títulos constitutivos inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes de Arica, de conformidad con lo establecido en el artículo 114 N° 1 del Código de Aguas.

Con el fin de estimar el “Volumen de Agua” de los derechos de aprovechamiento registrados en el área de estudio, expresados en [m³/año], se transformaron todos esos derechos, que se encuentran expresados en “Acciones”, en sus títulos constitutivos inscritos, asociadas a recursos hídricos de carácter “permanentes y alternados”.

La metodología para desarrollar éste cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$Volumen Anual \left[\frac{m^3}{año} \right] = \frac{365}{Frecuencia Riego [días]} \cdot q \left[\frac{l}{s} \right] \cdot \frac{Horas de Riego \cdot 3.600}{1.000}$$

$q \left[\frac{l}{s} \right]$ = Caudal asignado a cada acción del canal, en régimen “Permanente y Alternado”

Cabe señalar que los caudales asignados para cada canal y acción individual, fueron determinados a partir de los derechos de aprovechamiento registrados para cada Canal organizado en Comunidad de Aguas, cuyos títulos constitutivos rolan inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes de Arica (artículo 114 N° 1 del Código de Aguas).

En la revisión y análisis de toda la información disponible, y según lo detallado en la Tabla 9.2, se identificaron 34 Canales organizados como Comunidades de Aguas, los que tienen un régimen de

aprovechamiento de aguas de tipo “Permanente y alternado”, esto quiere decir que se pueden utilizar para riego durante una determinada cantidad de horas, cada cierta cantidad de días.

Los derechos de aprovechamiento registrados de éstas Comunidades de Aguas ascienden a un total de 36.952 acciones, que a su vez corresponden a la totalidad de acciones distribuidas en la quebrada de Camarones (ver Tabla 9.2). Además, se identificaron otros 7 Canales que carecen de organización legal de los cuales 3¹¹ ejercen su derecho de manera “Permanente y continua” (ver Tabla 9.3).

- **Resumen de los Volúmenes Anuales en el Área de estudio**

En la Tabla 9.4 se presenta el resumen de los Volúmenes Totales Anuales Inscritos [m³/año] para la Cuenca del Río Camarones, específicamente para los Ríos Camarones, Ajatama y Caritaya. El desglose en detalle de los derechos Inscritos se presenta en el **ANEXO I- Derechos Superficiales en Área de Estudio**.

¹¹ Canales Portocarrero, Huancarane Siete y Andía Uno.

Tabla 9.4: Volumen anual derechos superficiales inscritos en la Cuenca del Río Camarones

Derecho Superficiales	Volumen Anual Inscritos [m³/año]	Cantidad de Derechos
Fuente : C.B.R. Comunidades de Agua	35.526.759	34
Fuente: C.B.R. Canales Individuales	4.067.199	7
TOTAL	39.593.958	
Volumen Anual [m³/año]		
Derechos Superficiales		
TOTAL	1.256	
Caudal Teórico [l/s]		
Derechos Superficiales		

9.3.3 Derechos de Aprovechamiento Reconocidos e Inscritos sobre Vertientes en Área de Estudio

- **Catastro Público de Aguas**

De acuerdo con los antecedentes documentales que se han tenido a la vista, en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, que lleva el Archivero del Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas, y que forma parte del Catastro Público de Aguas (CPA), existen 26 derechos de aprovechamiento reconocidos por sentencias ejecutoriadas dictadas en juicios sumarios incoados por solicitudes de regularización formuladas por los interesados conforme al procedimiento que establece el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas.

Debe tenerse presente que el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, establece un procedimiento que permite regularizar e inscribir en el Registro de Propiedad de Aguas, del Conservador de Bienes Raíces competente a nombre del interesado, derechos de aprovechamiento no inscritos, como también derechos inscritos a nombre de un tercero, cuando el solicitante ha utilizado las aguas durante cierto lapso de tiempo, cumpliendo también con los demás requisitos establecidos por la ley.

Este procedimiento es aplicable también a los que extraen aguas en forma individual de una fuente natural.

Los requisitos para regularizar e inscribir derechos de aprovechamiento, en los casos señalados son los siguientes:

- 1.- Que quien pretenda que se le reconozca el derecho haya estado haciendo uso de las aguas en forma ininterrumpida durante 5 años.
- 2.- Este plazo se cuenta desde antes de la entrada en vigor del actual Código de Aguas, o en otros términos, los 5 años de uso deben existir al 29 de octubre de 1981.
- 3.- La utilización debe haberse efectuado libre de clandestinidad o violencia, y sin reconocer dominio ajeno.

Este procedimiento de regularización es de naturaleza mixta, con una etapa previa de carácter administrativo, ante la Dirección General de Aguas, para luego pasar a otra de carácter jurisdiccional, sometida a las reglas del juicio sumario. En definitiva, corresponde al Poder Judicial conocer y fallar esta materia.

La fase administrativa se inicia con la solicitud que debe presentar el interesado ante la oficina de la Dirección General de Aguas del lugar, o ante la Gobernación Provincial respectiva si en el lugar no existe dependencia de dicho servicio.

Una vez, vencida la etapa administrativa la Dirección General de Aguas debe remitir la solicitud, la oposición, si la hubiere, y todos los demás antecedentes, entre ellos, el informe técnico que debe evacuar, al Poder Judicial, para que la cuestión sea conocida y fallada por el Juez de Letras en lo Civil que sea competente.

La solicitud de regularización se tramitará en sede judicial, con sujeción a las reglas del procedimiento sumario, establecido en el Título XI, Libro III, del Código de Procedimiento Civil.

Vencido el término probatorio, el tribunal citará a las partes a oír sentencia, la que deberá dictarse en el plazo de los 10 días siguientes a la fecha de la resolución que las citó para ese efecto.

En el caso de que la sentencia judicial sea favorable al solicitante, debe inscribirse en el Registro de Propiedad de Aguas de Conservador de Bienes Raíces competente, a su nombre (artículo 114 N° 7 del Código de Aguas).

Una vez, que se practique la inscripción del derecho de aprovechamiento a nombre del favorecido con la sentencia, este deberá solicitar ante la Dirección General de Aguas, la anotación del título respectivo en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, que lleva dicha repartición pública (artículo 112 inciso 7° del Código de Aguas, en relación con los artículos 13, 14, 15 y 30 N° 2 del Reglamento del Catastro Público de Aguas).

Como se precisó en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, se constató que existen 26 derechos de aprovechamiento que recaen sobre vertientes los que fueron reconocidos en sentencias ejecutoriadas dictadas por el Juzgado de Letras de Arica.

Los fallos a firme que reconocieron los respectivos derechos, se inscribieron en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica. Los datos de la correspondiente inscripción conservatoria se indica en la Tabla 9.5.

Según se consigna **ANEXO J- Vertientes en Área de Estudio**, el caudal total que corresponde a los derechos de aprovechamiento reconocidos, es de 20,82 [l/s]. Por su parte la naturaleza ellos es permanente y su ejercicio continuo.

En estas condiciones, sus titulares pueden utilizar siempre la dotación o caudal que les corresponde, salvo que la vertiente no tenga la cantidad de agua suficiente para satisfacerlos a todos los derechos en su integridad, en cuyo caso el caudal debe distribuirse en parte alícuotas (artículo 17 del Código de Aguas). Asimismo, pueden ejercer sus derechos sobre las vertientes las 24 horas del día los 345 días del año (artículo 19 inciso 1° del Código de Aguas).

Tabla 9.5: Derechos de aprovechamiento reconocidos e inscritos sobre vertientes en área de estudio

Código de Expediente	Nombre Solicitante	Fuente	Caudal Anual (l/s)	UTM WGS 84 H19S		Fojas	N° CBR	Año
				Norte (m)	Este (m)			
NR-0101-506	Pedro Lucas Mamani Mamani	Vertiente Casima	3,2	7.905.240	445.636	154	125	2.006
ND-0101-295	Comunidad Indígena de Vila-Vila	Vertiente Chipama	0,5	7.916.720	445.227	95	91	1.905
ND-0101-295	Comunidad Indígena de Vila-Vila	Vertiente Cañaverl Uno	0,12	7.912.368	433.997	95	91	1.905
ND-0101-295	Comunidad Indígena de Vila-Vila	Vertiente Cañaverl Dos	0,04	7.912.337	433.887	95	91	1.905
ND-0101-295	Comunidad Indígena de Vila-Vila	Vertiente Cañaverl Tres	0,62	7.912.608	433.806	95	91	1.905
ND-0101-295	Comunidad Indígena de Vila-Vila	Vertiente Cañaverl Cuatro	0,14	7.912.595	433.802	95	91	1.905
NR-0101-337	Borga Francisca Calizaya Callejas	Vertiente Putaraya 1	2	7.905.988	432.434	117	100	1.905
NR-0101-337	Borga Francisca Calizaya Callejas	Vertiente Purataya 2	2	7.907.588	431.586	117	100	1.905
NR-0101-355	Comunidad Indígena de Pachica	Vertiente Sipaya 1	0,13	7.908.933	434.445	91	65	2.002

Código de Expediente	Nombre Solicitante	Fuente	Caudal Anual (l/s)	UTM WGS 84 H19S		Fojas	N° CBR	Año
				Norte (m)	Este (m)			
NR-0101-355	Comunidad Indígena de Pachica	Vertiente Sipaya 2	0,1	7.908.653	433.221	91	65	2.002
NR-0101-394	Idalia Modesta Visa Apata	Vertiente Cunchuñury	0,5	7.918.791	459.322	41	38	2.001
NR-0101-394	Idalia Modesta Visa Apata	Vertiente Koipa	0,4	7.916.621	457.680	41	38	2.001
NR-0101-394	Idalia Modesta Visa Apata	Vertiente Koipa	0,9	7.916.374	457.399	41	38	2.001
NR-0101-394	Idalia Modesta Visa Apata	Vertiente Karaguano	0,6	7.916.582	458.319	41	38	2.001
NR-0101-394	Idalia Modesta Visa Apata	Vertiente Guarinuma	0,02	7.918.216	462.103	41	38	2.001
NR-0101-394	Idalia Modesta Visa Apata	Vertiente Aguadulcey	0,03	7.914.949	463.833	41	38	2.001
NR-0101-394	Idalia Modesta Visa Apata	Vertiente Torrine	0,2	7.914.600	463.094	41	38	2.001
NR-1501-1226	Felipe Flores Visa y Otros	Quebrada Saguara	0,41	7.910.397	448.464	118	92	2.008
NR-1501-1226	Felipe Flores Visa y Otros	Quebrada Saguara	0,51	7.910.387	448.431	118	92	2.008
NR-1501-1226	Felipe Flores Visa y Otros	Quebrada Saguara	1,56	7.910.395	448.395	118	92	2.008
NR-1501-1226	Felipe Flores Visa y Otros	Quebrada Saguara	0,86	7.910.415	448.365	118	92	2.008
NR-1501-1227	Pedro Lucas Mamani Mamani	Vertiente Casima	3,2	7.904.880	445.431	154	125	2.006
NR-1501-1616	Celia Apolonia Condori Viza	Vertiente Yerbaguanane	0,396	7.918.966	451.082	162	188	2015
NR-1501-1617	Comunidad Indígena de Mulluri	Vertiente Chingane	1,287	7.895.248	475.222	160v	186	2015
NR-1501-1617	Comunidad Indígena de Mulluri	Vertiente Chingane 1	0,333	7.895.070	474.615	160v	186	2015
NR-1501-1617	Comunidad Indígena de Mulluri	Vertiente Chingane 2	0,297	7.895.246	475.242	160v	186	2015
NR-0101-657	Herminia Paula Soto Flores	Vertiente	0,03	7.906.029	441.079	590	2005	2006
NR-0101-657	Herminia Paula Soto Flores	Vertiente	0,02	7.905.940	440.887	590	2005	2006
NR-0101-657	Herminia Paula Soto Flores	Vertiente	0,12	7.905.905	440.930	590	2005	2006
NR-0101-660	Herminia Paula Soto Flores	Vertiente	0,1	7.905.888	440.919	590	2005	2006
NR-0101-660	Herminia Paula Soto Flores	Vertiente	0,16	7.905.756	440.732	590	2005	2006
NR-0101-660	Herminia Paula Soto Flores	Vertiente	0,041	7.905.952	440.866	590	2005	2006

- **Solicitudes de reconocimiento de Derechos de Aprovechamiento**

Como se hizo presente, en el **ANEXO J- Vertientes es Área de Estudio** se singularizan un total de 92 solicitudes de regularización de derechos de aprovechamiento que se han formulado acorde con el procedimiento que establece el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, que se encuentran en diversos Juzgados de Letras de Arica, en espera que se dicte la respectiva sentencia definitiva que se pronuncien sobre tales peticiones, ya sea acogéndolas o rechazándolas.

Ahora bien, las referidas solicitudes de regularización recaen sobre las vertientes que se singularizan en el mencionado anexo, el caudal total cuyo reconocimiento se pretende ascienda a 241,52 [l/s]. Cabe agregar, que los derechos de aprovechamiento cuyo reconocimiento se pidió a la autoridad judicial conforme al artículo 2° del Código de Aguas, son de ejercicio “Permanente y Continuo”.

Nomenclatura para la Situación Actual en **ANEXO J**:

Registrado CPA : Derecho registrado en el Público de Aguas, con aprobación legal otorgada por el Juzgado de Letras de Arica y registrado en Conservador de Bienes Raíces (C.B.R.) de Arica.

Inscripción C.B.R. Arica: Derecho que se encuentra inscrito en el Conservador de Bienes Raíces (C.B.R.) de Arica, luego de tener aprobación legal del Juzgado de Letras de Arica.

Sede Judicial : A la espera de sentencia del Juzgado de Letras de Arica.

9.3.4 Derechos de Agua Subterráneas

En el Estudio de Alfa (1982) se reconocen 5 captaciones subterráneas, las cuales son descritas a continuación:

- Dos pozos en la Parcela 5, Rol 5002-5 de Manuel Rodríguez
- Un pozo en Parcela 7, Rol 5002-7 de Manuel Rodríguez.
- Un pozo en Parcela 4, Rol 5002-4 de Manuel Rodríguez.
- Un pozo en Sitio 2, Rol 5003-9 de Carlos Ibáñez.

Del examen y revisión de los Registros de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, se encontró un total de 16 inscripciones de derechos de aprovechamientos de aguas subterráneas, todos los cuales se extraen desde 6 puntos de captación que se singularizan en Tabla 9.6.

Ahora bien, del análisis de los mencionados registros se determinó que 15 de las inscripciones conservatorias reseñadas, tuvieron su origen en la facultad que el artículo 5° Transitorio del Código de Aguas confiere al Servicio y Agrícola y Ganadero para determinar e inscribir los derechos de aprovechamiento provenientes de predios total o parcialmente expropiados por las leyes de reforma agraria que se dictaron en Chile.

Acorde con dicha disposición transitoria corresponde a dicha repartición determinar en forma proporcional a la extensión regada, los derechos de aprovechamiento que correspondan a cada predio o hijuela asignada.

La titular de los citados derechos de aprovechamiento es actualmente Agrícola Lluta Limitada, según consta en las inscripciones registrales todas del año 2013, cuyas fojas y números se detallan en la mencionada Tabla 9.7.

Como se precisó, los aludidos derechos de aguas subterráneas inscritos actualmente a nombre de Agrícola Lluta Limitada, fueron determinados por el Servicio Agrícola y Ganadero, mediante la dictación de las Resoluciones Exentas N°s 1975 y 1979, ambas del año 1989, conforme al citado artículo 5° Transitorio del Código de Aguas.

Mediante los actos administrativos exentos se determinaron los derechos de aprovechamiento de los Proyectos de Parcelación “Manuel Rodríguez” y “Carlos Ibáñez”, de la Comuna de Camarones, los que se publicaron en el Diario Oficial, además de inscribirse en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, acorde con el N° 2 del mencionado citado artículo 5° Transitorio del Código de Aguas.

Con posteridad, los asignatarios de los predios comprendidos en las citadas resoluciones exentas inscribieron los derechos de aprovechamiento determinados por el SAG a su nombre, en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, con la sola presentación de la inscripción de dominio del inmueble.

En la Tabla 9.7 se observan las sucesivas transferencias de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas desde su origen hasta su actual titular. Es menester hacer presente que no se pudo determinar el caudal exacto de cada extracción pues éste se estableció en porcentaje de riego que tiene asignado cada pozo.

La inscripción restante corresponde a Agrícola Camarones, teniendo el derecho de aprovechamiento respectivo en la Resolución Exenta N° 1977, de año 1989, del Servicio Agrícola y Ganadero. Los datos de transferencia del derecho, como los datos de las correspondientes inscripciones conservatorias, se pueden ver en la aludida Tabla 9.7. En este mismo orden de materias, cabe destacar que en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, que forma parte del Catastro Público de Aguas, se encontró solamente un derecho de aguas subterráneas inscrito o registrado en dicho inventario de carácter administrativo, a saber:

- 38 [l/s] a nombre de Agrícola Tarapacá Limitada, de ejercicio permanente y continuo

Tabla 9.6: Registros en C.B.R. Arica para inscripción de captaciones subterráneas.

Fojas	N° Carátula	Año	Nombre Peticionario	Pozo	Sector de Riego	Norte	Este	% Regado
Manuel Rodríguez								
319	224	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 1 Parcela N° 7	Unidad parcela N° 2; Superficie de riego 14,6 ha			37,10%
				Pozo 2 Parcela N° 5				18,30%
				Pozo 3 Parcela N° 5				15,80%
322	226	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 3 Parcela N° 5	Unidad parcela N° 3; Superficie de riego 13 ha			14%
				Pozo 4 Parcela N° 4				20,10%
325	228	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 4 Parcela N° 4	Unidad parcela N° 4; Superficie de riego 12,4 ha			38,40%
328	230	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 2 Parcela N° 5	Unidad parcela N° 5; Superficie de riego 17,8 ha			22,40%
				Pozo 3 Parcela N° 5				19,20%
				Pozo 4 Parcela N° 4				18,40%
331	232	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 2 Parcela N° 5	Unidad parcela N° 6; Superficie de riego 11 ha			13,80%
				Pozo 3 Parcela N° 5				11,90%
				Pozo 4 Parcela N° 4				11,30%
334	234	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 2 Parcela N° 5	Unidad parcela N° 7; Superficie de riego 11,4 ha			14,30%
				Pozo 3 Parcela N° 5				12,30%
				Pozo 4 Parcela N° 4				11,80%
385	264	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo		7.881.246	375.218	38 [l/s]
387	265	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 1 Parcela N° 7	Unidad parcela N° 1; Superficie de riego 12,1 ha			30,70%
				Pozo 2 Parcela N° 5				15,20%
				Pozo 3 Parcela N° 5				13,10%
47	33	2014	Agrícola Lluta Limitada	Pozo 1 Parcela N° 7	Unidad parcela N° 8; Superficie de riego 12,7 ha			32,20%
				Pozo 2 Parcela N° 5				16,00%
				Pozo 3 Parcela N° 5				13,70%
Carlos Ibáñez								
337	236	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo Parcela N° 1	Superficie de Riego 3,30 ha			3,96%
340	238	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo Parcela N° 1	Superficie de Riego 17,26 ha			20,72%
343	240	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo Parcela N° 3	Superficie de Riego 13,74 ha			16,37%
346	242	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo Parcela N° 4	Superficie de Riego 13,8 ha			16,57%
349	244	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo Parcela N° 5	Superficie de Riego 13,4 ha			16,09%
106	79	1991	Agrícola Camarones	Pozo Parcela N° 6	Superficie de Riego 4,1 ha			4,92%
352	246	2013	Agrícola Lluta Limitada	Pozo Parcela N° 7	Superficie de Riego 17,80 ha			21,37%

Tabla 9.7: Seguimiento de inscripciones de captaciones subterráneas.

Actual				Transferencia				Compraventa				Original			
Fojas	N° Carátula	Año	Nombre	Fojas	N° Carátula	Año	Nombre	Fojas	N° Carátula	Año	Nombre	Fojas	N° Carátula	Año	Nombre
319	224	2013	Agrícola Lluta	49	41	2004	Agrícola Tarapacá	95	68	1991	Agrícola Camarones	44	10	1989	Pedro Narrias Galleguillos
322	226	2013	Agrícola Lluta	52	43	2004	Agrícola Tarapacá	96	69	1991	Agrícola Camarones	44	10	1989	José Antonio Navea
325	228	2013	Agrícola Lluta	55	45	2004	Agrícola Tarapacá	97	70	1991	Agrícola Camarones	44	10	1989	Agrícola Santa Teresa
328	230	2013	Agrícola Lluta	58	47	2004	Agrícola Tarapacá	98	71	1991	Agrícola Camarones	44	10	1989	Juan Contreras Aliste
331	232	2013	Agrícola Lluta	61	49	2004	Agrícola Tarapacá	99	72	1991	Agrícola Camarones	44	10	1989	Agrícola Santa Teresa
334	234	2013	Agrícola Lluta	64	51	2004	Agrícola Tarapacá	100	73	1991	Agrícola Camarones	44	10	1989	Pedro Villarroel Rojas
385	264	2013	Agrícola Lluta	239	157	2012	Agrícola Tarapacá - DGA								
387	265	2013	Agrícola Lluta	46	39	2004	Agrícola Tarapacá	94	67	1991	Agrícola Camarones	44	10	1989	Rubén Pino Parraguez
47	33	2014	Agrícola Lluta	44	10	1989	Agrícola Lluta Asignación SAG								SAG Resolución N°1975
337	236	2013	Agrícola Lluta	67	53	2004	Agrícola Tarapacá	101	74	1991	Agrícola Camarones	42	9	1989	Valentín Santiago Alata Godoy
340	238	2013	Agrícola Lluta	70	55	2004	Agrícola Tarapacá	102	75	1991	Agrícola Camarones	42	9	1989	Agrícola Santa Teresa
343	240	2013	Agrícola Lluta	73	57	2004	Agrícola Tarapacá	103	76	1991	Agrícola Camarones	42	9	1989	Juan Ramos Ramos
346	242	2013	Agrícola Lluta	76	59	2004	Agrícola Tarapacá	104	77	1991	Agrícola Camarones	42	9	1989	Adolfo Gavino Viza
349	244	2013	Agrícola Lluta	79	61	2004	Agrícola Tarapacá	105	78	1991	Agrícola Camarones	42	9	1989	Ricardo González Castro
106	79	1991	Agrícola Camarones									42	9	1989	Nicolás Marca Mamani
352	246	2013	Agrícola Lluta	84	64	2004	Agrícola Tarapacá	42	9	1989	Agrícola Camarones Asignación SAG				SAG Resolución N°1977

9.4 Derechos de Aprovechamiento Comprometidos¹²

- **Derechos Permanentes y Continuos**

Como se indicó en el numeral 9.3.3, el procedimiento de regularización de derechos de aprovechamiento de aguas por el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas tiene una naturaleza mixta, con una etapa previa de carácter administrativo, ante la Dirección General de Aguas, para luego pasar a otra de carácter jurisdiccional.

La etapa administrativa se inicia con la solicitud que debe presentar el interesado ante la oficina de la Dirección General de Aguas del lugar, o ante la Gobernación Provincial respectiva si en el lugar no existe dependencia de dicho servicio. Una vez concluida esa fase, dicho servicio debe remitir la solicitud, la oposición, si la hubiere, y todos los demás antecedentes, entre ellos, el informe técnico que debe evacuar, al Poder Judicial, para que la cuestión sea conocida y fallada por el Juez de Letras en lo Civil que sea competente.

En aquellos lugares en que exista Corte de Apelaciones (ejemplo, Arica) la solicitud y sus anexos se enviarán a la Corte respectiva, para que distribuya la causa en alguno de los Juzgado de su territorio jurisdiccional. Si el lugar, no es asiento de Corte, la petición de regularización y antecedentes se remitirán directamente al Juzgado que se encuentre de turno.

La solicitud de regularización se tramitará en sede judicial, con sujeción a las reglas del procedimiento sumario, establecido en el Título XI, Libro III, del Código de Procedimiento Civil.

El juicio sumario de regularización, como todo otro juicio, comienza con la demanda del actor, o sea, de quien pretende regularizar e inscribir el derecho de aprovechamiento a su nombre.

¹² Como ya se ha precisado en el presente informe, los derechos de aprovechamiento comprometidos son las solicitudes para regularizar e inscribir caudales de aguas, conforme al procedimiento del artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, que se encuentran en sede judicial, sin haberse dictado a su respecto sentencia ejecutoriada, ya sea acogiendo o denegando la petición del interesado.

Presentada la demanda, el tribunal citará a la audiencia del quinto día hábil después de la última notificación. La resolución que recaerá en la demanda, es: “Por interpuesta la demanda de regularización en juicio sumario, vengán las partes a comparendo para el quinto día hábil después de la última notificación, a las 8:30 horas”

Llegado el día y la hora señalados para la celebración de la audiencia, ésta se llevará adelante con las partes o con la parte que comparezca. Con lo que se exponga en ella por las partes o en ausencia del demandado (opositor) el tribunal recibirá la causa a prueba.

Recibida la causa a prueba y notificada a las partes la resolución que así lo disponga, comienza a correr un término probatorio ordinario, de 8 días. Aquella parte que desee rendir prueba testimonial debe presentar su lista de testigos dentro del plazo de 2 días, a contar de la última notificación.

Para acreditar los requisitos o exigencias que establece el Código de Aguas para regularizar derechos de aprovechamiento, el actor puede valerse de todos los medios de prueba legal, a saber, testigos, instrumentos públicos o privados, confesión, presunciones, informe de peritos e inspección personal del tribunal.

Vencido el término probatorio, el tribunal citará a las partes a oír sentencia, la que deberá dictarse en el plazo de los 10 días siguientes a la fecha de la resolución que las citó para ese efecto.

Pues bien, la materia que se trata en este acápite se refiere precisamente a solicitudes de regularización presentadas de conformidad con el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, que remitidas a sede judicial por la Dirección General de Aguas, no han sido resueltas por el Juzgado de Letras en lo Civil competente, esto es, que no se ha dictado a su respecto sentencia definitiva, ya sea acogiendo o denegando la petición del interesado.

Enseguida, dentro del área de estudio se identificaron un total de 27 solicitudes de regularización de derechos de aprovechamiento conforme al citado precepto transitorio del Código de Aguas, sobre las cuales aún no existe pronunciamiento de la autoridad judicial, las que denominaremos “derechos comprometidos”

Del total de derechos comprometidos, 20 corresponden a derechos permanentes y continuos. El caudal comprometido es de 406,06 [l/s]. En la Tabla 9.8 se presenta el listado de los derechos mencionados.

Tabla 9.8: Listado de los derechos de aprovechamiento comprometidos (permanentes y continuos)

N° Expediente	Nombre Peticionario	Fecha Tramitación	Naturaleza	Caudal [l/s]	UTM WGS 84 H19S	
					Norte [m]	Este [m]
NR-0101-293	Comunidad indígena Aymara del pueblo de Huancarane	13-12-1996	Superficial	100	7.902.667	427.448
NR-0101-330	Helia Altina herrera	20-04-1998	Superficial	5	7.905.350	432.900
NR-0101-333	Hipólito castro Mamani y otros	20-04-1998	Superficial	42	7.906.420	475.800
NR-0101-334	Manuel Viza Apata	23-04-1998	Superficial	50	7.905.640	451.880
NR-0101-356	Comunidad indígena de Cochiza	06-12-1999	Superficial	29,6	7.905.246	429.472
NR-0101-521	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	23,9	7.898.182	485.502
NR-0101-521	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	2,9	7.898.182	485.502
NR-0101-524	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	8,7	7.899.077	482.159
NR-0101-524	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	5,2	7.900.364	482.850
NR-0101-524	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	54	7.899.800	482.127
NR-0101-525	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	30,1	7.898.427	485.319
NR-0101-525	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	0,8	7.897.463	484.394
NR-0101-525	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	11	7.898.800	485.584
NR-0101-525	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	8	7.899.075	485.713
NR-0101-525	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	27,8	7.897.416	483.931
NR-0101-525	Comunidad indígena de Mulluri	08-04-2002	Superficial	5,8	7.897.513	484.215
NR-1501-114	Comunidad indígena de Pachica	14-04-2010	Superficial	0,18	7.908.206	436.117
NR-1501-114	Comunidad indígena de Pachica	14-04-2010	Superficial	0,08	7.908.119	436.186
NR-1501-115	Comunidad indígena de Pachica	14-04-2010	Superficial	0,91	7.908.171	436.273
NR-1501-116	Comunidad indígena de Pachica	14-04-2010	Superficial	0,09	7.908.004	436.053

- El derecho por un 100 [l/s] de la “Comunidad indígena Aymara del pueblo de Huancarane” cuya captación se encuentra en la quebrada de Pampanune.
- Los derechos por un caudal total de 178,2 [l/s], solicitados por “Comunidad indígena de Mulluri” cuyo punto de captación se encuentra en la zona alta de la cuenca.
- El derecho por un 29,6 [l/s] de la “Comunidad indígena de Cochiza” cuya captación se encuentra en la quebrada de Huancarane.

Estos derechos no son considerados en la Tabla 9.4, ni tampoco en el cálculo del balance hídrico de la cuenca.

- **Derechos Permanentes y Alternados**

Se ha observado que del total de 27 derechos comprometidos, 20 son permanentes y continuos. Los restantes 7 son de ejercicio permanente y alternado. El caudal comprometido es de 13,2 [l/s]. En la Tabla 9.9 se presenta el listado de los derechos mencionados.

Tabla 9.9: Derechos de aprovechamiento comprometidos (permanentes y alternados)

N° Expediente	Nombre del Usuario	Fuente	Ejercicio del Derecho	Caudal Solicitado [l/s]	Superficie de Riego [Ha]	Días	Horas	Caudal [m ³ /año]	Coordenadas UTM WGS 84 19H	
									Norte [m]	Este [m]
NR-0101-543	Luis Adrián Mamani Mamani	Rio Camarones- Canal Pedregal	Perm. y Alter.	30	1	9	9,37	41.026	7.905.041	444.561
NR-0101-543	Luis Adrián Mamani Mamani	Rio Camarones- Canal Largo	Perm. y Alter.	30	2	7	15,10	85.035	7.904.496	448.032
NR-0101-544	Julia Raimunda choque castro	Rio Camarones - Taipitaque	Perm. y Alter.	16	2	7	28,7	86.258	7.905.314	444.319
NR-0101-545	Daniel García flores	Rio Camarones- Canal Guacallane	Perm. y Alter.	30	0,51	7	3,68	20.742	7.905.083	440.108
NR-1501-1626	Nelson Eduardo Flores García	Rio Camarones - Taipitaque	Perm. y Alter.	40	-	8	9	59.130	7.905.219	444.420
NR-1501-1628	Maricela Silvia Viza Apata	Rio Camarones - Sarajima	Perm. y Alter.	40	-	8	4	26.280	7.905.566	443.193
NR-1501-1625	Hugo castro Villca	Rio Camarones - Lumani	Perm. y Alter.	40	-	8	15	98.550	7.905.448	442.936

De aprobarse dichos derechos se estarían incorporando, al volumen total anual demandado en la cuenca, 417.021 [m³/año].

9.5 Cálculo Total de la Demanda Hídrica de los Derechos Comprometidos de la Cuenca

Los expedientes NR corresponden a usos consuetudinarios o de antigua data del recurso hídrico que se ha efectuado, libre de clandestinidad o violencia, y sin reconocer dominio ajeno. Por lo que su incorporación al cálculo del balance y estimación de la demanda real del recurso (incluyendo derechos inscritos más derechos comprometidos), se hace necesaria para poseer una mejor comprensión de la situación actual de la cuenca del Río Camarones.

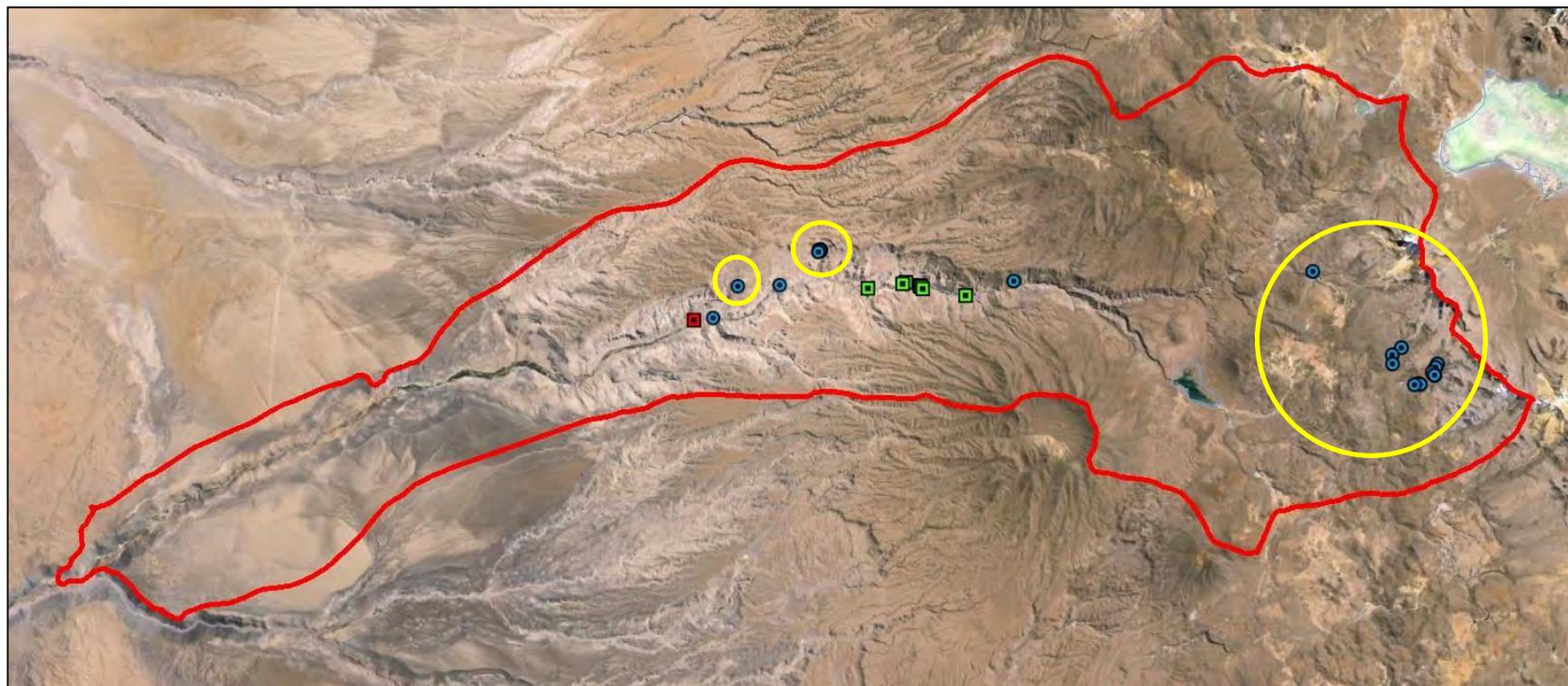
Para el cálculo se consideraron solo aquellos derechos que captan sus aguas directamente del Río Camarones, excluyendo los que se encuentran ubicados en quebradas aledañas o los que están en la zona alta de la cuenca, como son el caso de las comunidades Indígenas Mulluri y Cochiza. La Tabla 9.10 presenta el resumen final de derechos de aprovechamiento de agua comprometidos en la cuenca del Río Camarones.

Tabla 9.10: Volumen anual derechos superficiales inscritos y comprometidos.

Derecho Superficiales	Volumen Anual [m³/año]	Cantidad de Derechos
Fuente : C.B.R. Comunidades de Agua	35.526.759	34
Fuente: C.B.R. Canales Individuales	4.067.199	7
Fuente: Expedientes NR (Pendientes y Comprometidos)	5.147.421	9
TOTAL Volumen Anual [m³/año] Derechos Superficiales	44.741.379	
TOTAL Caudal Teórico[l/s] Derechos Superficiales	1.419	

La Figura 9.1 presenta la ubicación de los derechos que se encuentran en sede judicial a la espera de sentencia en la cuenca del Río Camarones, en amarillo se muestran los que no fueron considerados en el cálculo de la demanda.

Figura 9.1: Ubicación de los derechos NR en la Cuenca del Río Camarones



9.6 Derechos de Aguas Potenciales de la Cuenca del Río Camarones

De la revisión del estudio “Catastro de Usuarios Provincia de Arica” desarrollado por Alfa Ingenieros el año 1982 se pudo constatar la existencia de un total de 279 predios agrícolas en la Cuenca del Río Camarones, de los cuales 157 de estos tienen para su uso, cultivo y beneficio derechos de aprovechamiento de aguas legalmente constituidos o reconocidos e inscritos en el Conservador de Bienes Raíces de Arica y también registrados¹³ en dicho Conservador.

Ahora bien, según puede observarse en el **Anexo K**¹⁴ existen en el área de estudio un total de 122 inmuebles singularizados por sus respectivos roles de Impuestos Internos que si bien utilizan aguas de la Cuenca del Río Camarones para su cultivo y beneficio, carecen tanto de derechos de aprovechamiento de aguas legalmente constituidos o reconocidos e inscritos en el Conservador de Bienes Raíces de Arica, como asimismo de derechos registrados en dicho Conservador.

Esta situación deberá ser saneada por los interesados, ya sea, solicitando los respectivos derechos de aprovechamiento a la autoridad pública con facultades para constituir originariamente tales derechos reales, si hubiere disponibilidad hídrica, o recurriendo a los procedimientos de regularización que contemplan los artículos 1°, 2° o 5° Transitorio del Código de Aguas, según corresponda en cada caso.

Cabe señalar que en el Catastro realizado por Alfa, 1982 se identifican una totalidad de 63 de canales en la cuenca del Río Camarones, de los cuales, 41 canales - como se ha indicado-tienen derechos de aprovechamiento registrados en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica.

¹³ Como hemos visto estos derechos corresponden a los títulos constitutivos de las Comunidades de Aguas legalmente organizadas, que se encuentran inscritos conforme al artículo 114 N° 1 del Código de Aguas. La inscripción respectiva da cuenta del derecho que le corresponde al respectivo Canal en la fuente natural.

¹⁴ En el Anexo K se indica en hectáreas la superficie regada por cada uno de los predios enrolados.

En la Tabla 9.11 se presenta el listado completo de los 63 canales, indicándose en cada caso, entre otros aspectos, si el derecho que corresponde al cauce artificial o acueducto en la Cuenca del río Camarones se encuentra registrado o no en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, así como si el respectivo acueducto se encuentra operando o no.

En la Tabla 9.12 se presentan los canales que no se encuentran legalmente organizados y que consecuentemente carecen de derechos de aprovechamiento registrados en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica. Asimismo, se indica el número de usuarios de cada canal, al tiempo en que se levantó el Catastro de Alfa el año 1982.

Tabla 9.11: Catastro situación actual canales inscritos y no inscritos Cuenca Río Camarones

N°	Código	Comunidad de Agua	Regantes Originales	Regantes Actuales	Caudal Inscrito[l/s]	Cantidad de Acciones	Días de Riego	Horas de Riego	Caudal Inscrito[m ³ /año]	Coordenadas UTM WGS 84 19H		Situación Actual
										Norte [m]	Este [m]	
1		Canal Condumaya Uno	1							7.904.675	449.450	No inscrito No Operando
2		Canal Condumaya Dos	1							7.904.576	449.111	No inscrito No Operando
3		Canal Condumaya Tres								7.904.579	449.037	No inscrito Operando
4	NC-0101-121	Canal Condumaya Cuatro	3	6	30	786	12	131	430.335	7.904.336	448.765	Inscrito Operando
5	NC-0101-120	Canal Umaxo Illapata	55	55	100	4.026	14	671	6.297.814	7.904.621	448.457	Inscrito Operando
6	NC-0101-119	Canal Amasaca Uno	2	2	30	420	10	70	275.940	7.904.410	447.549	Inscrito No Operando
7	NC-0101-113	Canal Amasaca Dos	8	4	50	936	10	156	1.024.920	7.904.441	447.079	Inscrito Operando
8	NC-0101-114	Canal Isla Uno	2	8	30	252	10	42	165.564	7.904.505	447.247	Inscrito Operando
9	NC-0101-115	Canal Amasaca Tres	4	5	30	438	10	73	287.766	7.904.441	446.779	Inscrito Operando
10		Canal Isla Dos	1							7.904.729	446.473	No inscrito No Operando
11		Canal Nuevo Uno	1							7.904.935	445.493	No inscrito No Operando
12		Canal Nuevo Dos	1							7.904.975	445.362	No inscrito No Operando
13		Canal Nuevo Tres	1							7.905.009	445.209	No inscrito No Operando
14		Canal Nuevo Cuatro	1							7.905.038	445.130	No inscrito No Operando
15		Canal Taipitaque Chico	1							7.905.240	444.407	No inscrito No Operando
16	NC-0101-116	Canal Taipitaque	13	11	50	636	8	106	870.525	7.905.548	443.685	Inscrito Operando
17		Canal Quebrada Uno	1							7.905.544	443.118	No inscrito Operando
18		Canal Quebrada Dos	1							7.905.391	443.023	No inscrito Operando
19	NC-0101-117	Canal Quebrada Tres	3	3	40	414	8	69	453.330	7.905.527	443.073	Inscrito No Operando
20	NC-0101-118	Canal ÑequeÑeque	15	9	50	726	10	121	794.970	7.905.302	442.658	Inscrito Operando
21		Canal Cortajima Uno	2							7.905.188	441.879	No inscrito No Operando
22	NC-0101-136	Canal Cortajima Dos	4	4	40	360	8	60	394.200	7.905.159	441.824	Inscrito Operando
23		Canal Isise Uno	1							7.905.124	441.434	No inscrito No Operando
24		Canal Isise Dos	1							7.905.164	441.322	No inscrito No Operando
25	NC-0101-137	Canal Isise Tres	3	3	30	228	8	38	187.245	7.905.295	441.223	Inscrito No Operando
26		Canal Isise Cuatro	1							7.905.011	440.842	No inscrito No Operando
27	NC-0101-138	Canal Isise Cinco	2	5	30	276	8	46	226.665	7.905.045	440.222	Inscrito No Operando
28	NC-0101-139	Canal Iquilta Uno	7	2	40	96	12	16	70.080	7.904.611	432.451	Inscrito Operando
29	NC-0101-202	Canal Iquilta Dos	1	5	30	420	12	70	229.950	7.904.562	431.908	Inscrito No Operando
30	NC-0101-140	Canal Iquilta Tres	6	4	40	258	15	43	150.672	7.904.053	431.443	Inscrito Operando
31	NC-0101-141	Canal Iquilta Cuatro	7	7	40	324	10	54	283.824	7.904.019	431.302	Inscrito Operando
32	NC-0101-142	Canal Caruta Uno	5	4	30	552	10	92	362.664	7.903.256	430.774	Inscrito Operando
33	NC-0101-143	Canal Caruta Dos	2	5	30	1.104	10	184	725.328	7.902.806	430.079	Inscrito Operando
34		Canal Pampanune Dos	1							7.902.460	428.790	No inscrito No Operando
35	NC-0101-201	Canal Pampanune	1	5	30	702	8	117	576.518	7.902.453	428.650	Inscrito Operando
36		Canal Pampanune Tres	1							7.902.464	427.722	No inscrito No Operando

N°	Código	Comunidad de Agua	Regantes Originales	Regantes Actuales	Caudal Inscrito[l/s]	Cantidad de Acciones	Días de Riego	Horas de Riego	Caudal Inscrito[m ³ /año]	Coordenadas UTM WGS 84 19H		Situación Actual
										Norte [m]	Este [m]	
37	CI-6	Canal Andía Uno	1	1	25,8		Continuo	Continuo	813.629	7.902.325	425.503	Inscrito No Operando
38	NC-0101-179	Canal Huancarane Dos	4	3	40	1.008	10	168	883.008	7.902.481	426.774	Inscrito Operando
39	NC-0101-181	Canal Huancarane Tres	2	11	40	1.224	10	204	1.072.224	7.902.257	425.488	Inscrito No Operando
40	CI-4	Canal Huancarane Cuatro	1	1	52		8	36	307.476	7.901.602	424.587	Inscrito No Operando
41	NC-0101-181	Canal Huancarane Cinco	2	2	40	1.080	10	180	946.080	7.901.298	423.656	Inscrito No Operando
42	CI-5	Canal Huancarane Seis	1	1	15,9		8	48	125.356	7.900.887	422.984	Inscrito No Operando
43	CI-7	Canal Huancarane Siete	1	1	55,2		Continuo	Continuo	1.740.787	7.900.824	422.838	Inscrito No Operando
44		Canal Huancarane Ocho	1							7.901.208	423.627	No inscrito No Operando
45	NC-0101-182	Canal Huancarane Nueve	2	3	20	510	10	85	223.380	7.900.667	422.572	Inscrito Operando
46	NC-0101-144	Canal Catinjagua Uno	3	3	20	1.230	10	205	538.740	7.900.514	421.214	Inscrito Operando
47	NC-0101-145	Canal Catinjagua Dos	3	4	15	930	10	155	305.505	7.900.032	420.288	Inscrito Operando
48		Canal Catinjagua Tres	2							7.899.780	419.107	No inscrito Operando
49	CI-2	Canal Catinjagua Cinco	1	1	35		7	15,9	104.463	7.899.675	418.635	No inscrito Operando
50	CI-1	Canal Catinjagua Cuatro	1	1	50		7	36,73	344.769	7.900.030	419.480	No inscrito Operando
51	NC-0101-146	Canal Taltape	4	10	50	3.120	15	520	2.277.600	7.897.313	415.297	Inscrito Operando
52	NC-0101-186	Canal Humallane	5	7	50	3.312	15	552	2.417.760	7.897.865	414.144	Inscrito Operando
53	NC-0101-185	Canal O'Higgins	6	7	50	3.528	15	588	2.575.440	7.898.732	411.625	Inscrito Operando
54		Canal Del Pueblo	1							7.898.540	411.098	No inscrito Operando
55	NC-0101-184	Canal de las Casas	24	25	10	408	10	68	89.352	7.898.217	410.643	Inscrito Operando
56	NC-0101-183	Canal San Juan	3	4	50	2.064	10	344	2.260.080	7.898.087	409.727	Inscrito Operando
57		Canal Parcela 15	1							7.898.034	409.505	No inscrito Operando
58	NC-0101-190	Canal Maquita	4	10	50	3.072	15	512	2.242.560	7.898.032	409.516	Inscrito Operando
59	CI-3	Canal Portocarrero	1	1	20		Continuo	Continuo	630.720	7.897.022	404.245	Inscrito Operando
60	NC-0101-189	Canal Chupisilca	4	4	50	1.080	10	180	1.182.600	7.896.800	403.643	Inscrito No Operando
61	NC-0101-188	Canal Manuel Rodríguez	10	9	105	635	7	105,83	2.085.975	7.887.676	384.199	Inscrito Operando
62		Canal Alto	3							7.888.376	384.484	No inscrito Operando
63	NC-0101-187	Canal Carlos Ibáñez	28	28	105	797	7	133	2.618.145	7.884.453	379.219	Inscrito Operando

Tabla 9.12: Canales en Cuenca Río Camarones que no han sido regularizados

CANALES	CANTIDAD DE USUARIOS
SECCIÓN BAJA	
Sector Cuya	
Canal Alto	3
Sector Conanoxa	
Varios canales no identificados	
Sector Chupisilca y Portocarrero	
Sector Camarones	
Canal del Pueblo	1
Canal Parcela 15	1
SECCIÓN MEDIA	
Sector Catinjagua	
Canal Catinjagua 3	2
Sector Huancarane	
Canal Huancarane 1	1
Canal Huancarane 8	1
Sector Pampanune	
Canal Pampanune 2	1
Canal Pampanune 3	1
Sector Caruta	
Sector Iquilta	
Sector Isise	
Canal Isise 1	1
Canal Isise 2	1
Canal Isise 4	1
SECCIÓN ALTA	
Sector Quebrada	
Canal Taipitaque Chico	1
Canal Quebrada Uno	1
Canal Quebrada Dos	1
Canal Cortajima Uno	2
Sector Illapata	
Canal Amasaca Uno	2
Canal Isla Dos	1
Canal Nuevo Uno	1
Canal Nuevo Dos	1
Canal Nuevo Tres	1
Canal Nuevo Cuatro	1
Sector Condumaya	
Cana Uno	1
Canal Dos	1
Cana Tres	1
Canal Cuatro	1

9.7 Inconsistencias Detectadas

9.7.1 Duplicidad en Inscripciones de Derechos Registrados y Reconocidos.

En la revisión efectuada en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, se detectó una situación anómala en relación con el Canal Pampanune.

La Comunidad de Aguas del Canal Pampanune se constituyó por sentencia judicial de fecha 26 de noviembre de 1992, dictada por el Cuarto Juzgado de Letras de Arica, en la causa Rol Nº 2164-92.

La sentencia que declaró su existencia, fijó los derechos de los comuneros y aprobó sus estatutos, se redujo a escritura pública con fecha 26 de noviembre de 1992, ante el Notario Público de Santiago, don Eduardo Avello Concha.

Por Resolución DGA Nº 78 de 1991, se ordenó su registro en el Libro Registro Público de Comunidades de Aguas.

La Comunidad de Aguas del Canal Pampanune goza de personalidad jurídica, desde el 16 de junio de 2005, por disposición del artículo 1º, Nº 31, de la Ley Nº 20.017, que agregó un nuevo inciso final al artículo 196 del Código de Aguas en vigor.

Los títulos constitutivos de la Comunidad de Aguas, se inscribieron a fojas 29 Nº 20, del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica del año 1993, como lo exige el artículo 114 Nº 1 del Código de Aguas.

El derecho de aprovechamiento de aguas que corresponde al Canal en la fuente natural, esto es, en la Quebrada del río Camarones es de 702 acciones que equivalen a 30 [l/s], de ejercicio permanente y alternado.

Este derecho se divide entre los comuneros, en la siguiente forma:

Jenara Acevedo	378 acciones
Manuel Altina	144 acciones
Marcos Godoy	180 acciones

Es dable destacar, que los comuneros no han practicado la inscripción individual de su respectivo derecho de aprovechamiento de aguas superficiales como lo exige el artículo 114 N° 8, del Código de Aguas.

En estas condiciones, nos encontramos ante un derecho de aprovechamiento registrado por un total de 30 [l/s] de ejercicio permanente y alternado, según consta en los títulos constitutivos del Canal Pampanune que rolan a fojas 29 N° 20, del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica del año 1993.

Ahora bien, el año 2002 la Comunidad Indígena de Cochiza regularizó e inscribió a su nombre de conformidad con el procedimiento contemplado en el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, un derecho de aprovechamiento en la Quebrada del Río Camarones, por un caudal de 29,6 [l/s], de ejercicio permanente y continuo. El lugar de captación de estos derechos es la bocatoma del Canal Pampanune, los cuales además se conducen y distribuyen por dicho cauce artificial o acueducto.

La Comunidad Indígena de Cochiza es una persona jurídica, acorde con lo prevenido en el artículo 10 inciso final de la Ley N° 19.253, por ello se practicó a su nombre la inscripción del derecho de aprovechamiento reconocido por sentencia judicial ejecutoriada dictada en el juicio sumario de regularización que se incoó de conformidad al artículo 2° Transitorio del Código de Aguas.

La inscripción conservatoria se practicó a fojas 9 N° 8 del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica del año 2002, como lo exige el artículo 114 N° 7 del Código de Aguas.

Como puede advertirse, el derecho de aprovechamiento registrado a nombre de la Comunidad de Aguas, a fojas 29 N° 20, del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica del año 1993 (artículo 114 N° 1 del Código de Aguas), y el derecho de aprovechamiento reconocido por sentencia judicial ejecutoriada a nombre de la Comunidad Indígena, a fojas 9 N° 8 del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica del año 2002 (artículo 114 N° 7 del Código de Aguas), recaen sobre aguas que proceden del río Camarones, las que se conducen y captan por el mismo Canal Pampanune. El hecho anómalo constatado, importa un vicio de legalidad registral.

9.7.2 Duplicidad Hídrica del Embalse Caritaya

En la cuenca del Río Camarones y específicamente en un afluente de éste, el Río Caritaya, existe una obra de regulación de antigua data que tuvo fallas de diseño y constructivas, el Tranque Caritaya.

El mencionado Tranque Caritaya se construyó de conformidad con las disposiciones de la Ley N° 4.445, del año 1928, que regulaba la construcción de obras de regadío por Estado. A la sazón se estimó su capacidad de almacenamiento en 40 millones de metros cúbicos de agua, dotación suficiente para regar 3.000 [ha] en Camarones y 2.000 [ha] en las pampas aledañas.

Para el año 1935 esta obra de acumulación de aguas se encontraba totalmente terminada. Si bien el embalse de Caritaya se terminó de construir, nunca se pudo utilizar íntegramente, quizá por ser una obra muy grande en relación con el nivel de las precipitaciones (falla de diseño)

Por otra parte, debido a que su estructura data de los años 1934, sus válvulas y tuberías se han corroído disminuyendo ostensiblemente los espesores de las tuberías e imposibilitando la maniobra de las válvulas y por ende la evacuación del recurso hídrico hacia la quebrada de Camarones.

En otro orden de ideas, cabe señalar que mediante Decreto N° 741 de 29 de abril de 1934, del Ministerio de Obras Públicas, se declaró la explotación provisoria del Embalse Caritaya.

A su vez, por Decreto N° 2.427, del 31 de agosto de 1946, del ministerio de Obras Públicas se declaró la explotación definitiva de la obras del Embalse Caritaya.

En el decreto en comento se determina que las obras del embalse y los terrenos que ellas ocupan pasarán a poder de la Caja de Colonización Agrícola a contar del 1° de enero de 1947. Asimismo, se facultó al Director del Departamento de Riego, para firmar en representación del Fisco, la correspondiente escritura pública para perfeccionar el correspondiente traspaso.

Resulta útil consignar, que la referida Caja de Colonización Agrícola a la sazón dependía en todo lo referente a su relación con el Estado del Ministerio de Tierras y Colonización.

Por su parte la Ley N° 15.020¹⁵, en su artículo 11 dispuso la transformación de la Caja de Colonización Agrícola en Corporación de Reforma Agraria, persona jurídica de derecho público, y empresa autónoma del Estado.

Además, el citado artículo 11 precisó que la Corporación de la Reforma Agraria sería la sucesora de la Caja de Colonización Agrícola, en todos sus bienes derechos y obligaciones.

El Decreto Ley N° 2.405, de 12 de diciembre de 1978, disolvió a contar del 1° de enero de 1979, a la Corporación de la reforma Agraria, creando a partir de esa misma fecha y hasta el 31 de diciembre de ese año, a la Oficina de Normalización Agraria, ente autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, como sucesora y continuadora legal de la citada Corporación.

El 7 de enero de 1989 se publica la Ley N° 18.755, que entre otras cosas, crea el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), deroga la Ley N° 16.640¹⁶ y otras normas legales y reglamentarias.

El artículo 2° Transitorio letra e) facultó al SAG para ejercer los derechos y cumplir con las obligaciones de la Caja de Colonización Agrícola, Corporación de la Reforma Agraria y Oficina de Normalización Agraria, cuyo cumplimiento se encontraba pendiente.

La letra f) de la norma transitoria en examen, facultó al SAG para enajenar los bienes muebles, inmuebles o derechos provenientes de la Caja de Colonización Agrícola, Corporación de la Reforma Agraria y Oficina de Normalización Agraria.

¹⁵ Ley de Reforma Agraria, publicada el 27 de noviembre de 1962 en el Diario Oficial.

¹⁶ Ley de Reforma Agraria, publicada el 28 de julio de 1967 en el Diario Oficial.

Precisado lo anterior, es dable destacar que lo dispuesto en el Decreto N° 2.427, del 31 de agosto de 1946, del Ministerio de Obras Públicas, en el sentido de las obras del Embalse Caritaya y los terrenos que ellas ocupan debían pasar a poder de la Caja de Colonización Agrícola a contar del 1° de enero de 1947, previa firma de escritura pública respectiva por el Director del Departamento de Riego, nunca se materializó.

En estas condiciones, la obra de regulación nunca fue traspasada a la Caja de Colonización Agrícola, ni a las entidades públicas que le sucedieron como continuadoras legales, a saber, la Corporación de Reforma Agraria, la Oficina de Normalización Agraria y el Servicio Agrícola y Ganadero.

En estas condiciones, el embalse de regulación y sus obras anexas, como los terrenos donde se emplazan son bienes del Estado o bienes fiscales, cuya administración corresponde al Ministerio de Bienes Nacionales, de conformidad con el Decreto Ley N° 1.939, de 1977.

Con todo debemos tener presente que el Embalse Caritaya se construyó bajo la vigencia de la Ley N° 4.445, que transformó a la Inspección General de Regadío, en el Departamento de Riego, entidad pública que tendría a su cargo todo lo relacionado con las obras de riego fiscales.

En el año 1953, el Departamento de Riego se transforma en Dirección de Riego la cual seguía teniendo como función central: el estudio, proyección, construcción y explotación de las obras de riego financiadas con recursos fiscales. Con posterioridad, el año 1977 con la dictación de la Ley N° 19.525, la aludida Dirección se transforma en la Dirección de Obras Hidráulicas.

Debemos tener presente que las leyes sobre construcción de obras de regadío que se han dictado en nuestro país, desde la N° 4.445, bajo cuya preceptiva se construyó el Embalse Caritaya, hasta la actual el Decreto con Fuerza Ley N° 1.223, de 1981, pasado por las leyes N°s 9.662 y 14.536, entregaron al Departamento de Riego, Dirección de Riego y Dirección de Obras Hidráulicas, todas las cuestiones relacionadas con las obras de riego que se ejecuten con fondos fiscales.

Habida consideración a lo expuesto, y por exceder los límites de esta consultoría no emitiremos pronunciamiento legal acerca de a quién compete la administración del embalse, con todo es la Dirección de Obras Hidráulicas, la que ha ejecutado diversas reparaciones a dicha obra de acumulación tanto por desperfectos de sus obras anexas, como por los sismos que han afectado a la región que se emplaza.

En lo que nos interesa, podemos señalar que el Servicio Agrícola y Ganadero mediante Resolución N° 594, del 24 de abril de 1990, dictada en virtud de la facultad que le confiere el artículo 5° Transitorio del Código de Aguas, determinó los derechos de aprovechamiento en forma proporcional a la extensión regada de los predios provenientes de la reforma agraria. Los derechos se expresaron en acciones, y se inscribieron a nombre de los asignatarios de dichos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica¹⁷.

Es menester hacer presente que los derechos de aprovechamiento determinados por el Servicio Agrícola y Ganadero ascienden a un total de 850 acciones, equivalentes a igual cantidad de hectáreas regadas (acciones sobre el volumen almacenado en el Embalse Caritaya).

Ahora bien, los derechos de aprovechamiento que se acopian en el Embalse Caritaya, y que ascienden a 850 acciones corresponden a recursos hídricos del Río Caritaya, fuente natural de uso público tributaria del embalse.

Por otra parte, el Río Camarones nace de la unión de la descarga del Embalse Caritaya y los aportes del Río Ajatama. A su vez, los Canales del Río Camarones organizados judicialmente en Comunidades de Aguas, tienen según sus títulos inscritos derechos registrados sobre dicha fuente natural, o sea, el Río Camarones, por un total de 36.952 acciones.

De lo anterior se infiere, que podría existir desde una perspectiva hídrica una eventual duplicidad, toda vez que las 850 acciones del Embalse Caritaya, debieron ser consideradas al tiempo de formarse las Comunidades de Aguas que tienen como fuente de extracción el Río Camarones, por lo que desde el punto de vista hídrico podría existir una duplicidad, y de ser así, ello podría dar lugar a conflictos entre los derechos registrados y los derechos inscritos.

¹⁷ En la Tabla 9.13 se indican en detalle las inscripciones con fojas y número del Registro de Propiedad de Aguas.

Tabla 9.13: Derechos inscritos de la repartición de acciones del Embalse Caritaya.

SECTORES CONANOXA							
	Foja	N°	Año	Superficie [Ha]	Acciones Caritaya	Acciones CBR 2015	Nombre Peticionario
Lote RC. 1	77	92	2015		30,2	30,2	Soc. Agrícola Lluta
SECTORES MANUEL RODRÍGUEZ							
Parcela N°							
1	78	93	2015	12,10	13,37	14,65	Soc. Agrícola Lluta
2	79	94	2015	14,60	16,14	17,67	Soc. Agrícola Lluta
3	80	95	2015	13,00	14,37	15,74	Soc. Agrícola Lluta
4	81	96	2015	12,40	13,70	15,01	Soc. Agrícola Lluta
5	82	97	2015	17,80	19,67	21,55	Soc. Agrícola Lluta
6	83	98	2015	11,00	12,16	13,31	Soc. Agrícola Lluta
7	84	99	2015	11,40	12,60	13,80	Soc. Agrícola Lluta
8	85	100	2015	12,70	14,04	15,37	Soc. Agrícola Lluta
SECTORES CARLOS IBAÑEZ							
Parcela N°							
1	86	101	2015	20,10	18,35	20,10	Soc. Agrícola Lluta
2	87	102	2015	17,26	15,76	17,26	Soc. Agrícola Lluta
3	88	103	2015	13,64	12,46	13,64	Soc. Agrícola Lluta
4	89	104	2015	13,80	12,60	13,80	Soc. Agrícola Lluta
5	90	105	2015	13,40	12,24	13,40	Soc. Agrícola Lluta
6	91	106	2015	23,57	21,52	23,57	Soc. Agrícola Lluta
7	92	107	2015	17,80	16,25	17,80	Soc. Agrícola Lluta
Sitios Individuales							
6	96	111	2015	0,57	0,52	0,57	Soc. Agrícola Lluta
7	97	112	2015	0,48	0,44	0,48	Soc. Agrícola Lluta
9	99	114	2015	0,48	0,44	0,48	Soc. Agrícola Lluta
10	100	115	2015	0,51	0,46	0,51	Soc. Agrícola Lluta
12	101	116	2015	0,55	0,50	0,55	Soc. Agrícola Lluta
13	-	-	-	0,51	0,46	-	-
20	103	118	2015	0,94	0,86	0,94	Soc. Agrícola Lluta
Sitios Reservas Cora.							
(RC. 3) 3	98	113	2015	0,46	0,42	0,47	Soc. Agrícola Lluta
(RC. 4) 4	94	109	2015	0,47	0,43	0,46	Soc. Agrícola Lluta
(RC. 5) 5	95	110	2015	0,49	0,45	0,49	Soc. Agrícola Lluta
(RC. 6) 8	93	108	2015	0,40	0,37	0,40	Soc. Agrícola Lluta
(RC. 8) 11	-	-	-	0,50	0,46	-	-
(RC. 9) 14	199	230	2015	0,66	0,60	0,66	Municipalidad de Camarones
(RC. 11) 16	102	117	2015	0,51	0,46	0,51	Soc. Agrícola Lluta

9.8 Situación Actual Sistema de Manejo de los Recursos Hídricos de la Cuenca

La situación actual del manejo y gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río Camarones es la siguiente:

- Los usuarios de derechos de agua en la cuenca captan aguas desde el Río Camarones sin distinguir entre el recurso provenientes del Río Ajatama o del Río Caritaya y del embalse.
- No se cuenta con sistemas de medición de los caudales descargados desde el embalse Caritaya, ni aportados desde los Tributarios al Río Camarones.
- Tampoco se cuenta con obras que permitan regular y medir adecuadamente el caudal captado por cada canal, ni el caudal restituído desde los canales al Río.

Dado lo anterior, en la actualidad resulta imposible mantener un adecuado control y gestión eficiente del sistema de aprovechamiento de los recursos hídricos en la cuenca.

10 LEVANTAMIENTO DE DEMANDAS HÍDRICA ACTUAL

10.1 Demanda Agrícola

A continuación se presenta el resumen del cálculo de la demanda hídrica agrícola actual (Tabla 10.2), estimada para los distintos sectores y estratos de tamaño predial existentes en la Cuenca del Río Camarones. El detalle de la metodología, antecedentes y cálculos efectuados se presenta en el **Anexo L- Demanda Hídrica Actual**.

Dicho cálculo fue realizado a partir de la información levantada y presentada en el estudio de SMI (2008), y en el estudio de Arrau (2013).

Tabla 10.1: Superficie utilizada por tipo cultivo en la cuenca

Cultivo	Trigo	Cebolla	Maíz	Huerta	Zanahoria	Alfalfa	Total[ha]
<i>Superficie[ha]</i>	28,2	32,4	20,7	6,0	4,9	712,3	804,5

Para fines de este estudio, se recalcularon completamente las demandas hídricas estimadas en los estudios originales, a fin de corregir inconsistencias detectadas.

Tabla 10.2: Demanda hídrica - volumen anual total de riego [m³/año]

Cultivo	Trigo	Cebolla	Maíz	Huerta	Zanahoria	Alfalfa	Total[m ³ /mes]
Septiembre	62.438,0	123.040,1	-	-	-	3.075.243,0	3.260.721,1
Octubre	71.930,7	137.722,7	-	20.963,3	17.498,0	3.542.339,7	3.790.454,5
Noviembre	77.286,8	147.424,7	-	31.306,2	22.070,2	3.845.550,3	4.123.638,3
Diciembre	80.559,3	159.056,3	-	35.090,6	22.821,4	4.191.968,4	4.489.496,0
Enero	60.714,0	-	60.434,3	38.911,1	24.186,9	4.065.414,7	4.249.661,0
Febrero	-	-	71.186,1	35.684,0	23.309,6	3.667.869,1	3.798.048,8
Marzo	-	-	83.458,6	27.778,5	20.221,9	3.556.188,0	3.687.647,0
Abril	-	-	91.281,7	-	-	3.020.198,1	3.111.479,8
Mayo	-	-	82.530,0	-	-	2.609.321,2	2.691.851,3
Junio	43.167,3	-	70.409,6	-	-	2.367.328,8	2.480.905,7
Julio	43.777,1	90.263,2	-	-	-	2.417.881,7	2.551.922,1
Agosto	50.813,3	103.788,3	-	-	-	2.699.487,6	2.854.089,2
Total [m³/año]	490.686,5	761.295,4	459.300,2	189.733,7	130.108,0	39.058.790,8	41.089.914,7

Se determina entonces que la demanda hídrica actual para fines de riego de sectores agrícolas en la cuenca del Río Camarones, en términos de volumen anual [m³] de agua, alcanza a **41.089.915 [m³]**.

10.2 Demanda Otros Usos (Minería e Industria)

A partir de la información proporcionada en el estudio “Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Zona I Norte. Regiones I a IV”; DGA S.I.T. N° 122 (2007) desarrollado por la Consultora Ayala y Cabrera, se determinaron las demandas actuales y las proyecciones a 10 y 25 años para la zona de Camarones. A partir de dicho informe, se han elaborado la Tabla 10.3, Tabla 10.4 y Tabla 10.5, que presentan la estimación de la demanda actual y de las proyecciones futuras para 10 y 25 años, esperadas para la cuenca del Río Camarones, desglosando los usos en Agricultura, Agua Potable, Industrial, Minería, Energía, Forestal, Acuícola y Turismo.

Tabla 10.3 Demandas actuales de agua [m³/s] por tipo de uso

Región	Código Cuenca	Nombre Cuenca	Código Subcuenca	Nombre Subcuenca	Caudal por Uso [m ³ /s]										
					Agrop.	Agua Potable	Indust.	Minero	Energía	Forestal	Acuícola	Turismo	Receptor Contam.	Caudal Ecológico	
I	010	Altiplánicas			1,570	0,003		1,543				0,002	0,000	0,020	
	011	Costera - Quebrada de la Concordia			0,000	0,000		0,000					0,000		
	012	Río Lluta			2,142	0,007		0,209				0,002	0,000	0,220	
	013	Río San José (Azapa)			1,420	0,447	0,247	0,001	0,007			0,004	0,000	0,090	
	014	Costera - San José - Camarones			0,151	0,000		0,000					0,000		
	015	Río Camarones			2,085	0,001		0,000				0,000	0,000	0,040	
	016	Costera - Camarones - P. del Tamarugal			0,898	0,002		0,001				0,001	0,000	0,030	
	017	Pampa del Tamarugal		0170	P. Tamarugal	0,412	0,052		0,370				0,001	0,000	
				0171 a 0179	P. Tamarugal - S. Preandino	0,241	0,005		1,406					0,000	0,020
	018	Costera - Tilviche - Loa				0,007	0,741	1,433	0,136	0,204			0,003	0,000	
TOTAL					8,926	1,258	1,680	3,666	0,211	0,000	0,000	0,013	0,000	0,420	

Fuente DGA, S.I.T. N° 122

Tabla 10.4 Demandas futuras de agua [m³/s] a 10 años, por tipo de uso.

Región	Código Cuenca	Nombre Cuenca	Código Subcuenca	Nombre Subcuenca	Caudal por Uso [m ³ /s]										
					Agrop.	Agua Potable	Indust.	Minero	Energía	Forestal	Acuícola	Turismo	Receptor Contam.	Caudal Ecológico	
I	010	Altiplánicas			1,570	0,004		1,753				0,004	0,000	0,020	
	011	Costera - Quebrada de la Concordia			0,000	0,000		0,000				0,000	0,000		
	012	Río Lluta			2,142	0,009		0,237				0,004	0,000	0,220	
	013	Río San José (Azapa)			1,420	1,082	0,475	0,001	0,007			0,007	0,000	0,090	
	014	Costera - San José - Camarones			0,151	0,000		0,000					0,000		
	015	Río Camarones			2,085	0,001		0,000				0,000	0,000	0,040	
	016	Costera - Camarones - P. del Tamarugal			0,898	0,002		0,001				0,002	0,000	0,030	
	017	Pampa del Tamarugal		0171 a 0179	P. Tamarugal - S. Preandino	0,412	0,006		1,597				0,000	0,000	
				0170	P. Tamarugal	0,241	0,068		0,420				0,002	0,000	0,020
	018	Costera - Tilviche - Loa				0,007	0,939	2,760	0,154	0,204			0,006	0,000	
TOTAL					8,926	2,111	3,235	4,163	0,211	0,000	0,000	0,025	0,000	0,420	

Fuente DGA, S.I.T. N° 122

Tabla 10.5 Demandas futuras de agua [m³/s] a 25 años, por tipo de uso.

Región	Código Cuenca	Nombre Cuenca	Código Subcuenca	Nombre Subcuenca	Caudal por Uso [m ³ /s]									
					Agrop.	Agua Potable	Indust.	Minero	Energía	Forestal	Acuícola	Turismo	Receptor Contam.	Caudal Ecológico
I	010	Altiplánicas			1,570	0,005		2,499				0,006	0,000	0,020
	011	Costera - Quebrada de la Concordia			0,000	0,000		0,000				0,000	0,000	
	012	Río Lluta			2,142	0,012		0,338				0,006	0,000	0,220
	013	Río San José (Azapa)			1,420	1,353	1,270	0,001	0,007			0,011	0,000	0,090
	014	Costera - San José - Camarones			0,151	0,000		0,000				0,000	0,000	
	015	Río Camarones			2,085	0,002		0,000				0,000	0,000	0,040
	016	Costera - Camarones - P. del Tamarugal			0,898	0,003		0,001				0,002	0,000	0,030
	017	Pampa del Tamarugal	0171 a 0179	P. Tamarugal - S. Preandino	0,412	0,007		2,277				0,000	0,000	
			0170	P. Tamarugal	0,241	0,129		0,599				0,003	0,000	0,020
	018	Costera - Tilviche - Loa			0,007	1,294	7,376	0,220	0,204			0,010	0,000	
TOTAL					8,926	2,805	8,646	5,935	0,211	0,000	0,000	0,038	0,000	0,420

Fuente DGA, S.I.T. N° 122

Se concluye que, la demanda de agua para Industria y Minería es nula, y las proyecciones futuras no presentarían crecimiento de la demanda de agua en estas áreas.

11 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico será desarrollado dividiendo la cuenca en tres sectores: alto medio y bajo tal como se muestra en el diagrama unifilar.

Se han desarrollado tres tipos distintos de balance: el balance conceptual, agronómico y unifilar.

El balance conceptual corresponde a la caracterización y cuantificación de los procesos físicos que ocurren dentro de la cuenca en estudio.

El balance legal corresponde al cálculo del caudal necesario para satisfacer la demanda otorgada en términos de derechos de agua. Se debe destacar que los derechos de agua son otorgados para una probabilidad de excedencia de un 85%. Por lo tanto este balance considera la probabilidad de excedencia ya mencionada.

El balance agronómico, al igual que el balance legal, corresponde al cálculo del caudal necesario para, en este caso, optimizar el uso del suelo en función de los distintos métodos de riego utilizados. Es decir, considerando el factor determinado por el tipo de riego, manejar los predios tal de maximizar la producción agrícola.

11.1 Balance Conceptual

11.1.1 Río Caritaya

Tal como se presenta en el Capítulo 8, las cuencas cabeceras del Río Camarones (Río Ajatama y Río Caritaya) son las que generan el mayor aporte hídrico al Río Camarones. Es por esto que se hizo fundamental realizar un balance hídrico en esta zona.

En la Figura 11.1 se presentan los flujos dentro del embalse Caritaya. El aporte de precipitación sólida y derretimiento de nieves (Pp1) fue considerado en los cálculos del flujo base presentado en la sección 8.7.1.

En la Tabla 11.1 se presentan las variables meteorológicas directas que afectan al embalse. La tasa de precipitación fue determinada en la sección 8.5 y la evaporación fue determinada en la sección 8.6.

Figura 11.1: Balance flujos embalse Caritaya

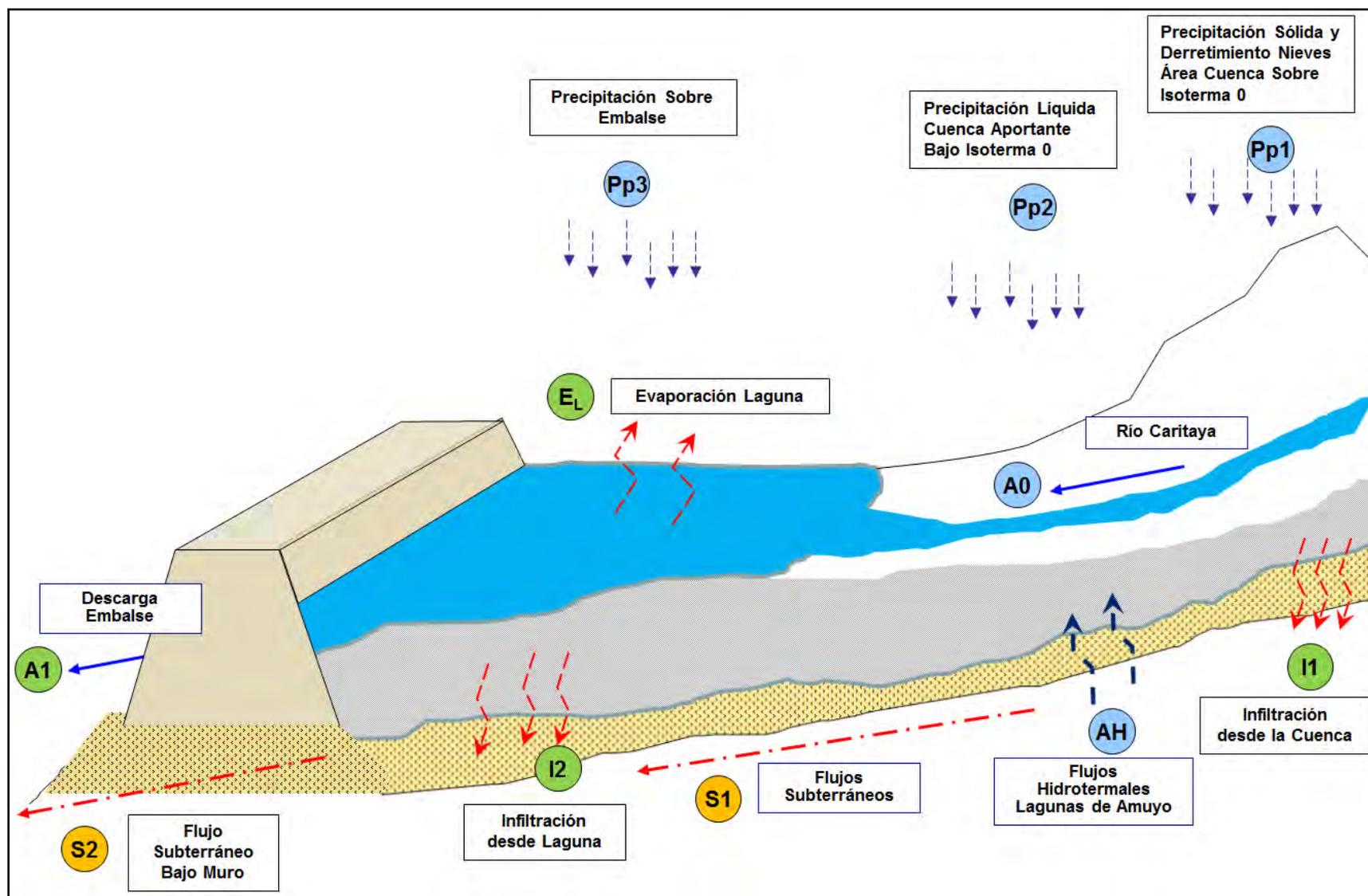


Tabla 11.1: Evaporación y precipitación en embalse

Parámetro	Valor	Unidad
Área Embalse	1.370.000	m ²
Tasa de Evaporación	5,3	mm/d
Tasa de Precipitación	176	mm/año
Evaporación desde Embalse	7.261	m ³ /d
	2.650.265	m ³ /año
Precipitación en embalse	241.120	m ³ /año

En la Tabla 11.2 se presenta el balance dentro del embalse. La entrada desde el río se presenta en la Tabla 8.25 y corresponde al caudal con 50% de probabilidad de excedencia.

Tabla 11.2: Balance en el embalse (50% de probabilidad de excedencia)

Variable	[l/s]	[m ³ /año]
Entradas		
Precipitación directa	8	241.120
Entrada desde Río	600	18.921.600
Total entradas		19.162.720
Salidas		
Salida a Río	450	14.191.200
Evaporación	84	2.650.265
Infiltración	70	2.207.520
Total salidas		19.048.985
Almacenamiento en embalse		113.135

La salida estimada del Embalse Caritaya es de 450 [l/s] y fue estimado a partir de los resultados campañas de aforo realizadas en el sector de Condumaya, y básicamente se adopta para darle coherencia a la diferencias existentes entre los aforos realizados en el Río Ajatama y Caritaya Aguas Arriba, versus el registrado en Caritaya Aguas Abajo del Embalse.

De misma forma, en la Tabla 11.3 se presenta el balance en el embalse para una probabilidad de excedencia de un 85%. Se observa un almacenamiento negativo, es decir el embalse se vacía., esto quiere decir que a un caudal de salida constante de 450 [l/s] el Embalse Caritaya es capaz de mantener a la cuenca por alrededor de 4,5 años, con una probabilidad de excedencia del 85%, antes que se vacíe por completo.

Tabla 11.3: Balance en el embalse (85% de probabilidad de excedencia)

Variable	[l/s]	[m ³ /año]
Entradas		
Precipitación directa	1	30.140
Entrada desde Río	325	10.249.200
Total entradas		10.279.340
Salidas		
Salida a Río	450	14.191.200
Evaporación	84	2.650.265
Infiltración	70	2.207.520
Total salidas		19.048.985
Almacenamiento en embalse		-8.769.645

11.1.2 Junta Río Ajatama y Río Caritaya

El aporte del Río Ajatama para distintas probabilidades de excedencia se presenta en la Tabla 8.25. En la Tabla 11.4 se presentan los aportes de las cabeceras al Río Camarones.

Tabla 11.4: Aportes al Río Camarones en función de la probabilidad de excedencia

Aporte	50%		85%	
	[l/s]	[m ³ /año]	[l/s]	[m ³ /año]
Río Ajatama	515	16.241.040	189	5.960.304
Embalse Caritaya	450	14.191.200	450	14.191.200
Total pasante a Río Camarones	965	30.432.240	639	20.151.504

11.1.3 Balance Sector Alto

En la Tabla 11.5 y en la Figura 11.2 se presenta el balance del sector alto. Para determinarlo se consideran cuatro variables:

- Caudal de entrada al sector, determinado en la sección 11.1.2.
- Caudal de salida del sector alto y entrada al medio, determinado según la información de la estación fluviométrica Chilpe y aforos realizados.
- Caudal aportado por el área de la cuenca delimitada en el sector, determinado en la Tabla 8.20.
- Caudal aportado por vertientes.

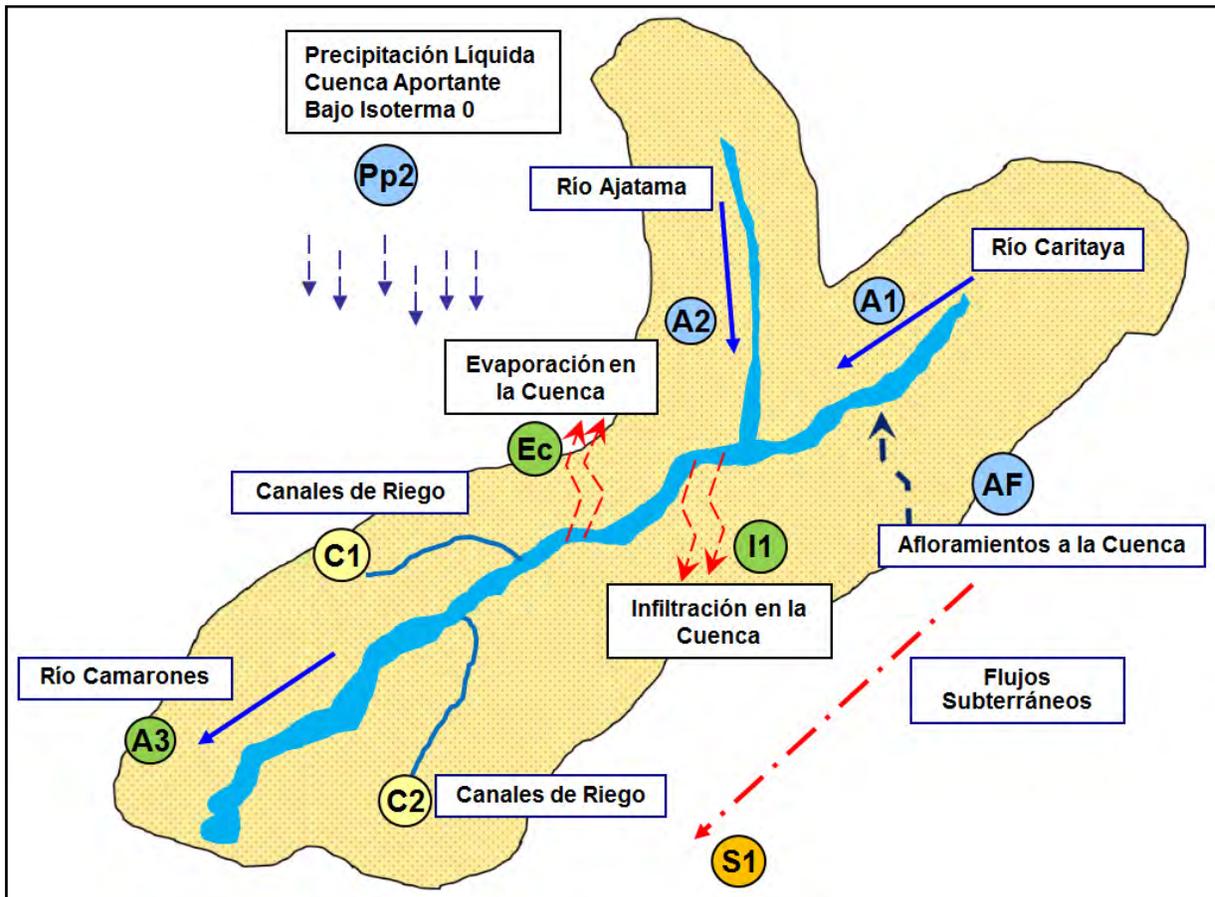
- Caudal extraído por canales de regadío, el cual es calculado.

La evaporación desde el río se considera despreciable, al igual que la infiltración y afloramientos.

Tabla 11.5: Balance sector alto

Aportes	50%		85%	
	[l/s]	[m ³ /año]	[l/s]	[m ³ /año]
Río Camarones (entrada a sector)	965	30.432.240	639	20.151.504
Aporte posible vertientes	100	3.153.600	100	3.153.600
Aporte Pluvial Cuenca	6	189.216	6	189.216
Uso sector Alto	311	9.821.159	-15	-459.577
Chilpe (salida de sector)	760	23.953.897	760	23.953.897

Figura 11.2: Balance sector alto



11.1.4 Balance Sector Medio

Se utilizó la misma metodología que para el sector alto. Las variables son:

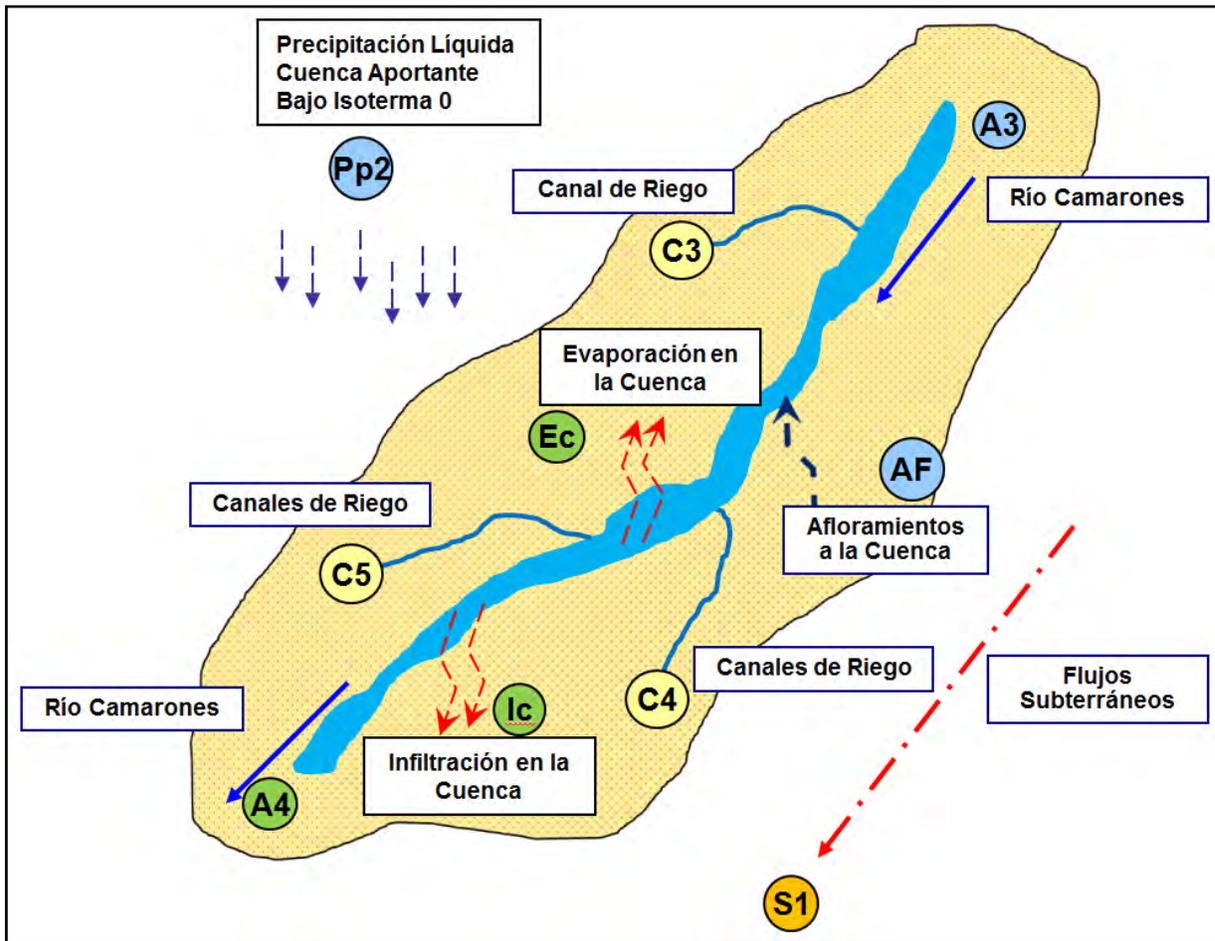
- Caudal de entrada al sector (equivalente a la salida del sector alto), determinado en la Tabla 11.5.
- Caudal de salida del sector medio y entrada al bajo, determinado según aforos realizados.
- Caudal extraído por canales de regadío, el cual es calculado.

Finalmente en la Tabla 11.6 y Figura 11.3 se presenta el balance.

Tabla 11.6: Balance sector medio

Caudal	[l/s]	[m³/año]
Chilpe (entrada al sector)	760	23.953.897
Uso sector medio	155	4.887.276
Taltape (salida sector)	614	19.350.445

Figura 11.3: Balance sector medio



11.1.5 Balance Sector Bajo

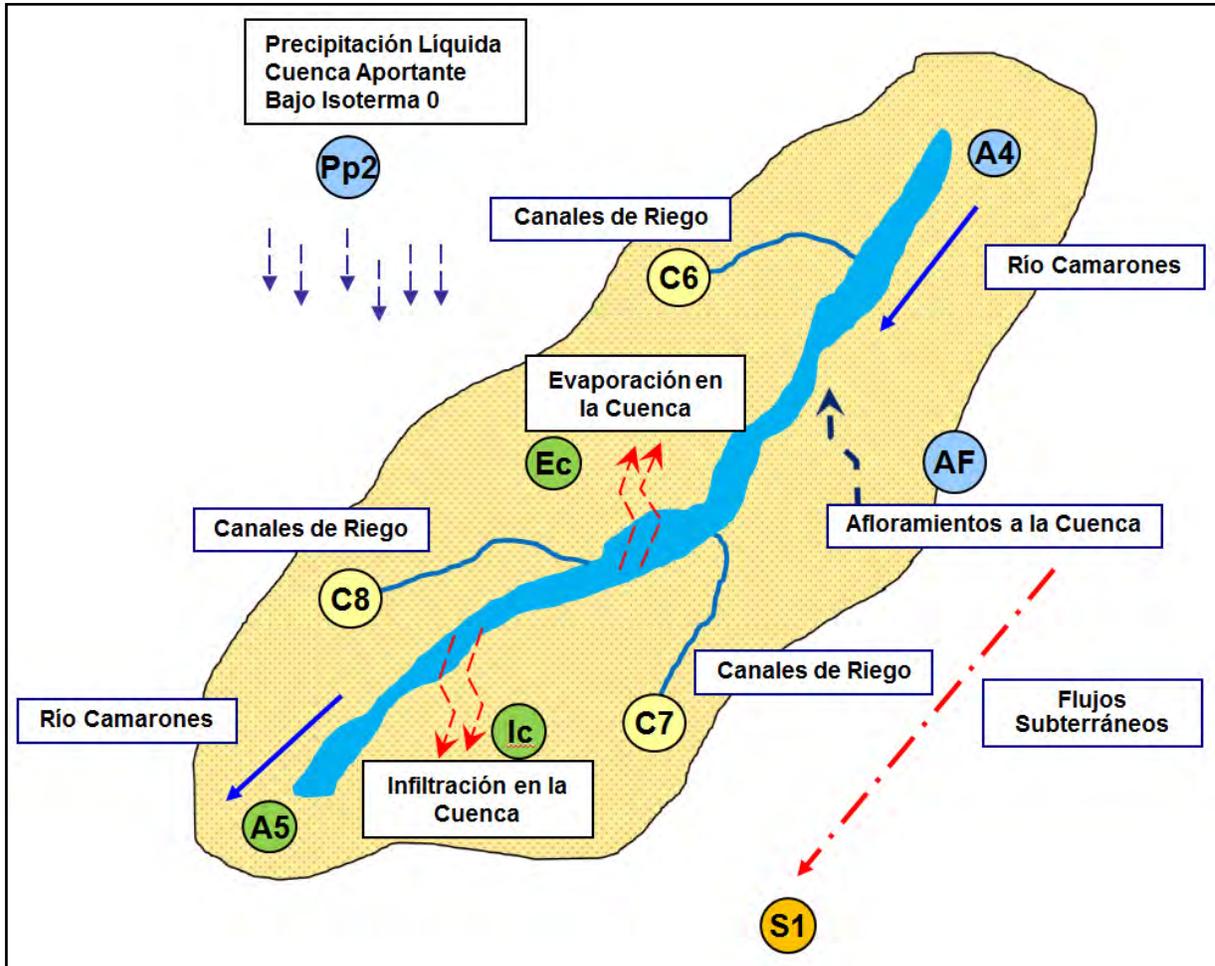
Nuevamente se utiliza la misma metodología. Dada la baja elevación de este sector, no hay aporte por el área (precipitaciones comienzan sobre la cota máxima de este sector). Finalmente en la Tabla 11.7 y Figura 11.4 se presenta el balance.

- Caudal de entrada al sector (equivalente a la salida del sector medio), determinado en la Tabla 11.6.
- Caudal de salida del sector alto y entrada al medio, determinado según afloramientos realizados.
- Caudal aportado por el área de la cuenca delimitada en el sector, determinado en la Tabla 8.20.
- Caudal extraído por canales de regadío, el cual es calculado.

Tabla 11.7: Balance sector bajo

Caudal	[l/s]	[m ³ /año]
Taltape (entrada al sector)	614	19.350.445
Aporte Pluvial Cuenca	9	283.824
Uso sector bajo (Canales)	382	12.042.503
Ruta 5 (salida sector)	232	7.307.942

Figura 11.4: Balance sector bajo



11.2 Balance Legal

Este balance se realiza de forma anual y considera las extracciones del río que son legalmente otorgadas a través de los derechos de agua. De este se concluye el caudal medio anual con probabilidad de excedencia de 85% que tendría que tener el río aguas arriba de la primera toma, con el fin de satisfacer la demanda legal.

En la Tabla 11.9 se presenta la información utilizada para realizar el balance. En esta se presenta el volumen total anual inscrito en [m³], tal como se presentó en la en el acápite 9.3.1.

Finalmente en la Tabla 11.8 se presenta el resumen del balance hídrico legal, el cual determina que el caudal medio con probabilidad de excedencia de 85% debiese ser 1.256 [l/s].

Tabla 11.8: Resumen balance hídrico legal

Sector	Caudal [m ³ /año]	Caudal [l/s]
Entrada Río Camarones	39.593.958	1.256
Demanda Alto	11.182.609	355
Pasante a medio	28.411.349	901
Demanda Medio	10.031.117	318
Pasante a bajo	18.380.232	583
Demanda Bajo	18.380.232	583
Salida Camarones	0	0

Tabla 11.9: Derechos inscritos en canales del sector alto medio y bajo

N°	Código	Comunidad de Agua	Volumen Inscrito[m ³ /año]	Coordenadas UTM WGS 84 19H		Sector
				Norte [m]	Este [m]	
1	NC-0101-121	Canal Condumaya Cuatro	430.335	7.904.336	448.765	Alto
2	NC-0101-120	Canal Umaxo Illapata	6.297.814	7.904.621	448.457	
3	NC-0101-119	Canal Amasaca Uno	275.940	7.904.410	447.549	
4	NC-0101-114	Canal Isla Uno	165.564	7.904.505	447.247	
5	NC-0101-113	Canal Amasaca Dos	1.024.920	7.904.441	447.079	
6	NC4-0101-115	Canal Amasaca Tres	287.766	7.904.441	446.779	
7	NC-0101-116	Canal Taipitaque	870.525	7.905.548	443.685	
8	NC-0101-117	Canal Quebrada Tres	453.330	7.905.527	443.073	
9	NC-0101-118	Canal Ñequeñeque	794.970	7.905.302	442.658	
10	NC-0101-136	Canal Cortajima Dos	394.200	7.905.159	441.824	
11	NC-0101-137	Canal Isise Tres	187.245	7.905.295	441.223	
Total Sector Alto			11.182.609			
12	NC-0101-138	Canal Isise Cinco	226.665	7.905.045	440.222	Medio
13	NC-0101-139	Canal Iquilta Uno	70.080	7.904.611	432.451	
14	NC-0101-202	Canal Iquilta Dos	229.950	7.904.562	431.908	
15	NC-0101-140	Canal Iquilta Tres	150.672	7.904.053	431.443	
16	NC-0101-141	Canal Iquilta Cuatro	283.824	7.904.019	431.302	
17	NC-0101-142	Canal Caruta Uno	362.664	7.903.256	430.774	
18	NC-0101-143	Canal Caruta Dos	725.328	7.902.806	430.079	
19	NC-0101-201	Canal Pampanune	576.518	7.902.453	428.650	
20	NC-0101-179	Canal Huancarane Dos	883.008	7.902.481	426.774	
21	CI-6	Canal Andía Uno	813.629	7.902.325	425.503	
22	NC-0101-181	Canal Huancarane Tres	1.072.224	7.902.257	425.488	
23	CI-4	Canal Huancarane Cuatro	307.476	7.901.602	424.587	
24	NC-0101-181	Canal Huancarane Cinco	946.080	7.901.298	423.656	
25	CI-5	Canal Huancarane Seis	125.356	7.900.887	422.984	
26	CI-7	Canal Huancarane Siete	1.740.787	7.900.824	422.838	
27	NC-0101-182	Canal Huancarane Nueve	223.380	7.900.667	422.572	
28	NC-0101-144	Canal Catinjagua Uno	538.740	7.900.514	421.214	
29	NC-0101-145	Canal Catinjagua Dos	305.505	7.900.032	420.288	
30	CI-1	Canal Catinjagua Cuatro	344.769	7.900.030	419.480	
31	CI-2	Canal Catinjagua Cinco	104.463	7.899.675	418.635	
Total Sector Medio			10.031.118			
32	NC-0101-146	Canal Taltape	2.277.600	7.897.313	415.297	Bajo
33	NC-0101-186	Canal Humallane	2.417.760	7.897.865	414.144	
34	NC-0101-185	Canal O'Higgins	2.575.440	7.898.732	411.625	
35	NC-0101-184	Canal de las Casas	89.352	7.898.217	410.643	
36	NC-0101-183	Canal San Juan	2.260.080	7.898.087	409.727	
37	NC-0101-190	Canal Maquita	2.242.560	7.898.032	409.516	
38	CI-3	Canal Portocarrero	630.720	7.897.022	404.245	
39	NC-0101-189	Canal Chupisilca	1.182.600	7.896.800	403.643	
40	NC-0101-188	Canal Manuel Rodríguez	2.085.975	7.887.676	384.199	
41	NC-0101-187	Canal Carlos Ibáñez	2.618.145	7.884.453	379.219	
Total Sector Bajo			18.380.232			
Total Global			39.593.958			

11.3 Balance Agronómico

Este balance se realizó de forma mensual y considera las extracciones que serían necesarias con el fin de regar la totalidad de los predios del área en estudio. Se destaca que de esta manera se obtendría la máxima productividad (en función de las respectivas eficiencias de riego utilizadas) para los distintos cultivos. Es decir, regar con la frecuencia y duración óptima, cultivar el óptimo de plantas por hectárea, etc.

La información utilizada para realizar ese balance se presenta en el acápite 10.1. En la Tabla 11.10 se presenta el resumen del balance hídrico agronómico, el cual determina que el caudal medio para obtener máxima productividad debiese ser 1.305 [l/s].

Tabla 11.10: Resumen balance hídrico agronómico

Sector	Caudal [m ³ /año]	Caudal [l/s]
Entrada Camarones	41.140.412	1.304,6
Demanda Alto	6.486.778	205,7
Pasante a medio	34.653.634	1.098,9
Demanda Medio	28.158.803	892,9
Pasante a bajo	6.494.831	205,9
Demanda Bajo	6.444.333	204,3
Salida Camarones	50.498	1,6

12 REGLAS OPERACIONALES EMBALSE CARITAYA

Con la recopilación y análisis de toda la información estudiada y generada en el presente estudio, se pueden dar ciertas recomendaciones acerca de las reglas de operación del Embalse Caritaya respecto a la regulación de su caudal de salida y cómo esto afectaría a la demanda y al respaldo hídrico de la cuenca del Río Camarones. Los cálculos de respaldo hídrico del embalse están referidos a un volumen máximo de almacenamiento seguro de 40 millones de [m³].

En la Tabla 12.1 se presenta el resumen de los casos que serán utilizados para el supuesto de un ciclo hidrológico, cómo se afectaría el respaldo del Embalse Caritaya, y también, cómo se manejaría la disponibilidad del recurso para satisfacer la demanda hídrica de la cuenca. A continuación se listan los casos analizados:

Caso 1 (Probabilidad de excedencia 15%): Este caso representa los eventos de grandes precipitaciones, periodos en los cuales se debe tener especial cuidado con el almacenamiento del recurso, es por esta razón que se recomienda acumular la mayor cantidad del agua posible en el embalse con el fin de dar respaldo hídrico a los años con precipitaciones normales y años con sequía. Es por esto que el primer caso tiene un caudal de salida del Embalse de 0 [l/s], lo que cubriría la demanda hídrica, mediante precipitaciones locales y aportes del Río Ajatama, en un 76%.

Cabe mencionar que se necesitarían al menos dos años de estas características para poder almacenar el máximo volumen disponible en el Embalse Caritaya.

Caso 2 (Probabilidad de excedencia 50%): Este caso se asigna un caudal de salida del embalse de 600 [l/s]. Para la condición de precipitaciones medias (50% de probabilidad de excedencia), existe permanentemente respaldo hídrico del Embalse Caritaya. Por otra parte, la suma de los caudales (Río Ajatama y Embalse Caritaya) se podría satisfacer el 73% de la demanda total de la cuenca del Río Camarones.

Caso 3 (Probabilidad de excedencia 85%): Este caso representa la situación actual o escenario base. Para el escenario de sequía (85% de probabilidad de excedencia) el Embalse tendría la capacidad de suministrar a la cuenca 450 [l/s] por 5 años cubriendo el 51% de la demanda total del recurso hídrico de la cuenca.

Tabla 12.1: Resumen del respaldo hídrico del Embalse Caritaya para distintos caudales de salida

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Probabilidad de Excedencia	15%	50%	85%
Precipitación directa [l/s]	15	7,6	1,0
Río Caritaya [l/s]	1059	600	325
Total entradas al Embalse [l/s]	1074	608	326
Caudal Salida Embalse [l/s]	0	400	450
Evaporación Embalse [l/s]	84	84	84
Infiltración Embalse [l/s]	70	70	70
Total salidas del Embalse [l/s]	154	554	604
Río Ajatama [l/s]	958	515	189
Almacenamiento en Embalse [m³/año]	29.011.879	1.690.535	-8.769.645
Años de Respaldo Hídrico [años]	Permanente	Permanente	5
Demanda Cubierta en %	76%	73%	51%

El Caso 1 y Caso 2 aseguran un respaldo hídrico del Embalse Caritaya de manera permanente mientras que el Caso 3 solo lo asegura por 5 años partiendo del supuesto que el embalse se encuentra en plena carga de almacenamiento.

La Tabla 12.2 presenta el análisis de los casos mencionados anteriormente, en un ciclo hídrico de 9 años, con la finalidad de evaluar las reservas del embalse y otorgar una mayor comprensión de las reglas operacionales del Embalse Caritaya.

Tabla 12.2: Análisis de los casos en un ciclo hidrológico de 9 años

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
Probabilidad de Excedencia	15%	50%	50%	50%	50%	50%	85%	85%	85%
Río Caritaya [l/s]	1059	600	600	600	600	600	325	325	325
Total entradas al Embalse [l/s]	1074	608	608	608	608	608	326	326	326
Caudal Salida Embalse [l/s]	0	400	400	400	400	400	450	450	450
Total salidas del Embalse [l/s]	154	554	554	554	554	554	604	604	604
Río Ajatama [l/s]	958	515	515	515	515	515	189	189	189
Almacenamiento en Embalse [m³/año]	29.011.879	1.690.535	1.690.535	1.690.535	1.690.535	1.690.535	-8.769.645	-8.769.645	-8.769.645
Años de Respaldo Hídrico [años]	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente	4	3	2
Volumen Almacenado Embalse [m³/año]	29.011.879	30.702.414	32.392.949	34.083.484	35.774.019	37.464.554	28.694.909	19.925.264	11.155.619
Demanda Cubierta en %	76%	73%	73%	73%	73%	73%	51%	51%	51%

* Volumen Almacenado Embalse Máximo es 40.000.000 [m³/año]

Dentro del supuesto, en un ciclo hidrológico de 9 años se puede esperar la siguiente configuración:

- 1 año de grandes lluvias (probabilidad de excedencia de 15%)
- 5 años con precipitaciones medias (probabilidad de excedencia de 50%)
- 3 años de sequía (probabilidad de excedencia de 85%)

Como se señalaba en la descripción del Caso 1, son necesarios alrededor de dos años para poder completar el volumen máximo del Embalse, lo que implica que se debe tener especial cuidado en los tiempos de lluvia, de manera de almacenar la mayor cantidad del recurso dentro del Embalse.

Partiendo por el supuesto de que el Embalse se encuentra seco, y con un primer año que se produzcan con grandes lluvias, se podrían almacenar alrededor de $\frac{3}{4}$ de la capacidad máxima de almacenamiento del embalse, lo que se traduce en 29 millones de $[m^3/año]$, luego los próximos 5 años se esperarían lluvias con una probabilidad de excedencia del 50%. Esto provocaría incrementos de 1,7 millones de $[m^3/año]$ en el volumen almacenado, en este periodo se recomienda expulsar un caudal desde el embalse de 400 $[l/s]$ lo que cubriría la demanda hídrica en un 73%, al finalizar este periodo de precipitaciones medias se lograría almacenar en el Embalse 37,5 millones de $[m^3/año]$.

Para finalizar este ciclo, se esperaría un periodo de 3 años de sequía, con una probabilidad de excedencia del 85%. En este escenario se recomienda mantener un caudal de salida de 450 $[l/s]$ lo que permitiría cubrir el 51% de la demanda hídrica. Por lo anterior los caudales de salida del embalse serían mayores a los de entrada, el embalse comenzaría a descender sus niveles por lo que sus reservas asegurarían un respaldo hídrico de 4 años, pudiendo afrontar al menos los 3 años de sequía previsto.

13 CONCLUSIONES

El presente Estudio ha logrado levantar la información hidrométrica y la actualización del catastro de usuarios, como información base para el desarrollo de un modelo conceptual que permitió generar el balance hídrico del área en estudio de la zona denominada “Sistema hídrico del Río Camarones”, aportando mayores antecedentes para dimensionar y gestionar adecuadamente el recurso hídrico.

Para ello, se recorrió completamente el área de estudio ejecutando, a lo largo de la cuenca del Río Camarones, Río Ajatama y Río Caritaya, cinco campañas de aforos, una campaña de muestreo isotópico y dos de muestreo hidroquímico.

Del análisis desarrollado en el estudio se puede concluir que:

1. Respecto a la calidad química del agua:

Las aguas del Río Camarones y del Río Caritaya corresponden a aguas cloruradas sódicas, con alta presencia de iones. En el caso del Río Ajatama las aguas son sulfatadas cálcicas con baja presencia de iones.

Las altas concentraciones de Boro y Arsénico del Río Camarones son originadas por las aguas del Río Caritaya. A partir de lo anterior se determina que las aguas del Río Camarones y Caritaya no son aptas para el riego de cultivos frutales, no así las aguas del Río Ajatama, que son útiles para el riego de la mayoría de los suelos y cultivos.

Las concentraciones de los elementos presentes en los análisis químicos de las aguas del Río Camarones se mantienen constantes hasta el sector de Pampanune, pero comienzan a aumentar hacia el sector de Conanoxa y aún más hacia el tramo hasta Cuya. Se recomienda realizar un estudio más acabado que incluya análisis de especiación de los elementos, para poder determinar su estado y origen, con el fin de aplicar las medidas de mitigación apropiadas a las necesidades de las actividades desarrolladas en la cuenca.

Respecto de las fuentes de recarga superficiales y subterráneas de la cuenca del Río Camarones, el análisis isotópico realizado a las aguas en diferentes puntos de la cuenca, reveló que las aguas del río Camarones son sometidas a los siguientes procesos:

- a) Intercambio geotermal de oxígeno en las Lagunas de Amuyo.

-
- b) Evaporación en ambiente de poca humedad en el Embalse Caritaya y la parte alta de la cuenca.
 - c) Evaporación en ambiente húmedo en la parte baja de la cuenca.

Del análisis de los procesos anteriores se puede establecer que el punto de recarga de aguas subterráneas al Río Camarones, se encuentra en el sector alto de la cuenca, correspondiente a las Lagunas de Amuyo, cuyas aguas, de origen hidrotermal, son aportantes del río Caritaya, tributario del río Camarones. Además, en los análisis isotópicos, el aumento del parámetro del ^{18}O en el sector de Conanoxa, indica la existencia de posibles afloramientos de flujos subsuperficiales, que indicarían un nuevo aporte al flujo pasante del Río Camarones, ello corroborado a través del aforo realizado en el sector.

2. Respecto de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas:

De la revisión, análisis y estudio de los Registros de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, así como del Registro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, que forma parte del Catastro Público de Aguas que lleva la Dirección General de Aguas, se concluye lo siguiente:

En el registro de carácter administrativo que se encuentra bajo la custodia del Archivero del Departamento de Administración de Recursos Hídricos, se encuentra inscrito un solo derecho sobre aguas subterráneas, se constató en el área del estudio un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas de ejercicio permanente y continuo por un caudal de 38 [l/s] a nombre de Agrícola Tarapacá Limitada.

Por otra parte del examen del registro conservatorio respectivo del Conservador de Bienes Raíces de Arica, se constató la inscripción de 16 derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, los que se extraen desde 6 puntos de captación, 15 de los cuales en la actualidad son de dominio de la sociedad Agrícola Lluta Limitada, y el restante de la sociedad Agrícola Camarones.

Los citados derechos tuvieron su origen en la determinación que efectuó el Servicio Agrícola y Ganadero¹⁸, conforme al artículo 5° Transitorio del Código de Aguas. Ellos correspondían a la proporción de superficie regada de los predios que formaron parte de los Proyectos de Parcelación “Manuel Rodríguez” y “Carlos Ibáñez”, que se asignaron en virtud de las leyes de reforma agraria a diversos propietarios.

Los predios e hijuelas, así como los derechos destinados a su cultivo y beneficio, fueron objetos de diversas transferencias, estos últimos se enajenaron en relación a la proporción de la respectiva superficie regada que se asignó originariamente por el SAG a las personas favorecidas con la reforma agrícola, razón por la cual con los antecedentes contenidos en el correspondiente título inscrito, no se puede determinar el caudal exacto de extracción en cada caso.

3. Respecto de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales:

Se identificaron **284 predios de riego**, cuyos regantes pertenecen a 34 comunidades de aguas y 7 canales individuales, registrados en el Conservador de Bienes Raíces de Arica, conformando un total de 41 Canales de Riego actualmente en uso en la cuenca del Río Camarones. Estos 284 predios representan **el 92% del universo de usuarios de riego**, levantado el año 1992, en el estudio DGA “Situación de Recursos Hídricos I Región”, y corresponden a un total de **36.952 acciones** del embalse Caritaya distribuidas entre las diferentes comunidades de agua registradas dentro de la cuenca del Río Camarones.

Los derechos de agua superficial inscritos en la Cuenca del Río Camarones alcanzan un volumen anual de 39.593.958 [m³/año] equivalentes a **1.256 [l/s]**.

Del universo de derechos de aguas superficiales existentes en la Cuenca, esto es los derechos registrados por las comunidades de aguas y canales individuales, sumados a las solicitudes de regularizaciones pendientes en sede judicial, los cuales se encuentran comprometidos dentro del

¹⁸ Resoluciones Exentas N°s 1975 y 1977, ambas de 1989, del Servicio Agrícola y Ganadero.

balance hídrico por tratarse de una regularización en virtud del artículo 2° transitorio, alcanzan un volumen total anual de 44.741.379 [m³/año] equivalentes a **1.419 [l/s]**.

Se considera que las acciones del embalse Caritaya han sido incluidas en la repartición de las acciones de la cuenca del Río Camarones (**36.952 acciones**) y que nuevos otorgamientos bajo el título de acciones del embalse Caritaya representarían una duplicidad en el derecho, lo que afectaría aún más la situación hídrica de la cuenca.

En la actualidad, no existe una distinción entre recurso proveniente del Río Ajatama y/o Caritaya, en función de que el embalse no se opera en forma distintiva entre temporada de riego o no, operando como un controlador de crecidas del Río Caritaya. El embalse acumula el recurso excedente lo que le permite mantener un caudal de entrega más o menos constante a lo largo de la temporada.

4. Respecto de la posible duplicidad o irregularidades de derechos otorgados:

Se constató en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Arica, la existencia de un derecho de aprovechamiento registrado a nombre de la Comunidad de Aguas del Canal Pampanune, practicada conforme al artículo 114 N° 1 del Código de Aguas¹⁹, por un caudal de 30 [l/s], de ejercicio permanente y alternado, el que rola a fojas 20 N° 29, del año 1993. Asimismo, se verificó que también existía un derecho de aprovechamiento reconocido por sentencia judicial dictada en un procedimiento de regularización por el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas a nombre de la Comunidad Indígena Cochiza, practicada acorde con el artículo 114 N° 7²⁰, de la misma

¹⁹ La inscripción corresponde a los títulos constitutivos de la Comunidad de Aguas, los que dan cuenta del derecho de agua que corresponde al Canal Pampanune organizado como Comunidad de Aguas, en la fuente natural denominada Río Camarones.

²⁰ La inscripción corresponde a la sentencia judicial ejecutoriada dictada en el juicio sumario que se incoo con motivo de la solicitud de regularización formulada por la Comunidad Indígena Cochiza de acuerdo con el artículo 2° Transitorio del Código de Aguas. Dicha inscripción dan cuenta del derecho de agua que corresponde a dicha persona jurídica en el Río Camarones, que se capta por el Canal Pampanune.

codificación, por un caudal de 29,6 [l/s] de ejercicio permanente y continuo, que corre a fojas 9 número 8 del año 2002.

En suma, ambos derechos de aprovechamiento de caudales casi idénticos (30 [l/s] y 29,6 [l/s]) recaen sobre aguas que proceden del río Camarones, las que se conducen y captan por el mismo Canal Pampanune. El hecho anómalo constatado, importa un vicio de legalidad registral.

5. Respecto de la oferta hídrica:

De acuerdo a la situación de la cuenca del Río Camarones, teniendo presente que sus aportes hídricos corresponden a las aguas del Río Ajatama, y a las aguas del Río Caritaya, el que se encuentra regulado por el Embalse Caritaya con un caudal de entrega de 450 [l/s]; posterior a las campañas de aforos realizadas, el estudio hidrológico, y el modelo conceptual de balance hídrico desarrollado, se pudo determinar:

- Una disponibilidad hídrica de **965 [l/s]** para un año promedio con un 50% de probabilidad de excedencia;
- Una disponibilidad hídrica de **639 [l/s]** para un año con un 85% de probabilidad de excedencia.

6. Respecto de la demanda hídrica:

Los requerimientos para satisfacer la demanda de los derechos registrados en las comunidades de aguas y canales individuales, sumados a las solicitudes de regularizaciones en sede judicial, los cuales se encuentran comprometidos dentro del balance hídrico por tratarse de una regularización en virtud del artículo 2° transitorio, tiene un valor de **1.419 [l/s]** para toda la cuenca, lo que alcanza a cubrir un 45% de la demanda proyectada considerando un 85% de probabilidades de excedencia.

Los requerimientos para satisfacer la demanda agronómica alcanzan un valor de **1.305 [l/s]** para toda la cuenca, lo que alcanza a cubrir un 49% de la demanda hídrica agronómica proyectada considerando un 85% de probabilidades de excedencia.

7. Recomendaciones finales:

- a. De los resultados anteriores se concluye que la Oferta Hídrica sustentable ha sido superada en al menos 2 veces su real disponibilidad, constituyendo este antecedente técnico a nuestro juicio un fundamento suficiente para que se declare por la autoridad competente, a saber, la Dirección

General de Aguas, el agotamiento del Río Camarones para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas superficiales.

Es útil señalar que el agotamiento de las fuentes naturales como los ríos, no puede ser declarado de oficio por la autoridad pública, sino que para ello se requiere de una petición fundada ya sea, por parte de la Junta de Vigilancia respectiva o de cualquier interesado (artículo 282 inciso 1° del Código de Aguas)

En la cuenca de río Camarones, no existe actualmente una Junta de Vigilancia legalmente organizada (artículos 196 inciso 1° y 267 del Código de Aguas), .En efecto, de acuerdo con lo informado por la Dirección General de Aguas, la referida Junta se constituyó en forma extrajudicial, esto es, por escritura pública y el 12 de diciembre el año 2011 se pidió a dicho servicio el registro de ella, situación que hasta el día de aún se encuentra pendiente. En estas condiciones, dicha entidad de usuarios no tiene existencia legal.

Hasta tanto no se registre la Junta de Vigilancia en formación del río Camarones, la solicitud para que se declare el agotamiento de dicho cauce natural de uso público, puede formularla el directorio de alguna de las Comunidades de Aguas organizadas legalmente o cualquier titular de derechos de aprovechamiento.

En virtud de la declaración de agotamiento que la Dirección General de Aguas debe efectuar mediante la dictación de una resolución exenta, la que a su vez debe ser publicada en el Diario Oficial de la República, no podrán constituirse en el río Camarones nuevos derechos consuntivos permanentes.

En estas condiciones una vez decretado el agotamiento de la fuente natural, en la especie el río Camarones la Dirección General de Aguas se encuentra inhibida de constituir sobre sus aguas derechos que faculden para utilizar el agua en la dotación que corresponda, las 24 horas durante los 365 días del año (artículos 17 y 19 inciso 1° del Código de Aguas)

Con todo, se encuentra facultada para constituir sobre el río Camarones derechos eventuales y discontinuos, o sea, los que facultan para utilizar el agua durante ciertos períodos, una vez que se encuentren satisfechos los derechos permanentes existentes en el cauce natural (artículos 18 inciso 1° y 19 inciso 2 ° del Código de Aguas)

b. El Embalse Caritaya, para un caudal de salida de 450 [l/s], y para una probabilidad de excedencia de un 85%, presenta un almacenamiento negativo, es decir el embalse se vacía. A un caudal de salida constante de 450 [l/s], y en condiciones de años hidrológicos secos en la cuenca (85%

de excedencia), el Embalse Caritaya es capaz de aportar flujos a la cuenca por alrededor de 4 años, antes que se vacíe por completo, por lo que se recomienda para años hidrológicos lluviosos proponer realizar un protocolo de caudal de entrega para las distintas temporadas, respaldado mediante un modelo hidrológico que permita la gestión sustentable del recurso en periodos de escasez hídrica.

ANEXOS

ANEXO A:

Fichas Bibliográficas.

ANEXO B:

Análisis Muestreo Calidad Química de Aguas.

ANEXO C:

Respuesta Laboratorio

ANEXO D:

Análisis Muestreo de Isotopos

ANEXO E:

Campañas de Terreno.

ANEXO F:

Catastro Usuarios de Aguas ALFA, 1982.

ANEXO G:

Usuarios y Distribución de Acciones Embalse Caritaya, DGA 1992.

ANEXO H:

Fichas de Canales.

ANEXO I:

Derechos Superficiales en Área de Estudio.

ANEXO J:

Vertientes en Área de Estudio.

ANEXO K:

Predios con Derechos de Aguas no Solicitados.

ANEXO L:

Demanda Hídrica Actual.

ANEXO M:

Talleres Informativos a la Comunidad.