



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

# **PRONÓSTICO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS BAKER Y PASCUA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PILAR ANDREA BARRÍA SANDOVAL

PROFESOR GUÍA:  
RICARDO GONZÁLEZ VALENZUELA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
JAMES MCPHEE TORRES  
ERNESTO BROWN FERNANDEZ

SANTIAGO DE CHILE  
ENERO 2010

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR : PILAR ANDREA BARRIA SANDOVAL  
FECHA : 11/01/2009  
PROF. GUÍA : RICARDO GONZALEZ VALENZUELA

## **PRONÓSTICO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS BAKER Y PASCUA**

En Chile la mayoría de las centrales hidroeléctricas en operación, que abastecen al Sistema Interconectado Central (SIC), se ubican al norte de la cuenca del Bío Bío, alimentadas por ríos de régimen predominantemente nival. Inclusive las centrales que se ubican en la desembocadura de los ríos en el Océano Pacífico, los que presentan un régimen pluvial, dependen igualmente del escurrimiento proveniente del deshielo. Es incuestionable que en la medida que se tenga un conocimiento más completo de la magnitud de los recursos hídricos se podrá tener mayor control sobre ellos. Es en este contexto que en Chile se realizan desde mediados de los años 50 pronósticos del escurrimiento de deshielo, los que permiten elaborar programas de generación y de planificación de las actividades desarrolladas.

El presente Trabajo de Título tiene como principal objetivo la elaboración de modelos de pronóstico de caudales medios mensuales de deshielo para las cuencas de los ríos Baker y Pascua, pertenecientes a la XI región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La memoria se realiza para la Empresa de Ingeniería Ingendesa, apoyando los estudios del Proyecto Hidroeléctrico Aysén (PHA), responsabilidad del conglomerado HidroAysén formado por Endesa S.A. y Colbún S.A., que considera la construcción de cinco centrales de embalse, dos en el río Baker y tres en el Pascua.

Los objetivos planteados se enfrentaron a través de modelos de pronóstico en que se incluyeron las variables relevantes del fenómeno en estudio relacionadas mediante la aplicación de métodos estadísticos. Para esto se utilizó tres tipos de modelos; basados en el planteamiento de regresiones múltiples; fundados en el análisis de las componentes principales y los modelos de redes neuronales. Los modelos de regresiones múltiples y los de componentes principales son de tipo lineal, es decir, relacionan la variable dependiente, en este caso el volumen de deshielo, con las variables independientes a través de una función lineal. Por otra parte los modelos de redes neuronales relacionan la variable dependiente con las variables independientes a través de una red formada de neuronas que se conectan y transmiten información utilizando una función que puede ser del tipo no lineal. En el presente trabajo de título se utiliza la función sigmoide por ser representativa de la generación de escorrentía.

La región de Aysén presenta un patrón de precipitaciones distribuidas en mayor medida en el invierno, pero con un porcentaje no menor en el período estival, lo que se afrontó a través del desarrollo de dos tipos de modelos; primero incluyendo solo variables conocidas al día de realización del pronóstico; y los segundos incorporando las precipitaciones de deshielo. Solo los primeros modelos serán útiles para el pronóstico, los del segundo tipo son únicamente de uso referencial.

Otra de las finalidades del presente trabajo consiste en concluir en base a los resultados de los modelos de pronóstico para cada punto de control acerca de la necesidad de complementar la red hidrometeorológica actual en caso que sea necesario. Para ello se presenta una recomendación de los tipos de datos que se requieren y la ubicación tentativa de las estaciones en que se medirían.

Finalmente se concluye que los modelos que mejor representan el fenómeno en estudio son los basados en las redes neuronales, con los cuales se obtuvo un coeficiente de correlación del orden de 0.9 para todos los puntos de pronóstico y se minimizaron los errores en comparación a los modelos lineales, por lo que se recomienda dicha metodología para el pronóstico en la zona. Por lo demás se sugiere mejorar y complementar los modelos con la inclusión de otras variables o de datos de otras estaciones de la zona.

*A mis padres Eduardo y Ani,  
a mis hermanos Noe y Nacho,  
por su amor, apoyo y confianza en mí.*

## Agradecimientos

Quisiera agradecer a todos los que hicieron posible la realización de este trabajo, en particular a mi profesor guía Ricardo González Valenzuela por su constante preocupación e interés en la labor. A Ingendesa S.A. por el apoyo económico brindado durante la estadía en sus dependencias en calidad de memorista. Al señor Harry King, por su ayuda en las dudas que surgieron durante el trabajo. Y al señor Fernando Escobar de la DGA, por su colaboración con ideas y materiales muy útiles en mi labor.

Además quiero expresar mis agradecimientos a la Universidad de Chile que me acogió en sus aulas de forma gratuita durante 6 años, por darme la oportunidad de educarme y formarme como Ingeniero. A los profesores que me motivaron a escoger la especialidad y me entregaron las herramientas que hoy en día comienzo a utilizar.

No puedo dejar de mencionar a mis amigos y compañeros que hicieron más llevadero el camino hacia el final, que me recibieron en sus casas como una más de su familia y que me dieron el cariño y la alegría que me alentó a superar las dificultades, especialmente muchas gracias Fernando, Matías, Meycita, Sandrita, Andrea y Mauricio por todo lo entregado.

Finalmente agradezco enormemente a mi mami y mi papi, por estar siempre conmigo aunque sea a distancia, por incentivarme desde pequeña a conseguir mis sueños, y apoyarme en cada cosa que me he propuesto, por creer en mí y entregarme su infinito amor, amor que se ha convertido en la base de mi vida. A mis hermanos Noe y Nacho por ser además de hermanos mis mejores amigos, por el cariño que día a día me entregan y por alentarme a seguir adelante en los momentos de flaquezas. A mis tías Tere, Margarita y Erica por su confianza en mí. A mis abuelitas Noelia e Irma y a mi abuelito Eduardo que ya descansa en paz, pero que mientras pudo contribuyó en mi educación y en mi vida con sus sabios consejos. Agradezco también enormemente a Lucho por ser mi cable a tierra, por aceptarme y darme estabilidad, y por ser mi compañero de vida para siempre.

# Índice de Contenidos

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Agradecimientos.....                                                                      | III       |
| Índice de Contenidos.....                                                                 | IV        |
| Índice de Tablas .....                                                                    | V         |
| Índice de Figuras .....                                                                   | VIII      |
| Índice de Gráficos .....                                                                  | IX        |
| Indice de Archivos incluidos de CD de anexos .....                                        | X         |
| <b>Capítulo 1.- Introducción .....</b>                                                    | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Introducción .....</b>                                                             | <b>1</b>  |
| <b>1.2 Objetivos.....</b>                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>Capítulo 2.- Antecedentes Generales .....</b>                                          | <b>4</b>  |
| <b>2.1 Características del Proyecto .....</b>                                             | <b>4</b>  |
| 2.1.1 Descripción Zona Estudio.....                                                       | 7         |
| 2.1.2 Clima y Meteorología zona de estudio (U. de Chile, 2007).....                       | 8         |
| 2.1.3 Información disponible .....                                                        | 10        |
| 2.1.4 Análisis de la información hidrológica disponible.....                              | 18        |
| <b>2.2 Aspectos básicos relativos a hidrología de nieves y glaciología.....</b>           | <b>25</b> |
| 2.2.1 Balance de masa .....                                                               | 25        |
| <b>Capítulo 3.- Metodología.....</b>                                                      | <b>28</b> |
| <b>3.1 Estaciones utilizadas en los modelos y período estadístico.....</b>                | <b>29</b> |
| <b>3.2 Modelos lineales basados en el planteamiento de regresiones múltiples.....</b>     | <b>36</b> |
| 3.2.1 Regresiones Múltiples para determinación volumen total de deshielo .....            | 37        |
| <b>3.3 Método basado en el Análisis de las Componentes Principales .....</b>              | <b>39</b> |
| <b>3.4 Modelos basados en Redes Neuronales Artificiales.....</b>                          | <b>41</b> |
| 3.4.1 Neuronas Biológicas.....                                                            | 41        |
| 3.4.2 Neuronas Artificiales.....                                                          | 42        |
| 3.4.3 Algoritmos de entrenamiento de redes neuronales artificiales .....                  | 44        |
| 3.4.4 Pronóstico con un Modelo de Redes Neuronales.....                                   | 47        |
| <b>3.5 Evaluación Resultados del modelo .....</b>                                         | <b>47</b> |
| 3.5.1 Error cuadrático medio: .....                                                       | 48        |
| 3.5.2 Error cuadrático medio normalizado:.....                                            | 48        |
| 3.5.3 Coeficiente de determinación: .....                                                 | 48        |
| 3.5.4 Coeficiente de correlación .....                                                    | 49        |
| <b>3.6 Distribución del volumen de deshielo en caudales medios mensuales.....</b>         | <b>49</b> |
| 3.6.1 Obtención de los volúmenes mensuales como porcentajes del volumen de deshielo ..... | 49        |

|                     |                                                                                            |            |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6.2               | Obtención de los caudales mensuales como porcentajes del caudal máximo .....               | 50         |
| 3.7                 | <b>Actualización de los Pronósticos de volumen de deshielo. ....</b>                       | <b>51</b>  |
| <b>Capítulo 4.-</b> | <b>Modelos de Pronóstico en las cuencas de los ríos Baker y Pascua.....</b>                | <b>53</b>  |
| 4.1                 | <b>Pronósticos Volúmenes de deshielo .....</b>                                             | <b>53</b>  |
| 4.1.1               | Baker Angostura Chacabuco .....                                                            | 53         |
| 4.1.2               | Baker Bajo Los Ñadis .....                                                                 | 64         |
| 4.1.3               | Pascua en Desagüe Lago O'Higgins.....                                                      | 75         |
| 4.2                 | <b>Distribución mensual del volumen de deshielo.....</b>                                   | <b>87</b>  |
| 4.2.1               | Determinación del volumen mensual como porcentaje del volumen total de deshielo.....       | 89         |
| 4.2.2               | Determinación del caudal mensual como porcentaje del caudal máximo medio mensual .....     | 95         |
| 4.3                 | <b>Actualización del Pronóstico .....</b>                                                  | <b>102</b> |
| 4.3.1               | Actualizaciones Baker Angostura Chacabuco .....                                            | 102        |
| 4.3.2               | Actualizaciones Baker Bajo Los Ñadis .....                                                 | 105        |
| 4.3.3               | Actualizaciones Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                         | 108        |
| 4.4                 | <b>Extensión resultados Pascua Desagüe Lago O'Higgins a Pascua Antes Junta Quetru.....</b> | <b>112</b> |
| <b>Capítulo 5.-</b> | <b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>                                                | <b>116</b> |
| 5.1                 | <b>Conclusiones Generales .....</b>                                                        | <b>116</b> |
| 5.2                 | <b>Conclusiones Modelos de la cuenca del río Baker .....</b>                               | <b>117</b> |
| 5.3                 | <b>Conclusiones Modelos de la cuenca del río Pascua.....</b>                               | <b>118</b> |
| 5.4                 | <b>Recomendaciones .....</b>                                                               | <b>119</b> |
| 5.4.1               | Necesidad de complementar Red Hidrometeorológica Actual .....                              | 119        |
| <b>Capítulo 6.-</b> | <b>Bibliografía.....</b>                                                                   | <b>125</b> |
| <b>Capítulo 7.-</b> | <b>Anexos .....</b>                                                                        | <b>127</b> |
| 7.1                 | <b>ANEXO 1 ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS.....</b>                                            | <b>128</b> |
| 7.2                 | <b>ANEXO 2 ESTADISTICAS NIVELES .....</b>                                                  | <b>140</b> |
| 7.3                 | <b>ANEXO 3 ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS .....</b>                                           | <b>142</b> |
| 7.4                 | <b>ANEXO 4 ESTADISTICA DE TEMPERATURAS .....</b>                                           | <b>147</b> |

## Índice de Tablas

|          |                                                      |    |
|----------|------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: | Ubicación posibles centrales.....                    | 5  |
| Tabla 2: | Estaciones Fluviométricas Río Baker .....            | 11 |
| Tabla 3: | Estaciones Fluviométricas Río Pascua.....            | 11 |
| Tabla 4: | Estaciones Limnigráficas cuencas Baker y Pascua..... | 11 |
| Tabla 5: | Estaciones Pluviométricas Cuenca Baker .....         | 12 |
| Tabla 6: | Estaciones Pluviométricas Cuenca Pascua .....        | 12 |
| Tabla 7: | Estaciones Meteorológicas Cuencas Baker.....         | 12 |
| Tabla 8: | Estaciones Meteorológicas Cuenca Pascua.....         | 13 |

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 9: Leyenda.....                                                                                           | 13 |
| Tabla 10: Estaciones cuenca Baker.....                                                                          | 14 |
| Tabla 11: Estaciones cuenca Pascua.....                                                                         | 15 |
| Tabla 12: Valores curva de variación estacional BDLB [ $\text{m}^3/\text{seg}$ ].....                           | 20 |
| Tabla 13: Valores curvas de variación estacional BACH [ $\text{m}^3/\text{seg}$ ].....                          | 21 |
| Tabla 14: Valores curvas de variación estacional BBLÑ [ $\text{m}^3/\text{seg}$ ].....                          | 22 |
| Tabla 15: Valores curva variación estacional PDLO [ $\text{m}^3/\text{seg}$ ].....                              | 23 |
| Tabla 16: Valores curva variación estacional PAJQ [ $\text{m}^3/\text{seg}$ ].....                              | 24 |
| Tabla 17: Relaciones de los caudales de las centrales con estaciones fluviométricas.....                        | 29 |
| Tabla 18: Abreviación de las Variables.....                                                                     | 30 |
| Tabla 19: Variables Modelos Baker Angostura Chacabuco.....                                                      | 54 |
| Tabla 20: Coeficientes de regresión reducidos modelos Baker Angostura Chacabuco.....                            | 55 |
| Tabla 21: Índice precipitaciones de deshielo Baker Angostura Chacabuco.....                                     | 56 |
| Tabla 22: Coeficientes modelo de regresiones múltiples óptimo con Pp de deshielo Baker Angostura Chacabuco..... | 56 |
| Tabla 23: Evaluación modelos de regresiones múltiples Baker Angostura Chacabuco.....                            | 56 |
| Tabla 24: Coeficientes componentes principales Baker Angostura Chacabuco.....                                   | 58 |
| Tabla 25: Varianzas componentes principales Baker Angostura Chacabuco.....                                      | 59 |
| Tabla 26: Coeficientes Modelo Componentes Principales Baker Angostura Chacabuco.....                            | 59 |
| Tabla 27: Evaluación modelo MCP1 Baker Angostura Chacabuco.....                                                 | 60 |
| Tabla 28: Resultados Modelos Redes Neuronales Baker Angostura Chacabuco.....                                    | 61 |
| Tabla 29: Evaluación Modelo MRN1 Baker Angostura Chacabuco.....                                                 | 61 |
| Tabla 30: Resultados modelos redes neuronales Baker Angostura Chacabuco con Pp deshielo.....                    | 62 |
| Tabla 31: Evaluación Modelo MRN2 Baker Angostura Chacabuco.....                                                 | 62 |
| Tabla 32: Variables Modelos Baker Bajo Los Ñadis.....                                                           | 64 |
| Tabla 33: Coeficientes de regresión reducidos modelos Baker Bajo Los Ñadis.....                                 | 66 |
| Tabla 34: Índice Precipitaciones de deshielo Baker Bajo los Ñadis.....                                          | 67 |
| Tabla 35: Coeficientes modelo de regresiones múltiples óptimo con Pp de deshielo Baker Bajo los Ñadis.....      | 67 |
| Tabla 36: Evaluación modelos regresiones múltiples Baker bajo Los Ñadis.....                                    | 67 |
| Tabla 37: Coeficientes componentes principales Baker bajo Los Ñadis.....                                        | 69 |
| Tabla 38: Varianzas componentes principales Baker bajo Los Ñadis.....                                           | 70 |
| Tabla 39: Coeficientes modelos ACP Baker bajo Los Ñadis.....                                                    | 70 |
| Tabla 40: Evaluación Modelo MCP1 Baker Bajo los Ñadis.....                                                      | 71 |
| Tabla 41: Resultados Modelos Redes Neuronales Baker Bajo Los Ñadis.....                                         | 72 |
| Tabla 42: Evaluación Modelo MRN1 Baker Bajo los Ñadis.....                                                      | 72 |
| Tabla 43: Resultados modelos redes neuronales Baker Bajo Los Ñadis con PP deshielo.....                         | 73 |
| Tabla 44: Evaluación Modelo MRN2 Baker Bajo los Ñadis.....                                                      | 73 |
| Tabla 45: Variable Modelos Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                                   | 75 |
| Tabla 46: Coeficientes Regresión Reducidos Pascua Desagüe lago O'Higgins.....                                   | 76 |
| Tabla 47: Evaluación Modelo MRM5vii Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                          | 77 |
| Tabla 48: Evaluación modelos regresiones múltiples Pascua Desagüe Lago O'Higgins con Pp deshielo.....           | 78 |
| Tabla 49: Coeficientes Componentes Principales Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                               | 80 |
| Tabla 50: Varianzas Componentes Principales Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                  | 80 |
| Tabla 51: Coeficientes Modelos ACP Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                           | 80 |
| Tabla 52: Evaluación Modelo MCP1 Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                             | 81 |
| Tabla 53: Resultados modelos redes neuronales Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                | 82 |
| Tabla 54: Evaluación modelo MRN1 Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                             | 82 |
| Tabla 55: Resultados modelos redes neuronales Pascua Desagüe Lago O'Higgins con Pp deshielo.....                | 83 |
| Tabla 56: Evaluación Modelo MRN2 Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                             | 84 |
| Tabla 57: Variables Modelos Pascua Desagüe Lago O'Higgins sin precipitaciones.....                              | 87 |
| Tabla 58: Coeficientes de correlación reducidos Pascua Desagüe Lago O'Higgins sin precipitaciones.....          | 87 |

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 59: Clasificación tipos de año en puntos de control.....                                                                                  | 89  |
| Tabla 60: Clasificación según probabilidad de excedencia en Baker Angostura Chacabuco.....                                                      | 90  |
| Tabla 61: Coeficientes de distribución mensuales Baker Angostura Chacabuco.....                                                                 | 90  |
| Tabla 62: Clasificación según probabilidad de excedencia en Baker Bajo Los Ñadis.....                                                           | 91  |
| Tabla 63: Coeficientes de Distribución Mensuales Baker Bajo Los Ñadis.....                                                                      | 92  |
| Tabla 64: Clasificación según probabilidad de excedencia en Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                                  | 93  |
| Tabla 65: Coeficientes de distribución Mensual Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                                               | 94  |
| Tabla 66: Diferencia porcentual de volúmenes mensuales obtenidos mediante curvas de distribución en función del volumen de deshielo.....        | 95  |
| Tabla 67: Caudales medios mensuales máximos del período de deshielo en Baker Angostura Chacabuco.....                                           | 96  |
| Tabla 68: Coeficientes porcentuales promedios según Caudal Máximo Mensual Baker Angostura Chacabuco.....                                        | 96  |
| Tabla 69: Resultados modelo regresión lineal para Q máx BACH.....                                                                               | 97  |
| Tabla 70: Caudales medios mensuales máximos del período de deshielo en Baker bajo Los Ñadis.....                                                | 98  |
| Tabla 71: Coeficientes porcentuales promedios según caudal máximo mensual Baker bajo Los Ñadis.....                                             | 99  |
| Tabla 72: Resultados modelo regresión lineal para Qmáx BBLÑ.....                                                                                | 99  |
| Tabla 73: Caudales medios mensuales máximos del período de deshielo en Pascua desagüe lago O'Higgins.....                                       | 100 |
| Tabla 74: Coeficientes porcentuales promedios según caudal máximo mensual Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                    | 101 |
| Tabla 75: Resultados modelo regresión lineal para Qmáx PDLO.....                                                                                | 101 |
| Tabla 76: Diferencia porcentual de volúmenes mensuales obtenidos mediante curvas de distribución en función del caudal máximo.....              | 102 |
| Tabla 77: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker Angostura Chacabuco con volúmenes.....                                   | 103 |
| Tabla 78: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker Angostura Chacabuco, sin volumen.....                                    | 103 |
| Tabla 79: Modelos Redes Neuronales para actualizaciones BACH.....                                                                               | 104 |
| Tabla 80: Evaluación Modelos de actualización mensuales óptimos BACH.....                                                                       | 105 |
| Tabla 81: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker bajo Los Ñadis, con volúmenes.....                                       | 106 |
| Tabla 82: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker bajo Los Ñadis, sin volúmenes.....                                       | 106 |
| Tabla 83: Modelos Redes Neuronales para actualizaciones BBLÑ.....                                                                               | 107 |
| Tabla 84: Evaluación Modelos de actualización óptimos mensuales BBLÑ.....                                                                       | 108 |
| Tabla 85: Coeficientes de Regresión Reducidos para Pascua Desagüe lago O'Higgins, set completo de datos.....                                    | 109 |
| Tabla 86: Coeficientes de Regresión Reducidos para actualización Pascua Desagüe Lago O'Higgins, sin PP de deshielo.....                         | 109 |
| Tabla 87: Coeficientes de Actualización reducidos para actualización Pascua Desagüe Lago O'Higgins, sin precipitaciones de deshielo en t-1..... | 110 |
| Tabla 88: Coeficientes de Regresión Reducidos para actualización de Pascua Desagüe Lago O'Higgins, sin precipitaciones.....                     | 110 |
| Tabla 89: Modelos de Redes Neuronales para actualización en Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                                  | 111 |
| Tabla 90: Evaluación Modelos de actualización mensuales PDLO.....                                                                               | 111 |
| Tabla 91: Regresiones Lineales entre Pascua Antes Junta Quetru y Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                                             | 113 |
| Tabla 92: Mes de ocurrencia del Caudal Máximo PAJQ y PDLO.....                                                                                  | 115 |
| Tabla 93: Caudales medios mensuales Baker Desagüe Lago Bertrand [m3/seg].....                                                                   | 128 |
| Tabla 94: Caudales medios mensuales Baker Angostura Chacabuco [m3/seg].....                                                                     | 129 |
| Tabla 95: Caudales medios mensuales Baker bajo Los Ñadis [m3/seg].....                                                                          | 130 |
| Tabla 96: Caudales medios mensuales Cuenca Intermedia [m3/seg].....                                                                             | 131 |
| Tabla 97: Caudales medios mensuales Del Salto antes junta Baker [m3/seg].....                                                                   | 132 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 98: Caudales medios mensuales Chacabuco antes junta Baker [m <sup>3</sup> /seg]     | 133 |
| Tabla 99: Caudales medios mensuales Baker en Colonia [m <sup>3</sup> /seg]                | 134 |
| Tabla 100: Caudales medios mensuales Baker Desagüe Lago Bertrand RN [m <sup>3</sup> /seg] | 135 |
| Tabla 101: Caudales medios mensuales Desembocadura Ibáñez [m <sup>3</sup> /seg]           | 136 |
| Tabla 102: Caudales medios mensuales Pascua Desagüe Lago O'Higgins [m <sup>3</sup> /seg]  | 137 |
| Tabla 103: Caudales medios mensuales Pascua antes junta Quetru [m <sup>3</sup> /seg]      | 138 |
| Tabla 104: Caudales Medios Mensuales Charles Fuhr [m <sup>3</sup> /seg]                   | 139 |
| Tabla 106: Niveles medios mensuales Puerto Guadal [m]                                     | 140 |
| Tabla 107: Niveles mensuales Lago O'Higgins en Desagüe [m]                                | 141 |
| Tabla 108: Precipitaciones mensuales Balmaceda [mm]                                       | 142 |
| Tabla 109: Precipitaciones mensuales Puerto Bertand [mm]                                  | 143 |
| Tabla 110: Precipitaciones mensuales El Balseo [mm]                                       | 144 |
| Tabla 111: Precipitaciones mensuales Puerto Guadal [mm]                                   | 145 |
| Tabla 112: Precipitaciones mensuales Río los Ñadis [mm]                                   | 146 |
| Tabla 113: Precipitaciones mensuales Villa O'Higgins [mm]                                 | 146 |
| Tabla 114: Temperaturas máximas extremas mensuales Lord Cochrane [°C]                     | 147 |
| Tabla 115: Temperaturas máximas medias Lord Cochrane [°C]                                 | 148 |
| Tabla 116: Temperaturas máximas medias Chile Chico [°C]                                   | 149 |
| Tabla 117: Temperaturas Mínimas medias Lord Cochrane [°C]                                 | 150 |
| Tabla 118: Temperaturas mínimas extremas Lord Cochrane [°C]                               | 151 |
| Tabla 119: Temperaturas medias mensuales SST1 [°C]                                        | 152 |
| Tabla 120: Temperaturas medias mensuales SST2 [°C]                                        | 152 |
| Tabla 121: Temperaturas medias mensuales SST4 [°C]                                        | 153 |
| Tabla 122: Temperaturas medias mensuales SST3 [°C]                                        | 153 |
| Tabla 123: Temperaturas medias mensuales SST5 [°C]                                        | 154 |
| Tabla 124: Temperaturas medias mensuales SST6 [°C]                                        | 154 |
| Tabla 125: Temperaturas medias mensuales SST7 [°C]                                        | 155 |
| Tabla 126: Temperaturas medias mensuales SST8 [°C]                                        | 155 |
| Tabla 127: Temperaturas medias mensuales SST9 [°C]                                        | 156 |

## Índice de Figuras

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Comparación crecimiento PIB y demanda energía 1982-2007 (CNE, 2005) | 1  |
| Figura 2 : Proyección demanda SIC (ENDESA, 2004)                              | 2  |
| Figura 3: Ubicación de la Cuenca Hidrográfica Río Baker                       | 6  |
| Figura 4: Ubicación Cuenca Hidrográfica del Río Pascua                        | 7  |
| Figura 5: Isoyetas en la zona (Universidad de Chile, 2007)                    | 9  |
| Figura 6: Estaciones Registro Cuenca Baker                                    | 16 |
| Figura 7: Estaciones de Registro Cuenca del Pascua                            | 17 |
| Figura 8: Estaciones Meteorológicas SST                                       | 18 |
| Figura 9 : Balance Glacial (Roger LeB Hooke, 2005)                            | 26 |
| Figura 10: Esquema Cuenca Baker                                               | 34 |
| Figura 11: Esquema cuenca Pascua                                              | 35 |
| Figura 12: Metodología General                                                | 36 |
| Figura 13: Metodología Coeficientes b                                         | 39 |
| Figura 14: Esquema Neurona real                                               | 42 |
| Figura 15: Representación sinapsis                                            | 42 |
| Figura 16: Red Neuronal tipo                                                  | 43 |
| Figura 17: Neuronas totalmente conectadas                                     | 44 |
| Figura 18: Representacion aprendizaje supervisado                             | 45 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 19: Representación algoritmo Backpropagation.....                           | 46  |
| Figura 20: Esquema de actualización de pronósticos.....                            | 51  |
| Figura 21: Snow Pillow.....                                                        | 120 |
| Figura 22: Ruta de Nieves.....                                                     | 120 |
| Figura 23: Zonas Recomendadas de Ubicación de Rutas de Nieve en Cuenca Baker.....  | 122 |
| Figura 24: Zonas recomendadas de ubicación de rutas de nieve en cuenca Pascua..... | 123 |

## Índice de Gráficos

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 1: Curvas de Variación Estacional Pp entre 500 y 1000 [mm] anuales.....    | 9   |
| Gráfico 2: Curvas de Variación Estacional Pp entre 1000 y 3000 [mm] anuales.....   | 10  |
| Gráfico 3: Curvas de variación estacional BDLB.....                                | 21  |
| Gráfico 4: Curvas de variación estacional BACH.....                                | 22  |
| Gráfico 5: Curvas de variación estacional BBLÑ.....                                | 23  |
| Gráfico 6: Curvas de variación estacional PDLO.....                                | 24  |
| Gráfico 7: Curvas de variación estacional PAJQ.....                                | 25  |
| Gráfico 8: Ajuste Modelo MRM5vi Baker Angostura Chacabuco.....                     | 57  |
| Gráfico 9: Ajuste Modelo MRM5viii Baker Angostura Chacabuco.....                   | 57  |
| Gráfico 10: Composición componentes principales Baker Angostura Chacabuco.....     | 58  |
| Gráfico 11: Ajuste Modelo MCP1 Baker Angostura Chacabuco.....                      | 60  |
| Gráfico 12: Ajuste Modelo MRN1 Baker Angostura Chacabuco.....                      | 63  |
| Gráfico 13: Ajuste Modelo MRN2 Baker Angostura Chacabuco.....                      | 63  |
| Gráfico 14: Ajuste Modelo MRM5xi Baker Bajo los Ñadis.....                         | 68  |
| Gráfico 15: Ajuste Modelo MRM5xiii Baker Bajo los Ñadis.....                       | 68  |
| Gráfico 16: Composición componentes principales Baker Bajo Los Ñadis.....          | 69  |
| Gráfico 17: Ajuste Modelo MCP1 Baker Bajo los Ñadis.....                           | 71  |
| Gráfico 18: Ajuste Modelo MRN1 Baker Bajo Los Ñadis.....                           | 74  |
| Gráfico 19: Ajuste Modelo MRN2 Baker Bajo Los Ñadis.....                           | 74  |
| Gráfico 20: Ajuste modelo MRM5vii Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....               | 77  |
| Gráfico 21: Ajuste Modelo MRM5ix Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                | 78  |
| Gráfico 22: Composición componentes principales Pascua Desagüe Lago O'Higgins..... | 79  |
| Gráfico 23: Ajuste Modelo MCP2 Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                  | 81  |
| Gráfico 24: Ajuste Modelo MRN1Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                   | 83  |
| Gráfico 25: Ajuste MRN2Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....                          | 84  |
| Gráfico 26: Curva Doble Acumulada Pp. TLO y Vol. PDLO.....                         | 85  |
| Gráfico 27: Pp. deshielo TLO versus Vol. DESH. PDLO.....                           | 86  |
| Gráfico 28: Pp. pluviales TLO versus Vol. Pluv PDLO.....                           | 86  |
| Gráfico 29: Curva de Probabilidad de Excedencia Baker Angostura Chacabuco.....     | 88  |
| Gráfico 30: Curva de Probabilidad De Excedencia Baker Bajo Los Ñadis.....          | 88  |
| Gráfico 31: Curva de Variación Estacional Pascua Desagüe Lago O'Higgins.....       | 89  |
| Gráfico 32: Regresión Lineal Q máx versus Volumen de deshielo BACH.....            | 97  |
| Gráfico 33: Regresión lineal Q máx versus V deshielo BBLÑ.....                     | 99  |
| Gráfico 34: Regresión Lineal Q máx versus V deshielo PDLO.....                     | 101 |
| Gráfico 35: Regresión Lineal Vol. anual PAJQ-PDLO.....                             | 113 |
| Gráfico 36: Regresión Lineal Vol. pluvial PAJQ-PDLO.....                           | 114 |
| Gráfico 37: Regresión Lineal Vol. Deshielo PAJQ-PDLO.....                          | 114 |

## Índice de Archivos incluidos de CD de anexos

| Directorio Raíz  | Directorio local o archivo   | Descripción                                                                                                                                             |
|------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| /                | MemoriaPB.pdf                | La presente Memoria de Título en formato pdf.                                                                                                           |
| /Datos           | /Datos_Baker                 | Directorio con todos los datos disponibles en la cuenca del río Baker                                                                                   |
|                  | /Datos_Pascua                | Directorio con todos los datos disponibles en la cuenca del río Pascua                                                                                  |
| /Modelos         | Pronósticos_BACH.xls         | Planilla Excel con los modelos de pronóstico seleccionados con cada metodología para los volúmenes de deshielo medidos en Baker Angostura Chacabuco.    |
|                  | Pronósticos_BBLÑ.xls         | Planilla Excel con los modelos de pronóstico seleccionados con cada metodología para los volúmenes de deshielo medidos en Baker Bajo los Ñadis          |
|                  | Pronósticos_PDLO.xls         | Planilla Excel con los modelos de pronóstico seleccionados con cada metodología para los volúmenes de deshielo medidos en Pascua Desagüe Lago O'Higgins |
| /Distribuciones  | Distribuciones_volumenes.xls | Planilla Excel con las distribuciones del volumen de deshielo en Baker Angostura Chacabuco, Baker Bajo los Ñadis y Pascua Desagüe Lago O'Higgins        |
| /Actualizaciones | Actualizaciones_BACH.xls     | Planilla Excel con los modelos de actualización seleccionados para los volúmenes de deshielo en Baker Angostura Chacabuco                               |
|                  | Actualizaciones_BBLÑ.xls     | Planilla Excel con los modelos de actualización seleccionados para los volúmenes de deshielo en Baker Bajo los Ñadis                                    |
|                  | Actualizaciones_PDLO.xls     | Planilla Excel con los modelos de actualización seleccionados para los volúmenes de deshielo en Pascua Desagüe Lago O'Higgins                           |

# Capítulo 1.- Introducción

## 1.1 Introducción

En el segundo semestre del año 2006 se creó la empresa hidroAysén, donde participan como accionistas dos empresas de larga trayectoria en el sector energético chileno, Endesa Chile y Colbún S.A. Desde entonces hidroAysén ha retomado y desarrollado los estudios ambientales, sociales y de ingeniería de uno de los proyectos de generación hidroeléctrica más grandes de la historia del país, en cuanto a magnitud de las obras, generación e inversión.

La región de Aysén posee un importante potencial hidroeléctrico superior a los 8000 [MW], de los cuales el proyecto de hidroAysén aprovecharía un 30% mediante cinco centrales, dos ubicadas en la cuenca del río Baker y tres en la del río Pascua. El objetivo del PHA es la generación eléctrica mediante el aprovechamiento racional y sustentable de parte del potencial hidroeléctrico de los ríos en cuestión.

El crecimiento demográfico en Chile en conjunto con la entrada de nuevos proyectos mineros ha incrementado el consumo, el PIB y por ende la demanda de energía. En la Figura 1 y la Figura 2 se muestra el incremento de la demanda energética y del PIB desde el año 1982 hasta el 2003 (observada), y los valores esperados de crecimiento de la demanda de energía y de la tasa de crecimiento de la población entre los años 2004 y 2016 respectivamente.

En el Sistema Interconectado Central (SIC) se estima que la tasa de crecimiento de la demanda en el período 2008- 2016 se situará en torno al 6.8% anual. Y se espera que durante los próximos 10 años la demanda se duplicará y se triplicará al cabo de 20 años. Además desde fines del año 2004 se ha observado un continuo aumento de los precios de los combustibles utilizados en otros medios de generación eléctrica. Ante este escenario de escasez energética es que se retoman proyectos hidroeléctricos sustentables, tales como el PHA.

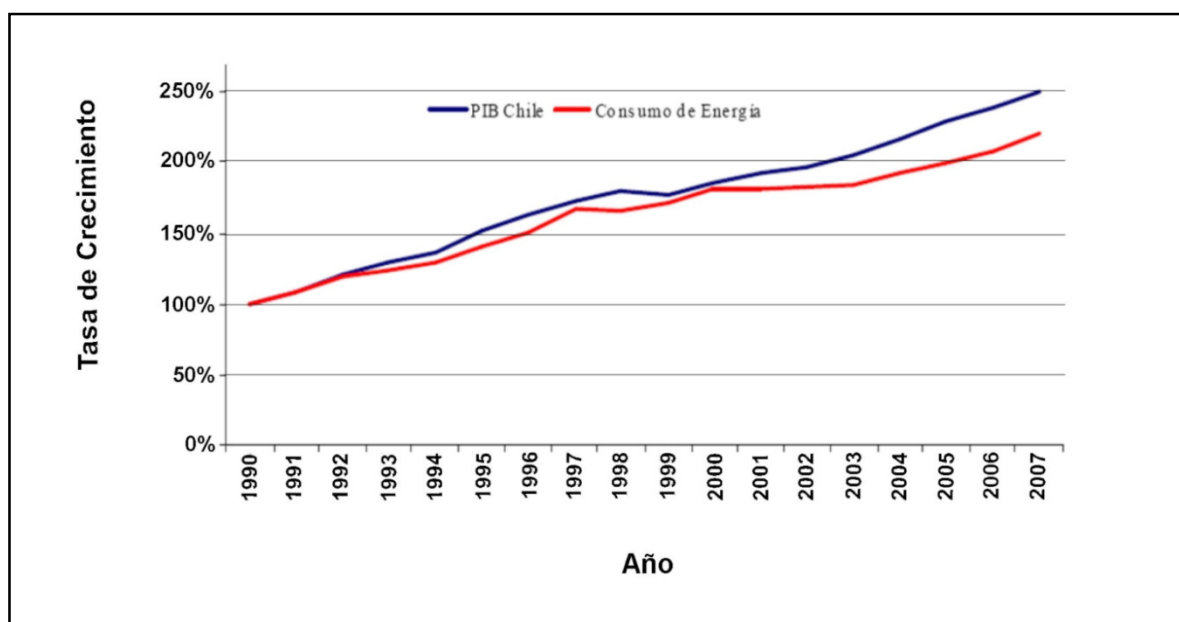


Figura 1: Comparación crecimiento PIB y demanda energía 1982-2007 (CNE, 2005)

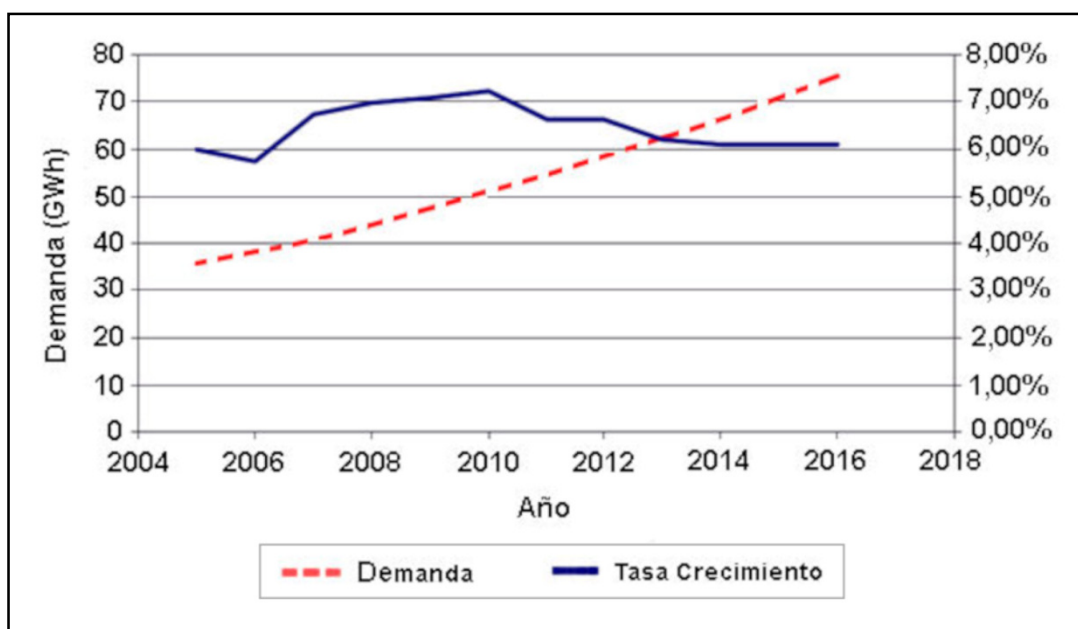


Figura 2 : Proyección demanda SIC (ENDESA, 2004)

De acuerdo a lo señalado los ríos Baker y Pascua poseen un alto potencial hidroeléctrico, con caudales del orden de los 700 [m<sup>3</sup>/seg]. Además las características de sus regímenes hidrológicos los hacen complementarios con los ríos de la zona central de nuestro país, presentando caudales importantes y de baja variabilidad en períodos en que en los ríos de la zona central son mínimos, por lo que entregan una seguridad muy alta.

Esto se explica por los cuerpos glaciares y lacustres de gran tamaño que alimentan a estos ríos, a diferencia de los de la zona central que dependen mucho de la pluviosidad de cada año. Los principales reservorios de las cuencas son; Campos de Hielo Norte y Sur, específicamente los ventisqueros Soler, Nef y Colonia en el caso de Baker, y los glaciares oriental y O'Higgins para el río Pascua; los lagos: Lago General Carrera y Lago O'Higgins pertenecientes a las cuencas del río Baker y del Pascua respectivamente. Es en este contexto en que surge la necesidad de contar con un modelo de pronóstico de caudales afluentes al sitio de las centrales de modo de estimar la cantidad de energía que se podrá enviar al SIC; y para poder efectuar una adecuada programación de la operación de las centrales.

La necesidad de efectuar la previsión de los volúmenes de deshielo empezó a plantearse en Endesa a comienzos de la década del 50. En esta época visitó Chile el Dr. J.E. Church de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Nevada, especialista en nieves y previsiones de deshielo, y a partir de esa fecha se instaló numerosos nivómetros, y líneas de nieve en la zona cordillerana del país. Estos pronósticos usualmente han sido abordados por metodologías clásicas, como son las regresiones múltiples, con muy buenos resultados al norte de la cuenca del Bío Bío, zona donde se cumple que las precipitaciones producidas en el período de deshielo no son influyentes en el escurrimiento de verano. Esta es una de las dificultades del pronóstico en la región de Aysén, lo que será abordado a través de distintos modelos estadísticos, primero los clásicos de las regresiones múltiples, las componentes principales y finalmente modelos de algoritmos genéticos.

En nuestro país son numerosos los enfoques matemáticos y estadísticos utilizados para desarrollar modelos de predicción de caudales provenientes de la lluvia y de deshielo, se han aplicado modelos de simulación de lluvia-escorrentía y de derretimiento de nieve (Martinec y Rango, 1992), métodos de regresión lineal múltiple y posterior desagregación mensual de dicho volumen, los modelos de funciones de transferencia para pronóstico a un mes plazo construidos a partir de distintas variables preponderantes en el deshielo, y también modelo estocásticos ajustados a la serie de tiempo de los caudales de deshielo (ARMA, ARIMA, Tripodi, 1999).

Sin embargo dada la dificultad en la predicción de las condiciones meteorológicas, de las precipitaciones de deshielo en el caso de la región de Aysén, de las anomalías de la temperatura en la superficie del Océano Pacífico es que se han abierto las posibilidades de la utilización de modelos que permitan capturar la naturaleza no lineal de los fenómenos a predecir. Es el caso de los sistemas de reconocimiento de patrones no lineales, conjunto al que pertenecen las redes neuronales artificiales (Salazar et Al, 1998). La utilización de las redes neuronales artificiales en la predicción de caudales es relativamente nueva, las investigaciones más antiguas se registran a partir del año 1992 (French et Al, 1992; Zurada, 1992, Minns et al, 1993). En los últimos años se han utilizado con muy buenos resultados en el pronóstico de crecidas en tiempo real (González, 2003; Muñoz, 2008), y también para el pronóstico de volúmenes de deshielo (Dölling, 2000). En este contexto surge el interés en aplicar este tipo de metodologías al caso de las cuencas de la undécima región.

## 1.2 Objetivos

A modo general el objetivo de este trabajo de título es la entrega de una herramienta objetiva, que permita pronosticar el volumen de deshielo a escurrir entre los meses de marzo a octubre en los puntos en que se pretende construir las centrales hidroeléctricas del Proyecto Hidroeléctrico Aysén. Igualmente se proyecta determinar la distribución temporal en términos de volúmenes mensuales de éstos valores. Por otra parte se postula analizar la eficiencia de modelos de redes neuronales aplicados al pronóstico de volúmenes y las actualizaciones de estos.

Los objetivos específicos del presente trabajo de título son:

- Definición de un modelo de pronóstico de volúmenes de deshielo (octubre a marzo) afluentes a las centrales del PHA. Esto se traduce en escoger en base al uso de distintas metodologías el modelo que mejor represente la respuesta para cada punto de las cuencas. Dicha respuesta dice relación con la obtención de mejores índices de desempeño.
- Evaluar la factibilidad de la utilización de modelos de redes neuronales en la zona, es decir, comparar con los resultados de los modelos lineales y apreciar si existe la capacidad de incorporar información que a través de los dichos planteamiento no.
- Plantear y validar una metodología adecuada para la distribución del volumen total de deshielo en valores mensuales y obtener de esta forma los caudales medios mensuales. En este punto se pretende desarrollar la metodología que conduzca a la distribución de volúmenes que disminuya la dispersión de los valores mensuales pronosticados.
- Definir modelos para actualizar el pronóstico, es decir, pronosticar los volúmenes residuales desde un mes cualquiera del período de deshielo hasta el final del mismo, incorporando información registrada a la fecha. Se espera que los modelos de las actualizaciones mejoren conforme se avanza en el tiempo, bajo el supuesto de que se va agregando información actualizada y que por tanto debiesen explicar mejor el fenómeno en estudio.
- Definir la necesidad de complementar la red hidrometeorológica existente, resultado que se espera obtener en base a la elaboración de los modelos, e indicar mejoras o cambios a la ubicación y urgencia de las instalaciones propuestas.

## Capítulo 2.- Antecedentes Generales

El volumen de agua disponible en un río y su distribución temporal son variables de gran interés para los hidrólogos y para quienes aprovechan estos recursos en sus actividades económicas, tales como; la generación hidroeléctrica y el desarrollo agropecuario. Estas variables son el producto final de todos los procesos del ciclo hidrológico (Davie, 2002). Como es sabido el ciclo hidrológico depende fuertemente de las características de la zona en que se estudie la disponibilidad del recurso, pues determina que variables serán influyentes y cuáles no.

Como se ha mencionado los ríos Baker y Pascua son de origen nivo-pluvial con influencia glacial, lo que indica que para realizar un pronóstico adecuado se debe entender y considerar los procesos de generación de escorrentía en cuencas de este tipo, para ello en el presente capítulo se hace una breve revisión de los principios de mecánica glaciaria y de hidrología de nieves.

Otro aspecto a considerar en el pronóstico estacional en esta zona es la relevancia de las precipitaciones en el período estival, estas varían tanto geográficamente como temporalmente, pero difieren de las de la zona central básicamente en que siguen aportando a la generación de escorrentía en los meses de verano, por lo que deben ser consideradas dentro del balance a realizar.

En la zona central de Chile es habitual realizar pronósticos estacionales ya desde el año 1955, inicialmente por la Endesa y luego por otras instituciones, como la DGA y el CEDEC, principalmente haciendo uso de modelos basados en las regresiones múltiples, procedimiento que se llevará a cabo en este trabajo. Complementariamente a los análisis de regresiones múltiples el problema será abordado a través de modelos de componente principales y de modelos de redes neuronales, los que tienen la particularidad de “aprender” en base a series de datos de entrada y salida. En el capítulo III se expone información acerca de ellos, una base teórica que sirve como introducción a esta metodología y como explicación a lo que se pretende realizar en el trabajo.

### 2.1 Características del Proyecto

El Proyecto Hidroeléctrico Aysén consiste en la construcción de cinco centrales de embalse, dos ubicadas en la Cuenca del Río Baker y tres en la del río Pascua. Las cuencas de los ríos Baker y Pascua se sitúan en la zona austral de Chile, en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, próximo a los Campos de Hielo Norte y Campos de Hielo Sur. La cuenca del río Baker se sitúa entre los paralelos 46° y 48° de latitud sur y las longitudes 71° y 73° 30' y abarca una superficie total de 27.150 km<sup>2</sup>, de la cual unos 5.560 km<sup>2</sup>, o sea aproximadamente un 20%, se encuentra en territorio argentino.

La cuenca del río Pascua abarca la mayor parte del área comprendida entre los paralelos 47°35' y 49°20' de latitud sur y las longitudes 71°40' y 73°35'. En su extremo septentrional limita con la cuenca del Río Bravo, mientras que por el meridional lo hace con el vasto Campo de Hielo Sur. La superficie que encierra la cuenca es de 14.500 km<sup>2</sup>, perteneciendo 7.130 km<sup>2</sup> a Chile y los 7.370 restantes (51% del total) a Argentina.

En las próximas líneas se indican las ubicaciones de las centrales de embalse del PHA.

#### Centrales ubicadas en el río Baker

Respecto a las 2 centrales del río Baker de norte a sur son:

- Central Baker 1: se ubicaría en la angostura Chacabuco, unos 1.000 m aguas arriba de la confluencia de los ríos Baker y Chacabuco.
- Central Baker 2: se ubicaría en la angostura El Saltón, unos 2 km aguas arriba de la confluencia de los ríos Baker y El Saltón.

### Centrales ubicadas en el río Pascua

En el río Pascua el desarrollo hidroeléctrico contempla el emplazamiento de tres centrales de embalse, cuyas ubicaciones se entregan a continuación:

- Central Pascua 1: se ubicaría en la angostura lago chico, unos 1.200 m aguas arriba de la confluencia del río Pascua con el desagüe del lago Gabriel Quiros
- Central Pascua 2.1: se ubicaría en la angostura río Pascua, unos 8 km aguas arriba del sector de San Vicente.
- Central Pascua 2.2: se ubicaría en la angostura San Vicente, unos 4 km aguas arriba de la confluencia del río Pascua con el desagüe del lago Quetru.

En la Tabla 1 se presentan las coordenadas de las centrales de ambas cuencas.

Tabla 1: Ubicación posibles centrales

| Central    | Ubicación    |              |           |         |                         |
|------------|--------------|--------------|-----------|---------|-------------------------|
|            | Latitud      | Longitud     | Norte     | Este    | Area [Km <sup>2</sup> ] |
| Baker 1    | 47° 07' 50'' | 72° 37' 00'' | 4.777.611 | 680.075 | 16361                   |
| Baker 2    | 47° 31' 28'' | 73° 01' 43'' | 4.734.744 | 648.624 | 25017                   |
| Pascua 1   | 48° 19' 55'' | 73° 01' 29'' | 4.644.636 | 646.661 | 13563                   |
| Pascua 2.1 | 48° 13' 48'' | 73° 04' 54'' | 4.656.563 | 642.355 | 13865                   |
| Pascua 2.2 | 48° 10' 17'' | 73° 04' 36'' | 4.662.849 | 642.874 | 13900                   |

La Figura 3 y la Figura 4 muestran un esquema general de la ubicación geográfica de las cuencas del Baker y Pascua respectivamente. En ellas se incluyen los lagos y afluentes a los ríos, además de las centrales del PHA.

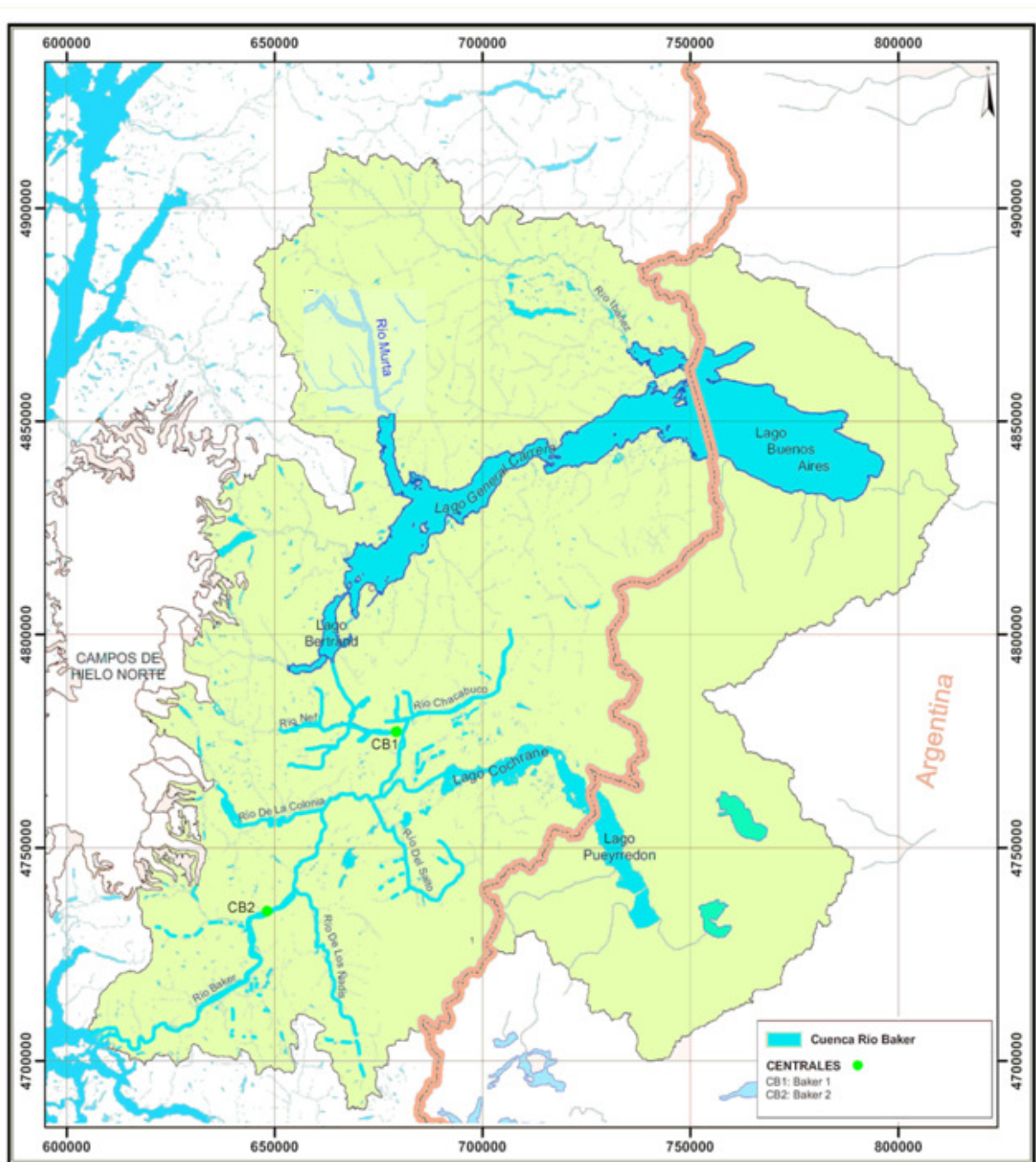


Figura 3: Ubicación de la Cuenca Hidrográfica Río Baker

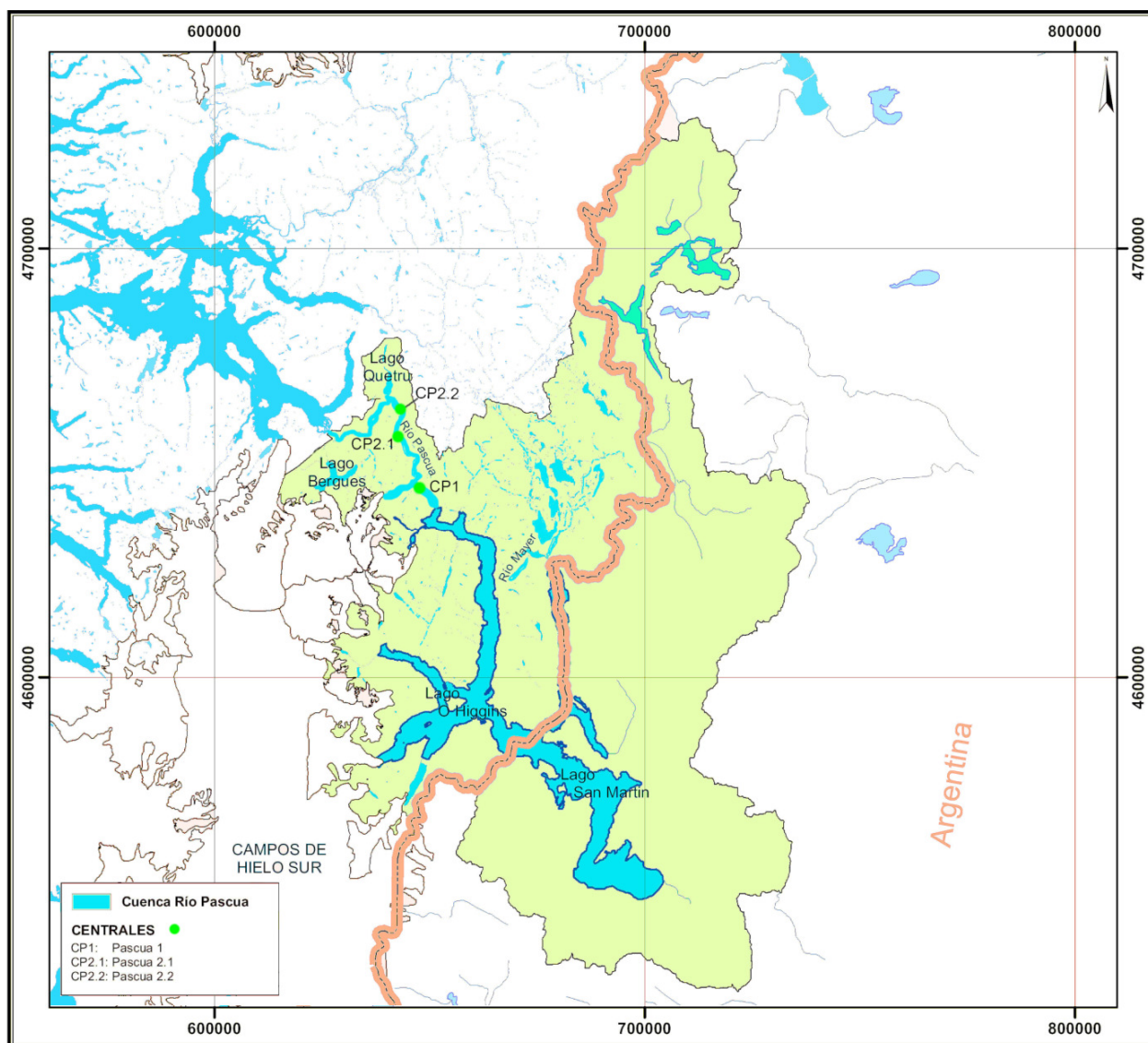


Figura 4: Ubicación Cuenca Hidrográfica del Río Pascua

### 2.1.1 Descripción Zona Estudio

Las obras del proyecto Hidroeléctrico Aysén se ubican en la XI Región de Aysén, específicamente en las cuencas de los Ríos Baker y Pascua, para aprovechar el alto potencial hidroeléctrico de ambos ríos. A continuación se entrega una breve descripción general de ambas cuencas en estudio.

#### **Cuenca Río Baker:**

El río Baker nace en el nivel 224 [m] como desagüe del Lago Bertrand que es la continuación del Lago General Carrera. El lago General Carrera es el más extenso de Chile con una superficie de 1893 [km<sup>2</sup>], y de carácter binacional, en territorio Argentino se llama Buenos Aires.

El régimen hidrológico del río es nivo-pluvial (glacial), presentándose los máximos caudales en el período de deshielo. Una de las características principales de esta zona es la importancia en la generación de escorrentía de las precipitaciones en primavera y verano, sin embargo se observa una importante incidencia de las temperaturas en las crecidas, presentándose incrementos importantes del caudal ante

incrementos de temperatura, tanto a nivel diario como estacional. El caudal medio anual promedio registrado en Baker Desagüe Lago Bertrand es de 566 [m<sup>3</sup>/seg], mientras que en Baker Bajo los Ñadis es de 940 [m<sup>3</sup>/seg]

Las precipitaciones en esta zona aumentan en forma considerable de este a oeste. En Chile Chico en el límite con Argentina, la precipitación media anual es del orden de 240 [mm]. En Puerto Guadal de 790 [mm] y en Puerto Bertrand en el desagüe del Lago de 1330 [mm].

### **Cuenca del Río Pascua:**

El río Pascua nace en el lago O'Higgins, en el extremo sur de la provincia de Aysén y después de un recorrido de aproximadamente 60 [Km] desemboca al mar en el canal Baker. El lago O'Higgins se encuentra en el nivel 253 [m] y es de carácter internacional, llamándose en el lado argentino lago San Martín. Tiene una superficie total de 1.000 [km<sup>2</sup>] y es el segundo lago más grande de Chile.

En esta zona, los registros de precipitaciones son escasos. En Villa O'Higgins, la precipitación media anual es del orden de 915 mm y en Tenencia lago O'Higgins de 835 mm. El gran caudal de río Pascua se debe a las precipitaciones y a los aportes provenientes del derretimiento de nieve y hielo de los glaciares de Campo de Hielo Sur. El caudal medio anual promedio registrado en Pascua Desagüe Lago O'Higgins es de 618 [m<sup>3</sup>/seg].

## **2.1.2 Clima y Meteorología zona de estudio (U. de Chile, 2007)**

La región de Aysén posee un clima influenciado por las múltiples y variadas condiciones del entorno, siendo las más determinantes: la influencia oceánica, orografía, elevación y circulación atmosférica media presente. Estas condiciones vienen a definir elementos climáticos como; la presión en superficie; vientos; humedad; precipitación y temperatura del aire. En la zona se presentan 6 tipos de climas: templado frío y lluvioso con influencia oceánica sin estación seca; templado frío y lluvioso con influencia continental trasandina; clima templado cálido y lluvioso con influencia oceánica; clima templado cálido y máximo invernal de lluvias con influencia continental trasandina; clima de hielo por efecto de altura y lluvioso; y finalmente de estepa frío con máximo invernal de lluvia.

Las precipitaciones se presentan principalmente en los meses de invierno, y distribuidos en casi toda la cuenca. La distribución de las precipitaciones extremas o eventos extremos aumenta de oeste a este y hacia el sur, presentándose en la cuenca del Río Pascua precipitaciones más frecuentes en el rango de 20-50 [mm] y con duraciones más frecuentes entre 2 a 7 días. En la cuenca del río Baker se presentan frecuencias y duraciones de días sin precipitación relativamente mayores que las encontradas en Pascua. En relación a los eventos diarios de precipitación, existe una marcada diferencia entre frecuencia y duración de las precipitaciones en invierno que en verano, los mayores valores se registran en invierno.

En la Figura 5 se esquematizan las isoyetas de la región. En el Gráfico 1 y el Gráfico 2 se presentan las curvas de variación estacional para las precipitaciones promedio de las estaciones que presentan entre 500 y 1000 [mm] registrados al año (Balmaceda, Chile Chico y Lord Cochrane); y las estaciones que presentan entre 1000 y 3000 [mm] de precipitaciones al año (Puerto Bertrand, Río Los Ñadis) respectivamente. En ambos casos se observa que si bien la magnitud de las precipitaciones estivales es importante, las precipitaciones de los meses de invierno las superan.

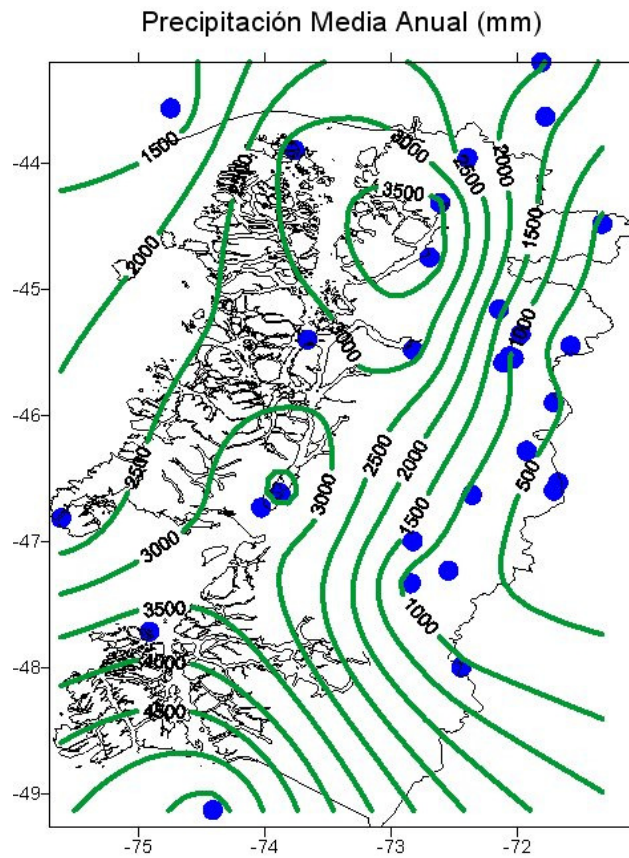


Figura 5: Isoyetas en la zona (Universidad de Chile, 2007)

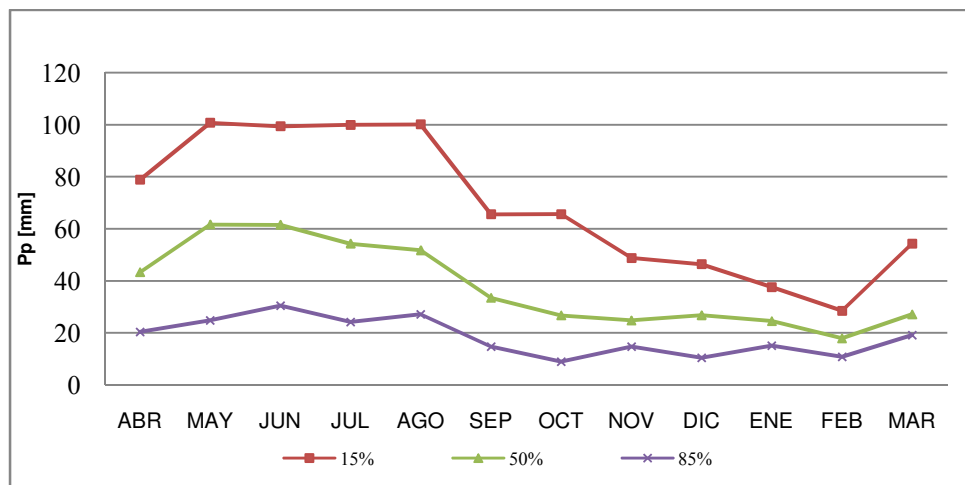


Gráfico 1: Curvas de Variación Estacional Pp entre 500 y 1000 [mm] anuales

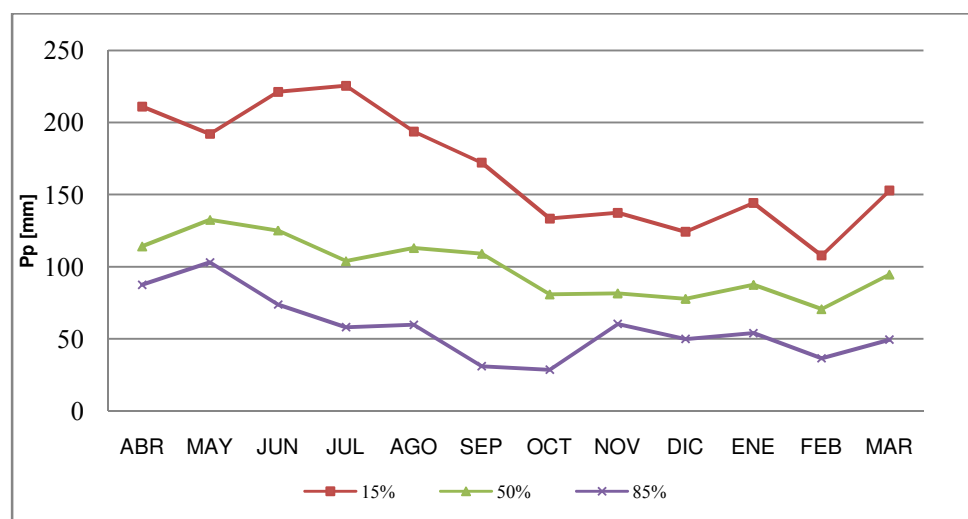


Gráfico 2: Curvas de Variación Estacional Pp entre 1000 y 3000 [mm] anuales

Acerca de las precipitaciones sólidas, se estima en base a la estadística que la mayor ocurrencia es en meses de invierno en toda la región, con ausencia casi total en verano, y con menores porcentajes del total en otoño y primavera. Las menores magnitudes se presentan en Aysén, que es el sector con mayor influencia oceánica, en contraposición Balmaceda es el lugar con mayor número de días con precipitación sólida, presenciándose eventos incluso en los meses de Marzo y Noviembre.

En relación a la temperatura la cuenca del Río Baker presenta una amplitud diaria mayor que la del Pascua, pues muestra temperaturas máximas mayores y temperaturas mínimas menores que las ocurridas en dicha estación. Sin embargo en Pascua cada vez aparecen con mayor frecuencia días con temperaturas mínimas inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$ , siendo actualmente alrededor de 15 días al año. Los días de helada son mayores en el invierno, a mediados de Junio y Julio, y la frecuencia es mayor en Cochrane, Chile Chico y Balmaceda, seguida por Coyhaique y disminuyendo bastante en Aysén.

La presencia del mar en el borde costero influye notoriamente en algunas variables meteorológicas, como por ejemplo la temperatura y la humedad del aire. Este efecto es más notorio en las zonas cercanas a la costa, en que el contraste térmico entre las estaciones de verano e invierno es mucho menor que en los sectores interiores alejados del borde costero. Es por esto que se incluyen datos de temperaturas de la superficie del mar para longitudes y latitudes cercanas a los puntos de interés.

### 2.1.3 Información disponible

Para ambas cuencas se cuenta como base fundamental con los registros de estaciones fluviométricas, pluviométricas, limnigráficas y meteorológicas que fueron operadas por Endesa. Sin embargo existen pocos registros de temperatura y específicamente la cuenca del río Pascua se encuentra poco controlada, por lo que se ha complementado la información disponible con datos pertenecientes a estaciones Argentinas, de la DMC (Dirección Meteorológica de Chile), de la DGA (Dirección General de Aguas) y de la NOAA<sup>1</sup>(National Oceanic and Atmospheric Administration).

En la Tabla 2 se presentan las estaciones fluviométricas disponibles en la cuenca del río Baker, las que se utilizan para rellenar y corregir la estadística de las estaciones más completas, o, las de mayor registro para ser utilizadas en los modelos. La mayoría de las estaciones fluviométricas presentadas utilizan molinetes para el aforo de los caudales.

<sup>1</sup> [www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov)

Tabla 2: Estaciones Fluviométricas Río Baker

| Estación                    | Ubicación |           | Altitud  | Área            | Fecha  |        |
|-----------------------------|-----------|-----------|----------|-----------------|--------|--------|
|                             | Latitud   | Longitud  | m.s.n.m. | Km <sup>2</sup> | Inst.  | Supr.  |
| Ibañez Desembocadura        | 46°16'00" | 71°59'00" | 217      | 2483            | Sep-63 | -      |
| Murta Desembocadura         | 46°23'00" | 72°44'00" | 219      | -               | Ene-63 | -      |
| Baker en Des. Lago Bertrand | 47°03'15" | 72°48'45" | 199      | 15520           | May-63 | -      |
| Baker en Angost. Chacabuco  | 47°08'30" | 72°43'35" | 130      | 16316           | Dic-76 | -      |
| Baker en Colonia            | 47°21'00" | 72°51'00" | 105      | 23736           | Abr-63 | Mar-90 |
| Baker bajo Los Ñadis        | 47°30'00" | 72°58'30" | 45       | 24969           | May-75 | -      |
| Chacabuco antes Junta Baker | 47°07'00" | 72°34'30" | 98       | 1148            | Mar-78 | Jul-90 |
| Del Salto antes Junta Baker | 47°17'25" | 72°42'00" | 85       | 1329            | Nov-79 | Dic-00 |

En la Tabla 3 se muestran las estaciones fluviométricas disponibles en la cuenca del río Pascua. Estas estaciones utilizan molinetes para el aforo de los caudales.

Tabla 3: Estaciones Fluviométricas Río Pascua

| Estación                      | Ubicación |           | Altitud  | Área            | Fecha  |       |
|-------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------------|--------|-------|
|                               | Latitud   | Longitud  | m.s.n.m. | Km <sup>2</sup> | Inst.  | Supr. |
| Río Mayer                     | 48°20'00" | 72°32'00" | 350      | -               | Abr-81 | -     |
| Pascua en Des. Lago O'Higgins | 48°23'00" | 72°59'00" | 253      | 13.538          | Ene-62 | -     |
| Pascua antes Junta Quetru     | 48°09'20" | 73°05'20" | 20       | 13.9            | Abr-78 | -     |
| Charles Fuhr                  | 50°16'09" | 71°53'07" | 206      | -               | Sep-55 | -     |

En la Tabla 4 se presentan las estaciones limnigráficas disponibles en las cuencas del río Baker y Pascua, que miden los niveles en los lagos General Carrera y en el Lago O'Higgins.

Tabla 4: Estaciones Limnigráficas cuencas Baker y Pascua

| Estación                              | Ubicación |           | Altitud  | Fecha  |        |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|
|                                       | Latitud   | Longitud  | m.s.n.m. | Inst.  | Supr.  |
| Lago General Carrera en Puerto Guadal | 46°52'00" | 72°41'00" | 203      | Mar-59 | -      |
| Lago O'Higgins en desagüe             | 48°25'00" | 72°59'00" | 253      | Dic-77 | Sep-95 |

En la Tabla 5 y la Tabla 6 se muestran las estaciones pluviométricas de las cuencas de los ríos Baker y Pascua respectivamente. De las cuales se utilizaron las que presentan mayor registro en los modelos como datos de entrada, y las menos completas como base para rellenar y corregir la estadística. Todas las estaciones de las dos tablas miden precipitaciones líquidas pero no las sólidas.

Tabla 5: Estaciones Pluviométricas Cuenca Baker

| Estación                      | Ubicación |           | Altitud  | Fecha  |        |
|-------------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|
|                               | Latitud   | Longitud  | m.s.n.m. | Inst.  | Supr.  |
| Balmaceda                     | 45°54'00" | 71°43'12" | 520      | Ene-61 | -      |
| Bahía Murta                   | 46°27'40" | 72°40'00" | 250      | Ago-93 | Ene-09 |
| Puerto Ibáñez                 | 46°17'30" | 71°56'00" | 250      | Dic-61 | Ene-09 |
| Chile Chico                   | 46°32'00" | 71°42'00" | 215      | Oct-63 | Abr-04 |
| Puerto Bertrand               | 47°00'00" | 72°50'00" | 199      | Abr-63 | Dic-91 |
| Valle Chacabuco Estancia      | 47°06'00" | 72°29'00" | 343      | Abr-94 | Ene-09 |
| Río Baker Angostura Chacabuco | 47°08'00" | 72°43'00" | 160      | Ago-03 | Ene-09 |
| El Balseo                     | 47°08'30" | 72°43'35" | 130      | Dic-76 | -      |
| Lord Cochrane                 | 47°14'00" | 72°35'00" | 182      | Jul-69 | Dic-07 |
| Puerto Guadal                 | 47°21'00" | 72°51'00" | 105      | Abr-63 | Mar-90 |
| Río Los Nadis                 | 47°30'00" | 72°58'30" | 45       | May-75 | Ene-03 |
| Caleta Tortel                 | 47°47'00" | 73°32'00" | 10       | Abr-03 | Ene-09 |

Tabla 6: Estaciones Pluviométricas Cuenca Pascua

| Estación                | Ubicación |           | Altitud  | Fecha  |        |
|-------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|
|                         | Latitud   | Longitud  | m.s.n.m. | Inst.  | Supr.  |
| Tenencia Lago O'Higgins | 48°55'00" | 72°49'30" | 284      | Abr-61 | Dic-85 |
| Candelario Mancilla     | 48°52'00" | 72°44'30" | 300      | Abr-67 | Jul-08 |
| Río Mayer Retén         | 48°12'00" | 72°19'00" | 450      | Abr-93 | Ago-04 |
| Villa O'Higgins         | 48°28'00" | 72°33'00" | 270      | Oct-93 | Dic-08 |

Finalmente se presenta en la Tabla 7 y la Tabla 8 las estaciones meteorológicas de las cuencas de los ríos Baker y Pascua respectivamente, las que registran temperaturas en los sectores en que se ubican. Cabe mencionar que se incluyen las estaciones SST (Sea Surface Temperature), las que son de carácter satelital y se obtienen de la NOAA.

Tabla 7: Estaciones Meteorológicas Cuencas Baker

| Estación                  | Ubicación |           | Altitud  | Fecha  |        |
|---------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|
|                           | Latitud   | Longitud  | m.s.n.m. | Inst.  | Supr.  |
| Bahía Murta               | 46°27'00" | 72°40'00" | 240      | Oct-97 | Ene-09 |
| Balmaceda                 | 45°54'00" | 71°43'12" | 520      | Ene-58 | Dic-07 |
| El Balseo                 | 47°11'00" | 72°37'00" | 150      | Abr-77 | Ago-95 |
| Lord Cochrane             | 47°14'00" | 72°35'00" | 182      | Ene-80 | Oct-00 |
| Puerto Guadal             | 46°50'00" | 72°43'30" | 210      | Dic-93 | Ene-09 |
| Puerto Ibáñez             | 46°17'00" | 71°56'00" | 215      | Dic-93 | Ene-09 |
| Chile Chico               | 46°32'00" | 71°42'00" | 215      | Abr-70 | Dic-05 |
| Sea Surface Temperature 1 | 46°00'00" | 74°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |
| Sea Surface Temperature 2 | 46°00'00" | 76°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |
| Sea Surface Temperature 3 | 46°00'00" | 78°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |

Tabla 8: Estaciones Meteorológicas Cuenca Pascua

| Estación                  | Ubicación |           | Altitud  | Fecha  |        |
|---------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|
|                           | Latitud   | Longitud  | m.s.n.m. | Inst.  | Supr.  |
| Candelario Mancilla       | 48°52'00" | 72°44'00" | 300      | Oct-93 | Feb-05 |
| Río Mayer Retén           | 48°12'00" | 72°19'12" | 450      | Abr-93 | Ago-04 |
| Tenencia Lago O'Higgins   | 48°53'00" | 72°44'00" | 205      | May-76 | Oct-84 |
| Villa O'Higgins           | 48°28'00" | 72°33'00" | 270      | Oct-93 | Nov-08 |
| Sea Surface Temperature 4 | 47°00'00" | 74°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |
| Sea Surface Temperature 5 | 47°00'00" | 76°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |
| Sea Surface Temperature 6 | 47°00'00" | 78°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |
| Sea Surface Temperature 7 | 48°00'00" | 74°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |
| Sea Surface Temperature 8 | 48°00'00" | 76°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |
| Sea Surface Temperature 9 | 48°00'00" | 78°00'00" | 0        | Ene-66 | -      |

Se incluye en la Tabla 10 y la Tabla 11 la información de los períodos con información en las estaciones disponibles para las cuencas Baker y Pascua respectivamente. En la Figura 6 y la Figura 7 se presenta un esquema general de ambas cuencas en estudio y se muestra la ubicación de las estaciones de registro de datos en la cuenca del río Baker y Pascua. En la Figura 8 se presenta la ubicación geográfica de las estaciones SST operadas por la NOAA.

Tabla 9: Leyenda

|                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| ENDESA S.A.        | .....           |
| DGA                | ————            |
| NOAA               | — . — . — . — . |
| DMC                | — — — — —       |
| HIDRICOS ARGENTINA | — . — . — . —   |

Tabla 10: Estaciones cuenca Baker

[illegible]

Tabla 11: Estaciones cuenca Pascua

[illegible]

Figura 6: Estaciones Registro Cuenca Baker

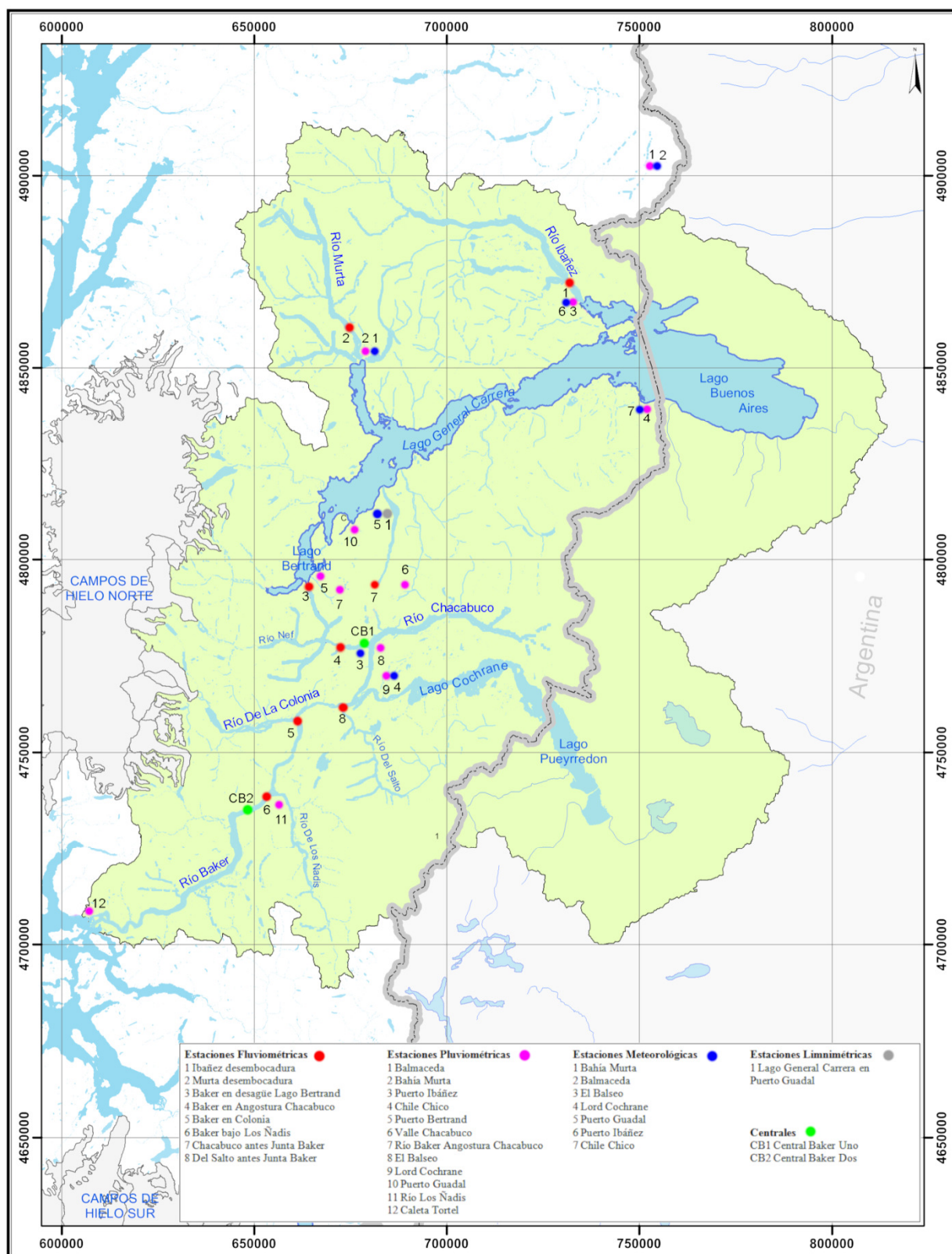
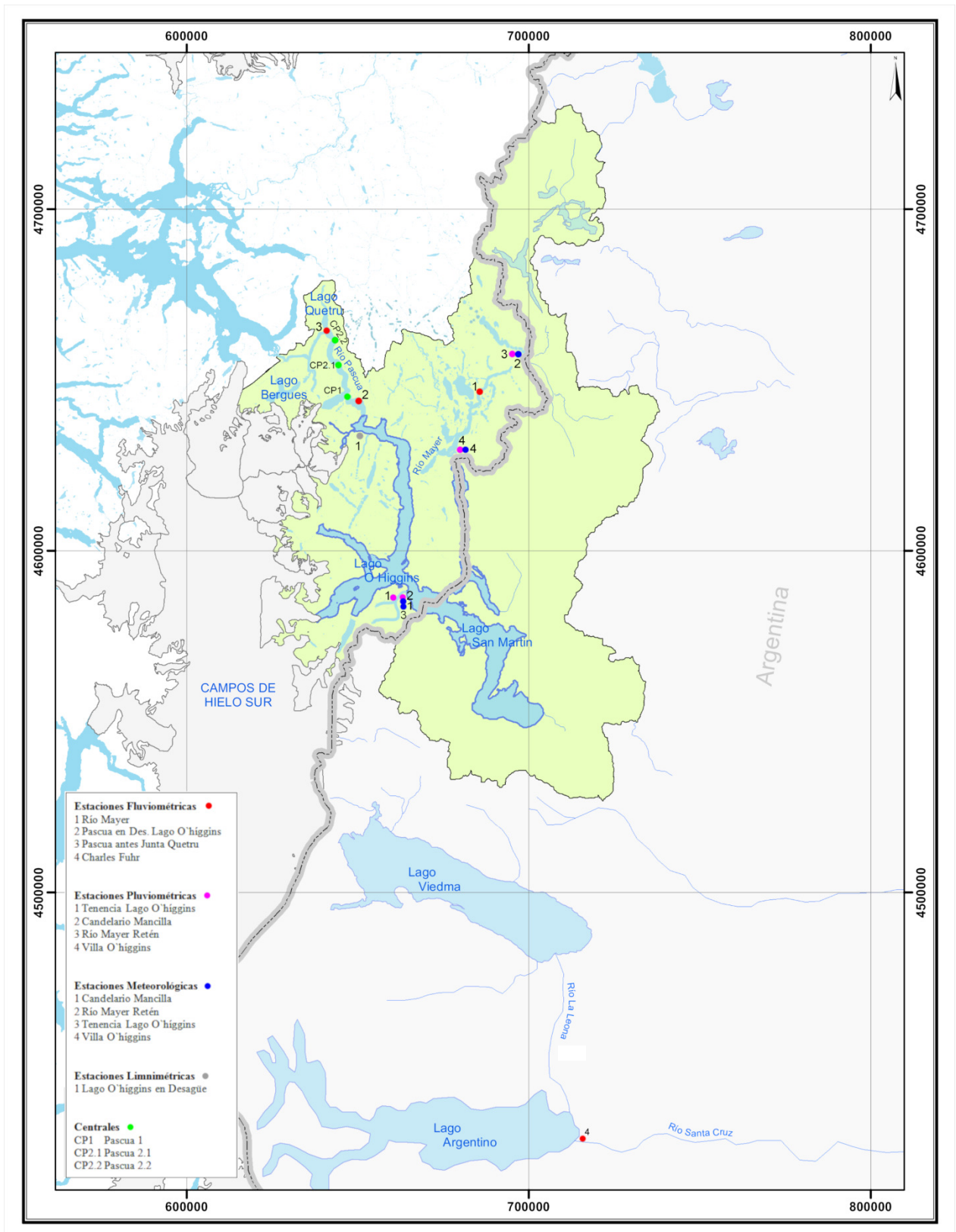


Figura 7: Estaciones de Registro Cuenca del Pascua



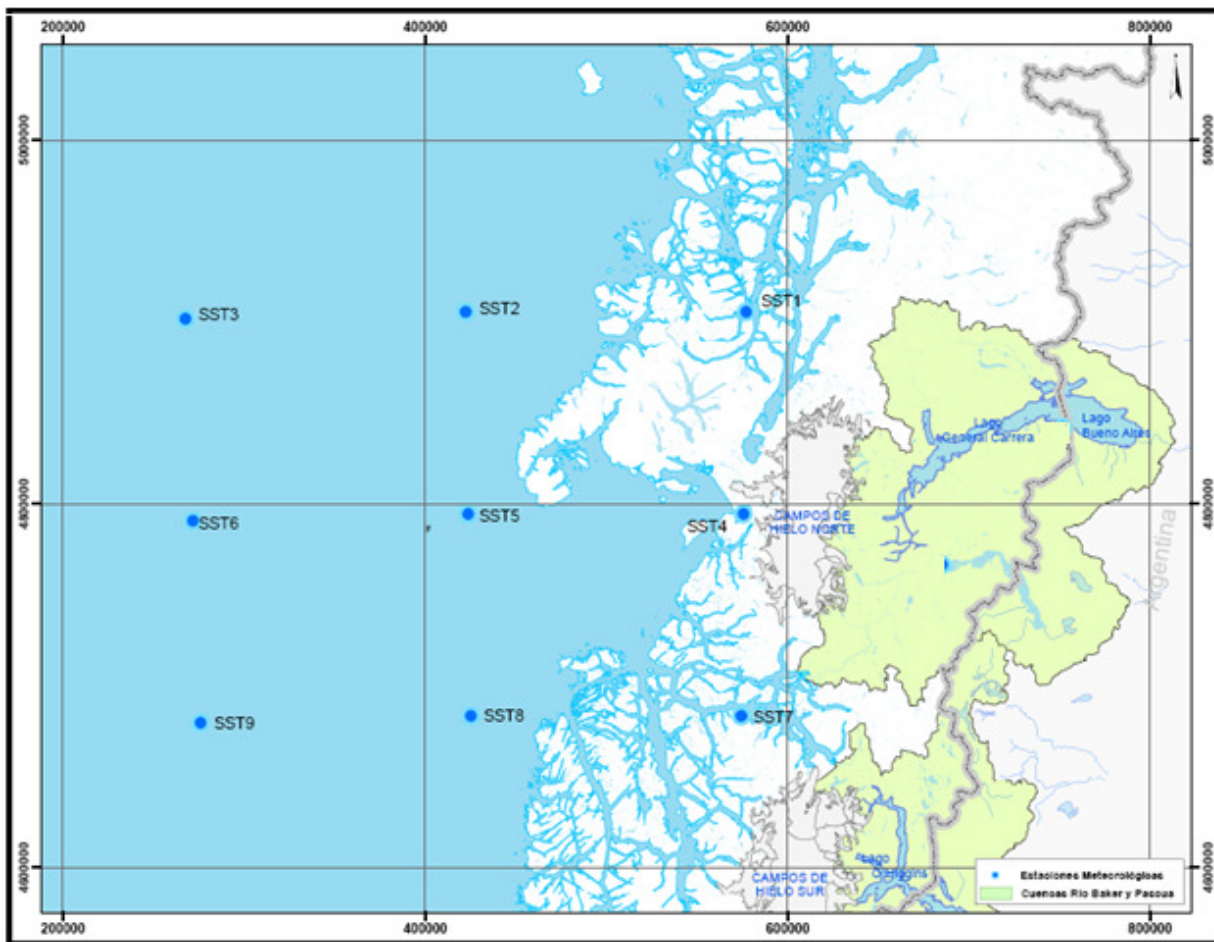


Figura 8: Estaciones Meteorológicas SST

#### 2.1.4 Análisis de la información hidrológica disponible

Para caracterizar la hidrología se cuenta con estaciones de mediciones fluviométricas, pluviométricas y meteorológicas en diversos puntos de interés que han sido operadas por diversas instituciones tales como; Endesa, la DGA, la DMC y a la Subsecretaría de Recursos Hídricos Argentinos.

Para todas las estaciones los caudales máximos ocurren a finales del verano (Enero, Febrero y Marzo), lo que concuerda con un régimen nivo-pluvial de influencia glacial, sin embargo no se presentan grandes dispersiones de estos valores en el año siendo los caudales del orden de los 800 [m<sup>3</sup>/seg] con poca variabilidad.

El Lago General Carrera debido a su gran volumen ejerce un importante control sobre el Río Baker, la regulación que ejerce se pudo observar de la información limnimétrica, pues desde el año 1959 se ha determinado que la fluctuación máxima producida entre estos valores es de 3.4 [m]. Una consecuencia de ello es por ejemplo que el régimen del Baker en su nacimiento es muy uniforme debido al efecto del lago.

Respecto al Río Pascua, en el período que se ha controlado las alturas limnimétricas, el nivel ha tenido una fluctuación máxima del orden de 5,2 m, evidenciando el efecto regulador del lago. Sus principales aportes provienen de diversos ventisqueros, entre los que se destacan el Oriental y O'Higgins. Estos forman parte de los glaciares del Campo de Hielo Sur, que junto con los del Campo de Hielo Norte, son las zonas de glaciares más extensas del país.

El río Pascua se destaca por la fuerte pendiente de su cauce y la regularidad de su caudal. Su gran caudal se debe a las importantes precipitaciones que caen en la región y al aporte proveniente del derretimiento de nieve y hielo de los glaciares del Campo de Hielo Sur. (Universidad de Chile, 2007)

Finalmente una conclusión relevante del Estudio Hidrológico (Ingendesa, 2007) es que en el Río Baker se observan a partir del año 77/78, dispersiones de los valores en torno a la media muy superiores a los registrados en el período 63/64 – 76/77. En la estación Pascua en Desagüe Lago O'Higgins no se detecta este fenómeno. En relación con esta dispersión, se realizó por Ingendesa un análisis estadístico, en virtud del cual se ha determinado que las estadísticas del río Baker correspondientes al período 63/64 – 03/04, no conforman una unidad homogénea ni estacionaria, es decir, en este período se habría presentado un fenómeno asociado a condiciones naturales. Lo anterior habría incidido en la generación de una perturbación importante en la estadística, cambiando el comportamiento de la misma. Los análisis realizados sitúan dicha perturbación entre los años 1975 y 1978.

Si bien para el presente trabajo se cuenta con información de numerosas estaciones, estos registros se encuentran incompletos para el período seleccionado de estudio (1967/68-2006/2007), por lo que fue necesario completar la información disponible a través de correlaciones entre estaciones que presentan características similares, con valores de  $R^2$  cercanos a la unidad. Las estadísticas resultantes fueron sometidas a un análisis a través de curvas doble acumuladas; curvas de variación estacional; y de comparación de valores promedios para poder obtener datos confiables. El relleno de datos se efectuó considerando en primer lugar datos anuales, luego los estacionales y finalmente los mensuales, corrigiendo estos últimos en base a los valores anuales obtenidos.

Las estadísticas completas se presentan en el Anexo (1) del presente informe. Cabe destacar que parte de esta labor fue realizada anteriormente para las estaciones fluviométricas en el “Estudio Hidrológico Complementario” para las centrales en los ríos Baker y Pascua (Ingendesa, 2007), y que se siguió este mismo lineamiento para completar las demás estaciones y para analizar las estadísticas completas.

En relación al proceso de relleno de datos es relevante puntualizar las siguientes observaciones:

- Se observan ciertas inconsistencias al completar datos de estaciones que fueron traspasadas de Endesa a la DGA (2003 en adelante), el caso más notorio es el de Baker Angostura Chacabuco. En esta estación se detectó que al calcular el aporte intermedio (diferencia de caudales medidos en Baker Angostura Chacabuco y Baker Desagüe Lago Bertrand) se registraron grandes diferencias entre el valor promedio obtenido con datos medidos por la DGA (130[m<sup>3</sup>/seg]) correspondientes a los caudales medidos desde el año 2003, y el valor promedio obtenido con datos registrados por Endesa (72 [m<sup>3</sup>/seg]) correspondientes al período desde 1977 al 2002. Por lo que se ha optado por completar los datos faltantes en Baker Angostura Chacabuco mediante correlaciones con los caudales de la Estación Baker Desagüe Lago Bertrand, que es la que presenta mayor registro y se ha determinado que sus datos son confiables (Ingendesa, 2007).
- Se considera la Estación Baker en Desagüe Lago Bertrand como patrón para comparación con las demás estaciones de la misma cuenca. En primer lugar por la gran extensión de sus registros y pues los caudales desde 1960/61 hasta el 2004/05 fueron validados por Ingendesa (Ingendesa, 2007). En segundo lugar por el análisis posterior realizado al completar la estadística con datos de la DGA hasta el año 2006/07, basado principalmente en comparación de caudales promedios y en construcción de curvas de variación estacional. Se chequeó la consistencia de los valores de las estaciones rellenas mediante la construcción de curvas doble acumuladas utilizando como estación patrón Baker Desagüe Lago Bertrand.
- Los caudales registrados en las distintas estaciones de ambas cuencas presentan una variación estacional muy parecida a las temperaturas en la zona, lo que indica en cierta forma la influencia de dicha variable.
- Los caudales de Baker en Desagüe Lago Bertrand en Régimen Natural (RN) para completar datos de estaciones como Ibáñez en Desembocadura. Para eliminar en este caso la regulación del Lago General Carrera. Se consideró la siguiente expresión:

$$Q_{BDLB\ RN} = Q_{BDLB} - (H_{\text{guadal}}(i) - H_{\text{guadal}}(i-1)) * A / t \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- $Q_{BDLB\ RN}$  : Caudal medido en Baker Desagüe Lago Bertrand [ $\text{m}^3/\text{seg}$ ]
- $H_{\text{GUADAL}}(i)$  : Altura limnimétrica medida en Puerto Guadal en un mes  $i$  [m]
- $H_{\text{GUADAL}}(i-1)$  : Altura limnimétrica medida en Puerto Guadal en un mes anterior a  $i$  [m]
- $A$  : Area del lago General Carrera [ $\text{m}^2$ ]
- $t$  : Segundos mes  $i$  [seg]

- Para las estaciones de la cuenca del Río Pascua se utiliza como patrón los datos de la Estación Pascua en Desagüe Lago O'Higgins, por ser la más completa y representativa, además sus registros ya han sido analizados y validados por Ingendesa.

Una vez rellenados los datos de las estaciones fluviométricas que presentaron buenas correlaciones con las estaciones más completas y confiables se procedió a analizar la información total, para ello se presentan a continuación las curvas de variación estacional para cada una de las estaciones fluviométricas analizadas y que serán utilizadas en los pronósticos. Se incluyen las curvas de los años húmedos, medios y secos los que fueron determinados por las respectivas probabilidades de excedencia cercanas al 15%, 50% y 85% junto con las curvas con probabilidad de excedencia de 5% y 95%. Además se expone una breve reseña del proceso de rellenado de los datos de cada una de las estaciones.

### Baker Desagüe Lago Bertrand (BDLB)

Esta estación es la más completa y antigua de las estaciones que se controlan en el río Baker y por lo mismo es utilizada como patrón para completar las demás estaciones. De acuerdo al estudio realizado por Endesa el año 2006 la estadística de la presente estación es confiable y válida pues se determinó que ha sido correctamente controlada. En el año 2003 el registro de los datos pasó a manos de la DGA, luego de ser controlada desde el año 1963 por Endesa, por tanto se completó el registro desde el año 2003 al 2007 con los valores registrados por dicha institución. En la Tabla 12 se entregan los valores de las curvas de variación estacional para distintas probabilidades de excedencia y en el Gráfico 3 se ilustran las curvas.

Tabla 12: Valores curva de variación estacional BDLB [ $\text{m}^3/\text{seg}$ ]

| Prob Exc | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5%       | 842 | 737 | 745 | 738 | 607 | 567 | 552 | 639 | 712 | 816 | 857 | 803 |
| 15%      | 737 | 709 | 657 | 592 | 540 | 501 | 506 | 538 | 668 | 772 | 802 | 776 |
| 50%      | 648 | 614 | 564 | 503 | 466 | 424 | 422 | 458 | 546 | 656 | 708 | 685 |
| 85%      | 572 | 531 | 463 | 386 | 381 | 350 | 365 | 414 | 484 | 552 | 612 | 602 |
| 95%      | 527 | 459 | 394 | 344 | 307 | 292 | 304 | 370 | 454 | 532 | 539 | 515 |

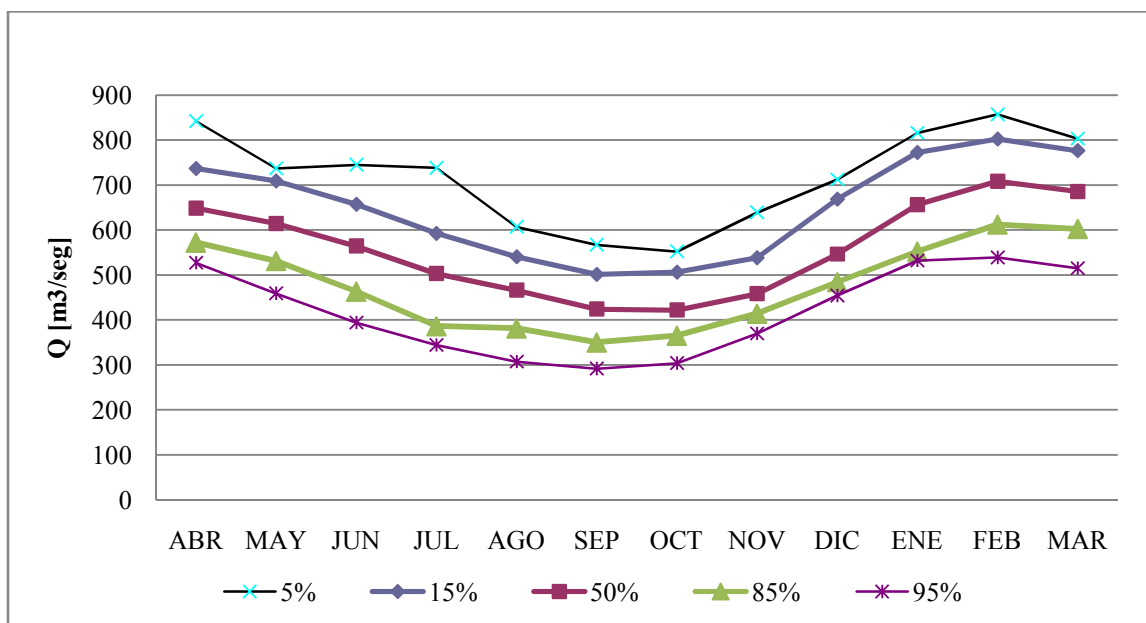


Gráfico 3: Curvas de variación estacional BDLB

### Baker Angostura Chacabuco (BACH)

Los datos de esta estación son utilizados para generar la estadística de caudales de la central Baker 1 y se encuentran disponibles desde el año 1976. Al igual que Baker Desagüe Lago Bertrand esta estación pasó en el año 2003 a ser controlada de Endesa a la DGA.

Se trató de completar los datos de los años 2003 al 2007 con los valores registrados por la DGA, proceso que resultó infructuoso pues se observó una dispersión respecto de la media mucho mayor utilizando los últimos años (130 [m³/seg]) respecto del valor histórico (72 [m³/seg]). Por lo que se completó los caudales faltantes en Baker Angostura Chacabuco mediante correlaciones con Baker Desagüe Lago Bertrand, estación con la que presenta valores de  $R^2$  superiores a 0.9, resultando una regresión lineal confiable.

En la Tabla 13 se presentan los valores de las curvas de variación estacional para distintas probabilidades de excedencia y se grafican dichas curvas en el Gráfico 4.

Tabla 13: Valores curvas de variación estacional BACH [m³/seg]

| Prob Exc | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5%       | 959 | 804 | 812 | 782 | 648 | 621 | 621 | 722 | 839 | 961 | 979 | 935 |
| 15%      | 831 | 773 | 710 | 642 | 576 | 530 | 565 | 612 | 778 | 908 | 952 | 898 |
| 50%      | 723 | 667 | 592 | 544 | 498 | 457 | 488 | 539 | 648 | 785 | 818 | 784 |
| 85%      | 636 | 563 | 484 | 447 | 419 | 385 | 421 | 503 | 562 | 663 | 702 | 682 |
| 95%      | 578 | 487 | 427 | 381 | 344 | 311 | 366 | 450 | 540 | 635 | 636 | 594 |

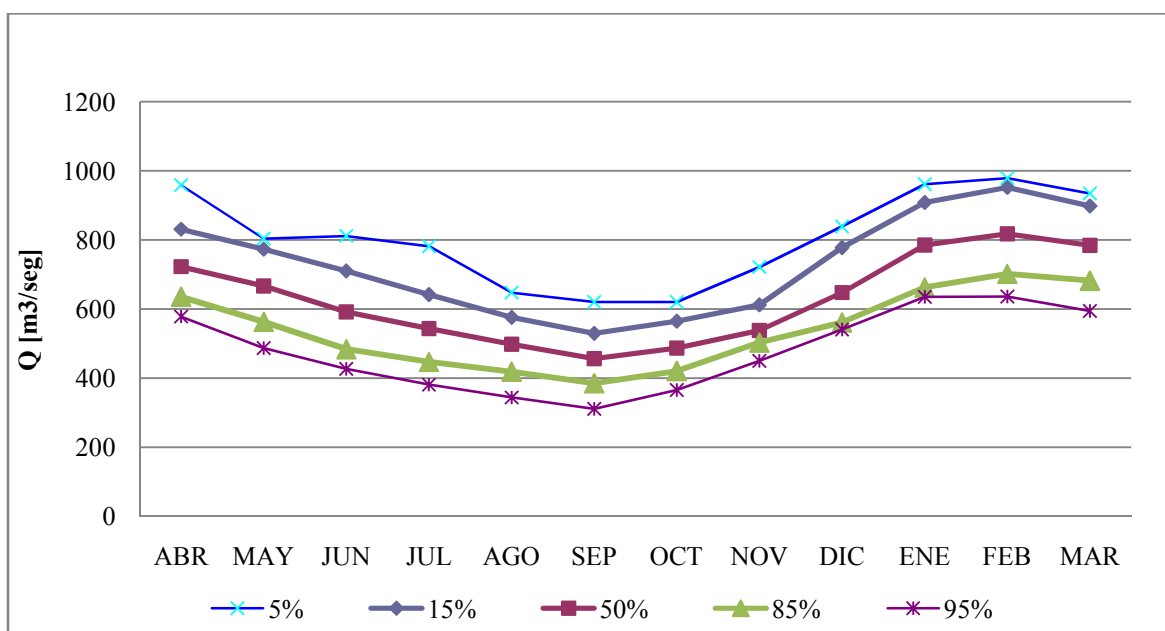


Gráfico 4: Curvas de variación estacional BACH

### Baker Bajo Los Nadis (BBLÑ)

Los caudales de esta estación son utilizados como referencia para generar la estadística de la central Baker 2, se tiene registros de caudales de esta estación desde el año 1975 y no ha sido suprimida, los datos faltantes fueron completados y corregidos mediante correlaciones con la Estación Baker Desagüe Lago Bertrand, con la cual presenta correlaciones superiores a 0.9 y que por tanto origina valores confiables. Se muestra en la

Tabla 14 los caudales de las curvas de variación estacional para distintas probabilidades de excedencia, y se grafican dichas curvas en el Gráfico 5.

Tabla 14: Valores curvas de variación estacional BBLÑ [m³/seg]

| Prob Exc | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  |
|----------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 5%       | 1255 | 1184 | 1177 | 960 | 958 | 839 | 963 | 1124 | 1439 | 1562 | 1581 | 1407 |
| 15%      | 1108 | 1033 | 958  | 853 | 818 | 758 | 827 | 1004 | 1323 | 1470 | 1443 | 1328 |
| 50%      | 1028 | 903  | 780  | 710 | 662 | 644 | 733 | 896  | 1077 | 1279 | 1294 | 1134 |
| 85%      | 904  | 749  | 578  | 540 | 538 | 539 | 643 | 796  | 951  | 1111 | 1149 | 1016 |
| 95%      | 806  | 623  | 549  | 463 | 428 | 446 | 598 | 680  | 895  | 1052 | 1058 | 903  |

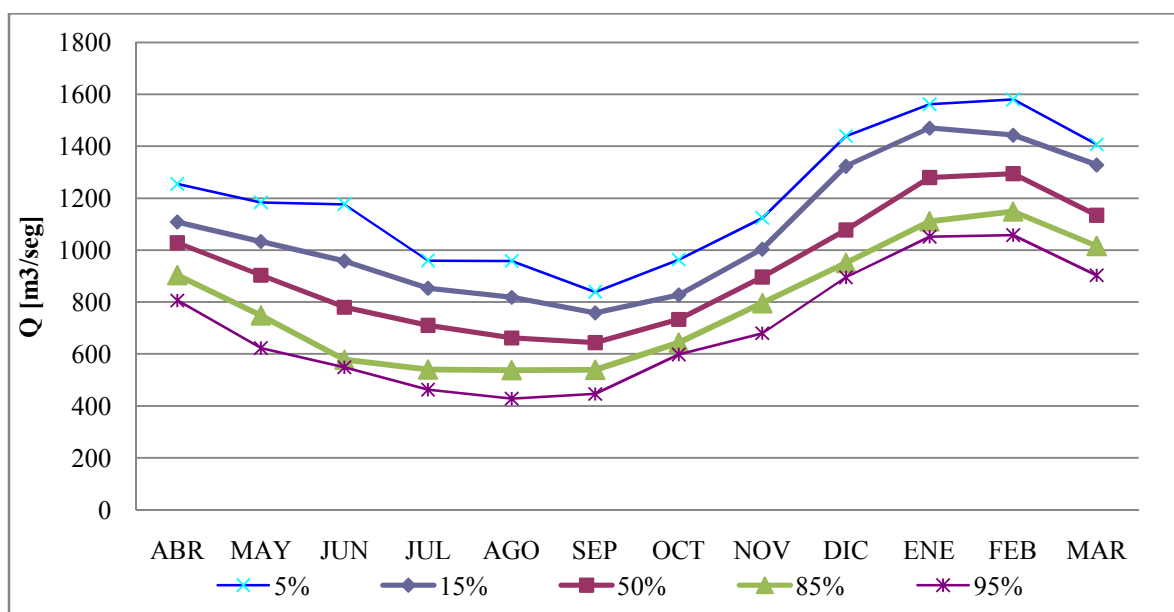


Gráfico 5: Curvas de variación estacional BBLÑ

### Pascua Desagüe Lago O'Higgins (PDLO)

La estadística de Pascua Desagüe Lago O'Higgins es la más completa de la cuenca del Pascua con registros desde 1962, los caudales se corrigieron y completaron en el período 2003-2007 utilizando como patrón la estación argentina Santa Cruz en Charles Fuhr ubicada al sur de la cuenca en estudio. Esta estación se usó debido a la similitud de régimen que tiene con Pascua, lo que se observa a través de las curvas de variación estacional, además de no presentar el cambio de dispersión en torno a la media que se da en Baker Desagüe Lago Bertrand. Junto con ello las correlaciones entre los caudales de Pascua Desagüe Lago O'Higgins y Charles Fuhr son más aceptables que las que se tiene con la estación del Baker, presentando valores del  $R^2$  del orden de 0.6.

En la Tabla 15 se entregan los caudales de las curvas de variación estacional para distintas probabilidades de excedencia y se grafican dichos valores en el Gráfico 6.

Tabla 15: Valores curva variación estacional PDLO [m³/seg]

| Prob Exc | ABR  | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB  | MAR  |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 5%       | 1062 | 876 | 776 | 633 | 559 | 482 | 492 | 544 | 712 | 906 | 1025 | 1064 |
| 15%      | 943  | 846 | 703 | 592 | 484 | 426 | 430 | 497 | 622 | 850 | 953  | 992  |
| 50%      | 834  | 758 | 613 | 503 | 431 | 385 | 381 | 439 | 547 | 680 | 837  | 902  |
| 85%      | 764  | 663 | 540 | 441 | 374 | 341 | 341 | 377 | 476 | 573 | 706  | 765  |
| 95%      | 635  | 575 | 466 | 382 | 343 | 320 | 319 | 355 | 430 | 466 | 511  | 570  |

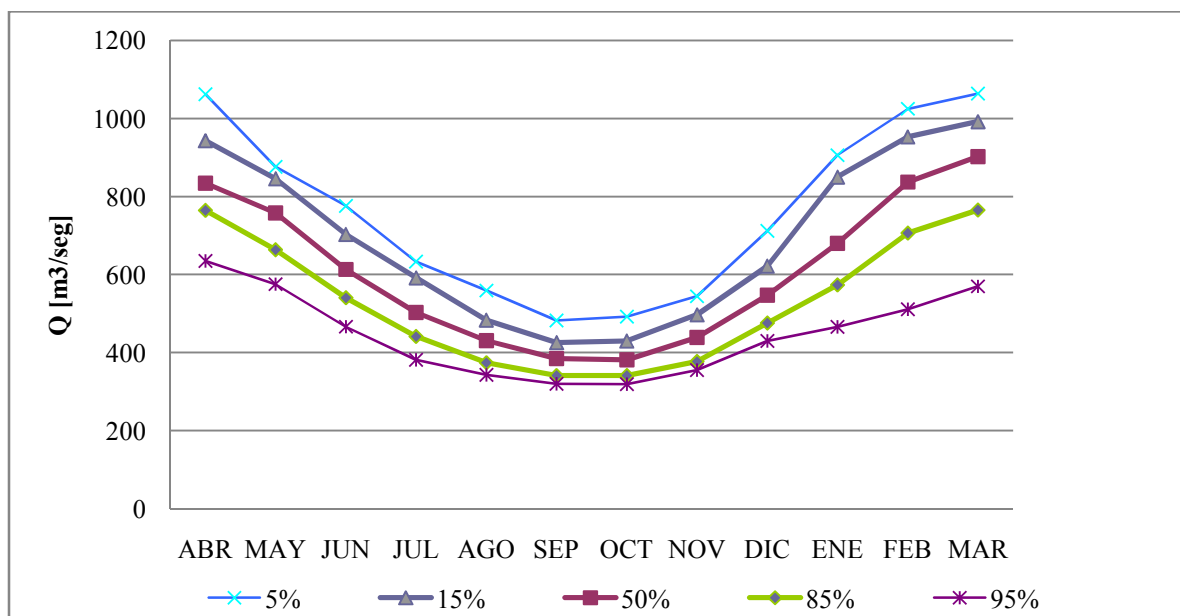


Gráfico 6: Curvas de variación estacional PDLO

### Pascua Antes Junta Quetru (PAJQ)

Los registros de esta estación junto con lo de Pascua Desagüe Lago O'Higgins son utilizados para generar la estadística de las centrales Pascua 1, Pascua 2.1 y Pascua 2.2, ambas estaciones pasaron a formar parte del registro de la DGA a partir del 2003. PAJQ cuenta con datos desde 1978 por lo que se rellenó y corrigió mediante correlaciones con los caudales de Pascua Desagüe Lago O'Higgins. Con los datos completos se procedió a calcular las curvas de variación estacional presentadas en la Tabla 16 y en el Gráfico 7.

Tabla 16: Valores curva variación estacional PAJQ [m³/seg]

| Prob Exc | ABR  | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE  | FEB  | MAR  |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 5%       | 1113 | 928 | 833 | 712 | 608 | 543 | 571 | 642 | 832 | 1026 | 1121 | 1170 |
| 15%      | 1014 | 898 | 751 | 647 | 540 | 487 | 494 | 583 | 741 | 958  | 1046 | 1081 |
| 50%      | 915  | 812 | 667 | 557 | 475 | 435 | 443 | 518 | 650 | 792  | 935  | 986  |
| 85%      | 842  | 723 | 579 | 476 | 408 | 390 | 385 | 453 | 573 | 679  | 791  | 849  |
| 95%      | 739  | 647 | 498 | 410 | 379 | 354 | 356 | 424 | 527 | 572  | 612  | 655  |

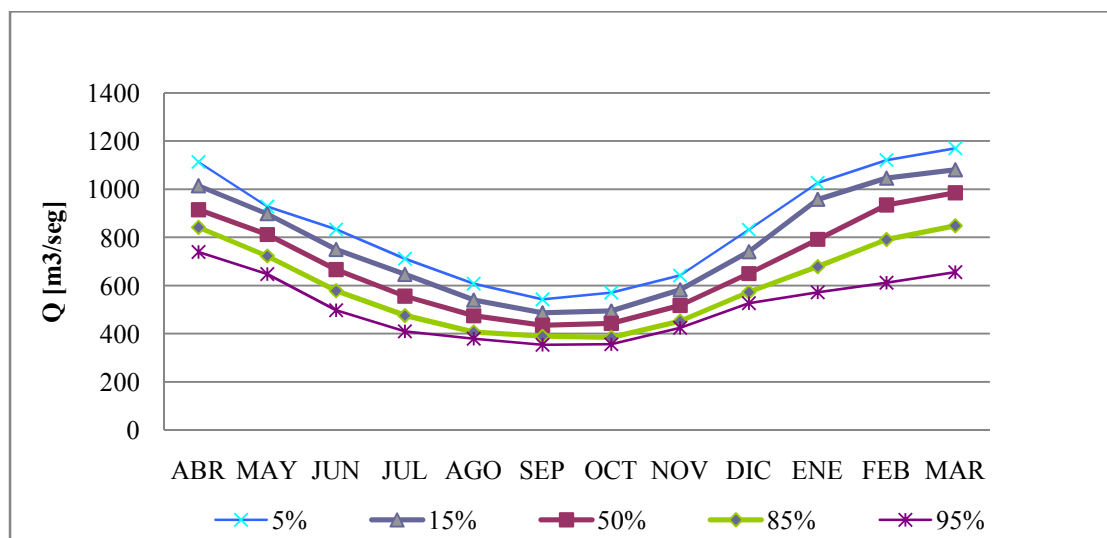


Gráfico 7: Curvas de variación estacional PAJQ

## 2.2 Aspectos básicos relativos a hidrología de nieves y glaciología

Considerando que las dos cuencas en estudio tienen influencia glacial se ha considerado relevante incluir algunos tópicos generales respecto a la hidrología de nieves y glaciares.

Un glaciar consiste en un cuerpo de hielo y nieve que es observado al final de la temporada de deshielo, o en el caso de glaciares tropicales, después de los derretimientos de nieves transientes. Esto incluye todos los tributarios que contribuyen con hielo al glaciar principal más los escombros cubiertos de hielo GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space). Es decir un glaciar puede ser considerado como grandes masas de hielo perennes que superan la línea de equilibrio de las nieves.

En Chile se ha inventariado hasta el año 2007 una superficie cubierta de glaciares aproximada de 20190 [Km<sup>2</sup>], siendo los ubicados al sur de la cuenca del Río Petrohué los más grandes de Sudamérica, destacando dentro de éstos los Campos de Hielo Norte y Sur (Rivera et al, 2007; Aniya et al, 1996).

### 2.2.1 Balance de masa

El origen de los glaciares se sustenta en la existencia de zonas ubicadas generalmente a altas elevaciones o en latitudes polares, donde la nieve caída durante el invierno excede el deshielo o derretimiento de nieves más otras pérdidas durante el verano. Es decir, de este proceso resulta una acumulación neta. De igual forma un glaciar se puede originar cuando se produce acumulación de nieve en ciertos puntos (cornisas, hondonadas, rodados), dicha acumulación introduce fluctuaciones en el espesor de la capa de nieve y permite la aparición de pequeñas masas de hielo perennes a una altitud muy inferior a la línea de equilibrio. Luego de varios años húmedos la acumulación puede superar la línea de equilibrio formando un glaciar (LLiboutry, 1956). Esta parte del glaciar donde se produce acumulación neta es denominada área de acumulación. Conforme se va depositando una nueva capa de nieve, la presión de las capas superiores causa compactación y el cambio de fase a sólido o nieve de las partículas en estado líquido o de vapor (Roger LeB Hooke, 2005).

El proceso de transformación de la nieve en hielo se denomina “diagénesis”, se ve favorecida por la continua recongelación de la nieve y/o hielo que funde en el día al percolar en los estratos subyacentes (Paterson, 1981). La ablación, referida a la remoción de nieve y hielo de un glaciar se produce debido a la

fusión seguida de escorrentía, a la acción eólica, el desprendimiento de témpanos o “calving”, la evaporación y la sublimación (Benn y Evans, 1998).

La línea que separa la zona de acumulación y de ablación se denomina “Línea de Equilibrio” (ELA). A lo largo de dicha línea, el deshielo producido durante el verano es exactamente igualado a la acumulación neta de nieve durante el invierno previo (Roger LeB Hooke, 2005), en la Figura 9 se entrega un esquema del balance glaciar.

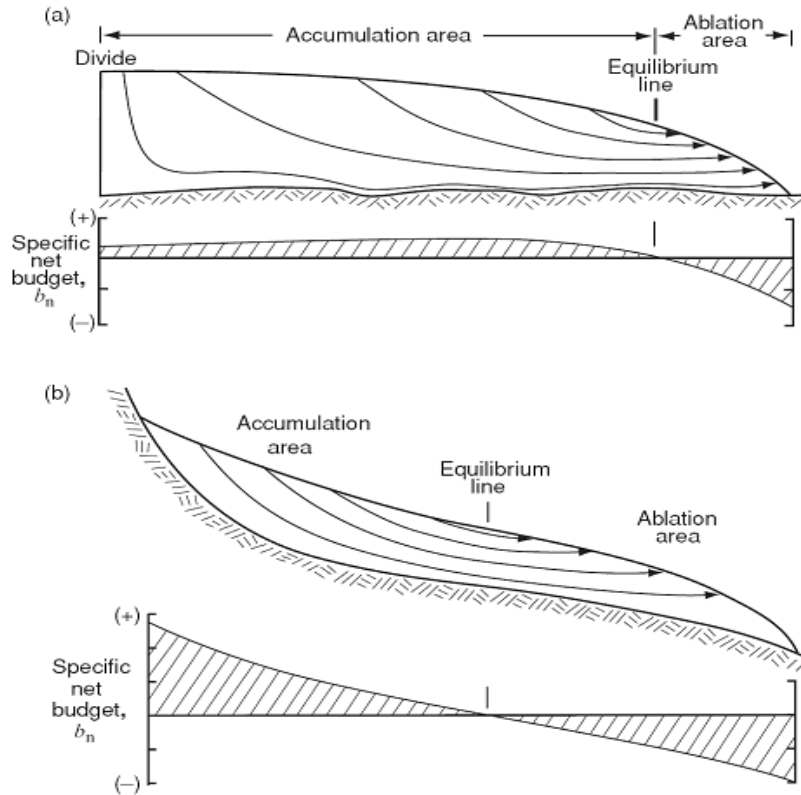


Figura 9 : Balance Glacial (Roger LeB Hooke, 2005)

Se define el balance total del glaciar en dos partes;  $b_s$  es el balance obtenido en verano por el derretimiento de nieves y hielo; y  $b_w$  el balance específico del invierno debido a acumulaciones por precipitaciones sólidas. Se determina el balance neto  $B_n$  como la integración en el área del glaciar del balance neto específico.

$$b_n = b_s + b_w \quad \text{Ec. 2}$$

$$B_n = \int_A (b_s + b_w) dA \quad \text{Ec. 3}$$

Cuando  $B_n$  es mayor que cero estamos ante un balance positivo, lo que de persistir por un tiempo genera avance del glaciar, de lo contrario estamos ante un balance negativo lo que indica retroceso de este (Leb Hooke, 2005).

Es relevante mencionar que en las últimas décadas los glaciares de la Patagonia, en el sur de Chile y Argentina, están sufriendo cambios que no tienen precedentes históricos, presentándose velocidades de retrocesos y adelgazamientos duplicadas respecto a las de décadas pasadas (Rivera, 2005), lo que ha incrementado el nivel del mar y por supuesto el escurrimiento en los ríos alimentados por ellos. A pesar de los generalizados retrocesos existen casos anómalos, tales como el glaciar Pío XI, el más grande del Campo de Hielo Patagónico Sur con 1250 [Km<sup>2</sup>] de superficie y 65 [Km] de largo, que entre 1945 y 1994 avanzó 9 [Km]. Destacan también las características locales de algunos glaciares, donde su dinámica

particular puede ser más importante que la tendencia climática general (Rivera 2005). Luego estos hechos introducen una complejidad al pronóstico de deshielo, pues no existen estaciones para cuantificar la dinámica glaciaria, no hay puntos para controlar líneas de nieve o para incluir los cambios en el análisis.

## Capítulo 3.- Metodología

Como ya se ha expresado el principal objetivo del presente trabajo consiste en ajustar modelos para efectuar el pronóstico del volumen de deshielo, es decir, el volumen total que escurre por las secciones en estudio entre Octubre y Marzo de cada año en que se requiera. Los ríos en cuestión; Baker y Pascua presentan un régimen nivo-pluvial, por lo que los mayores caudales y por ende volúmenes se presentan en la temporada de deshielo.

Para calibrar los modelos de pronóstico requeridos es primordial contar con los datos que caracterizan las principales variables de interés, variables que tienen directa relación con las características de la cuenca. En el subcapítulo 2.1 se describió el régimen hidrológico de los ríos Baker y Pascua, de dicho análisis se desprende que las variables relevantes en el proceso deben ser en primer lugar las precipitaciones, tanto líquidas como sólidas. Las precipitaciones registradas en el período pluvial (abril a septiembre) aportan de manera inmediata a la escorrentía y representan una medida del manto de nieves acumulado en la zona, el cual se expresará como escorrentía en la temporada de deshielo.

Además debido al régimen de precipitaciones en la zona se considera que los registros de deshielo también sean una variable importante, debido a que aportan de manera inmediata al escurrimiento en el período de octubre a marzo. Dado que no se cuenta con mediciones de esta variable en el momento en que se realizan los pronósticos se puede incluir las precipitaciones de deshielo del año anterior, las que se espera sean de alguna manera representativas del fenómeno, o presenten alguna relación respecto a los valores del año actual. Por ello también es de interés incluir las precipitaciones totales y los volúmenes de deshielo que escurrieron el año anterior, ya que representan las condiciones iniciales de la cuenca.

Otra de las características de ambos ríos es que se originan de grandes lagos (Lago General Carrera y Lago O'Higgins), los que regulan la escorrentía de los cauces e impiden grandes fluctuaciones en los niveles de los ríos. Por ello se utilizan también las alturas limnimétricas medidas en ambos cuerpos lacustres como variable a los modelos de pronóstico.

Finalmente uno de los puntos más complejos de abordar es el aporte de los glaciares a la escorrentía de los ríos. Los glaciares son los grandes reservorios con que cuentan los cauces, pero para cuantificar este aporte se requiere del análisis del balance glacial en la zona. Este procedimiento demanda conocer la diferencia de espesores de los glaciares entre la temporada invernal y la de deshielo, entre otras cosas, datos con los que no se cuenta, y que por tanto no se pueden incluir en el pronóstico. Pero debido a la relación existente entre las fluctuaciones de temperatura y las fluctuaciones en el espesor en los glaciares es que se introduce como variable de entrada a los modelos las temperaturas que se tienen en la zona. Se espera que a mayor temperatura debiera haber mayor escurrimiento de deshielo como consecuencia de los afluentes de origen glaciar a los ríos, y que a menores temperaturas debiese ocurrir lo contrario.

Los pronósticos del volumen de deshielo, así como las distribuciones y las actualizaciones de los mismos son requeridos para conocer los caudales afluentes a las centrales consideradas por el Proyecto Hidroeléctrico Aysén. Sin embargo éstos valores han sido generados en función de los caudales registrados en las estaciones fluviométricas cercanas a dichos puntos. En la Tabla 17 se resumen las relaciones existentes entre las estaciones fluviométricas de interés y las centrales, cuyos coeficientes fueron determinados a través de transposición de áreas por Ingendesa (Ingendesa, 2007).

Tabla 17: Relaciones de los caudales de las centrales con estaciones fluviométricas

| Central    | Relación                                             |
|------------|------------------------------------------------------|
| BAKER 1    | $Q_{BAK1} = 1,003 * Q_{BACH}$                        |
| BAKER 2    | $Q_{BAK2} = 1,002 * Q_{BBLÑ}$                        |
| PASCUA 1   | $Q_{CPas 1} = Q_{PDLO} + 0,035 * Q_{CI(PDLO-PAJQ)}$  |
| PASCUA 2.1 | $Q_{CPas 2.1} = Q_{PAJQ} - 0,05 * Q_{CI(PDLO-PAJQ)}$ |
| PASCUA 2.2 | $Q_{CPas 2.2} = Q_{PAJQ}$                            |

De acuerdo a la Tabla 17, los pronósticos se realizan en las estaciones fluviométricas, es decir en Baker Angostura Chacabuco, Baker Bajo los Ñadis y Pascua en Desagüe Lago O'Higgins. Se decide extender los resultados de Pascua Desagüe Lago O'Higgins hacia Pascua Antes Junta Quetru, debido a la cercanía y similitud de los caudales y del régimen hidrológico de ambas estaciones pertenecientes a la misma cuenca.

### 3.1 Estaciones utilizadas en los modelos y período estadístico

En la Tabla 10 y la Tabla 11 se presentan las estaciones con que se cuenta para el presente trabajo y los períodos con registro en ellas. Sin embargo no todas fueron consideradas en los modelos de pronóstico. En primer lugar se definió el período estadístico para los cálculos considerando los registros entre 1967/1968 y 2006/2007. Dicho período fue seleccionado considerando los registros que se tiene, en Baker Angostura Chacabuco se cuenta con mediciones desde 1976/1977, en Río Los Ñadis desde 1975/1976, en Pascua Antes Junta Quetru desde 1978/1979 y en Pascua Desagüe Lago O'Higgins desde 1962/1963, ninguna de las estaciones mencionadas se encuentra suprimida. En las estaciones que presentan menos registro se completó los datos mediante correlaciones lineales para contar con el período seleccionado. La razón por la que no se completó más años es porque se trató de no rellenar más de 20 valores por estación, y al tener las precipitaciones menos registro éstas solo fueron posibles de completar hasta el año 1967/1968. En el caso de los modelos para Pascua Desagüe Lago O'Higgins solo se utilizó un período de 30 años, lo que se limitó por las precipitaciones de Tenencia Lago O'Higgins en la que se cuenta solo con 16 años de registro completo y que se rellenaron para contar con 30.

En la Tabla 18 se presenta la nomenclatura utilizada en este trabajo para las distintas variables de entrada y salida consideradas. Dichos puntos fueron escogidos por presentar altas correlaciones con los valores de las variables a pronosticar (volúmenes) y por ser parte del proceso hidrológico involucrado. Se dejó fuera estaciones que presentan correlaciones muy altas con otras ya utilizadas, como es el caso de los volúmenes en Desembocadura Ibáñez, variable muy correlacionada con los volúmenes en Baker Desagüe Lago Bertrand y con los niveles medidos en el lago General Carrera, pues resultan redundantes en los modelos. También se dejó fuera estaciones que no se pudieron rellenar para completar el período escogido para los pronósticos por no presentan buenas correlaciones con las demás estaciones con que se tiene, tal es el caso de los volúmenes en Murta.

Una forma de facilitar la calibración de cualquier modelo hidrológico, es la de esquematizar las entradas y salidas de los cauces en estudio, lo que facilita la elección de las estaciones que se utilizarán. Se presenta en la Figura 10 y en la Figura 11 los esquemas de los ríos Baker y Pascua con sus afluentes.

Tabla 18: Abreviación de las Variables

|                                  |                                                                                              |                                          |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| $V_{BACH\_abr,sep}$              | Volumen total de la temporada pluvial en Baker Angostura Chacabuco                           | $\sum_{i=abr}^{sep} V_{i\_BACH}$         |
| $V_{BACH\_oct,mar}$              | Volumen total de la temporada de deshielo en Baker Angostura Chacabuco                       | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_BACH}$         |
| $V_{BACH\_abr,mar\_t-1}$         | Volumen total anual del año anterior en Baker Angostura Chacabuco                            | $\sum_{i=abr}^{mar} V_{i\_BACH}$         |
| $V_{BACH\_oct,mar\_t-1}$         | Volumen total temporada de deshielo del año anterior en Baker Angostura Chacabuco            | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_BACH}$         |
| $V_{BDLB\_abr,sep}$              | Volumen total de la temporada pluvial en Baker Desagüe Lago Bertrand                         | $\sum_{i=abr}^{sep} V_{i\_BDLB}$         |
| $V_{BDLB\_oct,mar}$              | Volumen total de la temporada de deshielo en Baker Desagüe Lago Bertrand                     | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_BDLB}$         |
| $V_{BDLB\_abr,mar\_t-1}$         | Volumen total anual del año anterior en Baker Desagüe Lago Bertrand                          | $\sum_{i=abr}^{mar} V_{i\_BDLB}$         |
| $V_{BDLB\_oct,mar\_t-1}$         | Volumen total temporada de deshielo del año anterior en Baker Desagüe Lago Bertrand          | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_BDLB}$         |
| $V_{BBL\tilde{N}\_abr,sep}$      | Volumen total de la temporada pluvial en Baker Bajo Los Ñadis                                | $\sum_{i=abr}^{sep} V_{i\_BBL\tilde{N}}$ |
| $V_{BBL\tilde{N}\_oct,mar}$      | Volumen total de la temporada de deshielo en Baker Bajo Los Ñadis                            | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_BBL\tilde{N}}$ |
| $V_{BBL\tilde{N}\_abr,mar\_t-1}$ | Volumen total anual del año anterior en Baker Bajo Los Ñadis                                 | $\sum_{i=abr}^{mar} V_{i\_BBL\tilde{N}}$ |
| $V_{BBL\tilde{N}\_oct,mar\_t-1}$ | Volumen total temporada de deshielo del año anterior en Baker Bajo Los Ñadis                 | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_BBL\tilde{N}}$ |
| $V_{COL\_abr,sep}$               | Volumen total de la temporada pluvial en Colonia                                             | $\sum_{i=abr}^{sep} V_{i\_COL}$          |
| $V_{CI\_abr,sep}$                | Volumen total de la temporada pluvial en Cuenca Intermedia ( $V_{BBL\tilde{N}} - V_{BACH}$ ) | $\sum_{i=abr}^{sep} V_{i\_CI}$           |

|                            |                                                                                             |                                    |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| $V_{PDLO\_abr,sep}$        | Volumen total de la temporada pluvial en Pascua Desagüe Lago O'Higgins                      | $\sum_{i=abr}^{sep} V_{i\_PDLO}$   |
| $V_{PDLO\_oct,mar}$        | Volumen total de la temporada de deshielo en Pascua Desagüe Lago O'Higgins                  | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_PDLO}$   |
| $V_{PDLO\_abr,mar\_t-1}$   | Volumen total anual del año anterior en Pascua Desagüe Lago O'Higgins                       | $\sum_{i=abr}^{mar} V_{i\_PDLO}$   |
| $V_{PDLO\_oct,mar\_t-1}$   | Volumen total de la temporada de deshielo del año anterior en Pascua Desagüe Lago O'Higgins | $\sum_{i=oct}^{mar} V_{i\_PDLO}$   |
| $P_{BAL\_abr,sep}$         | Precipitación total de la temporada pluvial en el Balseo                                    | $\sum_{i=abr}^{sep} P_{i\_BAL}$    |
| $P_{BAL\_oct,mar}$         | Precipitación total de la temporada de deshielo en el Balseo                                | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i\_BAL}$    |
| $P_{BAL\_abr,mar\_t-1}$    | Precipitación total anual del año anterior en el Balseo                                     | $\sum_{i=abr}^{mar} P_{i\_BAL}$    |
| $P_{BAL\_oct,mar\_t-1}$    | Precipitación total de la temporada de deshielo del año anterior en el Balseo               | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i\_BAL}$    |
| $P_{GUADAL\_abr,sep}$      | Precipitación total de la temporada pluvial en el Puerto Guadal                             | $\sum_{i=abr}^{sep} P_{i\_GUADAL}$ |
| $P_{GUADAL\_oct,mar}$      | Precipitación total de la temporada de deshielo en Puerto Guadal                            | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i\_GUADAL}$ |
| $P_{GUADAL\_abr,mar\_t-1}$ | Precipitación total anual del año anterior en Puerto Guadal                                 | $\sum_{i=abr}^{mar} P_{i\_GUADAL}$ |
| $P_{GUADAL\_oct,mar\_t-1}$ | Precipitación total de la temporada de deshielo del año anterior en Puerto Guadal           | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i\_GUADAL}$ |
| $P_{ÑADIS\_abr,sep}$       | Precipitación total de la temporada pluvial en Río Los Ñadis                                | $\sum_{i=abr}^{sep} P_{i\_ÑADIS}$  |
| $P_{ÑADIS\_oct,mar}$       | Precipitación total de la temporada de deshielo en Río Los Ñadis                            | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i\_ÑADIS}$  |

|                                   |                                                                                       |                                              |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| $P_{\tilde{N}ADIS\_abr,mar\_t-1}$ | Precipitación total anual del año anterior en Río Los Ñadis                           | $\sum_{i=abr}^{mar} P_{i_{\tilde{N}ADIS}}$   |
| $P_{\tilde{N}ADIS\_oct,mar\_t-1}$ | Precipitación total de la temporada de deshielo del año anterior en Río Los Ñadis     | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i_{\tilde{N}ADIS}}$   |
| $P_{TLO\_abr,sep}$                | Precipitación total de la temporada pluvial en Río Los Ñadis                          | $\sum_{i=abr}^{sep} P_{i_{TLO}}$             |
| $P_{TLO\_oct,mar}$                | Precipitación total de la temporada de deshielo en Río Los Ñadis                      | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i_{TLO}}$             |
| $P_{TLO\_abr,mar\_t-1}$           | Precipitación total anual del año anterior en Río Los Ñadis                           | $\sum_{i=abr}^{mar} P_{i_{TLO}}$             |
| $P_{TLO\_oct,mar\_t-1}$           | Precipitación total de la temporada de deshielo del año anterior en Río Los Ñadis     | $\sum_{i=oct}^{mar} P_{i_{TLO}}$             |
| $P_i$                             | Patrón de precipitaciones de la zona de la temporada pluvial                          | $\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n}$                 |
| $T_{LCOCH\_abr,sep}$              | Temperatura promedio de la temporada pluvial en Lord Cochrane                         | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{T_{i_{LCOCH}}}{6}$ |
| $T_{SST1\_abr,sep}$               | Temperatura promedio de la temporada pluvial en la superficie del mar Lat 46° Lon 74° | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{T_i}{6}$           |
| $T_{SST2\_abr,sep}$               | Temperatura promedio de la temporada pluvial en la superficie del mar Lat 46° Lon 76° | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{T_i}{6}$           |
| $T_{SST3\_abr,sep}$               | Temperatura promedio de la temporada pluvial en la superficie del mar Lat 46° Lon 78° | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{T_i}{6}$           |
| $T_{SST7\_abr,sep}$               | Temperatura promedio de la temporada pluvial en la superficie del mar Lat 50° Lon 74° | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{T_i}{6}$           |
| $T_{SST8\_abr,sep}$               | Temperatura promedio de la temporada pluvial en la superficie del mar Lat 50° Lon 74° | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{T_i}{6}$           |
| $T_{SST8\_abr,sep}$               | Temperatura promedio de la temporada pluvial en la superficie del mar Lat 50° Lon 76° | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{T_i}{6}$           |

|                                      |                                                                                       |                                                |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $H_{GUADAL\_abr,sep}$                | Altura limnimétrica promedio de la temporada pluvial en Puerto Guadal                 | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{H_{i\_GUADAL}}{6}$   |
| $H_{PDLO\_abr,sep}$                  | Altura limnimétrica promedio de la temporada pluvial en Pascua Desagüe Lago O'Higgins | $\sum_{i=abr}^{sep} \frac{H_{i\_PDLO}}{6}$     |
| $\hat{V}, \hat{P}, \hat{T}, \hat{H}$ | Volúmenes, Precipitaciones, Temperaturas o Alturas Limnimétricas Normalizadas         | $\frac{Var. - \overline{Var.}}{\sigma_{var.}}$ |

El pronóstico del volumen de deshielo en cada una de las secciones en estudio (Baker Angostura Chacabuco, Baker Bajo Los Ñadis y Pascua Desagüe Lago O'Higgins) se consigue mediante 3 tipos de modelos;

- Modelos lineales; planteamiento de regresiones múltiples y de componentes principales
- Modelo no lineal; modelos de redes neuronales.

El planteamiento de los modelos pasa por una metodología general, que es presentada en la Figura 12.

La metodología implica seleccionar las variables independientes disponibles para generar luego en primer lugar los modelos lineales; regresiones múltiples y los de componentes principales. Luego se selecciona el modelo lineal óptimo y se calibra finalmente el modelo de redes neuronales con las mismas variables consideradas de éste último.

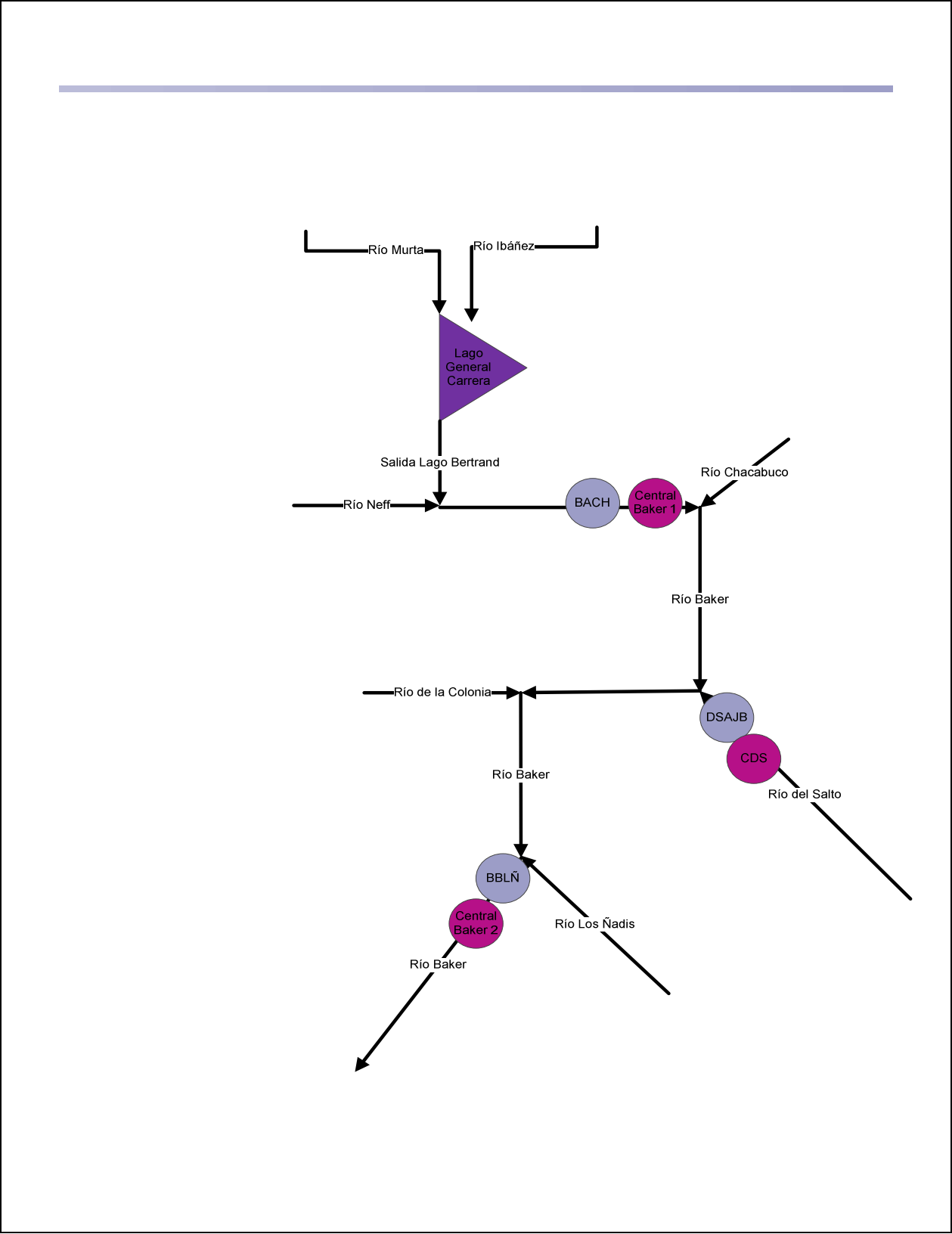


Figura 10: Esquema Cuenca Baker

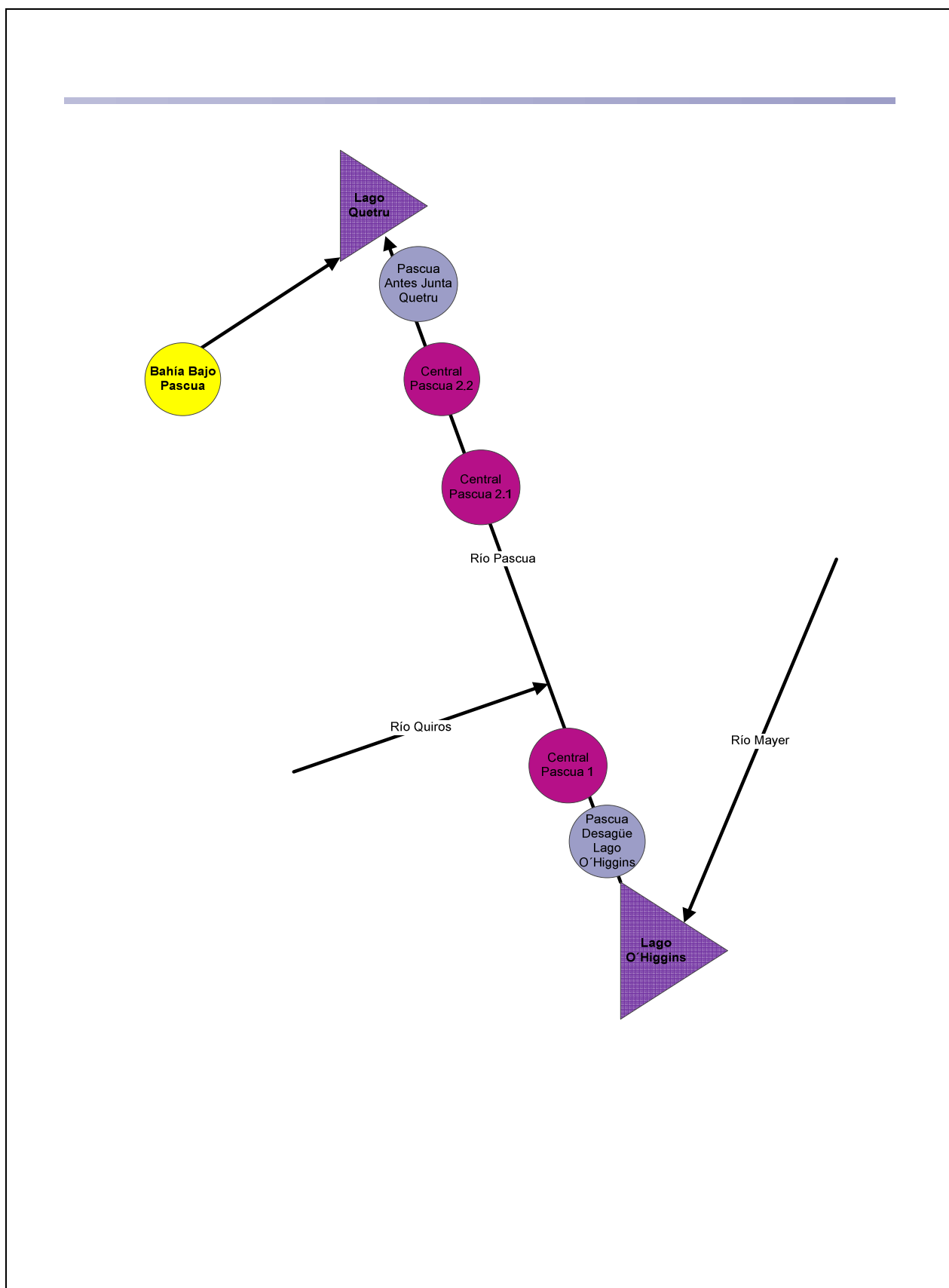


Figura 11: Esquema cuenca Pascua

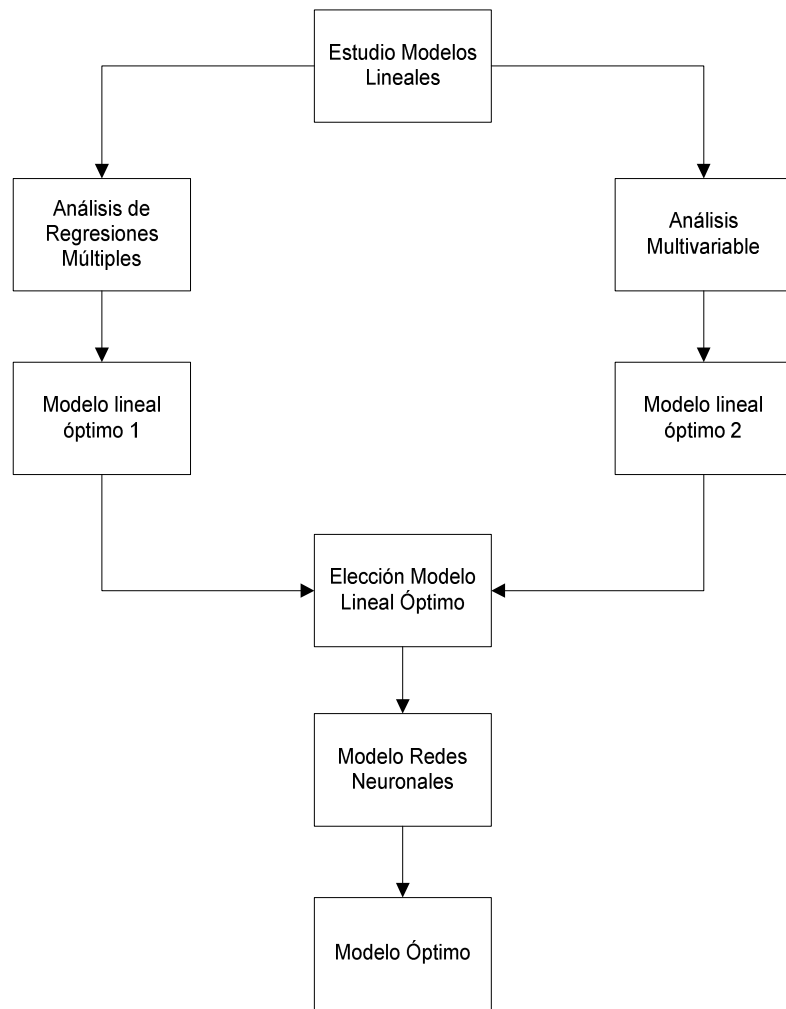


Figura 12: Metodología General

### 3.2 Modelos lineales basados en el planteamiento de regresiones múltiples

El volumen total que escurre por una sección fluviométrica depende de las variables meteorológicas de la zona; precipitaciones, temperaturas, niveles de lagos, etc. Para poder modelar la disponibilidad de agua es necesario conocer en qué medida cada una de estas variables influye en la generación de escorrentía, lo cual está íntimamente ligado con el tipo de régimen hidrológico.

Se utiliza el análisis de los coeficientes  $\beta$  para descartar variables y determinar las que formarán parte de los modelos definitivos, en este análisis se asume que la relación es lineal, pero existiendo unas variables más relevantes que otras (Ahumada, 1977).

El proceso de modelación se divide en dos partes; la primera que consiste en determinar el volumen total de deshielo con que se contará en los meses siguientes; y la segunda en establecer la distribución de éstos en los distintos meses; los caudales.

### 3.2.1 Regresiones Múltiples para determinación volumen total de deshielo

El primer paso es el cálculo del volumen disponible en la zona en función de las variables independientes, que básicamente consiste en relacionar las entradas del balance hídrico ocurridas en el período invernal con las salidas que se tendrán.

La metodología en términos generales considera el planteamiento de modelos del siguiente tipo:

$$V_{des} = \beta_1 I_p + \beta_2 I_{ci} + \beta_3 I_{cm} \quad \text{Ec. 4}$$

- $V_{des}$ : Volumen de deshielo durante la temporada  
 $I_p$ : Índice de precipitaciones  
 $I_{ci}$ : Índice de condiciones iniciales en la cuenca  
 $I_{cm}$ : Índice de condiciones meteorológicas  
 $\beta_i$ : Coeficientes a determinar por mínimos cuadrados

Las hipótesis que se desea cumplir en los modelos de regresiones múltiples son:

1. Las variables independientes no tienen errores, es decir, las variables que aceptan error son las dependientes
2. Las variables independientes tienen correlación nula, es decir son independientes entre sí.
3. Los valores observados de la variable dependiente son independientes entre sí.

En general estos supuestos no se cumplen a cabalidad. Por ejemplo, es difícil encontrar variables de una misma cuenca que sean independientes entre sí, por lo que en general se trabaja con series de datos de correlación no nula. Y muchas veces las variables independientes también tienen errores asociados. Sin embargo por ser los modelos de regresiones múltiples un método sencillo y que entrega buenos resultados se siguen utilizando en el pronóstico de deshielo.

#### 3.2.1.1 Criterio de Descarte según coeficientes $\beta_i$ de regresión

El primer paso de este procedimiento consiste en dividir el conjunto total de datos (volúmenes, precipitaciones, niveles, temperaturas) en 2 conjuntos, uno de calibración que corresponde al 70% de los datos y el conjunto de prueba en el que se consideran el restante 30 % de los datos. Para el caso en estudio se decide utilizar como conjunto de calibración los últimos años de que se tiene registro y para probar los modelos se recurre a los primeros años.

El criterio consiste en estudiar las correlaciones entre la variable dependiente normalizada (y) y las independientes normalizadas (xi), para luego descartar algunas y dejar solo las determinantes en el proceso. El criterio de importancia y de descarte se basa en la obtención de los coeficientes de regresión reducidos  $\beta_i$  (Ahumada, 1977), tal como se indica en la Ec.(5)

$$\beta_i = \frac{\alpha_i \sigma_i}{\sigma_y} \quad \text{Ec. 5}$$

$\alpha_i$ : Coeficiente de regresión obtenido por mínimos cuadrados relativo a la variable independiente  $x_i$

$\sigma_i$ : Desviación estándar de la variable  $x_i$

$\sigma_y$ : Desviación estándar de la variable dependiente y

Como metodología de trabajo se plantean diferentes tipos de modelos;

- Modelos de regresión múltiple MRM1<sub>i</sub>: Son aquellos en que se incluyen precipitaciones y el patrón de precipitaciones de cada zona registrados en el mismo año que el volumen que se quiere pronosticar.
- Modelos MRM2<sub>i</sub>: Son los modelos MRM1<sub>i</sub> al que se le agregan las precipitaciones totales y estivales registradas el año anterior.
- Modelos MRM3<sub>i</sub>: Son aquellos que se incluyen además de las variables de los modelos anteriores las alturas limnigráficas.
- Modelos MRM4<sub>i</sub>: En estos modelos se incorporan las temperaturas registradas el año actual.
- Modelos MRM5<sub>i</sub>: Son los modelos en que se incluyen los volúmenes escurridos en la temporada anterior.

Una vez obtenidos los coeficientes  $\beta_i$  de cada variable independiente en cada modelo se procede a ordenarlas, es decir se dejan las más relevantes o que tienen más peso (mayores  $\beta_i$ ) y se descartan las menos determinantes ( $\beta_i$  menores que 0 o cercanos a 0). El resumen de los recién explicado se presenta esquematizado en la Figura 13.

Finalmente a través de los pasos explicados se llega a un modelo tipo MRM5<sub>i</sub> conformado por las variables que no han sido suprimidas en el proceso, y que se prueba y analiza a través de índices de evaluación presentados en el subcapítulo 3.4.

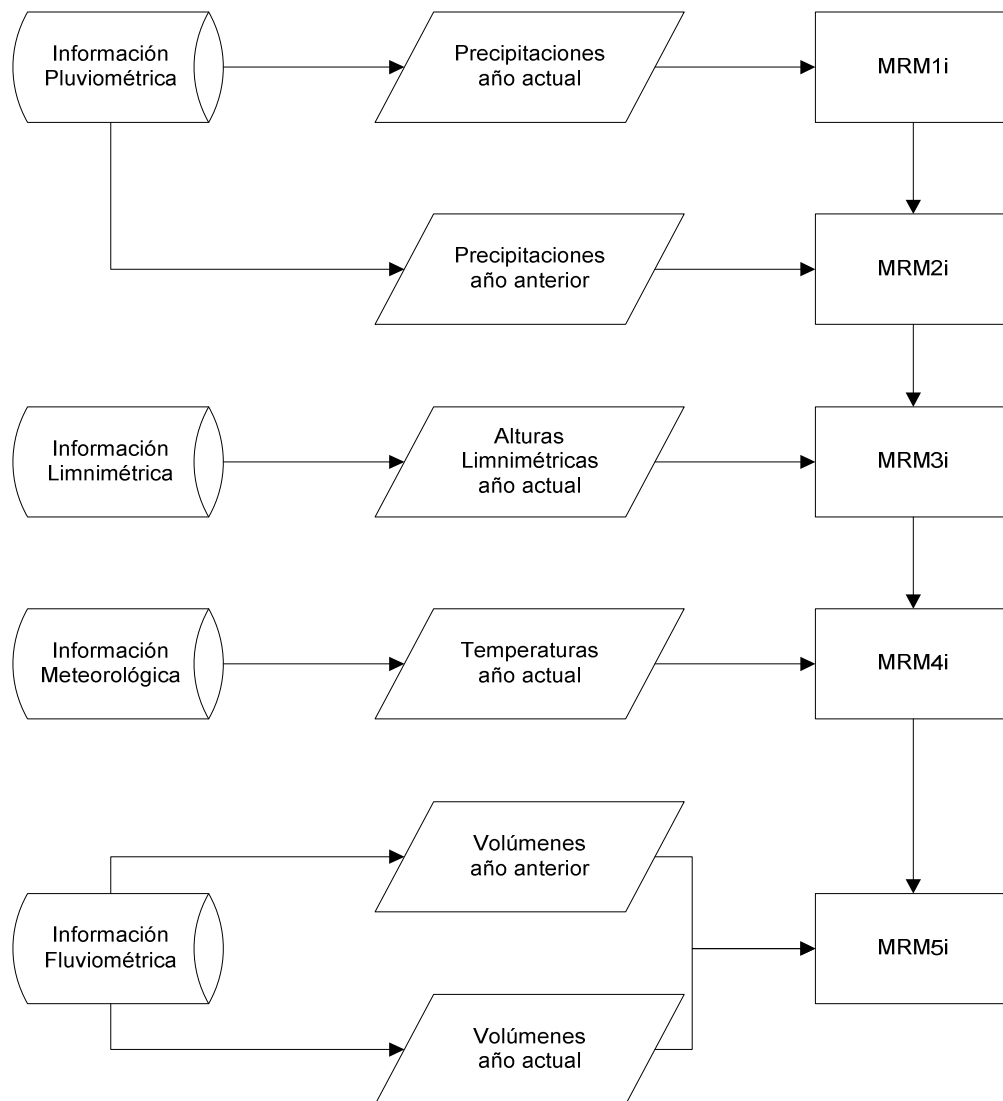


Figura 13: Metodología Coeficientes b

### 3.3 Método basado en el Análisis de las Componentes Principales

El análisis de las componentes principales es un método mediante el cual se transforman las variables dependientes en estudio en una nueva matriz de factores que son linealmente independientes entre sí. Estos nuevos factores independientes son combinaciones lineales de las variables de entrada y contienen toda la información significativa de estas; corresponden a los vectores propios que son denominados componentes principales, mientras que los coeficientes que definen a las componentes son los valores propios de la nueva matriz.

La primera componente principal es la suma ponderada que explica la máxima variación posible (varianza), o sea, minimiza la suma de los cuadrados de las distancias de los valores observados a ella. La segunda componente explica la mayor parte de la variación restante. Se tiene por tanto que las componentes se ordenan según la varianza en forma decreciente y son ortogonales entre sí, es decir, son independientes.

En términos generales el procedimiento de cálculo adoptado fue el siguiente:

1. Se centran y normalizan las variables originales ( $x_i$ ), tal como se muestra en la Ec. (6):

$$w_i = \frac{(x_i - \bar{x}_i)}{\sigma_i} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

$x_i$ : Variables originales

$\bar{x}_i$ : Media de la variable original i

$\sigma_i$ : Desviación estándar de la variable original i

Con esto se obtiene una matriz con  $N_\phi$  filas u observaciones y  $N_V$  columnas o variables estandarizadas.

2. Se calcula la matriz de correlaciones R

$$R = (r_{i,j}) = \begin{bmatrix} 1 & r_{1,2} & \dots & r_{1,NV} \\ r_{2,1} & 1 & r_{2,3} & \dots \\ \dots & \dots & 1 & r_{N\phi-1,NV} \\ r_{N\phi,1} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Donde:

$r_{ij}$ : correlación entre variable  $w_i$  y  $w_j$

3. Se obtiene un nuevo sistema de coordenadas rotando el sistema de ejes  $w_j$  de modo que las componentes principales  $CP_i$  sean linealmente independientes entre sí, lo que equivale a resolver la ecuación:

$$\text{Det}[R - \lambda I] = 0 \quad \text{Ec. 7}$$

Con:

R: Matriz simétrica de correlación

I: Matriz identidad

$\lambda$ : Valores propios, son las raíces no triviales del polinomio característico

Este determinante es un polinomio de grado NV en  $\lambda$ , y en general  $\lambda$  toma NV valores diferentes entre sí  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{NV}$ . El porcentaje de variación explicada por cada componente se calcula como:

$$P_i = \frac{\lambda_i}{NV} \quad \text{Ec. 8}$$

Cada  $\lambda_i$  permite obtener un conjunto de NV coeficientes  $c_{ij}$  definidos por:

$$(R - \lambda_i I)C_i = 0 \quad \text{Ec. 9}$$

$$\sum_j c_{i,j}^2 = 1 \quad \text{Ec. 10}$$

Donde  $i$  se refiere a  $CP_i$  y  $j$  a  $w_j$ .  $C_i$  es el vector propio unitario asociado a  $\lambda_i$ . La matriz de cambio de ejes está formada por los  $c_i$  en las columnas.

4. Obtención de las componentes principales; si las variables originales están reducidas se define cada componente principal como:

$$CP_i = \sum_{j=1}^{NV} c_{i,j} w_j \quad \text{Ec. 11}$$

5. Una vez determinadas las componentes principales se procede a generar modelos de regresiones múltiples (MCP<sub>i</sub>) con las primeras  $n$  componentes que en conjunto explican más de un 98% de la varianza total. A modo de comparación se calibran modelos también con el 100% de la varianza explicada, es decir, con todas las componentes principales. Mediante dicha comparación se puede verificar si las variables con que se cuenta para los modelos son insuficientes o no para los pronósticos.
6. En la calibración de los modelos se utiliza 2 conjuntos de datos; un 70% de ellos se emplean para calibrar (correspondientes a los últimos años de registro) y el restante 30 % para probar los modelos.

### 3.4 Modelos basados en Redes Neuronales Artificiales

#### 3.4.1 Neuronas Biológicas

En nuestro sistema nervioso existen células llamadas neuronas (Figura 14), las que actúan como una unidad de procesamiento que recibe un estímulo eléctrico de otras unidades a través de su árbol dendrítico. Este estímulo es recibido al pasar de un cierto umbral de voltaje por la neurona, la que reacciona a su vez enviando una señal eléctrica a través de su axón a los terminales axónicos. Dichos terminales se conectan con sucesivos terminales axónicos de otras neuronas a través de la sinapsis (Figura 15). Dependiendo del neurotransmisor (ion), el potencial inducido en la dendrita puede ser positivo (excitado) o negativo (inhibidor).

El cerebro humano tiene alrededor de  $10^{11}$  neuronas con un promedio de  $10^4$  conexiones cada una. En cualquier momento, millones de estas señales pasan rápidamente por las vías en el cerebro, permitiéndole recibir y procesar la información, hacer ajustes y dar instrucciones a diversas partes del cuerpo. Si dichas células se desconectan, se enferman y podrían morir. Los modelos de redes neuronales artificiales funcionan simulando el proceso biológico, siguiendo las estructuras y funcionamientos naturales de éstas células.

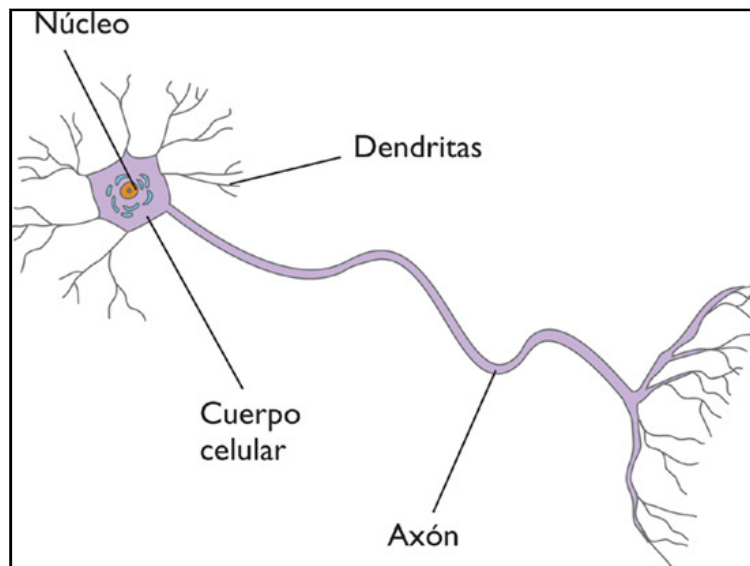


Figura 14: Esquema Neurona real

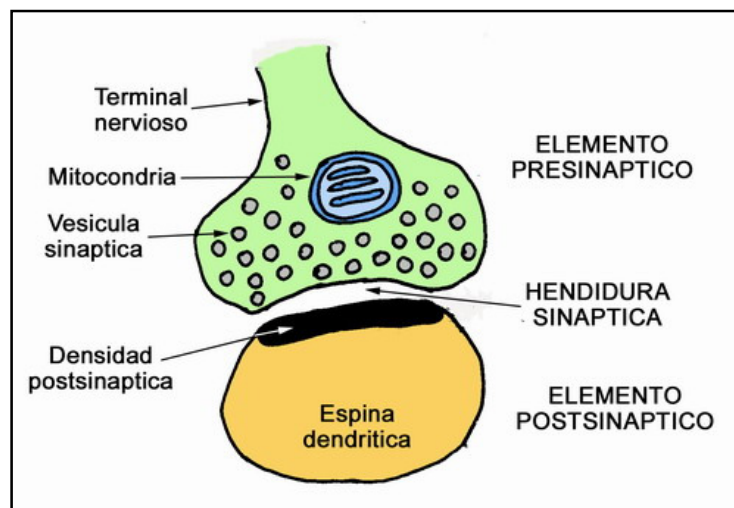


Figura 15: Representación sinapsis

### 3.4.2 Neuronas Artificiales

Las redes neuronales artificiales (RNA) se basan en plantear una analogía con los complejos sistemas nerviosos de los animales y seres humanos con su gran cantidad de interconexiones y paralelismo (Arredondo, 2009). Surgen de los estudios científicos del cerebro humano y del intento de simular su comportamiento a través de modelos matemáticos.

Básicamente los modelos de redes neuronales están formados por unidades de proceso que son las neuronas, las que reciben una serie de entradas  $X_j$ , equivalentes a las dendritas, de donde obtienen la estimulación. Las entradas se ponderan por los pesos  $W_{ij}$  en la red y son recibidos por la neurona  $i$  ( Ec 12). En la Figura 16 se ilustra un esquema general de dichos modelos.

$$S_i = \sum_j w_{ij} x_j \quad \text{Ec. 12}$$

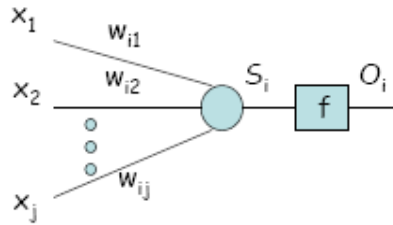


Figura 16: Red Neuronal tipo

Donde  $f$  es la función de activación de la red. De estas funciones las más comunes son:

1. Función Identidad: Tiene la forma  $f(S_i)=S_i$  y se utiliza cuando se quiere acotar la salida de la neurona.
2. Función escalón: Adopta dos valores en función del estímulo.

$$f(S_i) = \begin{cases} 1 & S_i \geq 0 \\ 0 & S_i < 0 \end{cases}$$

3. Función Logística: Las funciones sigmoideas son un conjunto de funciones crecientes, monótonas y acotadas que provocan una transformación no lineal de su argumento. Una de las más utilizadas es:

$$f(S_i) = \frac{1}{1 + e^{-S_i}}$$

La salida de esta función está acotada entre -1 y 1.

4. Función Tangente Hiperbólica: Es otra función sigmoidea del tipo:

$$f(S_i) = \tanh(S_i) = \frac{e^{S_i} - e^{-S_i}}{e^{S_i} + e^{-S_i}}$$

Esta función presenta la ventaja de ser no lineal y de representar de mejor forma el proceso de generación de escorrentía, por lo que se utiliza en los modelos del tipo de este trabajo.

### 3.4.2.1 Estructuras de modelos de redes neuronales artificiales

Dentro de las redes, las neuronas pueden tener distintos tipos de conexión de unas a otras y posicionarse en distintas capas, lo que define su estructura. A continuación se resumen las principales clasificaciones de las redes de acuerdo a los tópicos mencionados.

#### a) Tipos de capas de Neuronas:

Dentro de una red neuronal las neuronas se distribuyen formando capas, de las que se distinguen 3 tipos:

1. Capa de entrada: cuyas unidades reciben la información desde el exterior

2. Capas ocultas: son las capas que procesan la información y las comunican a otras capas
3. Capa de salida: procesan la información recibida de las capas ocultas y generan la salida del modelo neuronal.

#### **b) Formas de conexión de las capas:**

Mediante los pesos las neuronas componentes de cada capa se conectan unas a otras a través de distintos tipos de conexiones; 1) Totalmente conectadas, 2) Parcialmente conectadas y 3) Recurrentes. La más común y que se utiliza en este trabajo es la siguiente:

1. Totalmente conectados: Cada unidad de procesamiento de una capa se conecta con todas las unidades de procesamiento de la otra capa. Este tipo de conexión es el más usado en aplicaciones prácticas.

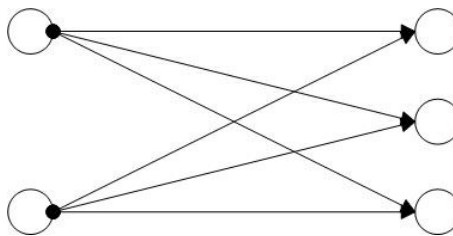


Figura 17: Neuronas totalmente conectadas

### **3.4.2.2 Arquitecturas de modelos de redes neuronales artificiales**

La arquitectura se refiere a la organización y disposición de las neuronas en la red. En este trabajo se utiliza la denominada “multicapa”, en que las neuronas se estructuran en más de una capa, dentro de éste tipo existen dos tipos de conexiones;

- Redes con conexiones “hacia delante” o “feedforward”: Los nodos van ordenados por el orden en que reciben la señal desde la entrada hasta la salida, es decir una capa no puede tener conexiones a otra que reciba la señal antes que ella. Algunos ejemplos de éste tipo de arquitectura son: Perceptron, Adaline, Madaline, Backpropagation. (Catalina, 1990). En el presente trabajo se utiliza este tipo de arquitectura.
- Redes con conexiones “hacia atrás” o “feedback”: Donde las capas pueden crear conexiones con las neuronas que reciban la señal antes que ellas.

### **3.4.3 Algoritmos de entrenamiento de redes neuronales artificiales**

El proceso de entrenamiento de una red neuronal es el que permite llevar a cabo el aprendizaje. Consiste en la adaptación de la red a estímulos, lo que se logra cambiando los pesos. Existen dos tipos de aprendizaje:

#### **3.4.3.1 Aprendizaje Supervisado:**

El algoritmo de aprendizaje consiste en la comparación hecha por programas externos (“Teacher”) a la neurona del Output deseado ( $T_i$ ) con el actual observado ( $O_i$ ) y entregan el error entre ellas ( $E_i = T_i - O_i$ ).

Mediante muchas iteraciones un algoritmo de aprendizaje modifica uno por uno los pesos tratando de minimizar el error tal como se esquematiza en la Figura 18.

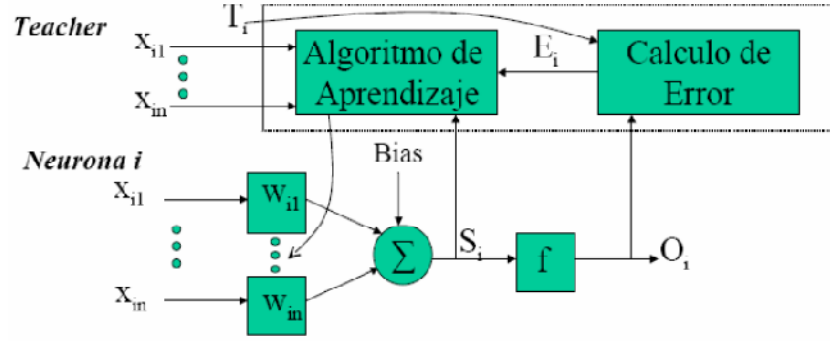


Figura 18: Representacion aprendizaje supervisado

### 3.4.3.2 Backpropagation:

Este algoritmo se adecua muy bien a redes de múltiples capas, consiste en modificar los pesos basados en la derivada del error:

$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) - \mu \frac{\partial E}{\partial W_{ij}} \quad \text{Ec. 13}$$

$w_{ij}$  : Peso conexión neurona i con j

$\mu$  : Tasa de aprendizaje

$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}}$  : Derivada del error respecto al peso wij

$k$  : Número de iteraciones llevadas a cabo

El error total se calcula como la suma de las diferencias al cuadrado dividido por 2, como se muestra en la Ec.13.

$$E = \sum_{k=1}^K E_k = \sum_{k=1}^K \left( \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N_L} [T_i(k) - O_i^L(k)]^2 \right) \quad \text{Ec. 14}$$

En el caso de la función Sigmoide se tendría la función de transferencia mostrada en Ec. 14 y Ec. 15.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad \text{Ec. 15}$$

$$f'(x) = f(x)[1 - f(x)] \quad \text{Ec. 16}$$

Los pasos o etapas de la modelación son los siguientes:

- Se presentan K patrones de aprendizaje  $x_k$  a la red, con  $1 < k < K$

- El nodo  $i$  de la capa  $l$  tiene como resultado del input  $x_k$  el valor  $S_i^l(x_k)$ , y el output es  $O_i^l = f(S_i^l(x_k))$
- El nodo  $j$  en una capa previa tiene como salida  $O_j^{l-1}$ , y el peso entre los nodos  $j$  e  $i$  en la capa  $l$  es  $w_{ij}^l$ .
- La capa de salida es la  $L$  y la de entrada en la  $1$

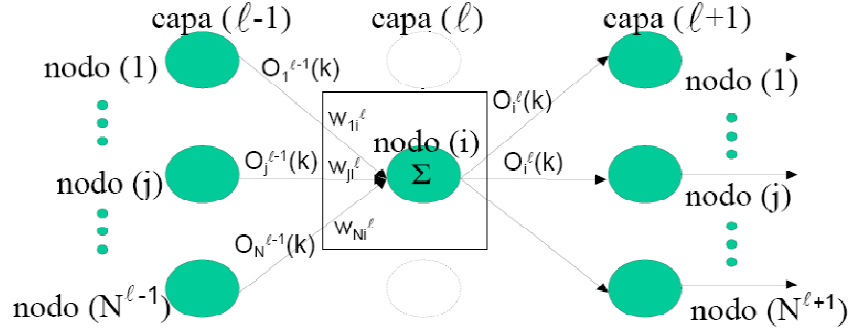


Figura 19: Representación algoritmo Backpropagation

El algoritmo se resume como sigue:

1. Se inician los bias y los pesos con valores aleatorios pequeños
2. Se presentan pares de datos de entrenamiento  $(x(k), T(k))$  en la generación  $k$
3. Se calculan las salidas de la red para todas las capas, desde la 1 hasta la  $L$

$$O_i^l(k) = f\left(\sum_{m=1}^{N_{l-1}} w_{im}^l O_m^{l-1}(k)\right) \quad \text{Ec. 17}$$

4. Se calcula el gradiente  $\delta_i^l$  y la diferencia  $\Delta w_{ij}$  por cada entrada o input de las neuronas y para cada capa desde la de salida u output hasta la entrada (capa 1).

$$l = L \quad \delta_i^L = (T_i - O_i^L) O_i^L (1 - O_i^L), \quad \Delta w_{ij}^L = \mu \delta_i^L O_j^{L-1} \quad \text{Ec. 18}$$

$$l \neq L \quad \delta_i^l = \left(\sum_{r=1}^{N_l} \delta_r^{l+1} w_{ri}^{l+1}\right) O_i^l (1 - O_i^l), \quad \Delta w_{ij}^l = \mu \delta_i^l O_j^{l-1} \quad \text{Ec. 19}$$

5. Se actualizan los pesos según el método de optimización:

$$w_{ij}^l(k+1) = w_{ij}^l(k) + \Delta w_{ij}^l(k) \quad \text{Ec. 20}$$

6. Se repiten los pasos calculando nuevas salidas a la red, y detenerse cuando se tenga un error suficientemente pequeño.

### 3.4.3.3 Aprendizaje no supervisado

Los modelos de redes que utilizan este tipo de aprendizaje no requieren de un conjunto de ejemplos para la red, es decir, no requieren influencia externa para ajustar los pesos de las conexiones entre neuronas ni información que le indique si la salida generada es o no correcta.

En general en este tipo de aprendizaje se suelen considerar dos tipos:

- Aprendizaje Hebbiano: Consiste en el ajuste de los pesos de las conexiones de acuerdo con la correlación, así si las dos unidades son activas (positivas), se produce un reforzamiento de la conexión. Por el contrario cuando una es activa y la otra pasiva (negativa), se produce un debilitamiento de la conexión.
- Aprendizaje competitivo y cooperativo: Las neuronas compiten (y cooperan) unas con otras con el fin de llevar a cabo una tarea dada. Con este tipo de aprendizaje se pretende que cuando se presente a la red cierta información de entrada, solo una de las neuronas de salida se active (alcance su valor de respuesta máximo). Por lo tanto las neuronas compiten por activarse.

### 3.4.4 Pronóstico con un Modelo de Redes Neuronales

Los modelos de redes neuronales en el pronóstico suponen 2 dificultades; primero que al considerar una red interconectada existe un gran número de pesos que calibrar; y la segunda, es que cada neurona aporta con una función no lineal a los cálculos de la red lo que en general causa tiempos de procesamiento de datos altos, dada la alta no linealidad del sistema. La metodología en primer lugar requiere de la división de los datos en 3 grupos como se indica a continuación:

- |                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| - Datos de Entrenamiento: | Corresponden al 50% de los datos |
| - Datos de Validación:    | 25% de los datos                 |
| - Datos de Prueba:        | 25% de los datos                 |

En este trabajo, dada las características de la zona y a que se cuenta con un número reducido de registros, se ha optado por utilizar un número menor de ellos para validación y prueba, dando un énfasis mayor al entrenamiento de la red, luego los distintos set de datos se forman como se indica a continuación:

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| - Datos de Entrenamiento: | 70% del total de datos |
| - Datos de Validación:    | 15% del total de datos |
| - Datos de Prueba:        | 15% del total de datos |

Posteriormente se sigue un proceso iterativo en que se definen las posibles arquitecturas de las redes, número de nodos y número de capas, que se logra a base de tanteos, es decir, prueba y error. A continuación se entrena la red y se valida con los conjuntos de datos definidos para estas labores. Finalmente se evalúa la red con el conjunto de prueba. Se finaliza realizando un pronóstico.

Las actividades anteriormente descritas se llevan a cabo iterativamente con distintas arquitecturas o configuraciones, de las cuales se escoge la que entregue mejores resultados, evaluados por los indicadores estadísticos que se explicitan en el siguiente punto.

## 3.5 Evaluación Resultados del modelo

A continuación se describen los principales indicadores estadísticos habitualmente utilizados para medir la efectividad de modelos (Espíldora, Brown, Cabrera, Isensee; 1975).

### 3.5.1 Error cuadrático medio:

Este índice de evaluación está dado por la Ec. 21.

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2 \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

ECM: Error cuadrático medio

n: Número de observaciones

$x_i$ : Valor observado

$\hat{x}_i$ : Valor calculado o estimado

Un ECM cercano a 0 se llama insesgado y un ECM alejado de 0 es sesgado

### 3.5.2 Error cuadrático medio normalizado:

El error cuadrático medio normalizado se calcula como se indica en la Ec 22.

$$ECMN = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2}{n \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

ECMN: Error cuadrático medio normalizado

n: Número de observaciones

$x_i$ : Valor observado

$\hat{x}_i$ : Valor calculado o estimado

$\bar{x}$ : Promedio de los datos observados

Este índice de desempeño corresponde al ECM (error cuadrático medio) pero normalizado por la varianza de los datos. Mientras más cercano a 0, mejor ajuste de los valores calculados a los reales, y por tanto mejor es el modelo evaluado. Y contrariamente mientras más se aleje de 0 menos representativo es del fenómeno observado es.

### 3.5.3 Coeficiente de determinación:

Este índice de desempeño viene dado por la Ec. 23, y representa la fracción de variación de la variable dependiente explicada por el modelo.

$$r^2 = 1 - ECMN \quad \text{Ec. 23}$$

En el caso de un predictor perfecto el coeficiente  $r^2$  debiera ser 1. Si se obtienen valores cercanos a la unidad se tiene un modelo adecuado.

### 3.5.4 Coeficiente de correlación

Corresponde a la raíz cuadrada del coeficiente de determinación y es una medida del grado de asociación entre dos variables, si son completamente independientes el coeficiente de correlación toma valor cero. Se calcula de acuerdo a la Ec 24.

$$r = \sqrt{r^2} = \sqrt{1 - ECMN} \quad \text{Ec. 24}$$

## 3.6 Distribución del volumen de deshielo en caudales medios mensuales

Una vez que se ha determinado el volumen total de deshielo de la temporada disponible, se procede a distribuirlo temporalmente a nivel mensual, pues lo que realmente interesa es determinar los caudales disponibles a lo largo del período.

En general el pronóstico del volumen de deshielo total se puede realizar de forma satisfactoria, en el sentido que los errores porcentuales entre los volúmenes observados y los pronosticados son bajos. Sin perjuicio de lo anterior la distribución de estos mismos a lo largo de todo el período se torna más difícil. La razón es que al acortar el período de previsión los errores aumentan pues comienzan a interferir factores meteorológicos que introducen mayor variabilidad (Endesa, 1976).

En este trabajo se consideran 2 metodologías para realizarlo, las que se compararan según los resultados que entreguen y mediante el análisis de los errores que cada metodología entrega.

### 3.6.1 Obtención de los volúmenes mensuales como porcentajes del volumen de deshielo

Como paso previo a la distribución del volumen mensual en primer lugar se procedió a clasificar las series según tipo de año, de modo de actuar distinto si las condiciones indican que un año está dentro de una clasificación o de otra. De este modo se definen por probabilidades de excedencia del volumen de deshielo cuales son años secos, húmedos o normales, considerando el criterio utilizado en el Informe Hidrológico del proyecto (Ingendesa, 2007).

Las probabilidades de excedencia que los separan se deben determinar de acuerdo a la estadística de series completas con que se cuente. El paso siguiente consiste en calcular para cada tipo de año el cociente entre el volumen mensual y el volumen de deshielo de esa categoría ( $C_{mes\_i}$ ).

$$C_{mes\_i} = 100 \frac{V_{mes\_i}}{V_{desh}} \quad \text{EC. 25}$$

Donde:

|                |                                                                     |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|
| $C_{mes\_i}$ : | Cuociente entre volumen mensual y volumen de deshielo del mes i     |
| $V_{mes\_i}$ : | Volumen total escurrido en el mes i                                 |
| $V_{desh}$ :   | Volumen total escurrido en el período de deshielo (Octubre a Marzo) |

Posteriormente se promedian los factores mensuales para cada tipo de año, obteniéndose así valores promedio por mes para años secos, húmedos y normales respectivamente, los cuales conforman las Curvas Adimensionales de Coeficientes Porcentuales (Ahumada, 1977). De esta forma, para distribuir el volumen de deshielo total de un año pronosticado debe determinarse a través de las probabilidades de excedencia a qué tipo de año pertenece (seco, húmedo o normal). De acuerdo a su clasificación se debe distribuir a través de la multiplicación del volumen total por los coeficientes de la curva correspondiente y dividir el valor por 100, esto para cada mes del período.

Para evaluar los resultados de esta metodología usualmente se consideran las desviaciones estándar promedio de los valores por mes respecto a su media. El objetivo es obtener desviaciones mínimas, es decir que los valores por tipo de año no difieran mucho entre ellos pero si respecto a otros tipos de años, de modo que las curvas sean realmente representativas.

### 3.6.2 Obtención de los caudales mensuales como porcentajes del caudal máximo

#### 3.6.2.1 Asignación del mes de ocurrencia del Q<sub>máx</sub>

En este método primero debe determinarse la magnitud del caudal máximo medio mensual y en el mes en que se produce. Esto último en general es más complejo, ya que no existe una ley clara que permita asignar un solo mes de ocurrencia a dicho valor, debido a que en muchos casos tienden a agruparse en dos o más meses. En el caso de las cuencas en estudio el Q<sub>máx</sub> ocurre en dos meses, luego se analizó solucionar el problema a través de un modelo de redes neuronales.

La arquitectura de la red definida consta de una capa oculta, por tratarse de un problema simple, compuesta de un número  $n$  neuronas a determinar. La capa de salida consta de 1 neurona, la que toma los valores de 0 y 1 dependiendo de lo que se defina. Por otra parte las neuronas de la capa de entrada corresponden a las variables que componen el modelo final para el pronóstico del volumen de deshielo.

Como ya se mencionó, se asignan salidas 1 y 0 según el máximo se dé en un mes u otro, y de ésta forma se obtiene en función de las variables conocidas el mes de ocurrencia. Posteriormente se procede a calcular el caudal máximo del período de deshielo

#### 3.6.2.2 Obtención del Q<sub>máx</sub> y de las curvas adimensionales de distribución

Debido a que a mayor volumen de deshielo se produce un mayor caudal máximo medio mensual y a que en general la relación existente entre ambas variables es lineal, se obtiene el caudal máximo a través de una regresión lineal con la variable independiente volumen de deshielo.

La correlación es del tipo:

$$Q_{Máx} = \alpha V_{desh} + \beta \quad \text{Ec. 26}$$

Con:

$Q_{Máx}$ : Caudal máximo medio mensual

$V_{desh}$ : Volumen total de deshielo

$\alpha$ : Coeficiente de regresión lineal simple

$\beta$ : Constante o intersección de la regresión.

Finalmente se procede al cálculo de los coeficientes porcentuales por mes, los que corresponden al porcentaje del caudal máximo que se registra en cada mes, los que se calculan según la EC. 27

$$C_{mes_i} = 100 \frac{Q_{mes_i}}{Q_{m\acute{a}x}} \quad \text{EC. 27}$$

Donde:

$C_{mes_i}$ : Cuociente entre el caudal registrado en el mes i y el caudal máximo registrado en el período

$Q_{mes_i}$ : Caudal registrado en el mes i

$Q_{m\acute{a}x}$ : Caudal máximo registrado en el período.

Los coeficientes se promedian por mes para cada tipo de año, obteniéndose de esta forma una curva de distribución para años secos, otra para años húmedos y una para años normales. Dichas curvas se pueden utilizar de la misma forma que las curvas adimensionales obtenidas como distribución del volumen de deshielo total.

### 3.7 Actualización de los Pronósticos de volumen de deshielo.

La actualización de los pronósticos consisten en la revisión mes a mes del modelo de pronóstico de volúmenes seleccionado como óptimo y de la inclusión en él de una o más variables independientes, las que resultan de un análisis previo de los coeficientes  $\beta$ . Es decir se redefine el modelo de pronóstico introduciendo nueva información y pronosticando ya no el volumen total de deshielo sino que el volumen residual, en otras palabras, el volumen que va a escurrir en los meses que restan de la estación de deshielo, tal como se presenta en la Figura 20.

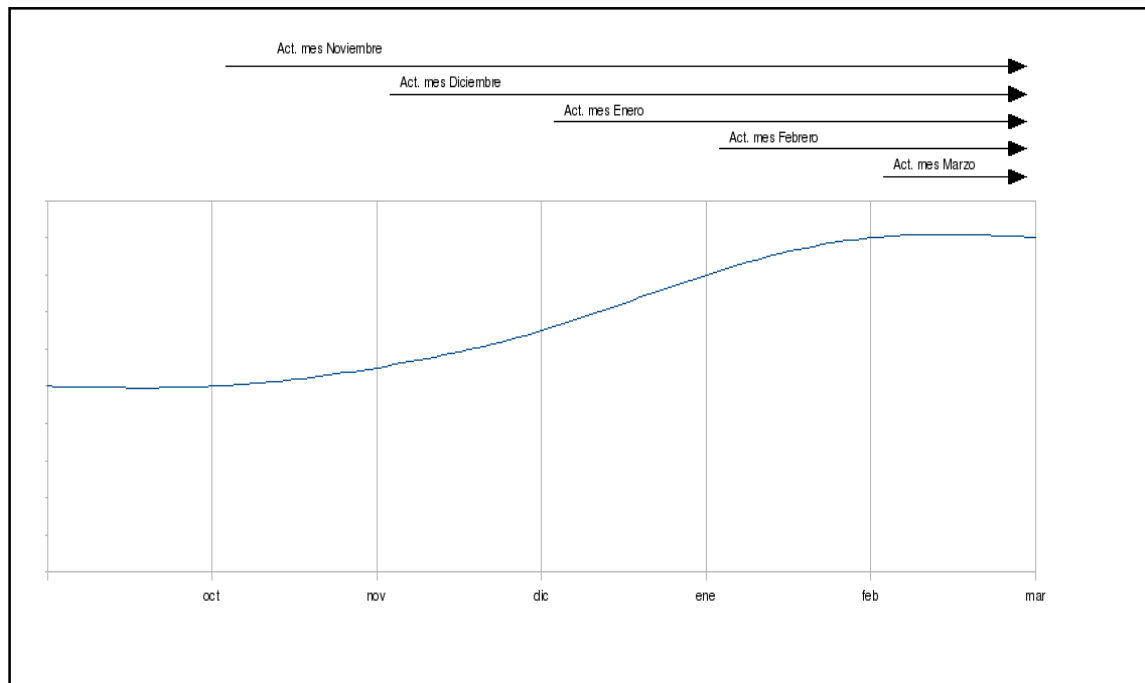


Figura 20: Esquema de actualización de pronósticos

Para desarrollar los modelos de pronóstico se propone seguir los siguientes pasos:

1. Incorporar a las variables del modelo óptimo de pronóstico del volumen de deshielo, para cada punto de control, los valores registrados entre octubre y el mes de actualización, incluyendo

además los volúmenes escurridos. Esto es, generar modelos de actualización para cada mes, desde noviembre hasta marzo.

2. Calcular coeficientes  $\beta$  tal como en el subcapítulo 3.1.1.1 y descartar variables con valores del coeficiente negativos o cercanos a 0, hasta llegar a un modelo mensual con variables independientes.
3. Incorporar a las variables del modelo óptimo de pronóstico de volumen de deshielo los valores registrados entre octubre y el mes de actualización sin incluir los volúmenes escurridos.
4. Calcular coeficientes  $\beta$  y descartar variables con valores del coeficiente negativos o cercanos a 0, al igual que en el punto 2.
5. Escoger variables que conformen el modelo con mejores coeficientes de correlación.
6. Calibrar un modelo de redes neuronales con función de transferencia sigmoide. Las variables de entrada de este modelo son las escogidas para cada mes según el análisis anterior (coeficientes  $\beta$ ), y la salida es el volumen residual de deshielo según el mes de actualización.
7. Evaluar de los modelos calibrados por mes con los estadísticos del subcapítulo 3.4.

## **Capítulo 4.- Modelos de Pronóstico en las cuencas de los ríos Baker y Pascua**

En este capítulo se desarrollan los modelos de pronóstico de volumen de deshielo afluentes a las centrales del PHA, uno de los principales alcances del presente trabajo. Tomando en cuenta que los lugares de ubicación de las centrales no son puntos controlados, los pronósticos a nivel estacional se desarrollan en las sub-cuencas definidas por; Baker Angostura Chacabuco, Baker Bajo los Ñadis y Pascua Desagüe Lago O'Higgins. Cabe destacar que las citadas estaciones son bastantes cercanas a los puntos de implementación de las centrales.

Para los modelos de cada sub-cuenca se consideraron las variables predictivas con que se cuenta; precipitaciones del año en curso y del año anterior; temperaturas del año en curso; alturas limnimétricas en el caso que se contaba con ellas y volúmenes del año en curso y del año anterior. De ellas las alturas limnimétricas y las temperaturas sobre la superficie del mar introducen la componente de largo plazo, que dadas las características de las cuencas; en cuanto a extensión geográfica y a la presencia de grandes glaciares, contribuyen en la explicación del fenómeno en estudio.

En orden se desarrollan en primer lugar los modelos lineales; basados en el planteamiento de regresiones múltiples y en el análisis de las componentes principales, y en segundo lugar los no lineales basados en los modelos de redes neuronales.

En esta parte además se exponen los resultados de los dos métodos de distribución temporal de los volúmenes de deshielo totales, a nivel mensual, basados en curvas adimensionales. Complementariamente se incluyen las actualizaciones de los modelos para los puntos ya mencionados.

### **4.1 Pronósticos Volúmenes de deshielo**

La obtención de los modelos de pronóstico constituye uno de los principales objetivos del presente trabajo de título, ya que constituyen una útil herramienta para llevar a cabo una adecuada gestión de los recursos hídricos de los ríos; en este caso, un programa de planificación de la generación hidroeléctrica.

#### **4.1.1 Baker Angostura Chacabuco**

##### **4.1.1.1 Modelos basados en las Regresiones Múltiples**

Se calibró el modelo basado en el planteamiento de las regresiones múltiples para la central Baker Angostura Chacabuco considerando las variables predictivas que se indican en la Tabla 17.

Las estaciones utilizadas fueron escogidas de acuerdo a su ubicación, por pertenecer al área que contribuye al río y se descartó variables redundantes, es decir, que tienen correlaciones muy altas con otras variables ya incorporadas, tales como Ibáñez en Desembocadura. En la Tabla 19 además se presentan las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de cada una de ellas.

Tabla 19: Variables Modelos Baker Angostura Chacabuco

| Tipo de Variable                   | Variable                        | Promedio | Desviación Estandar | CV   |
|------------------------------------|---------------------------------|----------|---------------------|------|
| Precipitaciones [mm]               | P <sub>BALSEO_abr,sept</sub>    | 448.3    | 134.4               | 0.30 |
|                                    | P <sub>GUADAL_abr,sept</sub>    | 524.2    | 138.3               | 0.26 |
|                                    | P <sub>PATRON_abr,sept</sub>    | 486.3    | 133.3               | 0.27 |
|                                    | P <sub>BALSEO_oct,mar</sub>     | 256.8    | 60.2                | 0.23 |
|                                    | P <sub>GUADAL_oct,mar</sub>     | 291.2    | 65.2                | 0.22 |
|                                    | P <sub>BALSEO_abr,mar_t-1</sub> | 705.1    | 158.7               | 0.23 |
|                                    | P <sub>GUADAL_abr,mar_t-1</sub> | 815.4    | 149.7               | 0.18 |
|                                    | P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub> | 256.8    | 60.2                | 0.23 |
|                                    | P <sub>GUADAL_oct,mar_t-1</sub> | 291.2    | 65.2                | 0.22 |
| Temperaturas [°C]                  | T <sub>LCOCH_abr,sept</sub>     | 4.3      | 0.7                 | 0.16 |
|                                    | T <sub>SST2_abr,sept</sub>      | 10.4     | 0.4                 | 0.04 |
| Altura Limnigráfica [m]            | H <sub>GUADAL_abr,sept</sub>    | 2.8      | 0.3                 | 0.11 |
| Volumen [millones m <sup>3</sup> ] | V <sub>BACH_abr,sept</sub>      | 9200     | 1300                | 0.14 |
|                                    | V <sub>BDLB_abr,sept</sub>      | 8450     | 1200                | 0.14 |
|                                    | V <sub>BACH_abr,mar_t-1</sub>   | 20000    | 2160                | 0.11 |
|                                    | V <sub>BACH_oct,mar</sub>       | 10800    | 1210                | 0.11 |

Con las variables normalizadas se definieron los modelos de acuerdo a lo explicado en la metodología, descartando las variables según el procedimiento de los coeficientes  $\beta$ . En la Tabla 20 se entregan los coeficientes de regresión reducidos para el modelo en Baker Angostura Chacabuco.

De acuerdo a los resultados de la Tabla 20 se puede observar que las precipitaciones registradas en el Balseo son las que más incidencia tienen en el deshielo, en contraste con las registradas en Puerto Guadal, esto puede ser consecuencia de que los datos de ambas estaciones no son independientes entre sí. Y se tiene también que las precipitaciones de deshielo del año anterior y las temperaturas registradas en la zona en los meses de invierno tienen mayor influencia sobre el volumen de deshielo que los volúmenes del período anterior y que los niveles del lago.

Finalmente para fines referenciales y comparativos se agregó al modelo anterior las precipitaciones estivales para evaluar la influencia de este tipo de variable en el proceso. Para ello se definió un Índice de Precipitaciones en Período de Deshielo en el que se correlacionaron las precipitaciones registradas entre octubre y marzo de las estaciones con que se cuenta, con los volúmenes de deshielo. Se compararon los coeficientes  $\beta$  de las variables que participan del análisis y se descartaron las menos importantes, considerando el procedimiento explicado en la metodología. En la Tabla 21 se presentan los coeficientes para el índice constituido por el Balseo y Puerto Guadal.

Tabla 20: Coeficientes de regresión reducidos modelos Baker Angostura Chacabuco

| Modelo  | P <sub>BALSEO_abr,sep</sub> | P <sub>GUADAL_abr,sep</sub> | P <sub>1_abr,sep</sub> | P <sub>BALSEO_abr,mar_t-1</sub> | P <sub>GUADAL_abr,mar__t-1</sub> | P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub> | P <sub>GUADAL_oct,mar__t-1</sub> | T <sub>LCOCH_abr,sep</sub> | T <sub>SST2_abr,sep</sub> | H <sub>GUADAL_abr,sep</sub> | V <sub>BACH_abr,sep</sub> | V <sub>BDLB_abr,sep</sub> | V <sub>BACH__oct,sep_t-1</sub> | Constante | R    |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| MRM1i   | 0.59                        | 0.05                        |                        |                                 |                                  |                                 |                                  |                            |                           |                             |                           |                           |                                | 3.58E-16  | 0.64 |
| MRM1ii  | 0.59                        | 0.04                        | 0.00                   |                                 |                                  |                                 |                                  |                            |                           |                             |                           |                           |                                | -1.25E-02 | 0.62 |
| MRM2i   | 0.60                        |                             |                        | 0.21                            |                                  |                                 |                                  |                            |                           |                             |                           |                           |                                | -1.38E-02 | 0.63 |
| MRM2ii  | 0.64                        |                             |                        | 0.95                            | -0.79                            |                                 |                                  |                            |                           |                             |                           |                           |                                | -1.27E-02 | 0.67 |
| MRM2iii | 0.58                        |                             |                        | 0.11                            |                                  | 0.19                            | -0.04                            |                            |                           |                             |                           |                           |                                | -1.25E-02 | 0.62 |
| MRM2iv  | 0.58                        |                             |                        | 0.11                            |                                  | 0.17                            |                                  |                            |                           |                             |                           |                           |                                | -1.22E-02 | 0.64 |
| MRM3i   | 0.59                        |                             |                        | 0.08                            |                                  | 0.19                            |                                  | 0.07                       | 0.01                      |                             |                           |                           |                                | -1.12E-02 | 0.63 |
| MRM3ii  | 0.57                        |                             |                        | 0.08                            |                                  | 0.18                            |                                  | 0.13                       |                           |                             |                           |                           |                                | -1.29E-02 | 0.64 |
| MRM4i   | 0.63                        |                             |                        | 0.10                            |                                  | 0.20                            |                                  | 0.14                       |                           | -0.10                       |                           |                           |                                | -1.15E-02 | 0.63 |
| MRM5i   | 0.55                        |                             |                        | 0.03                            |                                  | 0.16                            |                                  | 0.20                       |                           |                             | 2.46                      | -2.42                     |                                | -1.41E-02 | 0.66 |
| MRM5ii  | 0.56                        |                             |                        | 0.01                            |                                  | 0.18                            |                                  | 0.13                       |                           |                             | 0.03                      |                           |                                | -1.34E-02 | 0.62 |
| MRM5iii | 0.55                        |                             |                        |                                 |                                  | 0.21                            |                                  | 0.14                       |                           |                             | 0.05                      |                           |                                | -1.31E-02 | 0.64 |
| MRM5iv  | 0.57                        |                             |                        |                                 |                                  | 0.20                            |                                  | 0.13                       |                           |                             | 0.01                      |                           | 0.08                           | -1.08E-02 | 0.63 |
| MRM5v   | 0.58                        |                             |                        |                                 |                                  | 0.21                            |                                  | 0.13                       |                           |                             |                           |                           | 0.08                           | -1.07E-02 | 0.64 |
| MRM5vi  | 0.57                        |                             |                        |                                 |                                  | 0.23                            |                                  | 0.14                       |                           |                             |                           |                           |                                | -1.23E-02 | 0.68 |

Tabla 21: Índice precipitaciones de deshielo Baker Angostura Chacabuco

| Coeficientes beta           |                             |           |      |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|------|
| P <sub>BALSEO_oct,mar</sub> | P <sub>GUADAL_oct,mar</sub> | Constante | R    |
| 0.58                        | -0.03                       | -7.38E-16 | 0.57 |

Luego se decidió adoptar las precipitaciones durante el período de deshielo registradas en El Balseo para probar los modelos, es decir se calibró el modelo MRM5vi obtenidos en el desarrollo previo incluyendo las precipitaciones medidas entre octubre y marzo del año actual en el Balseo. En la Tabla 22 se explicitan los coeficientes  $\beta$  de dicha calibración.

Tabla 22: Coeficientes modelo de regresiones múltiples óptimo con Pp de deshielo Baker Angostura Chacabuco

| Coeficientes beta |                             |                             |                             |                                 |           |      |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------|------|
| Modelo            | P <sub>BALSEO_oct,mar</sub> | T <sub>LCOCH_abr,sept</sub> | P <sub>BALSEO_abr,sep</sub> | P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub> | Constante | R    |
| MRM5vii           | 0.45                        | 0.08                        | 0.48                        | 0.26                            | -0.01     | 0.79 |
| MRM5viii          | 0.46                        |                             | 0.48                        | 0.27                            | -0.01     | 0.81 |

El coeficiente de correlación mejora considerablemente al incluir las precipitaciones estivales, las que sin embargo corresponden a una variable con la que no se cuenta al momento de realizar los pronósticos (1<sup>ero</sup> de Octubre). En consecuencia los modelos a utilizar serán los que consideren solo variables conocidas (MRM5vi), el que se resume en la Ec. 28.

$$\hat{V}_{BACH\_abr\_sept} = 0.57\hat{P}_{BALSEO\_abr,sep} + 0.23\hat{P}_{BALSEO\_oct,mar\_t-1} + 0.14\hat{T}_{LCOCH\_abr,sep} \quad \text{Ec. 28}$$

En la Tabla 23 se presentan los resúmenes de la evaluación de los modelos seleccionados con y sin la serie en cuestión; y en el Gráfico 8 y el Gráfico 9 se muestran los ajustes de los mismos para el período completo de registro con que se cuenta. (1968/69-1976/77).

Tabla 23: Evaluación modelos de regresiones múltiples Baker Angostura Chacabuco

| Indicador             | Conjunto                | MRM5vi | MRM5viii |
|-----------------------|-------------------------|--------|----------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.59   | 0.73     |
|                       | Conjunto de calibración | 0.71   | 0.84     |
|                       | Total de datos          | 0.68   | 0.81     |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.62   | 0.45     |
|                       | Conjunto de calibración | 0.50   | 0.30     |
|                       | Total de datos          | 0.54   | 0.35     |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 8.43   | 5.65     |
|                       | Conjunto de calibración | 6.27   | 5.26     |
|                       | Total de datos          | 6.77   | 5.35     |

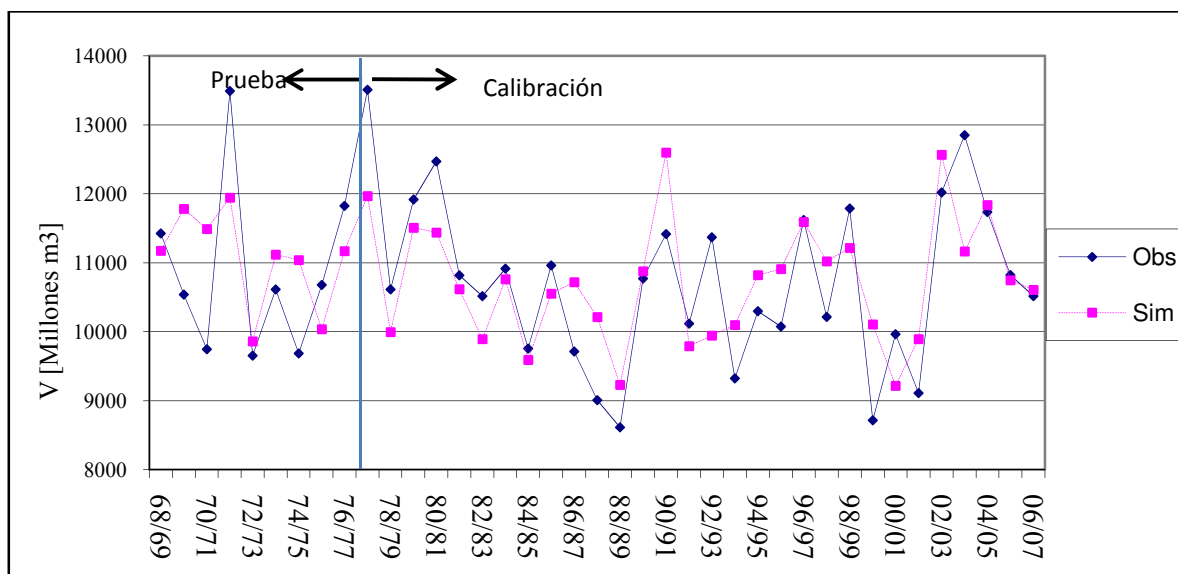


Gráfico 8: Ajuste Modelo MRM5vi Baker Angostura Chacabuco

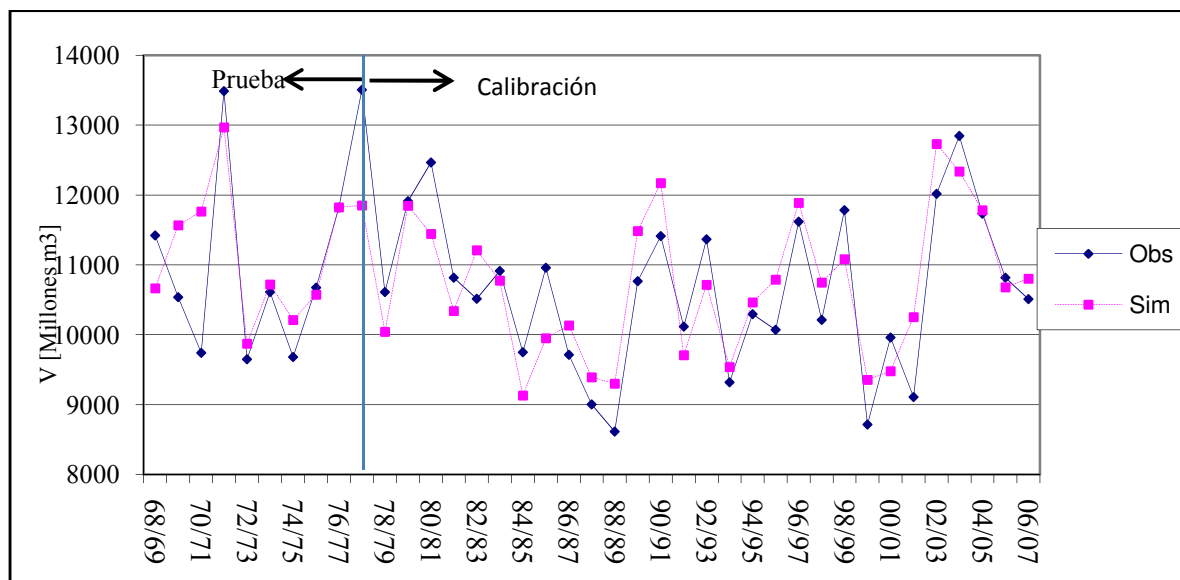


Gráfico 9: Ajuste Modelo MRM5viii Baker Angostura Chacabuco

A través de la comparación del Gráfico 8 y el Gráfico 9 se determinó que al incluir las precipitaciones registradas entre octubre y marzo los pronósticos de los valores peak mejoran considerablemente. Este resultado es del todo lógico, pues son las variables que inciden directamente en los volúmenes de deshielo, sin retardo temporal.

#### 4.1.1.2 Componentes Principales

Se realizó un análisis de componentes principales a las variables que son determinantes en la generación de escorrentía en Baker Angostura Chacabuco (Tabla 19), con lo cual se obtuvo la matriz de coeficientes de las componentes principales, los valores propios de estos vectores y las varianzas explicadas por cada uno de ellos (Tabla 24, Tabla 25). Dichos resultados se emplearon para descartar las variables que no son independientes o que no aportan a los modelos. En el Gráfico 10 se presentan las 7 componentes que explican en conjunto un 98% de la varianza total.

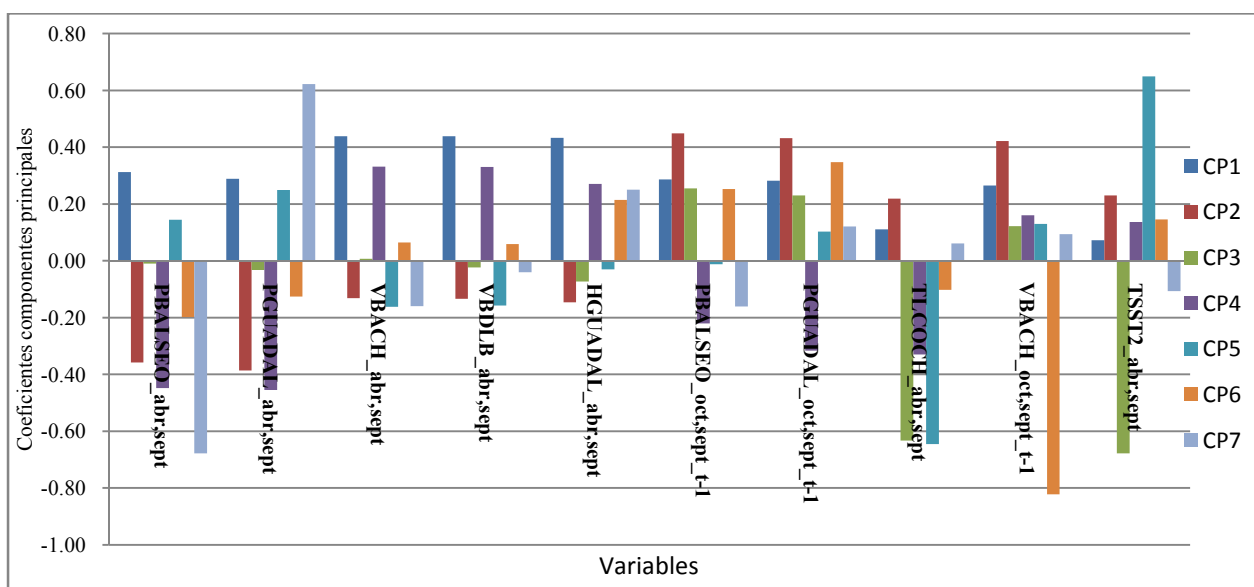


Gráfico 10: Composición componentes principales Baker Angostura Chacabuco

Tabla 24: Coeficientes componentes principales Baker Angostura Chacabuco

| Variables                        | Coeficientes |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                  | CP1          | CP2   | CP3   | CP4   | CP5   | CP6   | CP7   | CP8   | CP9   | CP10  |
| P <sub>BALSEO abr,sept</sub>     | 0.31         | -0.36 | -0.01 | -0.45 | 0.14  | -0.2  | -0.68 | -0.23 | 0.03  | 0.04  |
| P <sub>GUADAL abr,sept</sub>     | 0.29         | -0.39 | -0.03 | -0.45 | 0.25  | -0.13 | 0.62  | 0.3   | -0.08 | -0.04 |
| V <sub>BACH abr,sept</sub>       | 0.44         | -0.13 | 0.01  | 0.33  | -0.16 | 0.06  | -0.16 | 0.35  | 0.14  | -0.69 |
| V <sub>BDLB abr,sept</sub>       | 0.44         | -0.13 | -0.02 | 0.33  | -0.16 | 0.06  | -0.04 | 0.31  | 0.23  | 0.71  |
| H <sub>GUADAL abr,sept</sub>     | 0.43         | -0.15 | -0.07 | 0.27  | -0.03 | 0.21  | 0.25  | -0.71 | -0.32 | -0.03 |
| P <sub>BALSEO oct,sept t-1</sub> | 0.29         | 0.45  | 0.26  | -0.22 | -0.01 | 0.25  | -0.16 | 0.28  | -0.65 | 0.07  |
| P <sub>GUADAL oct,sept t-1</sub> | 0.28         | 0.43  | 0.23  | -0.32 | 0.1   | 0.35  | 0.12  | -0.2  | 0.63  | -0.05 |
| T <sub>LCOCH abr,sept</sub>      | 0.11         | 0.22  | -0.63 | -0.33 | -0.65 | -0.1  | 0.06  | -0.02 | 0.01  | -0.02 |
| V <sub>BACH oct,sept t-1</sub>   | 0.26         | 0.42  | 0.12  | 0.16  | 0.13  | -0.82 | 0.09  | -0.1  | 0.01  | -0.01 |
| T <sub>SST2 abr,sept</sub>       | 0.07         | 0.23  | -0.68 | 0.14  | 0.65  | 0.15  | -0.11 | 0.1   | -0.01 | 0     |

Fuera de lo esperado los coeficientes de cada componentes principal exhiben la alta dependencia de los datos. Estas resultaron ser combinaciones lineales de prácticamente todas las variables analizadas, por lo que carecen de sentido físico.

Tabla 25: Varianzas componentes principales Baker Angostura Chacabuco

| Variable | Varianza | Varianza % | Varianza % acum |
|----------|----------|------------|-----------------|
| CP1      | 4.5      | 44.5       | 44.5            |
| CP2      | 2.4      | 23.5       | 68              |
| CP3      | 1.4      | 14.1       | 82.1            |
| CP4      | 0.8      | 8.1        | 90.2            |
| CP5      | 0.5      | 4.5        | 94.7            |
| CP6      | 0.3      | 3.4        | 98.1            |
| CP7      | 0.1      | 0.9        | 99              |
| CP8      | 0.1      | 0.7        | 99.6            |
| CP9      | 0        | 0.3        | 100             |
| CP10     | 0        | 0          | 100             |

De acuerdo al procedimiento explicado en la metodología se calibró un modelo de regresiones múltiples con las 7 componentes principales (MCP1) que en conjunto explican un 98% de la varianza, para incluir de esta forma las variables que mejor representan el fenómeno. Los resultados se entregan en las Tabla 26 y Tabla 27.

Se evaluó solo el modelo MCP1 para hacer comparables los distintos tipos de metodologías utilizadas, de lo que se concluye que los resultados no mejoran considerablemente respecto a los modelos de regresiones múltiples a pesar de incluir más parámetros, por lo que probablemente están faltando variables que expliquen la parte del fenómeno que hace falta, se estima que dichas variables pueden ser las precipitaciones de deshielo. En el Gráfico 11 se muestra el ajuste entre los valores observados y los simulados mediante el modelo MCP1.

Tabla 26: Coeficientes Modelo Componentes Principales Baker Angostura Chacabuco

| Modelo      | Variables | $\beta$ | R    |
|-------------|-----------|---------|------|
| <b>MCP1</b> | CP1       | 0.29    | 0.76 |
|             | CP2       | -0.16   |      |
|             | CP3       | -0.06   |      |
|             | CP4       | -0.23   |      |
|             | CP5       | 0.01    |      |
|             | CP6       | -0.26   |      |
|             | CP7       | -0.62   |      |
|             | Constante | 0.03    |      |

Tabla 27: Evaluación modelo MCP1 Baker Angostura Chacabuco

| Indicador             | Conjunto                | MCP1 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.32 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.76 |
|                       | Total de datos          | 0.68 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.98 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.42 |
|                       | Total de datos          | 0.55 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 8.99 |
|                       | Conjunto de calibración | 5.91 |
|                       | Total de datos          | 6.62 |

El modelo MCP1 presenta una reducida mejora en la estimación de los volúmenes de deshielo respecto al modelo MRM5vi, particularmente se observan peores desempeños en el conjunto de prueba que corresponde al mismo período para ambos modelos, en consecuencia, se concluye que hacen falta otras variables o herramientas para un buen pronóstico.

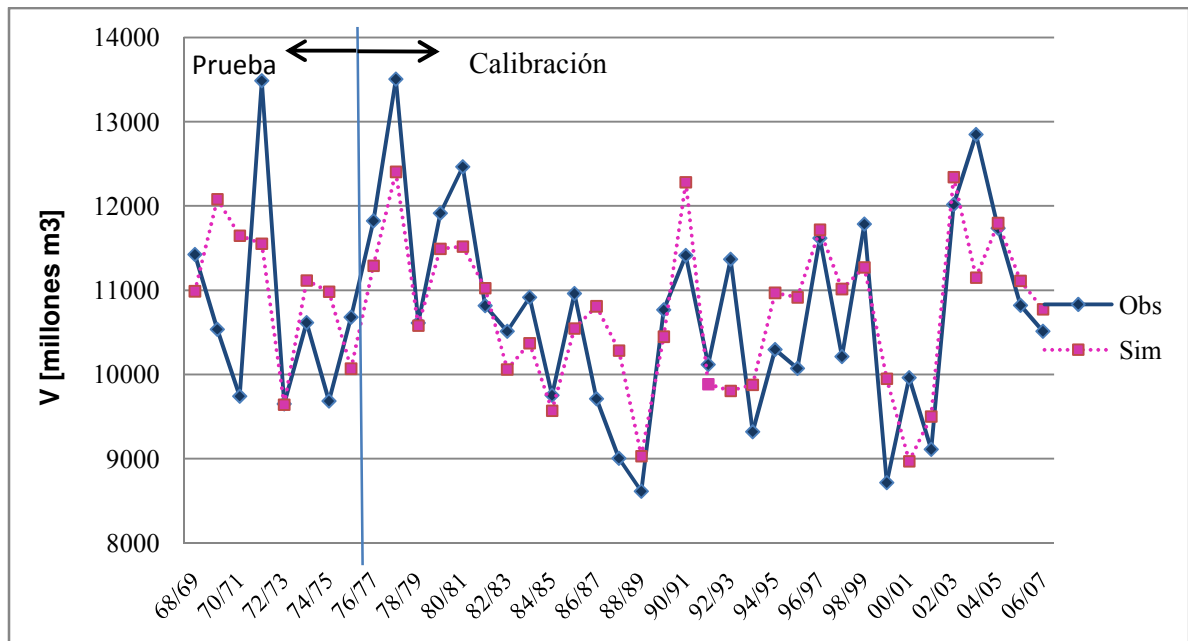


Gráfico 11: Ajuste Modelo MCP1 Baker Angostura Chacabuco

### 4.1.1.3 Modelos de Redes Neuronales

Para el planteamiento de los modelos de redes neuronales se consideró como variables de entrada las que resultaron del modelo óptimo según el modelo basado en las regresiones múltiples (MRM5vi).

Se probó distintas arquitecturas en la calibración del modelo; se fijó el número de neuronas de la capa de entrada; se iteró sobre la capa oculta con un número de neuronas variables compuesta desde 2 hasta 6 nodos; y una capa de salida constituida por una neurona correspondiente al volumen de deshielo en Baker Angostura Chacabuco. El rango de iteración de las neuronas en la capa oculta se fijó bajo la restricción de no calibrar más parámetros que un 75% de las observaciones con que se cuenta. (Dölling, 2000).

El conjunto total de 39 datos se dividió en un 70% para calibrar los modelos, un 15% para probar los modelos y un 15% para validar. En la Tabla 28 se exponen los resultados obtenidos con las distintas arquitecturas.

Tabla 28: Resultados Modelos Redes Neuronales Baker Angostura Chacabuco

| Modelo Tipo | Variables                                                                                      | Nº Neuronas Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN1        | P <sub>BALSEO_abr,sept</sub><br>P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub><br>T <sub>LCOCH_abr,sept</sub> | 2                       | 0,74 | 0,48 | 0,52   | 4,81           |
|             |                                                                                                | 3                       | 0,77 | 0,44 | 0,56   | 4,27           |
|             |                                                                                                | 4                       | 0,85 | 0,31 | 0,69   | 4,15           |
|             |                                                                                                | 5                       | 0,91 | 0,19 | 0,81   | 3,71           |
|             |                                                                                                | 6                       | 0,91 | 0,20 | 0,80   | 2,90           |

Tabla 29: Evaluación Modelo MRN1 Baker Angostura Chacabuco

| Indicador             | Conjunto                | MRN1 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.89 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.92 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.96 |
|                       | Total de datos          | 0.91 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.30 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.21 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.09 |
|                       | Total de datos          | 0.19 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 6.78 |
|                       | Conjunto de validación  | 4.37 |
|                       | Conjunto de calibración | 2.13 |
|                       | Total de datos          | 3.71 |

En base a los resultados mostrados en la Tabla 28 se escoge el modelo de redes neuronales con 5 neuronas en la capa oculta como el óptimo o final, con el que se logra un R de 0.91 y un ECMN de 0.19, el cual es evaluado en la Tabla 29.

El mismo procedimiento fue llevado a cabo pero incluyendo además las precipitaciones de deshielo en la capa de entrada. En la Tabla 30 se exponen los resultados de las iteraciones del número de neuronas de la capa oculta del modelo MRMViii.

Tabla 30: Resultados modelos redes neuronales Baker Angostura Chacabuco con Pp deshielo

| Modelo Tipo | Variables                                                                                      | N° Neuronas Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN2        | P <sub>BALSEO_abr,sept</sub><br>P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub><br>P <sub>BALSEO_oct,mar</sub> | 2                       | 0,81 | 0,36 | 0,64   | 5,19           |
|             |                                                                                                | 3                       | 0,93 | 0,13 | 0,87   | 3,28           |
|             |                                                                                                | 4                       | 0,89 | 0,23 | 0,77   | 3,96           |
|             |                                                                                                | 5                       | 0,91 | 0,19 | 0,81   | 2,80           |
|             |                                                                                                | 6                       | 0,94 | 0,13 | 0,87   | 2,33           |

Tabla 31: Evaluación Modelo MRN2 Baker Angostura Chacabuco

| Indicador             | Conjunto                | MRN2 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.44 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.88 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.94 |
|                       | Total de datos          | 0.93 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.91 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.25 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.11 |
|                       | Total de datos          | 0.13 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 5.79 |
|                       | Conjunto de validación  | 3.12 |
|                       | Conjunto de calibración | 2.87 |
|                       | Total de datos          | 3.28 |

De los modelos de redes neuronales que incluyen las precipitaciones en período estival se ve una mejora en los coeficientes R, así como también una disminución de los ECMN y de las diferencias porcentuales entre los volúmenes observado y calculado. La arquitectura adoptada para el modelo MRN2 es la que posee tres neuronas en la capa oculta, pues a pesar de que el modelo con seis neuronas presentó un coeficiente R mayor, los ECMN para ambos modelos son iguales y el modelo de tres neuronas resulta

más parsimonioso. En la Tabla 31 la evaluación de dicho modelo y en el Gráfico 12 y Gráfico 13 se presentan los ajustes de los modelos MRN1 Y MRN2.

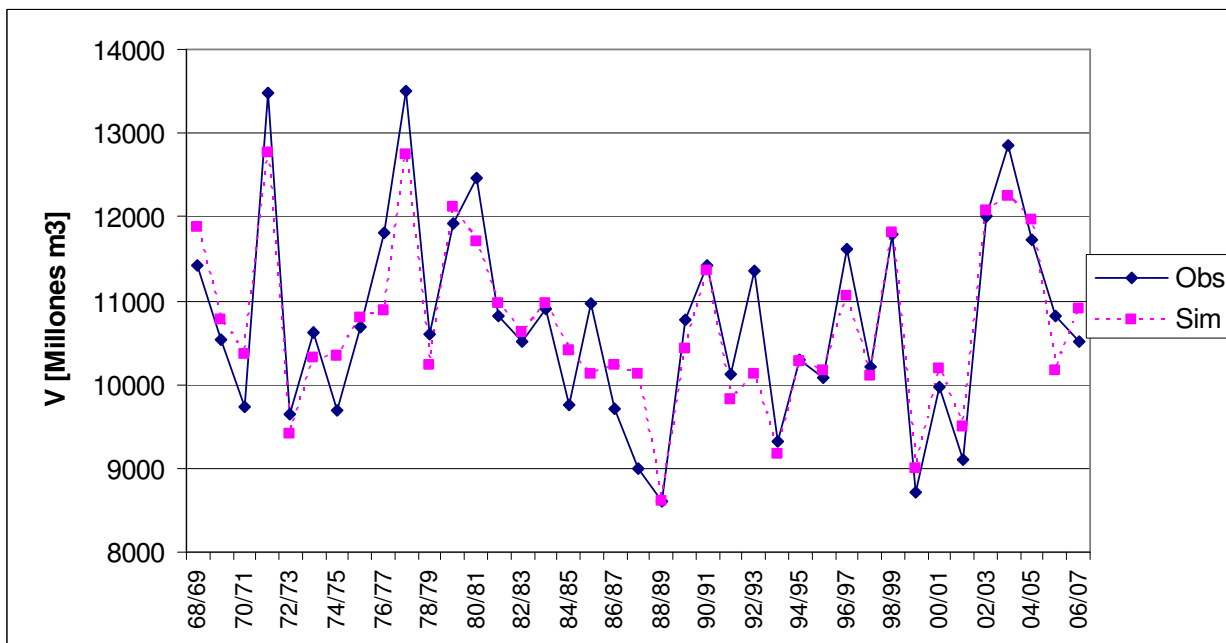


Gráfico 12: Ajuste Modelo MRN1 Baker Angostura Chacabuco

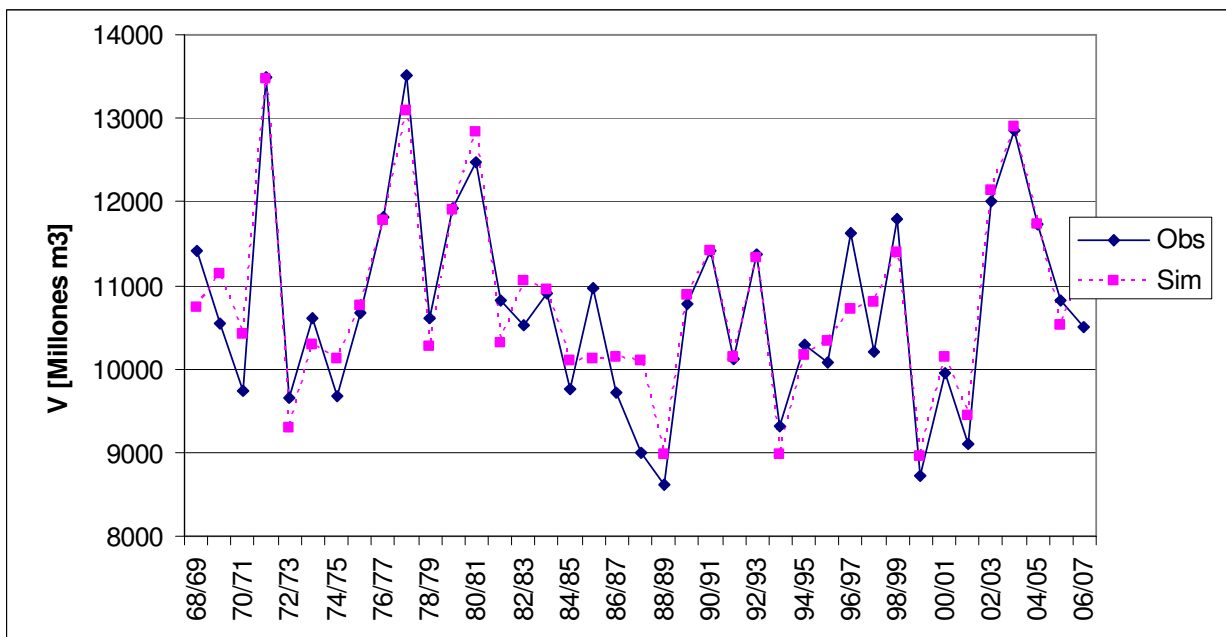


Gráfico 13: Ajuste Modelo MRN2 Baker Angostura Chacabuco

Las simulaciones logradas mediante los modelos de redes neuronales resultan ser superiores a las de los modelos lineales. Particularmente el modelo MRN2 presenta un mejor desempeño, siguiendo la tendencia de los pronósticos lineales de mejorar la predicción al incluir las precipitaciones de deshielo. Se observa una mejora en la predicción en los años 1970/1971 y 2003/2004, años de caudal peak, y en los

que se presenta un incremento en las precipitaciones de deshielo, por lo que se estima que dicha variable tiene incidencia en los aumentos de volumen de de esos años.

Se puede explicar las diferencias de los resultados entre los modelos en primer lugar por el tipo de función que se utiliza para relacionar las variables; lineal en el caso de las regresiones múltiples y las componentes principales; y sigmoide en el caso de las redes neuronales. Otro factor que puede influir en lo antes explicado es el número de parámetros ajustados, ya que en los primeros modelos solo se calibran los pesos, que corresponden a las variables de entrada a los modelos más una constante (cuatro con las regresiones múltiples y ocho con las componentes principales), mientras que en el modelo MRN1 se calibran 21. Sin perjuicio de lo anterior, dado que MRN1 se encuentra dentro del rango adecuado para la cantidad de observaciones que se tiene, y que entrega mejores simulaciones es que se recomienda para el pronóstico de volúmenes de deshielo en la sub-cuenca de Baker Angostura Chacabuco dicho modelo.

## 4.1.2 Baker Bajo Los Ñadis

### 4.1.2.1 Modelos basados en las regresiones múltiples

En este subcapítulo se lleva a cabo la calibración del modelo basado en las regresiones múltiples para los volúmenes de deshielo de Baker Bajo los Ñadis. Para dicho análisis se utilizan como base las variables que se indican en la Tabla 32, las que forman parte del ciclo hidrológico y que por tanto son relevantes en la generación de escorrentía, se ubican geográficamente en el área de influencia de la cuenca y cuentan con el período de registro que se requiere.

Tabla 32: Variables Modelos Baker Bajo Los Ñadis

| Tipo de Variable      | Variable                        | Promedio | Desviación Estándar | CV  |
|-----------------------|---------------------------------|----------|---------------------|-----|
| Precipitaciones [mm]  | P <sub>BALSEO_abr,sept</sub>    | 448,3    | 134,4               | 0,3 |
|                       | P <sub>ÑADIS_abr,sept</sub>     | 855,7    | 180,7               | 0,2 |
|                       | P <sub>PATRON_abr,sept</sub>    | 652,0    | 145,6               | 0,2 |
|                       | P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub> | 256,8    | 60,2                | 0,2 |
|                       | P <sub>ÑADIS_oct,mar_t-1</sub>  | 560,6    | 87,8                | 0,2 |
|                       | P <sub>BALSEO_abr,mar_t-1</sub> | 705,1    | 158,7               | 0,2 |
|                       | P <sub>ÑADIS_abr,mar_t-1</sub>  | 1416,3   | 162,8               | 0,1 |
| Temperatura [°C]      | T <sub>LCoch_abr,sept</sub>     | 4,3      | 0,7                 | 0,2 |
|                       | T <sub>SST3_abr,sept</sub>      | 10,3     | 0,4                 | 0,0 |
| Volumen [millones m3] | V <sub>BBLÑ_abr,sept</sub>      | 12000    | 1800                | 0,2 |
|                       | V <sub>COL_abr,sept</sub>       | 11000    | 1700                | 0,2 |
|                       | V <sub>CI_abr,sept</sub>        | 3200     | 620                 | 0,2 |
|                       | V <sub>BBLÑ_oct,mar_t-1</sub>   | 17000    | 1700                | 0,1 |
|                       | V <sub>BBLÑ_abr,mar_t-1</sub>   | 29000    | 3000                | 0,1 |

Se realizó el procedimiento explicado en la metodología para descartar las variables normalizadas según el criterio de los coeficientes de regresión reducidos ( $\beta$ ). Los resultados obtenidos se entregan en Tabla 33.

En base a la Tabla 33, se tiene que el mejor modelo para representar los volúmenes de deshielo en Baker Bajo los Ñadis es el MRM5xi, el que considera como variables de entrada las precipitaciones registradas en período pluvial en El Balseo y Río los Ñadis y las precipitaciones del período de deshielo medidas en El Balseo. La variable temperatura es descartada de los modelos, lo que puede ser consecuencia de la lejanía de las estaciones con que se cuenta respecto a la sub-cuenca del pronóstico.

Finalmente se prueba el modelo MRM5xi considerando las precipitaciones del período de deshielo del año actual para comparar los desempeños de los modelos con y sin dicha variable. Para ello se definió un Índice de Precipitaciones del Período de Deshielo, se compararon los coeficientes  $\beta$  de las variables que participan del análisis y se descartaron las menos importantes. En la Tabla 34 se muestran los coeficientes resultantes de la regresión lineal entre las precipitaciones de deshielo y el volumen registrado en el mismo período.

Tabla 33: Coeficientes de regresión reducidos modelos Baker Bajo Los N adis

| Modelo  | P <sub>BALSEO_abril,sep</sub> | P <sub>N ADIS_abril,sep</sub> | P <sub>PATRON_abril,sep</sub> | P <sub>BALSEO_oct,mar,t-1</sub> | P <sub>N ADIS_oct,mar,t-1</sub> | P <sub>BALSEO_abr,mar,t-1</sub> | P <sub>N ADIS_abr,mar,t-1</sub> | T <sub>LCOCH_abril,sep</sub> | T <sub>SST3_abr,sep</sub> | V <sub>BBL N_abril,sep</sub> | V <sub>COL_abril,sep</sub> | V <sub>CI_abril,sep</sub> | V <sub>BBL N_oct,mar,t-1</sub> | V <sub>BBL N_abr,mar,t-1</sub> | Constante | R    |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| MRM1i   | 0.29                          | 0.39                          |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            |                           |                                |                                | -3.24E-02 | 0.64 |
| MRM1ii  | 0.00                          | 0.00                          | 0.62                          |                                 |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            |                           |                                |                                | -3.24E-02 | 0.64 |
| MRM2i   | 0.27                          | 0.40                          | 0.00                          | 0.08                            | -0.03                           | 0.08                            | -0.14                           |                              |                           |                              |                            |                           |                                |                                | -3.42E-02 | 0.65 |
| MRM2ii  | 0.30                          | 0.35                          |                               | 0.11                            | -0.05                           |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            |                           |                                |                                | -3.08E-02 | 0.64 |
| MRM2iii | 0.30                          | 0.35                          |                               | 0.09                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            |                           |                                |                                | -3.02E-02 | 0.64 |
| MRM3i   | 0.27                          | 0.34                          |                               | 0.13                            |                                 |                                 |                                 | -0.11                        | -0.10                     |                              |                            |                           |                                |                                | -3.49E-02 | 0.67 |
| MRM3ii  | 0.26                          | 0.40                          |                               |                                 |                                 |                                 |                                 | -0.11                        | -0.08                     |                              |                            |                           |                                |                                | -3.72E-02 | 0.66 |
| MRM3iii | 0.26                          | 0.37                          |                               |                                 |                                 |                                 |                                 |                              | -0.14                     |                              |                            |                           |                                |                                | -3.70E-02 | 0.65 |
| MRM5i   | 0.29                          | 0.72                          |                               | 0.17                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           | -0.45                        |                            |                           |                                |                                | -3.96E-02 | 0.68 |
| MRM5ii  | 0.29                          | 0.62                          |                               | 0.16                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              | -0.34                      |                           |                                |                                | -4.23E-02 | 0.66 |
| MRM5iii | 0.30                          | 0.40                          |                               | 0.10                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            | -0.07                     |                                |                                | -3.15E-02 | 0.64 |
| MRM5iv  | 0.22                          | 0.69                          |                               | 0.17                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           | -2.21                        | 1.18                       | 0.82                      |                                |                                | -2.08E-02 | 0.73 |
| MRM5v   | 0.29                          | 0.62                          |                               | 0.16                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              | -0.34                      | 0.00                      |                                |                                | -4.23E-02 | 0.66 |
| MRM5vi  | 0.08                          | 0.50                          |                               | 0.30                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            |                           | -0.52                          | 0.27                           | -2.86E-02 | 0.67 |
| MRM5vii | 0.25                          | 0.66                          |                               | 0.16                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           | -2.32                        | 1.24                       | 0.86                      |                                | 0.06                           | -1.88E-02 | 0.73 |
| MRM5ix  | 0.27                          | 0.65                          |                               | 0.17                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              | -0.33                      | 0.00                      |                                | -0.05                          | -4.30E-02 | 0.66 |
| MRM5x   | 0.26                          | 0.39                          |                               | 0.10                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            |                           |                                | -0.06                          | -3.14E-02 | 0.64 |
| MRM5xi  | 0.30                          | 0.35                          |                               | 0.09                            |                                 |                                 |                                 |                              |                           |                              |                            |                           |                                |                                | -3.02E-02 | 0.64 |

Tabla 34: Índice Precipitaciones de deshielo Baker Bajo los Ñadis

| Coeficientes beta     |                      |           |      |
|-----------------------|----------------------|-----------|------|
| $P_{BALSEO\_oct,mar}$ | $P_{ÑADIS\_oct,mar}$ | Constante | R    |
| 0,65                  | -0,24                | 3,58E-16  | 0,57 |

Luego se concluye que tienen mayor incidencia las precipitaciones en el Balseo que las registradas en Río Los Ñadis, por lo que se utilizan las precipitaciones de dicha estación registradas en el período de deshielo para probar el modelo óptimo de pronóstico de Baker Bajo Los Ñadis. Los resultados del procedimiento explicado se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35: Coeficientes modelo de regresiones múltiples óptimo con Pp de deshielo Baker Bajo los Ñadis

| Coeficientes beta |                       |                           |                       |                        |           |      |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|------|
| Modelo            | $P_{BALSEO\_oct,mar}$ | $P_{BALSEO\_oct,mar,t-1}$ | $P_{ÑADIS\_abr,sept}$ | $P_{BALSEO\_abr,sept}$ | Constante | R    |
| MRM5xii           | 0,52                  | 0,10                      | 0,49                  | 0,08                   | -3,22E-02 | 0,79 |
| MRM5xiii          | 0,53                  | 0,10                      | 0,55                  |                        | -3,59E-02 | 0,81 |

El coeficiente de correlación mejora considerablemente al incorporar las precipitaciones estivales, las que sin embargo corresponden a una variable con la que no se cuenta al momento de realizar los pronósticos, por lo que los modelos a utilizar serán los que consideren solo variables conocidas. Como consecuencia el modelo que se adopta para representar los volúmenes de deshielo en la Baker Bajo Los Ñadis es el MRM5xi indicado en la Ec. 29

$$V_{BBL\tilde{N} \_ oct, mar} = 0.30 \hat{P}_{BALSEO \_ abr, sept} + 0.09 \hat{P}_{BALSEO \_ oct, mar \_ t-1} + 0.35 \hat{P}_{\tilde{N}ADIS \_ abr, sept} \quad \text{Ec. 29}$$

En la Tabla 36 se entrega la evaluación de los modelos MRM5xi y MRM5xiii, y en el Gráfico 14 y Gráfico 15 se muestran los ajustes de los mismos.

Tabla 36: Evaluación modelos regresiones múltiples Baker bajo Los Ñadis

| Indicador             | Conjunto                | MRMxi | MRMxiii |
|-----------------------|-------------------------|-------|---------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.28  | 0.77    |
|                       | Conjunto de calibración | 0.71  | 0.84    |
|                       | Total de datos          | 0.63  | 0.81    |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.93  | 0.46    |
|                       | Conjunto de calibración | 0.50  | 0.30    |
|                       | Total de datos          | 0.60  | 0.34    |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 7.84  | 5.71    |
|                       | Conjunto de calibración | 5.72  | 4.31    |
|                       | Total de datos          | 6.21  | 4.59    |

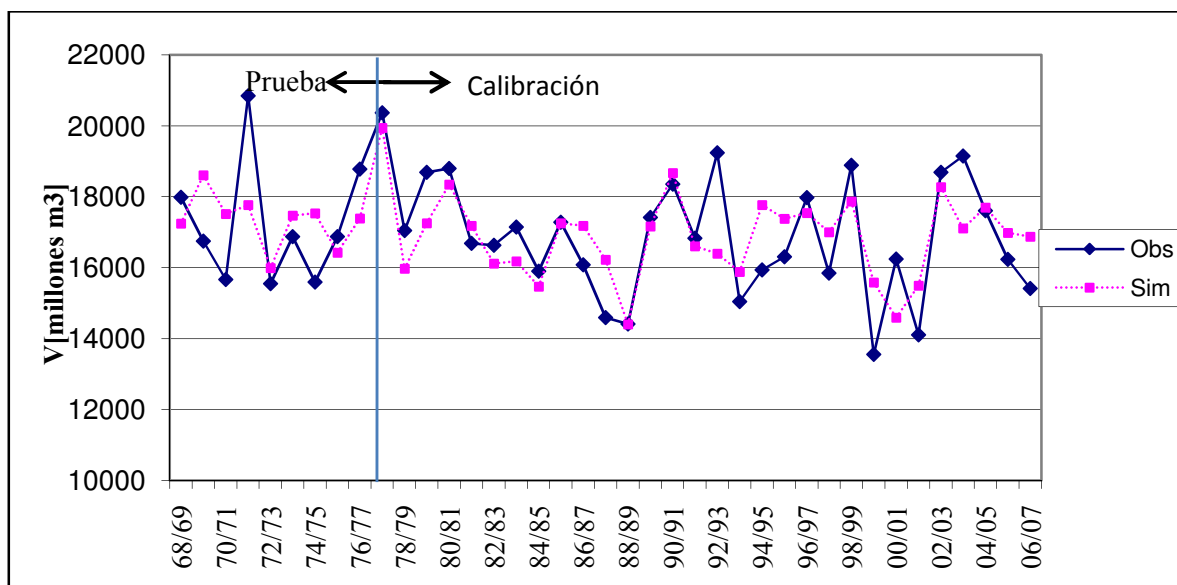


Gráfico 14: Ajuste Modelo MRM5xi Baker Bajo los Ñadis

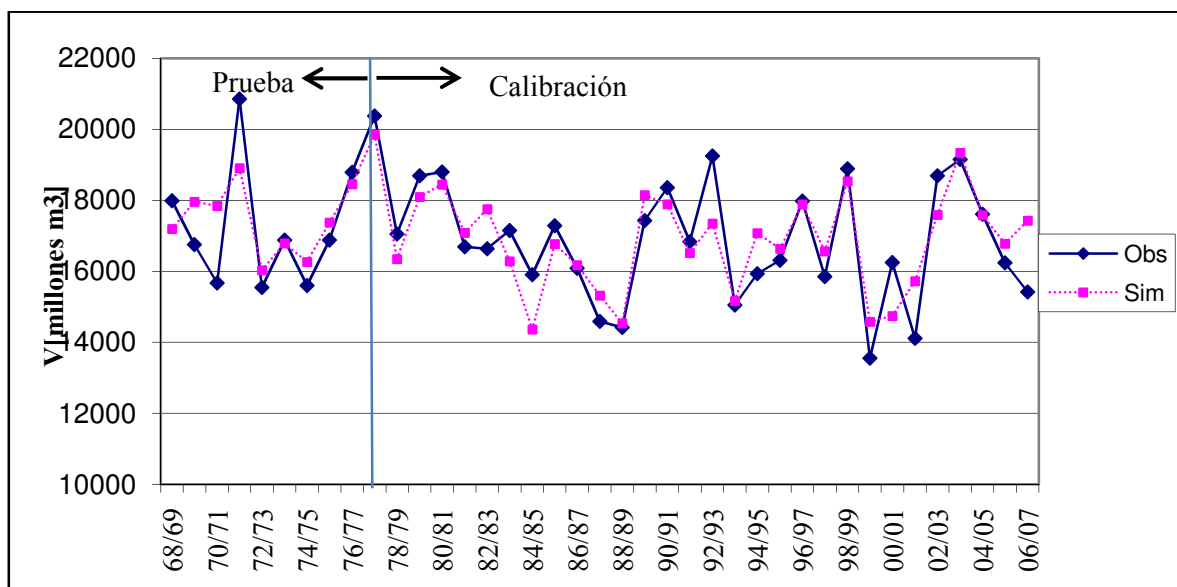


Gráfico 15: Ajuste Modelo MRM5xiii Baker Bajo los Ñadis

De los gráficos anteriores se puede apreciar que al igual que en Baker Angostura Chacabuco, los modelos en que se incluyen las precipitaciones de deshielo permiten obtener un pronóstico más certero y específicamente explican mejor algunos valores peak, es el caso de los años 1970/1971 y 2003/2004 en que se registró un aumento en las precipitaciones de deshielo.

#### 4.1.2.2 Componentes Principales

En el modelo de pronóstico basado en el análisis de las componentes principales se consideró el uso de las variables de la Tabla 32 con lo cual se obtiene la matriz de coeficientes de las componentes principales, los valores propios de estos vectores y las varianzas explicadas por cada uno de ellos (

Tabla 37). Al analizar los coeficientes de la Tabla 36 se observa que las componentes principales son una combinación lineal de prácticamente todas las variables en análisis, por lo que carecen de sentido

físico, además entregan información de la alta dependencia de las series. Por lo que los modelos calibrados con éstos vectores no son recomendados. Al analizar los resultados obtenidos es posible descartar las variables que no son independientes o que no son relevantes. En el Gráfico 16 se presentan las 7 componentes que explican en conjunto un 98% de la varianza total.

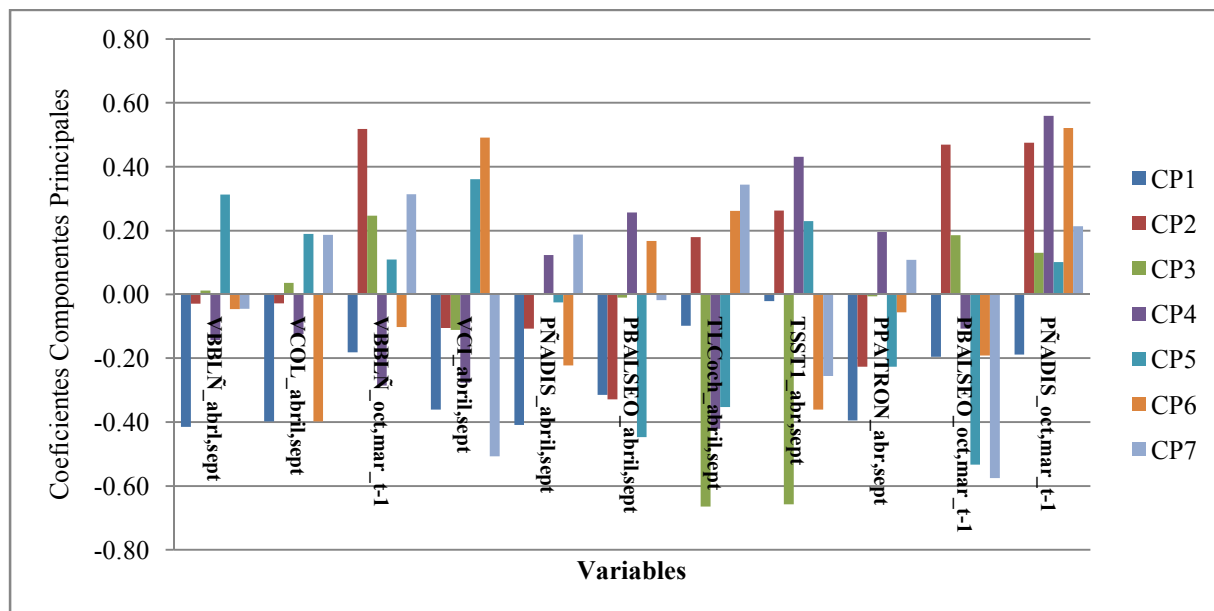


Gráfico 16: Composición componentes principales Baker Bajo Los Ñadis

Tabla 37: Coeficientes componentes principales Baker bajo Los Ñadis

| Variables           | Coeficientes |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | CP1          | CP2   | CP3   | CP4   | CP5   | CP6   | CP7   | CP8   | CP9   | CP10  | CP11  |
| VBBLÑ_abril,sept    | -0,42        | -0,03 | 0,01  | -0,14 | 0,31  | -0,05 | -0,04 | 0,31  | -0,06 | -0,78 | 0,08  |
| VCOL_abril,sept     | -0,40        | -0,03 | 0,04  | -0,12 | 0,19  | -0,40 | 0,19  | 0,53  | -0,14 | 0,54  | -0,06 |
| VBBLÑ_oct,mar_t-1   | -0,18        | 0,52  | 0,25  | -0,29 | 0,11  | -0,10 | 0,31  | -0,27 | 0,60  | 0,01  | 0,00  |
| VCI_abril,sept      | -0,36        | -0,11 | -0,11 | -0,28 | 0,36  | 0,49  | -0,51 | -0,21 | 0,08  | 0,30  | -0,03 |
| PÑADIS_abril,sept   | -0,41        | -0,11 | 0,00  | 0,12  | -0,02 | -0,22 | 0,19  | -0,59 | -0,37 | -0,06 | -0,48 |
| PBALSEO_abril,sept  | -0,31        | -0,33 | -0,01 | 0,26  | -0,45 | 0,17  | -0,02 | 0,24  | 0,55  | -0,04 | -0,37 |
| TLCoeh_abril,sept   | -0,10        | 0,18  | -0,66 | -0,42 | -0,35 | 0,26  | 0,34  | 0,07  | -0,15 | -0,02 | 0,00  |
| TSST1_abril,sept    | -0,02        | 0,26  | -0,66 | 0,43  | 0,23  | -0,36 | -0,26 | -0,05 | 0,25  | 0,00  | 0,00  |
| PPATRON_abril,sept  | -0,40        | -0,23 | -0,01 | 0,20  | -0,23 | -0,06 | 0,11  | -0,24 | 0,03  | 0,07  | 0,79  |
| PBALSEO_oct,mar_t-1 | -0,20        | 0,47  | 0,19  | -0,11 | -0,53 | -0,19 | -0,58 | 0,06  | -0,20 | -0,02 | 0,01  |
| PÑADIS_oct,mar_t-1  | -0,19        | 0,48  | 0,13  | 0,56  | 0,10  | 0,52  | 0,21  | 0,16  | -0,22 | 0,06  | 0,00  |

Del análisis de los coeficientes que se presentan en la Tabla 38 se observa que las componentes principales son una combinación lineal de prácticamente todas las variables en análisis, por lo que carecen de sentido físico, además entregan información de la alta dependencia de las series. Debido a ello no se recomienda este tipo de modelo para esta cuenca.

Tabla 38: Varianzas componentes principales Baker bajo Los Ñadis

| Variable | Varianza | Varianza [%] | Varianza Acumulada [%] |
|----------|----------|--------------|------------------------|
| CP1      | 5,38     | 48,30        | 48,30                  |
| CP2      | 2,22     | 19,96        | 68,27                  |
| CP3      | 1,49     | 13,35        | 81,62                  |
| CP4      | 0,69     | 6,21         | 87,82                  |
| CP5      | 0,57     | 5,14         | 92,96                  |
| CP6      | 0,30     | 2,70         | 95,66                  |
| CP7      | 0,23     | 2,08         | 97,74                  |
| CP8      | 0,15     | 1,33         | 99,07                  |
| CP9      | 0,09     | 0,85         | 99,93                  |
| CP10     | 0,01     | 0,07         | 99,99                  |
| CP11     | 0,00     | 0,01         | 100,00                 |

De acuerdo al procedimiento explicado en la metodología se calibró un modelo de regresiones múltiples con las 7 componentes principales (MCP1), las que en conjunto explican un 98% de la variación cuyos resultados se presentan en la Tabla 39.

Tabla 39: Coeficientes modelos ACP Baker bajo Los Ñadis

| Modelo      | Variables    | Coefficiente | R    |
|-------------|--------------|--------------|------|
| <b>MCP1</b> | CP1          | -0,26        | 0,57 |
|             | CP2          | -0,15        |      |
|             | CP3          | -0,03        |      |
|             | CP4          | 0,05         |      |
|             | CP5          | -0,29        |      |
|             | CP6          | 0,02         |      |
|             | CP7          | 0,08         |      |
|             | Intercepción | 0,02         |      |

Al utilizar todas las 7 primeras componentes principales el coeficiente R no mejora respecto al obtenido mediante las regresiones múltiples ( $R=0,57$ ), lo que indica que hacen falta otras variables para lograr un buen pronóstico a través de este método. En la Tabla 40 se muestra la evaluación del modelo MCP1.

Tabla 40: Evaluación Modelo MCP1 Baker Bajo los Ñadis

| Indicador             | Conjunto                | MCP1 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.37 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.71 |
|                       | Total de datos          | 0.65 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.90 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.50 |
|                       | Total de datos          | 0.59 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 7.36 |
|                       | Conjunto de calibración | 5.42 |
|                       | Total de datos          | 5.86 |

En el Gráfico 17 se muestra el ajuste del modelo calibrado mediante el análisis de las componentes principales.

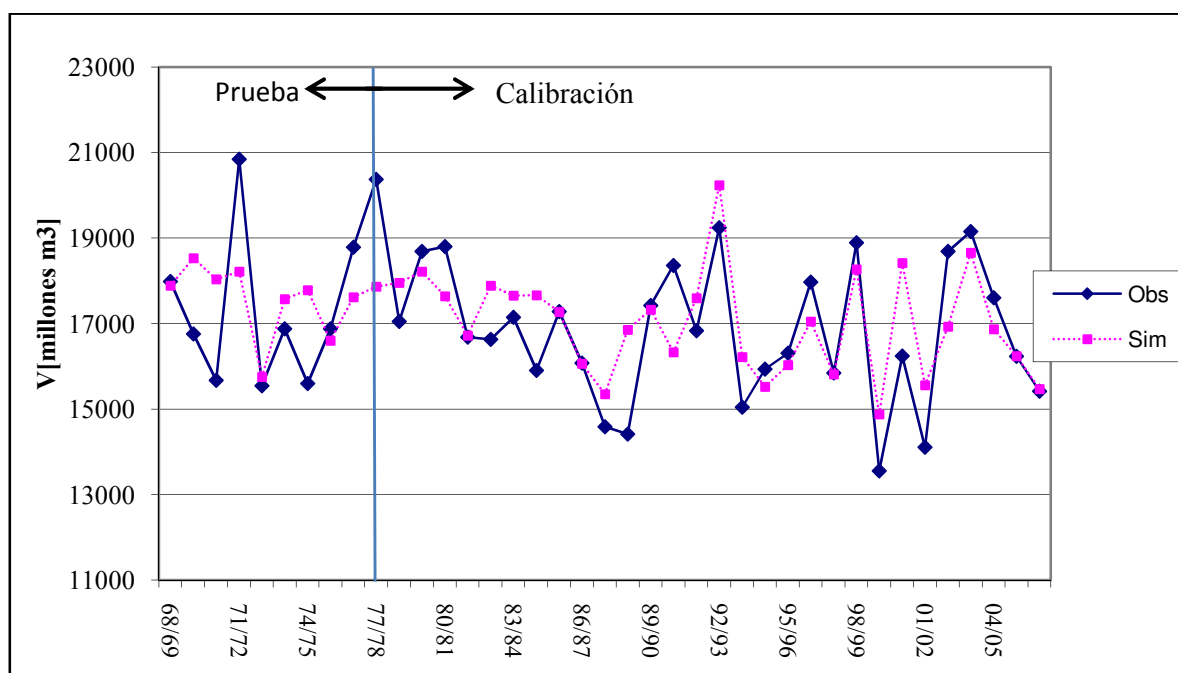


Gráfico 17: Ajuste Modelo MCP1 Baker Bajo los Ñadis

Del Gráfico 17 se puede observar que el desempeño del modelo es deficiente hasta aproximadamente los años 1989/1990 pero que representa muy bien los volúmenes de deshielo de los últimos 16 años, lo anterior podría ser causa de los cambios naturales que presentan las cuencas en los últimos años, sin

embargo dada las características de las componentes es que no se recomienda este modelo para el pronóstico.

### 4.1.2.3 Modelos de Redes Neuronales

Para calibrar los modelos de redes neuronales se consideran como variables de entrada las que resultan del modelo óptimo según las regresiones múltiples, y se prueban distintas arquitecturas; lo cual fija el número de neuronas en la capa de entrada, en este caso 3; una capa oculta con un número variable de neuronas el que se itera desde 2 hasta 6 neuronas; y una capa de salida constituida por una neurona correspondiente al volumen de deshielo en Baker Bajo Los Ñadis. Para ello se dividió el conjunto total de 39 datos en un 70% de los datos para calibración de los modelos, un 15% para prueba de los modelos y un 15% para validación de los mismos. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 41 y en la Tabla 42 se presenta la evaluación del modelo con la arquitectura que optimiza los resultados.

Tabla 41: Resultados Modelos Redes Neuronales Baker Bajo Los Ñadis

| Modelo Tipo | Variables                                                                                      | Nº Neuronas Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN1        | P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub><br>P <sub>ÑADIS_abr,sept</sub><br>P <sub>BALSEO_abr,sept</sub> | 2                       | 0,79 | 0,37 | 0,63   | 4,68           |
|             |                                                                                                | 3                       | 0,82 | 0,33 | 0,67   | 4,28           |
|             |                                                                                                | 4                       | 0,85 | 0,28 | 0,72   | 4,11           |
|             |                                                                                                | 5                       | 0,87 | 0,25 | 0,75   | 3,48           |
|             |                                                                                                | 6                       | 0,89 | 0,22 | 0,78   | 2,52           |

Tabla 42: Evaluación Modelo MRN1Baker Bajo los Ñadis

| Indicador             | Conjunto                | MRN1 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.97 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.97 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.85 |
|                       | Total de datos          | 0.89 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.07 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.06 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.29 |
|                       | Total de datos          | 0.22 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 1.50 |
|                       | Conjunto de validación  | 1.58 |
|                       | Conjunto de calibración | 2.91 |
|                       | Total de datos          | 2.52 |

Se escoge por tanto el modelo de redes neuronales con 6 neuronas en la capa oculta, con el que se logró un R de 0.89 y un ECMN de 0.22. Luego se calibró un modelo similar pero considerando las precipitaciones del período de deshielo, es decir las variables de entrada del modelo MRM5ix. El resumen se entrega en la Tabla 43.

Tabla 43: Resultados modelos redes neuronales Baker Bajo Los Ñadis con PP deshielo

| Modelo Tipo | Variables                       | N° Neuronas Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|---------------------------------|-------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN2        | P <sub>BALSEO_abr,sept</sub>    | 2                       | 0,85 | 0,28 | 0,72   | 3,90           |
|             | P <sub>ÑADIS_oct,mar_t-1</sub>  | 3                       | 0,85 | 0,28 | 0,72   | 3,86           |
|             | P <sub>BALSEO_oct,mar_t-1</sub> | 4                       | 0,90 | 0,20 | 0,80   | 3,17           |
|             |                                 | 5                       | 0,93 | 0,14 | 0,86   | 1,95           |
|             |                                 | 6                       | 0,90 | 0,19 | 0,81   | 2,91           |

Tabla 44: Evaluación Modelo MRN2 Baker Bajo los Ñadis

| Indicador             | Conjunto                | MRN2 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.78 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.93 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.97 |
|                       | Total de datos          | 0.93 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.47 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.38 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.06 |
|                       | Total de datos          | 0.14 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 5.89 |
|                       | Conjunto de validación  | 3.34 |
|                       | Conjunto de calibración | 1.58 |
|                       | Total de datos          | 1.95 |

De los modelos de redes neuronales considerando las precipitaciones en período estival se ve una mejora en los coeficientes R y también una disminución de los ECMN y de las diferencias porcentuales entre los volúmenes observado y calculado. Se adoptó la arquitectura con 5 neuronas en la capa oculta como el modelo óptimo, el que es evaluado en la Tabla 44. En el Gráfico 18 y Gráfico 19 se presentan los ajustes de los modelos MRN1 y MRN2.

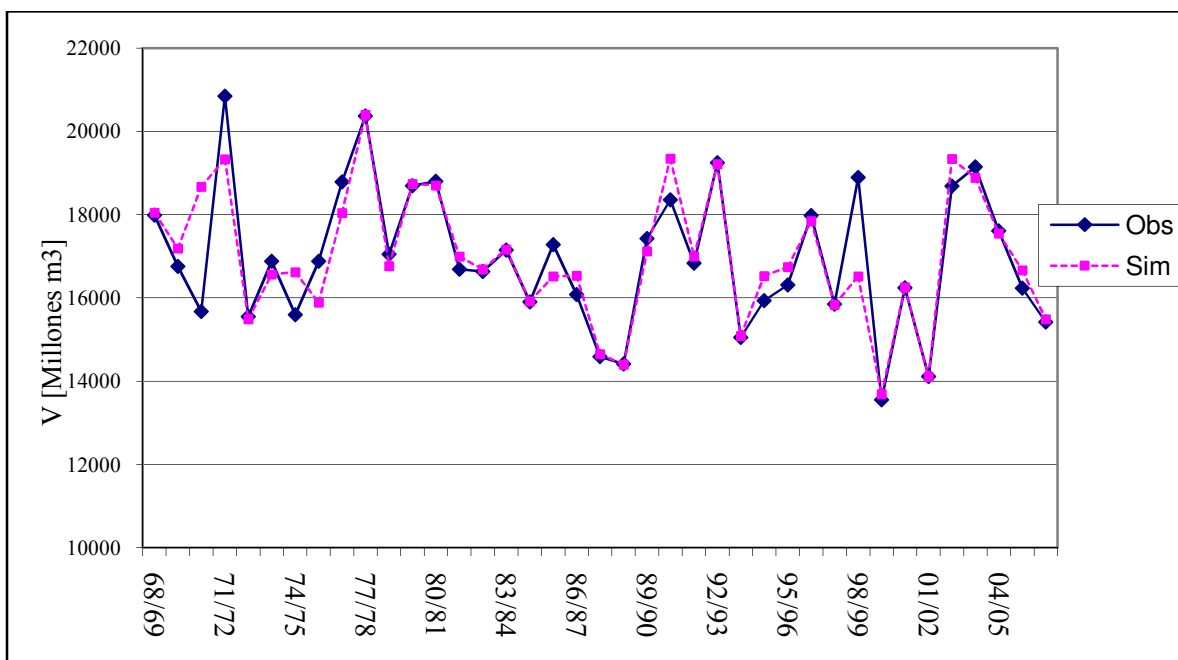


Gráfico 18: Ajuste Modelo MRN1 Baker Bajo Los Ñadis

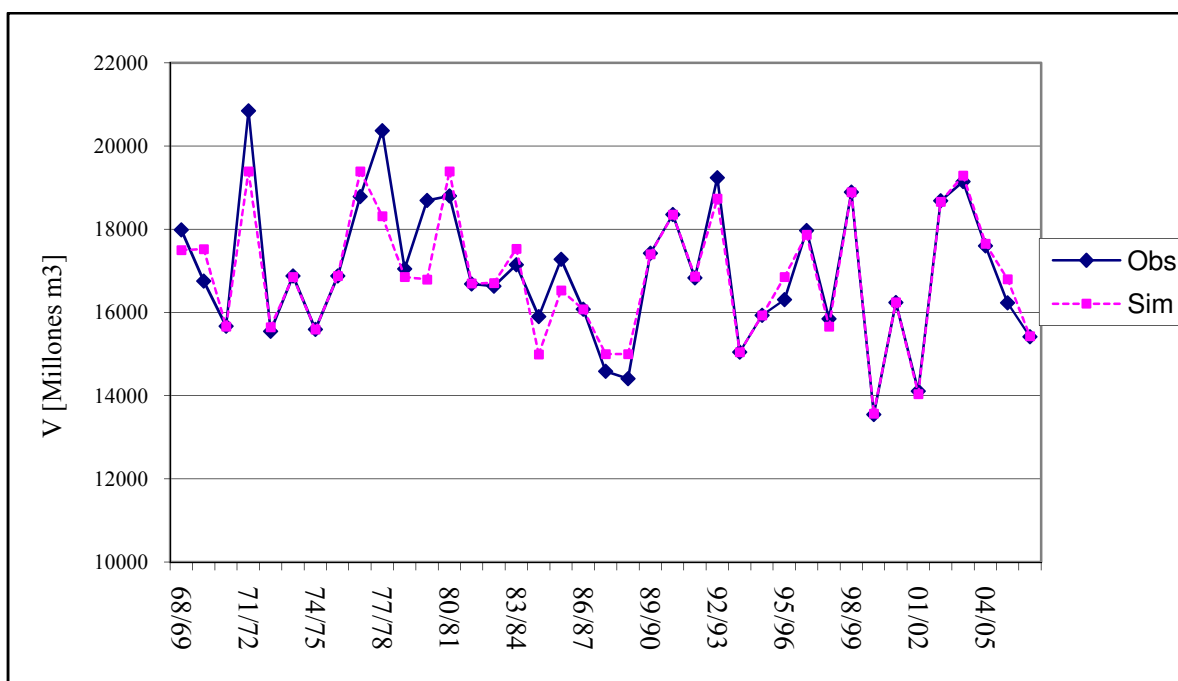


Gráfico 19: Ajuste Modelo MRN2 Baker Bajo Los Ñadis

Los resultados obtenidos en Baker Bajo los Ñadis son muy similares a los de Baker Angostura Chacabuco, lo que era de suponer, dado que ambas son subcuencas del río Baker por lo que presentan características muy similares en cuanto a régimen hidrológico.

De los tres tipos de modelos desarrollados, el que presentó mejores ajustes, sin considerar las precipitaciones de deshielo, es el MRN1. La explicación a ello puede estar dada por la función de transferencia que consideran dichos modelos, sigmoide, versus las funciones lineales que relacionan las

variables de estado en los modelos de regresiones múltiples y de componentes principales. Otra diferencia que tienen los modelos es el número de parámetros que se calibran, siendo 4 en el caso de las regresiones múltiples, 8 en el caso de las componentes principales y 25 para las redes neuronales. Sin perjuicio de lo anterior dadas las mejoras en la explicación del fenómeno en estudio es que se recomienda para el pronóstico en Baker Bajo los Ñadis el modelo MRN1.

#### 4.1.3 Pascua en Desagüe Lago O'Higgins

##### 4.1.3.1 Modelos basados en Regresiones Múltiples

Se calibró el modelo de regresiones múltiples para la central Pascua Desagüe Lago O'Higgins considerando las variables de la Tabla 45, en la que además se presentan las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de cada una de ellas. El registro completo de datos con que se cuenta se encuentra limitado por las precipitaciones, las que permiten utilizar solo 29 años de registro, los que han sido divididos al igual que para los demás puntos de control en un 70% para la calibración y un 30% para la prueba de los modelos.

Tabla 45: Variable Modelos Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Tipo Variable           | Variables                     | Promedio | Desviación Estándar | CV   |
|-------------------------|-------------------------------|----------|---------------------|------|
| Precipitaciones [mm]    | P <sub>TLO_abr,sept</sub>     | 426.4    | 82.5                | 0.20 |
|                         | P <sub>TLO_oct,mar_t-1</sub>  | 322.1    | 37.4                | 0.10 |
|                         | P <sub>TLO_abr,mar_t-1</sub>  | 748.5    | 89.4                | 0.10 |
| Altura Limnográfica [m] | H <sub>PDLO_abr,sept</sub>    | 2.5      | 0.4                 | 0.20 |
| Temperaturas [°C]       | T <sub>SST7_abr,sept</sub>    | 9.2      | 0.4                 | 0.04 |
|                         | T <sub>SST8_abr,sept</sub>    | 8.5      | 0.3                 | 0.04 |
| Volúmenes [millones m3] | V <sub>PDLO_abr,sept</sub>    | 9400     | 1000                | 0.10 |
|                         | V <sub>PAJQ_abr,sept</sub>    | 10000    | 1000                | 0.10 |
|                         | V <sub>PDLO_oct,mar_t-1</sub> | 10000    | 1200                | 0.10 |

En la Tabla 46 se presentan los resultados del análisis de los coeficientes  $\beta$  según lo expresado en la metodología.

Tabla 46: Coeficientes Regresión Reducidos Pascua Desagüe lago O'Higgins

| Modelo  | P <sub>TLO_abr,sep</sub> | P <sub>TLO_abr,mar_t-1</sub> | P <sub>TLO_oct,mar_t-1</sub> | T <sub>SST7_abr,sep</sub> | T <sub>SST8_abr,sep</sub> | H <sub>PDLO_abr,sep</sub> | V <sub>PDLO_abr,sep</sub> | V <sub>PAJQ_abr,sep</sub> | V <sub>PDLO_oct,mar_t-1</sub> | V <sub>PDLO_abr,mar_t-1</sub> | Constante | R    |
|---------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|------|
| MRM1i   | 0.49                     |                              |                              |                           |                           |                           |                           |                           |                               |                               | 2.01E-01  | 0.55 |
| MRM2i   | 0.46                     |                              | 0.17                         |                           |                           |                           |                           |                           |                               |                               | 2.01E-01  | 0.58 |
| MRM2ii  | 0.48                     | 0.11                         |                              |                           |                           |                           |                           |                           |                               |                               | 2.03E-01  | 0.57 |
| MRM2iii | 0.46                     | 0.05                         | 0.15                         |                           |                           |                           |                           |                           |                               |                               | 2.02E-01  | 0.59 |
| MRM3i   | 0.51                     |                              | 0.17                         | -0.15                     | 0.30                      |                           |                           |                           |                               |                               | 1.61E-01  | 0.61 |
| MRM3ii  | 0.50                     |                              | 0.18                         |                           | 0.15                      |                           |                           |                           |                               |                               | 1.65E-01  | 0.61 |
| MRM4i   | 0.40                     |                              | 0.16                         |                           | 0.09                      | 0.40                      |                           |                           |                               |                               | 1.24E-01  | 0.78 |
| MRM5i   | 0.30                     |                              | 0.14                         |                           |                           | 0.21                      | 0.54                      | -0.27                     |                               |                               | 1.88E-01  | 0.79 |
| MRM5ii  | 0.28                     |                              | 0.15                         |                           |                           | 0.20                      | 0.28                      |                           |                               |                               | 1.92E-01  | 0.77 |
| MRM5iii | 0.28                     |                              | 0.15                         |                           |                           | 0.22                      |                           | 0.26                      |                               |                               | 1.90E-01  | 0.78 |
| MRM5iv  | 0.23                     |                              | 0.14                         |                           |                           | 0.21                      | 0.36                      |                           | -0.13                         |                               | 2.21E-01  | 0.79 |
| MRM5v   | 0.24                     |                              | 0.17                         |                           |                           | 0.14                      | 0.41                      |                           | -0.50                         | 0.35                          | 2.69E-01  | 0.80 |
| MRM5vi  | 0.28                     |                              | 0.15                         |                           |                           | 0.20                      | 0.29                      |                           |                               | 0.00                          | 1.92E-01  | 0.79 |
| MRM5vii | 0.28                     |                              | 0.15                         |                           |                           | 0.20                      | 0.28                      |                           |                               |                               | 1.92E-01  | 0.77 |

A través de la Tabla 46 se obtiene que el modelo final obtenido según el planteamiento de las regresiones múltiples es el MRM5vii. Se observa que las temperaturas quedan descartadas de los modelos, esto se debe a que son temperaturas sobre la superficie del mar, alejadas del punto de pronóstico, sobre todo para cuencas de esta zona en que las características meteorológicas varían mucho geográficamente. Se tiene además que, tal como se esperara, los niveles registrados en el lago Pascua Desagüe Lago O'Higgins y los volúmenes del río son variables que determinan el volumen de deshielo.

En la Tabla 47 se presenta la evaluación del modelo MRM5vii.

Tabla 47: Evaluación Modelo MRM5vii Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Modelo  | R    | ECMN | Dif. Media conjunto de prueba [%] | Dif. Media total de datos [%] |
|---------|------|------|-----------------------------------|-------------------------------|
| MRM5vii | 0,77 | 0,43 | 5,82                              | 4,77                          |

Finalmente se entrega el modelo MRM5vii en la Ec.30 y el ajuste obtenido se muestra en el Gráfico 20.

$$V_{PDLO\_oct,mar} = 0.28 \hat{P}_{TLO\_abr,sept} + 0.15 \hat{P}_{TLO\_oct,mar\_t-1} + 0.20 \hat{H}_{PDLO\_abr,sept} + 0.28 \hat{V}_{PDLO\_abr,sep} \quad \text{Ec. 30}$$

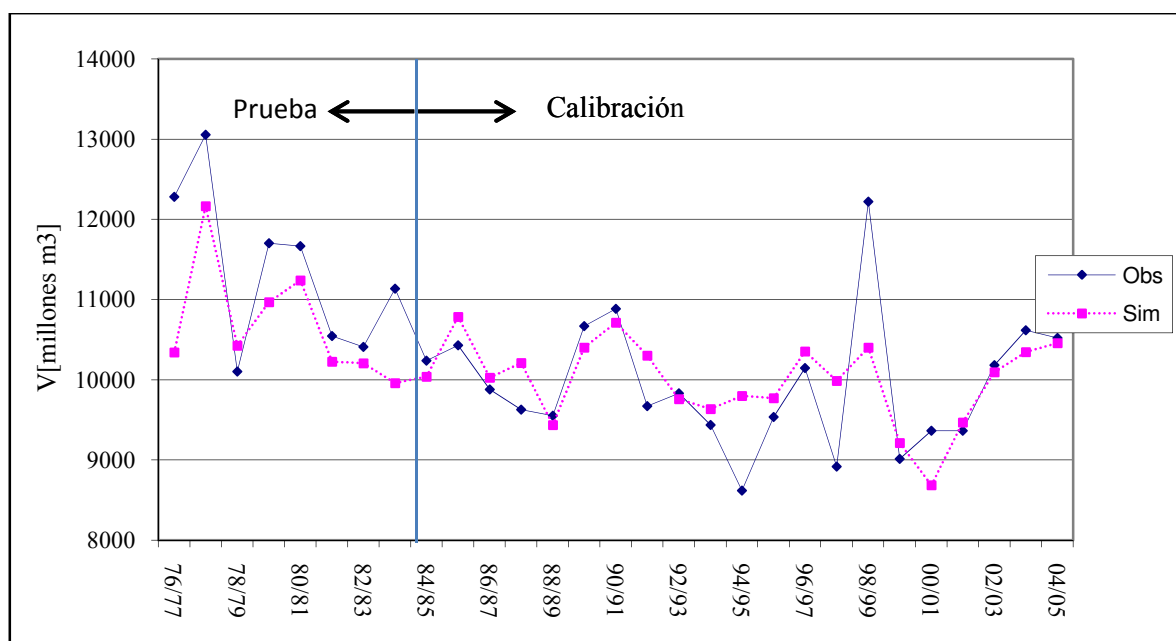


Gráfico 20: Ajuste modelo MRM5vii Pascua Desagüe Lago O'Higgins

El ajuste que se obtiene con el modelo MRM5vii es mejor a los que se observaron mediante la misma metodología en las sub-cuencas del Baker, sin embargo, no logra explicar bien los volúmenes peak de los años 1994/1995 y 1998/1999.

A modo referencial y para tener un orden de magnitud del cambio que generan en el modelo las precipitaciones de deshielo es que se incluye dicha variable en el análisis, generando una regresión múltiple entre las variables del modelo óptimo seleccionado MRM5vii y las precipitaciones de deshielo

del año actual. El procedimiento que se sigue es el explicado en la metodología; el de los coeficientes  $\beta$  descartando las variables con coeficientes negativos o cercanos a 0.

Tabla 48: Evaluación modelos regresiones múltiples Pascua Desagüe Lago O'Higgins con Pp deshielo

| Indicador             | Conjunto                | MRMvii | MRMix |
|-----------------------|-------------------------|--------|-------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.76   | 0.23  |
|                       | Conjunto de calibración | 0.61   | 0.66  |
|                       | Total de datos          | 0.77   | 0.65  |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.29   | 0.62  |
|                       | Conjunto de calibración | 0.62   | 0.59  |
|                       | Total de datos          | 0.43   | 0.60  |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 5.82   | 7.05  |
|                       | Conjunto de calibración | 4.44   | 4.87  |
|                       | Total de datos          | 4.77   | 5.50  |

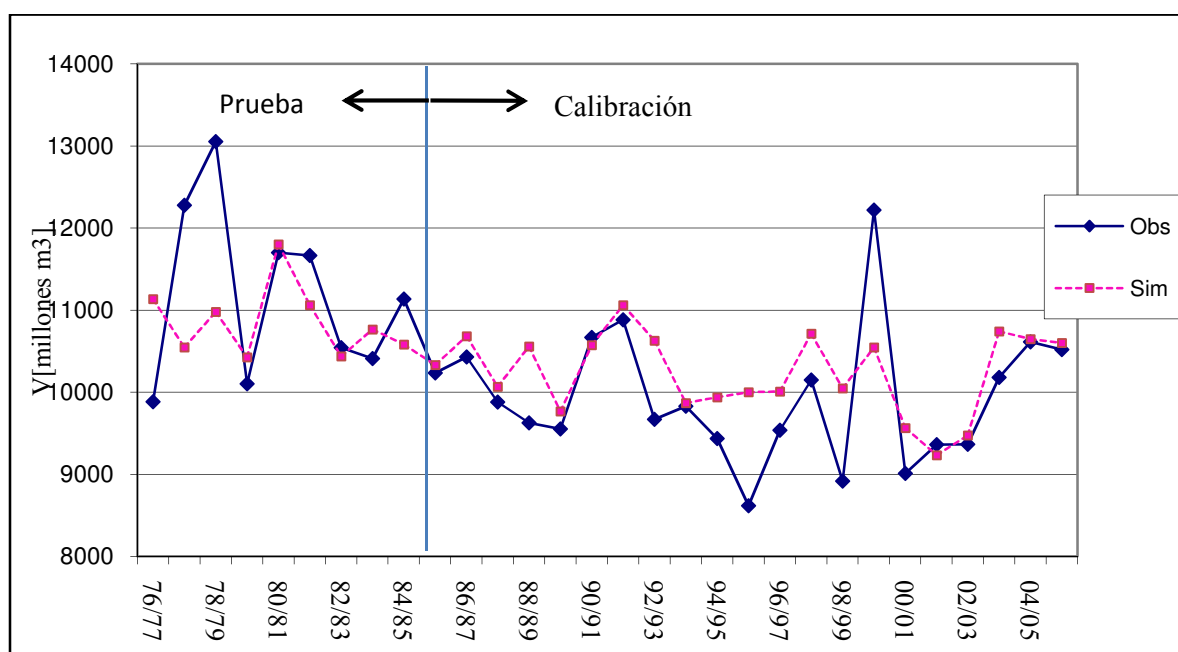


Gráfico 21: Ajuste Modelo MRM5ix Pascua Desagüe Lago O'Higgins

Del análisis anterior se tiene que al incluir las precipitaciones de deshielo del año en curso disminuye la importancia de las precipitaciones de deshielo del año anterior, por lo que se obtiene como modelo óptimo el MRM5vii. Los resultados del modelo MRMix no tienen sentido físico, pues debido a las magnitudes de las precipitaciones de deshielo en la zona, al incluirlas, los modelos deberían mejorar su desempeño y no

empeorarlo, como consecuencia de esto se realiza un análisis extra para encontrar la explicación a ésta interrogante.

Además no se logra simular los volúmenes peak de los años 1994/1995 y 1998/1999, de ser estos valores consecuencias de las precipitaciones de deshielo en la zona, la respuesta al mal desempeño de los modelos en estos años es que dicha estadística no es confiable. O bien estos valores peak pueden deberse a variaciones en las masas glaciares de la zona, de las cuales no se tiene registro.

### 4.1.3.2 Componentes Principales

Para el análisis de las componentes principales se consideraron las variables de la Tabla 45 con lo cual se obtuvo la matriz de coeficientes de las componentes principales, los valores propios de estos vectores (CP) y las varianzas explicadas por cada uno de ellos (Tabla 49 y Tabla 50), en base a los coeficientes de las componentes principales se obtiene que cada una de estas variables es una combinación lineal de prácticamente todas las series con que se cuenta, por lo que carecen de sentido físico. Esto significa que las variables se encuentran interrelacionadas entre sí, y que por tanto no cumplen con ser independientes. Mediante estos resultados se descartan las variables que no son independientes o que no son relevantes. En el Gráfico 22 se presentan las 6 componentes que explican en conjunto un 98% de la varianza total y en las se presentan los coeficientes de las componentes principales y las varianzas.

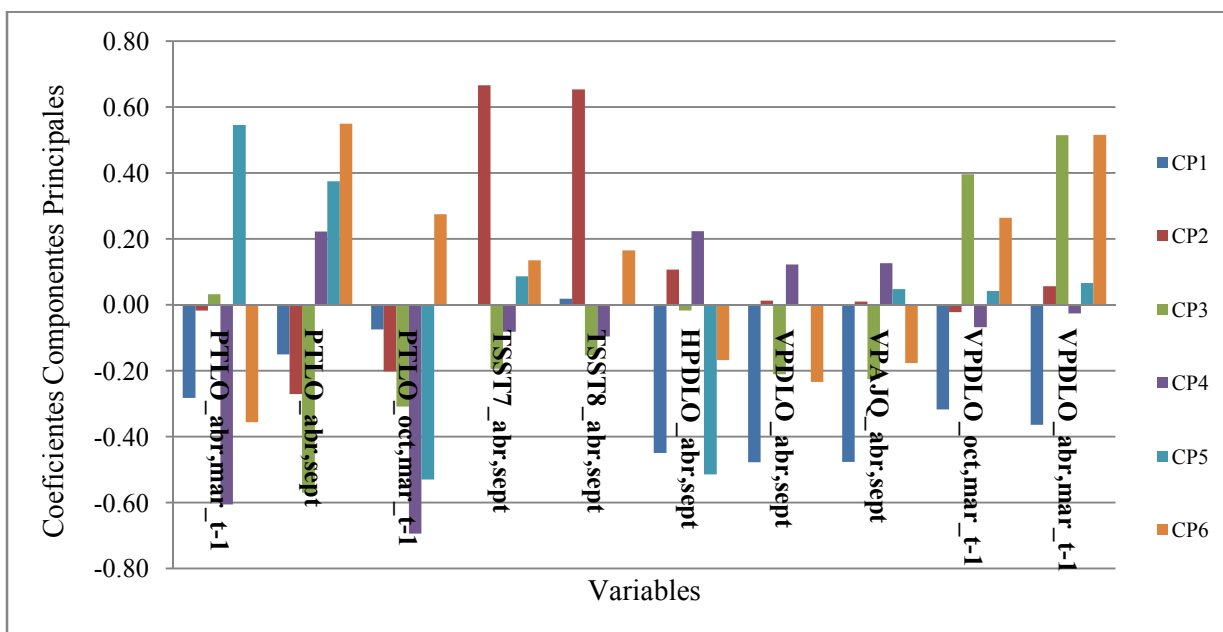


Gráfico 22: Composición componentes principales Pascua Desagüe Lago O'Higgins

Tabla 49: Coeficientes Componentes Principales Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Variables                     | CP1   | CP2   | CP3   | CP4   | CP5   | CP6   | CP7   | CP8   | CP9   | CP10  |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>TLO abr,mar t-1</sub>  | -0.28 | -0.02 | 0.03  | -0.61 | 0.55  | -0.36 | -0.35 | 0.04  | -0.03 | -0.03 |
| P <sub>TLO abr,sept</sub>     | -0.15 | -0.27 | -0.57 | 0.22  | 0.38  | 0.55  | -0.25 | 0.14  | -0.02 | -0.06 |
| P <sub>TLO oct,mar t-1</sub>  | -0.08 | -0.20 | -0.31 | -0.69 | -0.53 | 0.28  | 0.13  | -0.05 | 0.04  | 0.02  |
| T <sub>SST7 abr,sept</sub>    | 0.00  | 0.67  | -0.19 | -0.08 | 0.09  | 0.14  | 0.02  | 0.08  | 0.66  | 0.22  |
| T <sub>SST8 abr,sept</sub>    | 0.02  | 0.65  | -0.15 | -0.10 | 0.00  | 0.16  | 0.02  | 0.02  | -0.68 | -0.23 |
| H <sub>PDLO abr,sept</sub>    | -0.45 | 0.11  | -0.02 | 0.22  | -0.51 | -0.17 | -0.64 | 0.18  | 0.01  | 0.00  |
| V <sub>PDLO abr,sept</sub>    | -0.48 | 0.01  | -0.21 | 0.12  | 0.00  | -0.23 | 0.42  | -0.09 | 0.21  | -0.65 |
| V <sub>PAJQ abr,sept</sub>    | -0.48 | 0.01  | -0.23 | 0.13  | 0.05  | -0.18 | 0.33  | -0.21 | -0.24 | 0.68  |
| V <sub>PDLO oct,mar t-1</sub> | -0.32 | -0.02 | 0.40  | -0.07 | 0.04  | 0.26  | 0.29  | 0.76  | -0.04 | 0.07  |
| V <sub>PDLO abr,mar t-1</sub> | -0.36 | 0.06  | 0.51  | -0.03 | 0.07  | 0.52  | -0.10 | -0.56 | 0.06  | -0.06 |

Tabla 50: Varianzas Componentes Principales Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Variables | Varianzas | Varianza[%] | Varianza Acum.[%] |
|-----------|-----------|-------------|-------------------|
| CP1       | 4.5       | 43.04       | 43.04             |
| CP2       | 2.07      | 19.81       | 62.85             |
| CP3       | 1.63      | 15.56       | 78.41             |
| CP4       | 1.22      | 11.69       | 90.1              |
| CP5       | 0.57      | 5.46        | 95.55             |
| CP6       | 0.27      | 2.55        | 98.1              |
| CP7       | 0.13      | 1.2         | 99.3              |
| CP8       | 0.05      | 0.52        | 99.82             |
| CP9       | 0.01      | 0.13        | 99.94             |
| CP10      | 0.01      | 0.06        | 100               |

De acuerdo al procedimiento explicado en la metodología se calibró un modelo de regresiones múltiples con las 6 componentes principales que en conjunto explican un 98% de la varianza (MCP1), y luego a modo referencial se calibra un modelo con las 10 componentes principales en análisis. Los resultados se entregan en las Tabla 51 y Tabla 52.

Tabla 51: Coeficientes Modelos ACP Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Modelo      | Variables    | Coeficiente | R    |
|-------------|--------------|-------------|------|
| <b>MCP1</b> | CP1          | -0.15       | 0.75 |
|             | CP2          | 0.06        |      |
|             | CP3          | -0.33       |      |
|             | CP4          | 0.06        |      |
|             | CP5          | -0.18       |      |
|             | CP6          | 0.21        |      |
|             | Intercepción | -0.04       |      |

Tabla 52: Evaluación Modelo MCP1 Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Indicador             | Conjunto                | MCP1 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.83 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.70 |
|                       | Total de datos          | 0.75 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.44 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.51 |
|                       | Total de datos          | 0.47 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 8.15 |
|                       | Conjunto de calibración | 4.02 |
|                       | Total de datos          | 5.01 |

De los resultados se ve que no se obtienen buenos ajustes mediante las componentes principales y que ni siquiera incluyendo todos los vectores propios (CP), es decir, todas las variables se obtiene un ajuste adecuado, de hecho el coeficiente de correlación disminuye de 0.75 a 0.72 al incluir más variables al análisis producto del error en el conjunto de prueba.

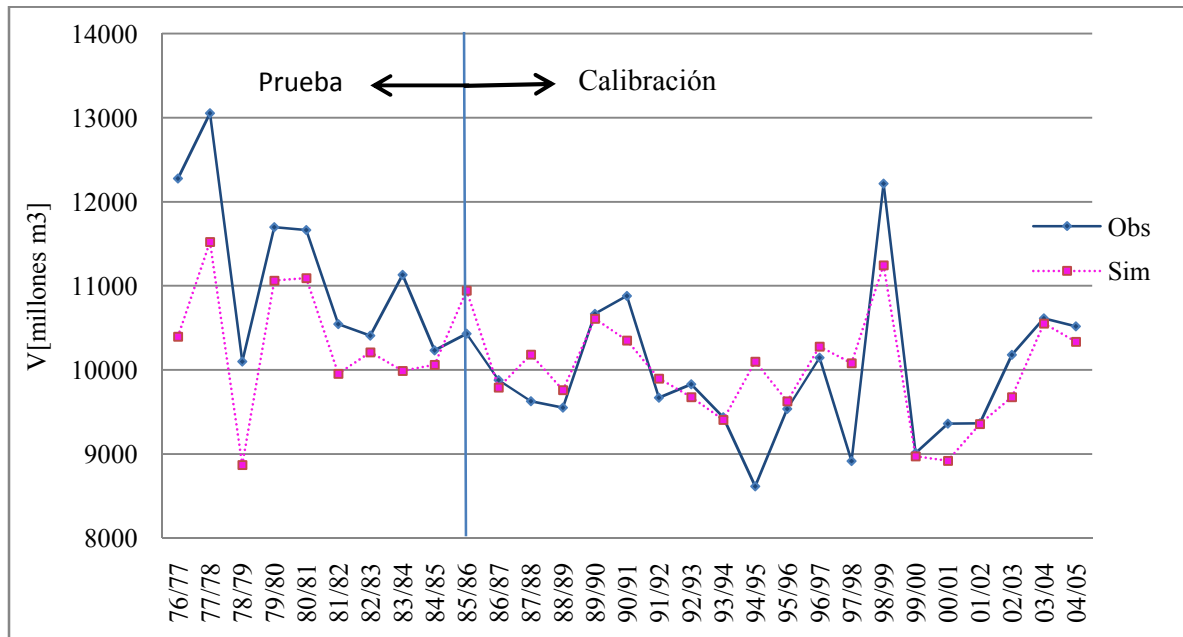


Gráfico 23: Ajuste Modelo MCP2 Pascua Desagüe Lago O'Higgins

### 4.1.3.3 Modelos de Redes Neuronales

Para calibrar los modelos de redes neuronales se consideraron como variables de entrada las que resultaron del modelo óptimo según las regresiones múltiples. Se probó distintas arquitecturas; se fijó el número de neuronas de la capa de entrada y de la capa de salida; y se iteró sobre el número de neuronas de la capa oculta. La evaluación de las distintas configuraciones del modelo se muestra en la Tabla 53, y el desempeño del modelo de arquitectura óptima se presenta en la Tabla 54.

Tabla 53: Resultados modelos redes neuronales Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Modelo Tipo | Variables                    | N° Neuronas Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|------------------------------|-------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN1        | P <sub>TLO_abr,sep</sub>     | 2                       | 0.87 | 0,35 | 0.38   | 5              |
|             | P <sub>TLO_oct,mar_t-1</sub> | 3                       | 0.94 | 0,28 | 0.19   | 3.71           |
|             | H <sub>PDLO_abr,sep</sub>    | 4                       | 0.97 | 0,15 | 0.13   | 2.82           |
|             | V <sub>PDLO_abr,sep</sub>    | 5                       | 0.95 | 0,18 | 0.18   | 3.18           |

Tabla 54: Evaluación modelo MRN1 Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Indicador             | Conjunto                | MRN1 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.85 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.99 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.99 |
|                       | Total de datos          | 0.97 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.33 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.23 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.06 |
|                       | Total de datos          | 0.13 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 6.65 |
|                       | Conjunto de validación  | 2.58 |
|                       | Conjunto de calibración | 2.13 |
|                       | Total de datos          | 2.82 |

Por tanto se escogió el modelo de redes neuronales con 4 neuronas en la capa oculta, con el que se logró un R de 0.97 y un ECMN de 0.15. En el Gráfico 24 se entrega el ajuste del modelo MRN1.

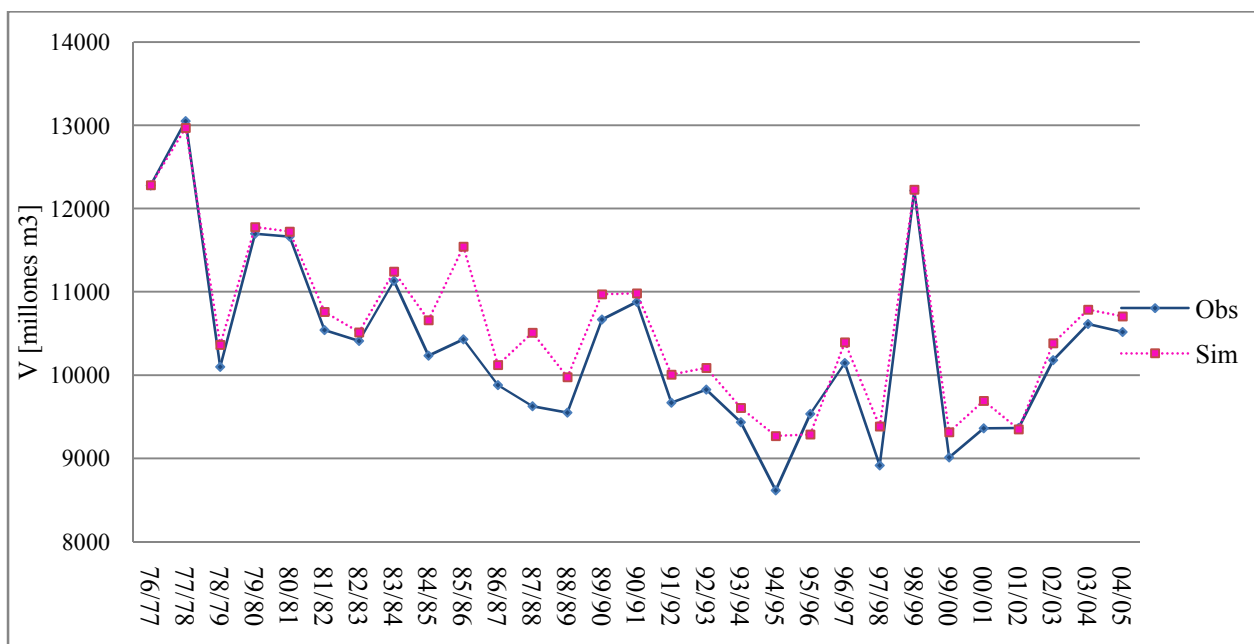


Gráfico 24: Ajuste Modelo MRN1 Pascua Desagüe Lago O'Higgins

El modelo MRN1 se ajusta muy bien a los volúmenes observados, solo se sobreestima ligeramente los valores de algunos años. Por otra parte el modelo logra simular bastante bien el peak del año 1998/1999, no así el del año 1994/1995.

Luego se calibra un nuevo modelo de redes neuronales pero incluyendo las precipitaciones de deshielo del año en curso, es decir las variables de entrada del modelo óptimo MRM5viii. Los desempeños del modelo con distinto número de neuronas en la capa oculta se entrega en la Tabla 55, la evaluación del modelo de arquitectura óptimo se presenta en la Tabla 56 y el ajuste del mismo en el Gráfico 25.

Tabla 55: Resultados modelos redes neuronales Pascua Desagüe Lago O'Higgins con Pp deshielo

| Modelo Tipo | Variables                 | Nº N Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|---------------------------|------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN2        | P <sub>TLO</sub> oct,mar  | 2                | 0.87 | 0.35 | 0.65   | 4.73           |
|             | P <sub>TLO</sub> abr,sep  | 3                | 0.85 | 0.39 | 0.61   | 5.1            |
|             | H <sub>PDLO</sub> abr,sep | 4                | 0.91 | 0.26 | 0.74   | 3.71           |
|             | V <sub>PDLO</sub> abr,sep | 5                | 0.9  | 0.38 | 0.62   | 4.36           |

Tabla 56: Evaluación Modelo MRN2 Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Indicador             | Conjunto                | MRN2 |
|-----------------------|-------------------------|------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.85 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.99 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.92 |
|                       | Total de datos          | 0.91 |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.35 |
|                       | Conjunto de validación  | 0.36 |
|                       | Conjunto de calibración | 0.23 |
|                       | Total de datos          | 0.26 |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 5.96 |
|                       | Conjunto de validación  | 2.23 |
|                       | Conjunto de calibración | 3.56 |
|                       | Total de datos          | 3.71 |

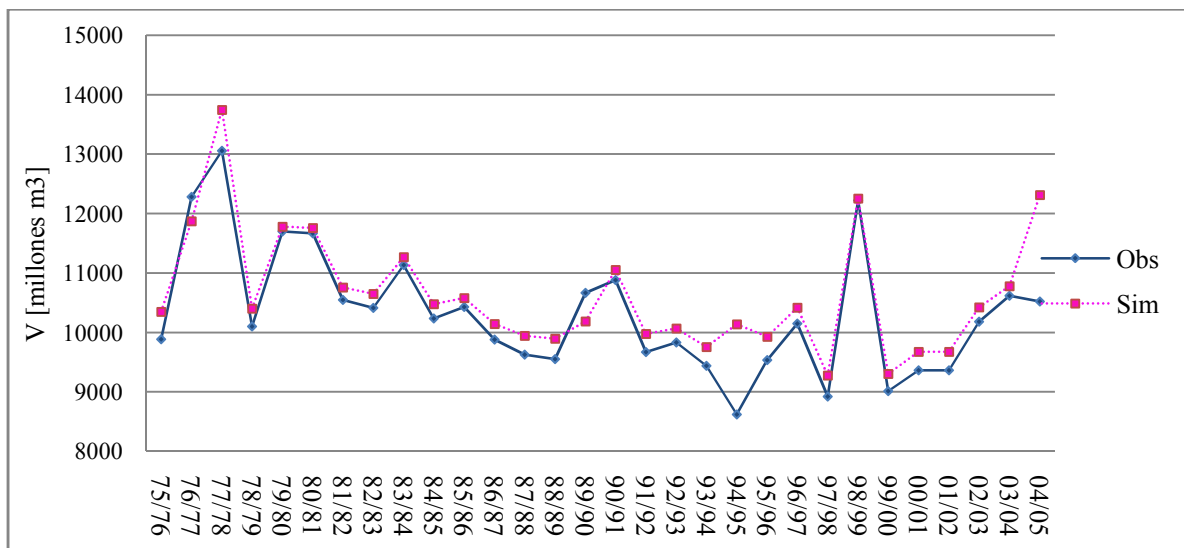


Gráfico 25: Ajuste MRN2Pascua Desagüe Lago O'Higgins

En este caso nuevamente el modelo logra simular el volumen peak en el año 1998/1999, no así el del año 1994/1995. Al revisar la estadística de precipitaciones de deshielo se observa un leve incremento de los registros en los años 1994/1995 y 1998/1999, lo que explicaría en parte la mejora en la simulación de 1998/1999, pero no la del 1994/1995.

De acuerdo a los resultados anteriores se tiene que en todos los casos al incluir en el análisis las precipitaciones de deshielo los modelos de predicción empeoran sus resultados, por lo que se realiza un análisis extra para buscar las causas.

#### 4.1.3.4 Análisis comportamiento anómalo de las precipitaciones en la cuenca del Pascua. Comparación con modelo sin precipitaciones

En primer lugar se verifica la bondad de los datos de precipitaciones en Tenencia Lago O'Higgins rellenados mediante la Curva Doble Acumulada, con estación patrón los volúmenes en Pascua Desagüe Lago O'Higgins.

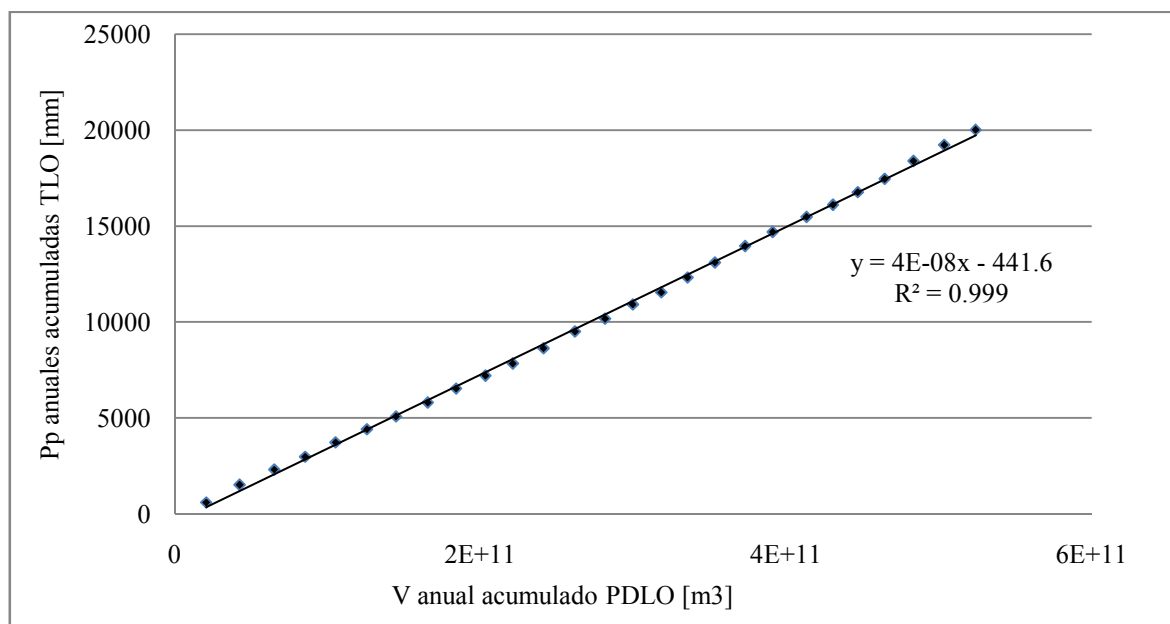


Gráfico 26: Curva Doble Acumulada Pp. TLO y Vol. PDLO

A través de la curva doble acumulada se ve que las precipitaciones anuales en general son consistentes, pues se puede apreciar una línea recta que une todos los puntos, por lo que a priori no se puede indicar que los datos rellenados sean erróneos. Luego se estudian las correlaciones existentes entre las precipitaciones tanto pluviales como las de deshielo versus los volúmenes escurridos en Pascua Desagüe Lago O'Higgins.

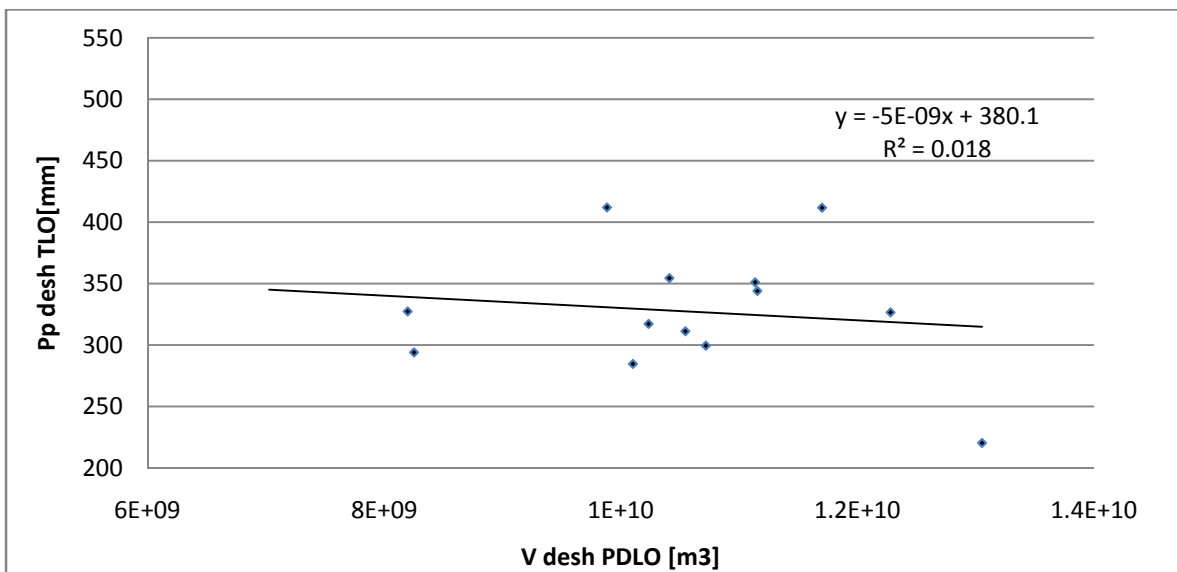


Gráfico 27: Pp. deshielo TLO versus Vol. DESH. PDLO

Del Gráfico 27 en que se ilustran las precipitaciones de deshielo observadas en Tenencia Lago O'Higgins versus los volúmenes de deshielo escurridos en Pascua Desagüe Lago O'Higgins, se tiene que de los pocos puntos con que se cuenta hay varios que se alejan de la tendencia, de hecho la línea de regresión tiene pendiente negativa, lo que es imposible, pues está indicando que a medida que más precipita los volúmenes son menores. Se reitera que los puntos observados en el gráfico son valores medidos en la estación, es decir, no rellenados, luego se concluye que las precipitaciones de deshielo registradas no son confiables. Se repite el procedimiento con las precipitaciones pluviales y los volúmenes pluviales en las mismas estaciones.

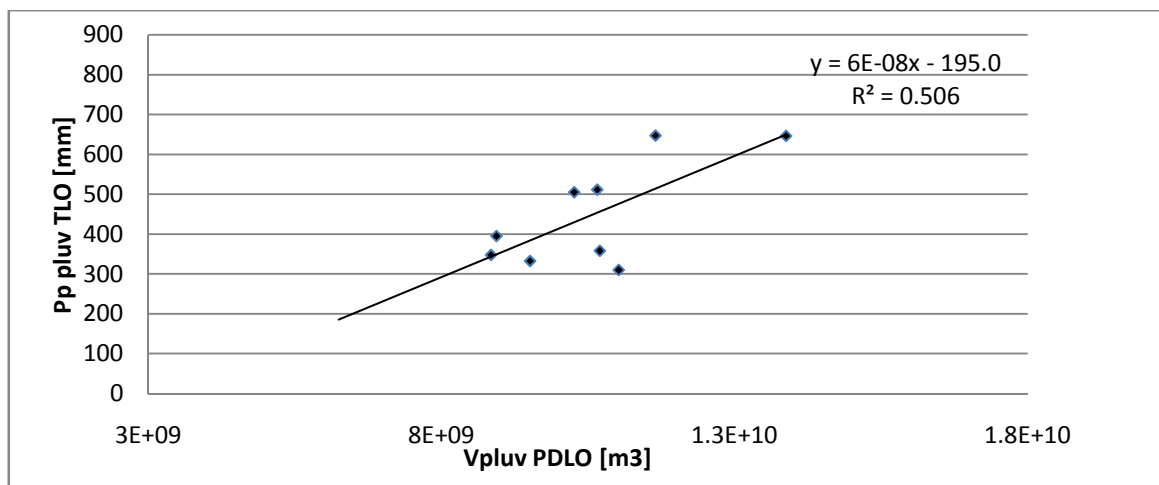


Gráfico 28: Pp. pluviales TLO versus Vol. Pluv PDLO

Las precipitaciones pluviales registradas en Tenencia Lago O'Higgins si bien son pocas presentan correlaciones mejores con el volumen pluvial que escurrió por Pascua Desagüe Lago O'Higgins. Por lo que en primera instancia se concluye que las precipitaciones de deshielo registradas no son representativas.

Luego se prueba el análisis de los coeficientes  $\beta$  para generar los modelos de regresiones múltiples sin utilizar las precipitaciones medidas y rellenadas de Tenencia Lago O'Higgins, con el fin de comparar los resultados que se obtienen con cada conjunto de datos de entrada. En este caso las variables en estudio son las de la Tabla 57.

Tabla 57: Variables Modelos Pascua Desagüe Lago O'Higgins sin precipitaciones

| Tipo Variable           | Variables                | Promedio | Desviación Estándar | CV   |
|-------------------------|--------------------------|----------|---------------------|------|
| Altura Limnográfica [m] | $H_{PDLO\_abr,sept}$     | 2.5      | 0.4                 | 0.20 |
| Temperaturas [°C]       | $T_{SST7\_abr,sept}$     | 9.2      | 0.4                 | 0.04 |
|                         | $T_{SST8\_abr,sept}$     | 8.5      | 0.3                 | 0.04 |
| Volúmenes [millones m3] | $V_{PDLO\_abr,sept}$     | 9400     | 1000                | 0.10 |
|                         | $V_{PAJQ\_abr,sept}$     | 10000    | 1000                | 0.10 |
|                         | $V_{PDLO\_oct,mar\_t-1}$ | 10000    | 1200                | 0.10 |

Posteriormente se analizan los modelos de acuerdo a la metodología de los coeficientes de regresión reducidos  $\beta$  descartando las variables menos influyentes en el fenómeno en estudio.

Tabla 58: Coeficientes de correlación reducidos Pascua Desagüe Lago O'Higgins sin precipitaciones

| Coeficientes beta |                     |                     |                     |                     |                     |                          |                          |           |      |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|------|
| Modelo            | $T_{SST7\_abr,sep}$ | $T_{SST8\_abr,sep}$ | $H_{PDLO\_abr,sep}$ | $V_{PDLO\_abr,sep}$ | $V_{PAJQ\_abr,sep}$ | $V_{PDLO\_oct,mar\_t-1}$ | $V_{PDLO\_abr,mar\_t-1}$ | Constante | R    |
| MRM3i             | 0.77                | -0.62               |                     |                     |                     |                          |                          | -6.57E-16 | 0.19 |
| MRM4i             | 0.51                | 0.59                | -0.51               |                     |                     |                          |                          | -2.05E-15 | 0.54 |
| MRM4ii            | 0.08                |                     | 0.51                |                     |                     |                          |                          | -3.36E-16 | 0.53 |
| MRM5i             | 0.09                |                     | 0.41                | 0.10                | 0.03                |                          |                          | -9.47E-17 | 0.54 |
| MRM5ii            |                     |                     | 0.44                | 0.07                | 0.03                |                          |                          | -7.19E-16 | 0.53 |
| MRM5iii           |                     |                     | 0.50                | -0.10               | 0.20                | 0.16                     | -0.24                    | 3.49E-03  | 0.54 |
| MRM5iv            |                     |                     | 0.47                | 0.10                | 0.00                | -0.05                    |                          | -8.81E-16 | 0.53 |
| MRM5v             |                     |                     | 0.44                | 0.07                | 0.03                |                          |                          | -7.19E-16 | 0.53 |
| MRM5vi            |                     |                     | 0.44                | 0.10                |                     |                          |                          | -7.75E-16 | 0.53 |
| MRM5vii           |                     |                     | 0.44                |                     | 0.10                |                          |                          | -5.76E-16 | 0.53 |

Del análisis de los coeficientes  $\beta$  sin precipitaciones se tiene que los coeficientes de correlación son mucho menores a los obtenidos al incluir dicha variable, por lo que finalmente se decide utilizar los modelos con precipitaciones, pero sin incluir los registros entre los meses de octubre y marzo del año actual por no ser confiables. Es decir, se recomienda el modelo MRN1 para el pronóstico de Pascua Desagüe Lago O'Higgins.

## 4.2 Distribución mensual del volumen de deshielo

En este subcapítulo se determinan los volúmenes mensuales en el período de deshielo para los tres puntos de pronóstico, lo que se realiza según el procedimiento explicado en la metodología;

1. A través de curvas adimensionales promedio del volumen mensual en porcentaje del volumen de deshielo.
2. A través de curvas adimensionales promedio del caudal mensual en porcentaje del caudal máximo.

Se calcularon las probabilidades de excedencia del volumen para cada estación mediante la fórmula de Weibull, considerando solo los años con estadística completa, o años con a lo más un mes perteneciente al período abril- septiembre rellenado. En el Gráfico 29, el Gráfico 30 y el Gráfico 31 se muestran las probabilidades de excedencia del volumen para las 3 estaciones en cuestión y se clasifican en años húmedos (Prob Exc <30%), normales ( $30\% \leq \text{Prob. Exc} \leq 70\%$ ) y secos (Prob. Exc. >70%). Los porcentajes de categorización se adoptaron por ser los típicamente usados en los pronósticos en Chile, y por resultar adecuados en las cuencas del Baker y del Pascua. Se incluye en la Tabla 59 los valores de los volúmenes de corte de la clasificación ya mencionada.

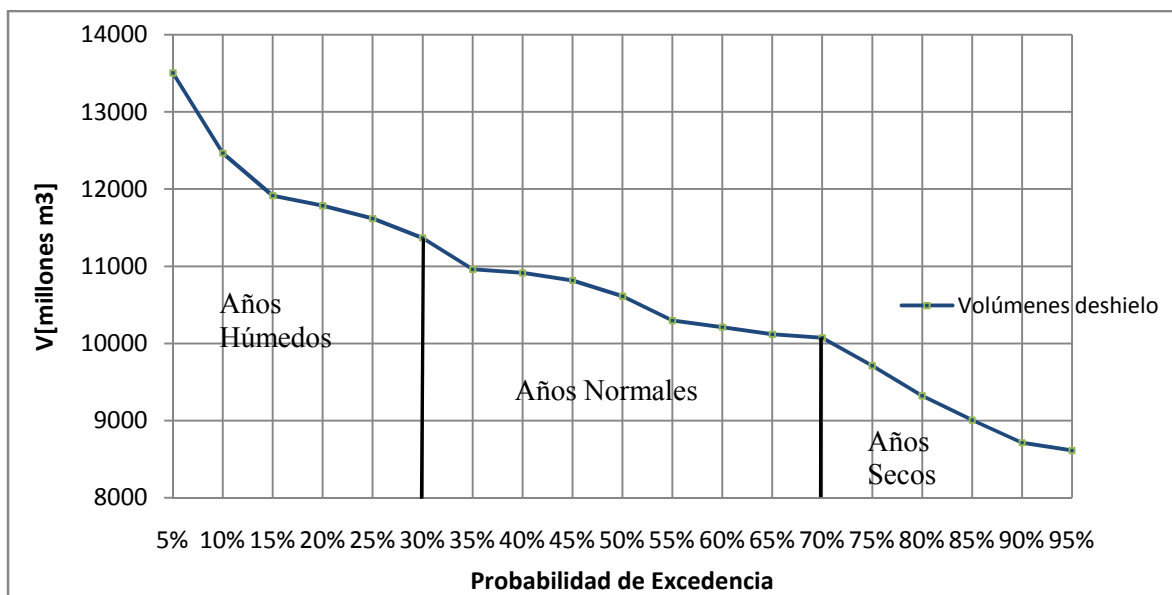


Gráfico 29: Curva de Probabilidad de Excedencia Baker Angostura Chacabuco

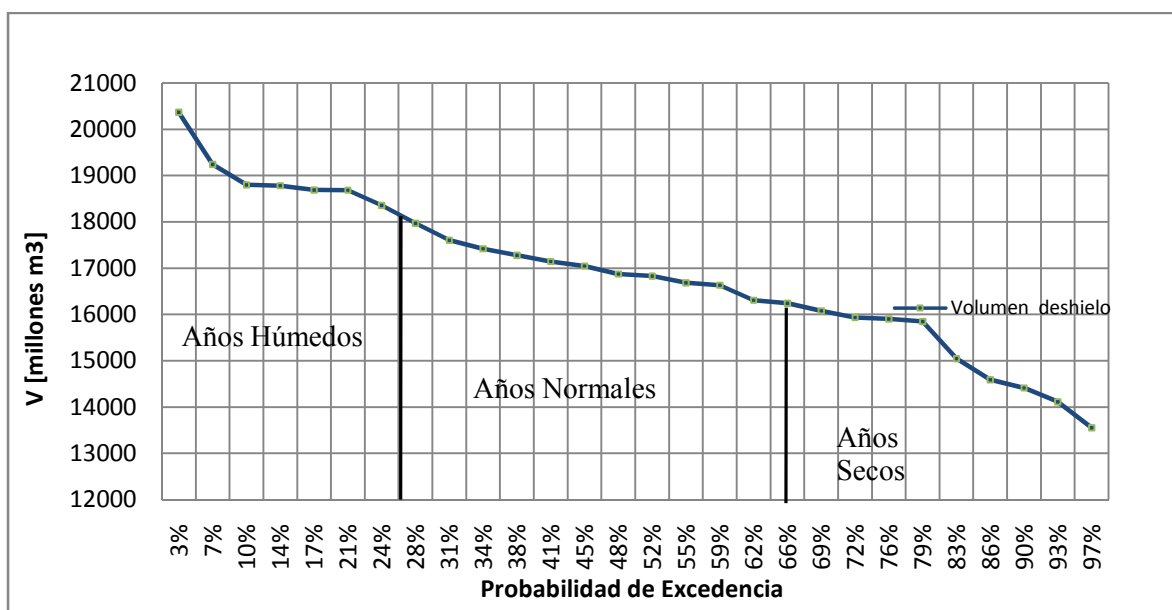


Gráfico 30: Curva de Probabilidad De Excedencia Baker Bajo Los Ñadis

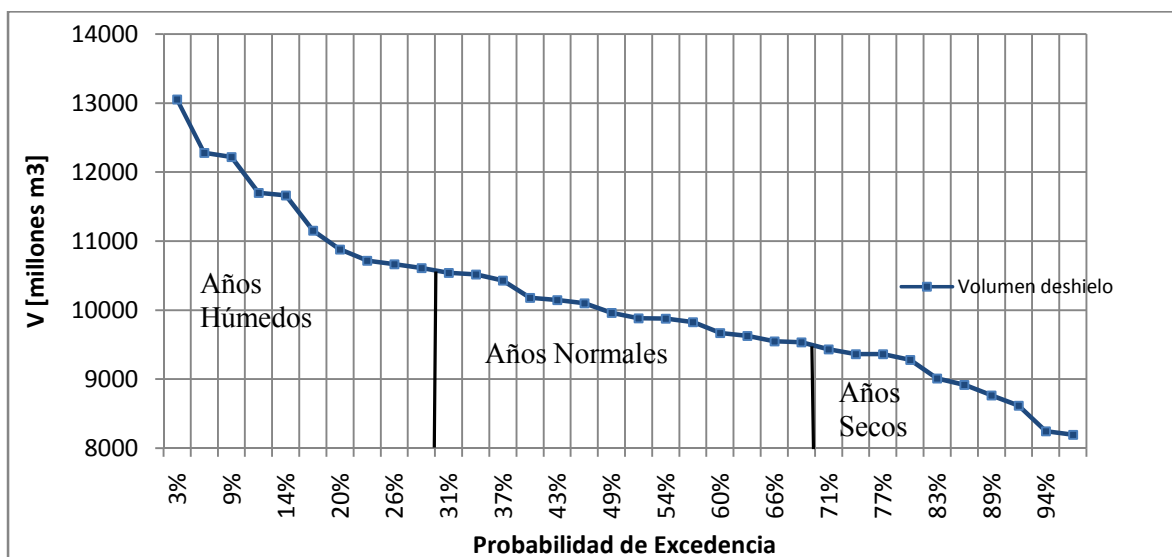


Gráfico 31: Curva de Variación Estacional Pascua Desagüe Lago O'Higgins

Tabla 59: Clasificación tipos de año en puntos de control

| Estación                         | V [millones m3]<br>prob exc $\leq 30\%$ | V [millones m3]<br>prob. exc. $> 70\%$ |
|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| Baker<br>Angostura<br>Chacabuco  | 11367                                   | 10072                                  |
| Baker Bajo los<br>Ñadis          | 17605                                   | 15935                                  |
| Pascua Desagüe<br>Lago O'Higgins | 10614                                   | 9535                                   |

#### 4.2.1 Determinación del volumen mensual como porcentaje del volumen total de deshielo

Se realizó la clasificación explicada en el punto 4.2 para las 3 estaciones, con lo que se seleccionaron los años tipo de cada una de ellas. En la tabla 51 se entrega el ordenamiento para la estación Baker Angostura Chacabuco.

Luego se agruparon los volúmenes de deshielo según tipo de año y se calcularon los coeficientes que indican el porcentaje del volumen total de deshielo de cada año que corresponde a cada mes, los que se promediaron para obtener los coeficientes mensuales. En la Tabla 61 se entregan los coeficientes mensuales y las desviaciones estándar de los mismos.

Tabla 60: Clasificación según probabilidad de excedencia en Baker Angostura Chacabuco

| Años Secos | Años Normales | Años Húmedos |
|------------|---------------|--------------|
| 86/87      | 78/79         | 77/78        |
| 87/88      | 81/82         | 79/80        |
| 88/89      | 83/84         | 80/81        |
| 93/94      | 85/86         | 96/97        |
|            | 91/92         | 98/99        |
|            | 92/93         |              |
|            | 94/95         |              |
|            | 95/96         |              |
|            | 97/98         |              |

Tabla 61: Coeficientes de distribución mensuales Baker Angostura Chacabuco

| Tipo Años     | Año                   | OCT         | NOV         | DIC         | ENE         | FEB         | MAR         |
|---------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Años Húmedos  | 77/78                 | 13.8        | 15.2        | 16.6        | 19.0        | 16.9        | 18.5        |
|               | 79/80                 | 11.4        | 13.3        | 16.1        | 20.4        | 18.5        | 20.3        |
|               | 80/81                 | 11.9        | 12.4        | 18.8        | 20.0        | 18.7        | 18.2        |
|               | 96/97                 | 14.4        | 14.9        | 17.2        | 19.8        | 16.9        | 16.8        |
|               | 98/99                 | 14.0        | 14.9        | 17.7        | 19.9        | 16.8        | 16.7        |
|               | <b>Coef [%]</b>       | <b>13.1</b> | <b>14.1</b> | <b>17.3</b> | <b>19.8</b> | <b>17.6</b> | <b>18.1</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>1.4</b>  | <b>1.2</b>  | <b>1.1</b>  | <b>0.5</b>  | <b>1.0</b>  | <b>1.5</b>  |
| Años Normales | 78/79                 | 10.1        | 11.7        | 17.3        | 20.5        | 20.1        | 20.3        |
|               | 81/82                 | 12.5        | 14.5        | 15.5        | 18.8        | 18.6        | 20.1        |
|               | 83/84                 | 10.6        | 11.9        | 17.0        | 20.8        | 20.1        | 19.7        |
|               | 85/86                 | 11.9        | 12.8        | 16.4        | 19.9        | 19.2        | 19.7        |
|               | 91/92                 | 12.4        | 14.6        | 16.8        | 19.2        | 18.0        | 19.0        |
|               | 92/93                 | 10.4        | 12.6        | 17.4        | 18.3        | 20.3        | 21.2        |
|               | 94/95                 | 12.8        | 13.7        | 17.6        | 19.7        | 18.1        | 18.2        |
|               | 95/96                 | 12.4        | 13.8        | 18.7        | 18.9        | 17.5        | 18.7        |
|               | 97/98                 | 14.8        | 15.2        | 16.5        | 18.1        | 16.7        | 18.6        |
|               | <b>Coef [%]</b>       | <b>12.0</b> | <b>13.4</b> | <b>17.0</b> | <b>19.4</b> | <b>18.7</b> | <b>19.5</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>1.5</b>  | <b>1.2</b>  | <b>0.9</b>  | <b>0.9</b>  | <b>1.3</b>  | <b>0.9</b>  |
| Años Secos    | 86/87                 | 13.2        | 13.5        | 15.1        | 18.6        | 19.0        | 20.5        |
|               | 87/88                 | 12.9        | 15.1        | 17.8        | 18.9        | 17.7        | 17.7        |
|               | 88/89                 | 10.0        | 13.6        | 16.5        | 20.3        | 18.9        | 20.6        |
|               | 93/94                 | 14.7        | 14.2        | 15.7        | 18.8        | 17.6        | 19.0        |
|               | <b>Coef [%]</b>       | <b>12.7</b> | <b>14.1</b> | <b>16.3</b> | <b>19.2</b> | <b>18.3</b> | <b>19.4</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>1.9</b>  | <b>0.7</b>  | <b>1.2</b>  | <b>0.8</b>  | <b>0.7</b>  | <b>1.4</b>  |

Del mismo modo se clasificaron los años con estadística completa en Baker Bajo Los Ñadis de acuerdo a su probabilidad de excedencia, lo que se entrega en la Tabla 62. Siguiendo la metodología se calcularon los coeficientes porcentuales mensuales y las desviaciones estándar de ellos los que se exponen en la Tabla 62.

Tabla 62: Clasificación según probabilidad de excedencia en Baker Bajo Los Ñadis

| Años Secos | Años Normales | Años Húmedos |
|------------|---------------|--------------|
| 84/85      | 75/76         | 76/77        |
| 87/88      | 78/79         | 77/78        |
| 88/89      | 81/82         | 79/80        |
| 93/94      | 82/83         | 80/81        |
| 97/98      | 83/84         | 90/91        |
| 99/00      | 85/86         | 92/93        |
| 01/02      | 86/87         | 96/97        |
|            | 89/90         | 02/03        |
|            | 91/92         |              |
|            | 94/95         |              |
|            | 95/96         |              |
|            | 00/01         |              |
|            | 04/05         |              |

Tabla 63: Coeficientes de Distribución Mensuales Baker Bajo Los Ñadis

| Tipo Años     | Año                   | OCT         | NOV         | DIC         | ENE         | FEB         | MAR         |
|---------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Años Húmedos  | 76/77                 | 10.5        | 12.4        | 15.4        | 23.1        | 18.6        | 20.1        |
|               | 77/78                 | 14.2        | 14.6        | 17.4        | 19.3        | 17.0        | 17.5        |
|               | 79/80                 | 10.5        | 14.1        | 16.6        | 22.4        | 17.4        | 19.0        |
|               | 80/81                 | 11.1        | 12.8        | 21.2        | 20.2        | 18.6        | 16.2        |
|               | 90/91                 | 14.5        | 14.2        | 16.6        | 19.1        | 17.5        | 18.0        |
|               | 92/93                 | 9.7         | 12.9        | 20.0        | 18.1        | 20.2        | 19.1        |
|               | 96/97                 | 14.3        | 15.5        | 17.9        | 21.1        | 15.9        | 15.2        |
|               | 02/03                 | 11.9        | 13.2        | 17.3        | 19.4        | 16.8        | 21.5        |
|               | <b>Coef [%]</b>       | <b>12.1</b> | <b>13.7</b> | <b>17.8</b> | <b>20.3</b> | <b>17.8</b> | <b>18.3</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>2.0</b>  | <b>1.1</b>  | <b>1.9</b>  | <b>1.7</b>  | <b>1.4</b>  | <b>2.0</b>  |
| Años Normales | 75/76                 | 11.4        | 14.3        | 15.6        | 19.2        | 21.5        | 18.0        |
|               | 78/79                 | 9.8         | 12.6        | 18.5        | 20.9        | 20.2        | 18.0        |
|               | 81/82                 | 11.3        | 15.6        | 15.5        | 20.5        | 17.8        | 19.3        |
|               | 82/83                 | 10.5        | 12.7        | 16.0        | 21.7        | 19.6        | 19.4        |
|               | 83/84                 | 9.8         | 14.0        | 19.1        | 21.2        | 18.7        | 17.2        |
|               | 85/86                 | 11.4        | 13.4        | 17.2        | 21.6        | 18.9        | 17.5        |
|               | 86/87                 | 12.8        | 12.8        | 15.0        | 20.5        | 19.4        | 19.4        |
|               | 89/90                 | 10.2        | 13.2        | 19.5        | 21.2        | 18.7        | 17.2        |
|               | 91/92                 | 11.0        | 15.3        | 15.9        | 20.3        | 18.0        | 19.4        |
|               | 94/95                 | 11.5        | 14.7        | 19.0        | 20.1        | 17.8        | 17.0        |
|               | 95/96                 | 11.6        | 14.0        | 21.3        | 18.1        | 17.7        | 17.3        |
|               | 00/01                 | 10.4        | 10.9        | 17.6        | 20.5        | 20.7        | 19.8        |
|               | 04/05                 | 11.6        | 13.3        | 19.1        | 19.8        | 18.0        | 18.3        |
|               | <b>Coef [%]</b>       | <b>11.0</b> | <b>13.6</b> | <b>17.6</b> | <b>20.4</b> | <b>19.0</b> | <b>18.3</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>0.9</b>  | <b>1.3</b>  | <b>1.9</b>  | <b>1.0</b>  | <b>1.2</b>  | <b>1.0</b>  |
| Años Secos    | 84/85                 | 10.1        | 12.6        | 17.7        | 21.7        | 19.9        | 18.1        |
|               | 87/88                 | 12.4        | 15.7        | 17.8        | 19.3        | 18.2        | 16.6        |
|               | 88/89                 | 9.0         | 16.1        | 17.3        | 20.6        | 18.1        | 18.8        |
|               | 93/94                 | 13.8        | 12.8        | 15.8        | 20.8        | 17.7        | 19.1        |
|               | 97/98                 | 13.6        | 14.4        | 16.5        | 18.6        | 18.1        | 18.8        |
|               | 99/00                 | 14.7        | 16.5        | 18.3        | 19.5        | 16.5        | 14.5        |
|               | 01/02                 | 12.3        | 14.2        | 17.0        | 20.3        | 19.1        | 17.1        |
|               | <b>Coef [%]</b>       | <b>12.3</b> | <b>14.6</b> | <b>17.2</b> | <b>20.1</b> | <b>18.2</b> | <b>17.6</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>2.1</b>  | <b>1.6</b>  | <b>0.9</b>  | <b>1.0</b>  | <b>1.1</b>  | <b>1.6</b>  |

Finalmente se repite el procedimiento para los volúmenes registrados en la estación Pascua Desagüe Lago O'Higgins. La división de la serie en tipos de años se presenta en la Tabla 64, y en la Tabla 65 se muestran los coeficientes calculados y promediados por mes junto con las desviaciones estándar de los mismos.

Tabla 64: Clasificación según probabilidad de excedencia en Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Años Secos | Años Normales | Años Húmedos |
|------------|---------------|--------------|
| 67/68      | 75/76         | 69/70        |
| 68/69      | 78/79         | 70/71        |
| 76/77      | 81/82         | 71/72        |
| 77/78      | 85/86         | 73/74        |
| 79/80      | 86/87         | 94/95        |
| 80/81      | 87/88         | 97/98        |
| 89/90      | 88/89         | 99/00        |
| 90/91      | 91/92         | 00/01        |
| 98/99      | 92/93         | 01/02        |
|            | 95/96         | 06/07        |
|            | 96/97         |              |
|            | 02/03         |              |
|            | 03/04         |              |
|            | 04/05         |              |
|            | 05/06         |              |

Tabla 65: Coeficientes de distribución Mensual Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Tipo Años     | Año                   | OCT         | NOV         | DIC         | ENE         | FEB         | MAR         |
|---------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Años Húmedos  | 67/68                 | 8.4         | 11.2        | 16.5        | 20.8        | 21.3        | 21.8        |
|               | 68/69                 | 11.7        | 11.9        | 16.3        | 18.4        | 19.2        | 22.4        |
|               | 76/77                 | 10.7        | 11.5        | 13.6        | 19.9        | 20.6        | 23.7        |
|               | 77/78                 | 11.5        | 12.7        | 14.7        | 18.9        | 19.0        | 23.2        |
|               | 79/80                 | 9.8         | 10.4        | 13.4        | 19.6        | 22.9        | 23.9        |
|               | 80/81                 | 10.6        | 11.5        | 16.3        | 19.7        | 20.0        | 21.9        |
|               | 89/90                 | 9.5         | 10.8        | 14.8        | 21.3        | 20.4        | 23.1        |
|               | 90/91                 | 11.3        | 11.8        | 14.3        | 18.5        | 19.6        | 24.4        |
|               | 98/99                 | 10.8        | 12.6        | 16.2        | 19.9        | 19.3        | 21.2        |
|               | <b>Coef. [%]</b>      | <b>10.5</b> | <b>11.6</b> | <b>15.1</b> | <b>19.7</b> | <b>20.3</b> | <b>22.8</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>1.1</b>  | <b>0.8</b>  | <b>1.2</b>  | <b>1.0</b>  | <b>1.2</b>  | <b>1.1</b>  |
| Años Normales | 75/76                 | 11.4        | 12.8        | 14.8        | 18.4        | 19.9        | 22.7        |
|               | 78/79                 | 9.9         | 10.3        | 14.0        | 19.1        | 21.8        | 24.8        |
|               | 81/82                 | 10.3        | 11.6        | 14.0        | 17.6        | 20.9        | 25.6        |
|               | 85/86                 | 10.7        | 10.8        | 13.8        | 19.2        | 22.4        | 23.3        |
|               | 86/87                 | 10.6        | 11.5        | 13.2        | 16.9        | 21.9        | 25.9        |
|               | 87/88                 | 10.6        | 12.0        | 15.9        | 18.9        | 20.2        | 22.3        |
|               | 88/89                 | 9.1         | 11.8        | 16.2        | 19.7        | 20.0        | 23.2        |
|               | 91/92                 | 10.7        | 11.8        | 14.6        | 17.4        | 21.1        | 24.4        |
|               | 92/93                 | 9.5         | 10.7        | 15.0        | 18.2        | 20.7        | 25.9        |
|               | 95/96                 | 9.8         | 11.0        | 15.2        | 20.8        | 20.0        | 23.2        |
|               | 96/97                 | 11.1        | 12.0        | 16.5        | 19.7        | 19.6        | 21.2        |
|               | 02/03                 | 10.9        | 12.5        | 14.8        | 17.0        | 17.4        | 27.5        |
|               | 03/04                 | 10.3        | 12.4        | 13.8        | 18.0        | 20.9        | 24.5        |
|               | 04/05                 | 10.0        | 11.2        | 14.8        | 19.6        | 19.8        | 24.6        |
|               | 05/06                 | 10.5        | 12.2        | 14.1        | 17.9        | 20.3        | 25.0        |
|               | <b>Coef. [%]</b>      | <b>10.4</b> | <b>11.6</b> | <b>14.7</b> | <b>18.6</b> | <b>20.5</b> | <b>24.3</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>0.6</b>  | <b>0.7</b>  | <b>0.9</b>  | <b>1.1</b>  | <b>1.2</b>  | <b>1.6</b>  |
| Años Secos    | 66/67                 | 11.1        | 11.4        | 14.1        | 17.9        | 20.7        | 24.9        |
|               | 69/70                 | 11.3        | 11.6        | 15.0        | 16.9        | 18.9        | 26.4        |
|               | 93/94                 | 11.7        | 12.1        | 13.9        | 18.4        | 20.1        | 23.9        |
|               | 94/95                 | 10.2        | 10.9        | 15.0        | 19.4        | 20.4        | 24.0        |
|               | 97/98                 | 11.5        | 12.0        | 13.8        | 17.2        | 19.2        | 26.3        |
|               | 99/00                 | 11.1        | 13.2        | 16.4        | 19.5        | 19.8        | 20.0        |
|               | 00/01                 | 9.1         | 9.8         | 14.1        | 19.5        | 21.4        | 26.1        |
|               | 01/02                 | 10.0        | 13.2        | 16.3        | 18.4        | 19.7        | 22.4        |
|               | 06/07                 | 11.2        | 11.6        | 14.9        | 18.7        | 21.0        | 22.5        |
|               | <b>Coef. [%]</b>      | <b>10.8</b> | <b>11.8</b> | <b>14.8</b> | <b>18.4</b> | <b>20.1</b> | <b>24.0</b> |
|               | <b>Desv. Est. [%]</b> | <b>0.9</b>  | <b>1.1</b>  | <b>1.0</b>  | <b>1.0</b>  | <b>0.8</b>  | <b>2.1</b>  |

En general las mayores dispersiones se ubican en los meses de máximo o mínimo, debido a que dichos valores tienden a ubicarse en distintos meses en la zona, por ejemplo la ocurrencia del volumen máximo en general se adelanta en años secos y se atrasa en años húmedos, involucrando mayores desviaciones en los meses en que se da.

Finalmente se presenta en la Tabla 66 las diferencias porcentuales entre los volúmenes mensuales obtenidos a través de los coeficientes de distribución en función del volumen de deshielo y los volúmenes observados, para las tres estaciones en cuestión.

Tabla 66: Diferencia porcentual de volúmenes mensuales obtenidos mediante curvas de distribución en función del volumen de deshielo

| Diferencia Porcentual de los volúmenes mensuales (%) |      |      |      |     |     |     |
|------------------------------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Estación                                             | OCT  | NOV  | DIC  | ENE | FEB | MAR |
| BACH                                                 | 15.9 | 12.6 | 14.4 | 9.7 | 9.4 | 9.2 |
| BBLÑ                                                 | 10.0 | 7.4  | 7.6  | 4.6 | 5.1 | 6.6 |
| PDLO                                                 | 6.2  | 5.5  | 5.6  | 4.5 | 4.1 | 5.5 |

#### 4.2.2 Determinación del caudal mensual como porcentaje del caudal máximo medio mensual

Para determinar las curvas adimensionales para la distribución del volumen de deshielo en primer lugar se precisó del mes de ocurrencia del caudal máximo. En la zona de interés se da que el caudal máximo ocurre en 2 meses distintos, lo que depende del tipo de año hidrológico y de otros factores meteorológicos tales como la radiación incidente, las precipitaciones de deshielo, etc. Para resolver esta disyuntiva se probó un modelo de redes neuronales, tal como se expresó en la metodología (3.6.2), con ceros y unos. Mediante el modelo se determinó en función de las variables constituyentes del modelo óptimo del volumen de deshielo (MRN1) para cada sección en estudio, en que mes ocurrió el máximo.

##### 4.2.2.1 Determinación del caudal máximo y del mes de ocurrencia de éste en Baker Angostura Chacabuco

Para Baker en Angostura Chacabuco se tiene que el caudal máximo ocurre entre los meses de Enero y Febrero, por lo que se define la salida de la red como 1 cuando dicho valor se da en Enero y 0 cuando se da en Febrero. En la Tabla 67 se muestran los caudales medios mensuales registrados en la estación en los meses de Enero y Febrero. Se presentan sombreados los valores máximos, el valor T (salida) es el número asignado según el mes de ocurrencia del máximo, y el T Modelo Redes Neuronales es el valor entregado por el modelo de redes para conocer o pronosticar el mes en que ocurrirá el caudal máximo.

La arquitectura del modelo que se utilizó por entregar salidas coincidentes con los ejemplos mostrados a la red, está conformada por una capa de entrada compuesta por las variables del modelo óptimo de volumen de deshielo en Baker Angostura Chacabuco (MRMvi); una capa oculta con 3 neuronas; y una capa de salida con una neurona. Dicho modelo se presenta en el Anexo 2 del presente trabajo.

Una vez determinado el mes en que se produce el máximo caudal se procedió a calcular los coeficientes promedio según tipo de años (clasificados de la misma forma que en el subcapítulo anterior, es decir con Weibull), además se calcularon los coeficientes promedio, los que se presentan en la Tabla 68.

Tabla 67: Caudales medios mensuales máximos del periodo de deshielo en Baker Angostura Chacabuco

| Año   | ENE | FEB | T | T Modelo<br>Redes Neuronales |
|-------|-----|-----|---|------------------------------|
| 77/78 | 958 | 942 | 1 | 1                            |
| 78/79 | 813 | 881 | 0 | 0                            |
| 79/80 | 908 | 882 | 1 | 1                            |
| 80/81 | 929 | 966 | 0 | 0                            |
| 81/82 | 758 | 831 | 0 | 0                            |
| 83/84 | 846 | 874 | 0 | 0                            |
| 85/86 | 814 | 869 | 0 | 0                            |
| 86/87 | 676 | 763 | 0 | 0                            |
| 87/88 | 635 | 636 | 0 | 0                            |
| 88/89 | 654 | 672 | 0 | 0                            |
| 89/90 | 882 | 870 | 1 | 1                            |
| 91/92 | 726 | 727 | 0 | 0                            |
| 92/93 | 775 | 952 | 0 | 0                            |
| 93/94 | 655 | 679 | 0 | 0                            |
| 94/95 | 756 | 769 | 0 | 0                            |
| 95/96 | 712 | 702 | 1 | 1                            |
| 96/97 | 859 | 814 | 1 | 1                            |
| 98/99 | 875 | 818 | 1 | 1                            |
| 99/00 | 607 | 596 | 1 | 1                            |

Tabla 68: Coeficientes porcentuales promedios segun Caudal Máximo Mensual Baker Angostura Chacabuco

| Tipo Años        | Mes de<br>Máximo | Parámetro      | OCT  | NOV  | DIC  | ENE   | FEB   | MAR  |
|------------------|------------------|----------------|------|------|------|-------|-------|------|
| Años<br>Húmedos  | Enero            | Coef [%]       | 66.1 | 75.7 | 88.4 | 100.0 | 96.9  | 94.9 |
|                  |                  | Desv. Est. [%] | 7.5  | 6.4  | 8.3  | 0.0   | 2.4   | 7.3  |
|                  | Febrero          | Coef [%]       | 57.1 | 61.9 | 90.6 | 96.2  | 100.0 | 87.7 |
|                  |                  | Desv. Est. [%] | -    | -    | -    | -     | -     | -    |
| Años<br>Normales | Enero            | Coef [%]       | 60.1 | 68.0 | 82.0 | 100.0 | 96.7  | 85.1 |
|                  |                  | Desv Est. [%]  | 17.5 | 13.6 | 6.8  | 0.0   | 2.7   | 0.3  |
|                  | Febrero          | Coef [%]       | 41.7 | 45.1 | 55.2 | 59.2  | 59.7  | 55.0 |
|                  |                  | Desv Est. [%]  | 27.1 | 32.5 | 43.6 | 54.1  | 52.2  | 47.0 |
| Años Secos       | Enero            | Coef [%]       | 75.5 | 87.5 | 97.4 | 100.0 | 98.2  | 86.7 |
|                  |                  | Desv Est. [%]  | -    | -    | -    | -     | -     | -    |
|                  | Febrero          | Coef [%]       | 56.3 | 68.4 | 80.6 | 91.8  | 100.0 | 95.9 |
|                  |                  | Desv Est. [%]  | 10.8 | 10.1 | 9.6  | 8.4   | 0.0   | 2.4  |

En los años húmedos en el mes de enero, y en febrero en los años secos no se presenta el valor de la desviación estándar de los coeficientes, esto pues solo se tiene un año observado para aquellas

categorías, es decir solo un coeficiente por mes, esto dice directa relación con que en años húmedos el caudal máximo tiende a producirse en Enero, mientras que en años secos tiende a producirse en Febrero.

Los coeficientes porcentuales entregados en la Tabla 68 fueron calculados en base a los caudales máximos registrados en cada año, por lo que es necesario estimar ésta variable. Por tanto se siguió el procedimiento de la metodología y se calibró un modelo lineal mediante regresiones múltiples que relaciona el caudal máximo con el volumen total de deshielo del período.

Tabla 69: Resultados modelo regresión lineal para Q máx BACH

| Variable | Vol desh<br>[m <sup>3</sup> ] | Intercepción<br>[m <sup>3</sup> /seg] | R <sup>2</sup> |
|----------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Qmáx     | 7.66E-08                      | -7.00                                 | 0.86           |

De la Tabla 69 se conoce que la relación entre el caudal máximo y el volumen de deshielo es:

$$Q_{MÁX} = 7.66 * 10^{-8} V_{DESHIELO} - 7 \quad \text{Ec. 31}$$

En el Gráfico 32 se presenta el ajuste lineal existente entre los caudales máximos y los volúmenes de deshielo, se puede observar que la hipótesis de la relación lineal es una buena aproximación.

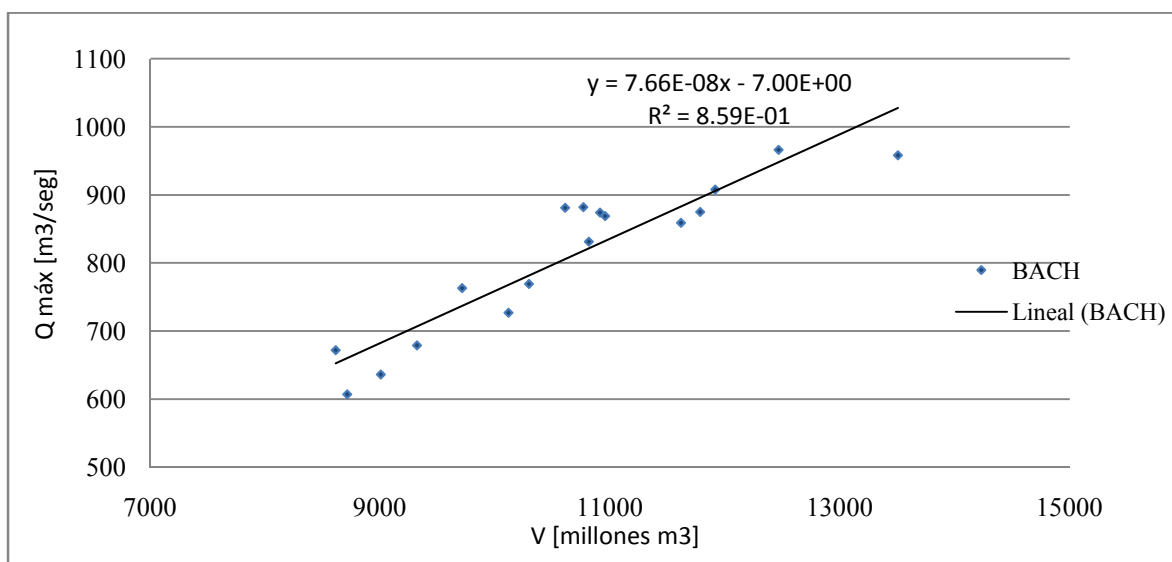


Gráfico 32: Regresión Lineal Q máx versus Volumen de deshielo BACH

Con la fórmula anterior se puede obtener el valor del caudal máximo para cada año, y luego mediante el modelo de redes neuronales se puede determinar en qué mes se producirá este valor y la correspondiente distribución.

#### 4.2.2.2 Determinación del caudal máximo y del mes de ocurrencia de éste en Baker Bajo los Ñadis

Para Baker Bajo Los Ñadis se tiene, al igual que para Baker Angostura Chacabuco, que los caudales máximos se producen entre los meses de Enero y Febrero. Como consecuencia se calibró una modelo de redes neuronales para conocer en función de las variables del modelo de pronóstico del volumen de

deshielo (MRN1), el mes de ocurrencia del caudal máximo. Los resultados del modelo se entregan en la Tabla 70 donde la salida 1 corresponde a mes de máximo Enero y salida 0 mes de máximo caudal Febrero.

Tabla 70: Caudales medios mensuales máximos del período de deshielo en Baker bajo Los Ñadis

| <b>Año</b> | <b>ENE</b> | <b>FEB</b> | <b>T</b> | <b>T Modelo<br/>Redes<br/>Neuronales</b> |
|------------|------------|------------|----------|------------------------------------------|
| 75/76      | 1211       | 1451       | 0        | 0                                        |
| 76/77      | 1620       | 1443       | 1        | 1                                        |
| 77/78      | 1470       | 1428       | 1        | 1                                        |
| 78/79      | 1333       | 1423       | 0        | 0                                        |
| 79/80      | 1562       | 1301       | 1        | 1                                        |
| 81/82      | 1278       | 1229       | 1        | 1                                        |
| 82/83      | 1349       | 1351       | 0        | 0                                        |
| 83/84      | 1355       | 1282       | 1        | 1                                        |
| 84/85      | 1286       | 1307       | 0        | 0                                        |
| 85/86      | 1391       | 1347       | 1        | 1                                        |
| 86/87      | 1233       | 1287       | 0        | 0                                        |
| 87/88      | 1052       | 1058       | 0        | 0                                        |
| 88/89      | 1111       | 1081       | 1        | 1                                        |
| 89/90      | 1380       | 1348       | 1        | 1                                        |
| 90/91      | 1308       | 1330       | 0        | 0                                        |
| 91/92      | 1277       | 1209       | 1        | 1                                        |
| 92/93      | 1299       | 1610       | 0        | 0                                        |
| 93/94      | 1167       | 1103       | 1        | 1                                        |
| 94/95      | 1193       | 1173       | 1        | 1                                        |
| 96/97      | 1413       | 1182       | 1        | 1                                        |
| 97/98      | 1103       | 1188       | 0        | 0                                        |
| 99/00      | 985        | 890        | 1        | 1                                        |
| 00/01      | 1245       | 1393       | 0        | 0                                        |
| 01/02      | 1071       | 1112       | 0        | 0                                        |
| 04/05      | 1301       | 1307       | 0        | 0                                        |

El modelo de red neuronal logra predecir muy bien los meses de máximo caudal. La arquitectura que se definió es con 3 neuronas en la capa oculta, función de transferencia sigmoide y una neurona en la capa de salida con función de transferencia lineal, la que generó salidas idénticas a los ejemplos mostrados con el mínimo de neuronas en la capa oculta y por tanto con el mínimo de parámetros ajustados. El modelo recién mencionado se presenta en el Anexo 2 del presente trabajo.

Posteriormente se calcularon los coeficientes porcentuales por tipo de año y por mes de ocurrencia del caudal máximo. En la Tabla 71 se muestran los coeficientes porcentuales y las desviaciones estándar por cada categoría.

Tabla 71: Coeficientes porcentuales promedios según caudal máximo mensual Baker bajo Los Nádís

| Tipo Años     | Mes de Máximo | Parámetro      | OCT  | NOV  | DIC  | ENE   | FEB   | MAR  |
|---------------|---------------|----------------|------|------|------|-------|-------|------|
| Años Húmedos  | Enero         | Coef [%]       | 58.4 | 68.8 | 78.9 | 100.0 | 88.3  | 83.7 |
|               |               | Desv. Est. [%] | 14.4 | 10.5 | 10.7 | 0.0   | 6.5   | 8.0  |
|               | Febrero       | Coef [%]       | 58.8 | 67.9 | 90.4 | 92.9  | 100.0 | 90.0 |
|               |               | Desv. Est. [%] | 15.8 | 8.2  | 5.2  | 10.6  | 0.0   | 4.2  |
| Años Normales | Enero         | Coef [%]       | 52.3 | 71.5 | 85.1 | 100.0 | 96.4  | 86.3 |
|               |               | Desv Est. [%]  | 4.2  | 6.7  | 8.1  | 0.0   | 1.5   | 6.8  |
|               | Febrero       | Coef [%]       | 48.7 | 58.8 | 75.2 | 93.4  | 100.0 | 84.4 |
|               |               | Desv Est. [%]  | 5.9  | 5.3  | 5.8  | 6.1   | 0.0   | 5.0  |
| Años Secos    | Enero         | Coef [%]       | 61.9 | 77.5 | 84.5 | 100.0 | 94.1  | 85.9 |
|               |               | Desv Est. [%]  | 16.4 | 12.3 | 9.1  | 0.0   | 3.5   | 9.7  |
|               | Febrero       | Coef [%]       | 63.2 | 75.7 | 84.8 | 96.2  | 100.0 | 86.7 |
|               |               | Desv Est. [%]  | 4.6  | 7.1  | 6.1  | 3.3   | 0.0   | 6.2  |

Luego se requirió calibrar una regresión lineal para encontrar una relación entre el caudal máximo en Baker Bajo los Nádís y el volumen de deshielo. Los parámetros se entregan en la Tabla 72.

Tabla 72: Resultados modelo regresión lineal para Q<sub>máx</sub> BBLÑ

| Variable         | Vol desh | Intercepción | R <sup>2</sup> |
|------------------|----------|--------------|----------------|
| Q <sub>max</sub> | 7.94E-08 | -0.8         | 0.716          |

De acuerdo al valor del coeficiente de correlación se observa que es acertada la relación lineal entre el caudal máximo y el volumen de deshielo, dicha relación se expresa en la Ec. 32. Y se grafica el ajuste de la relación en el Gráfico 33.

$$Q_{MÁX} = 7.94 * 10^{-8} V_{DESHIELO} - 0.8 \quad \text{Ec. 32}$$

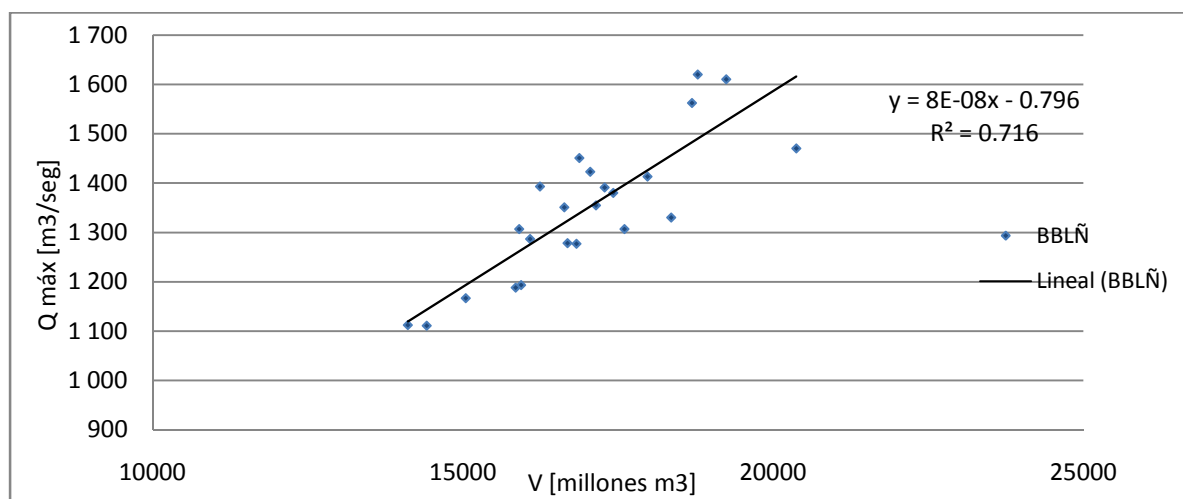


Gráfico 33: Regresión lineal Q máx versus V deshielo BBLÑ

### 4.2.2.3 Determinación del caudal máximo y del mes de ocurrencia de éste en Pascua Desagüe Lago O'Higgins

Para el caso de los caudales en Pascua Desagüe Lago O'Higgins se tiene que el máximo se da entre los meses de Febrero y Marzo, pero con mayor frecuencia en Marzo, por lo que se calibró un modelo de redes neuronales con salidas 1 (cuando el mes de máximo es Febrero) y 0 (mes de máximo es Marzo). Las entradas del modelo son las mismas que las del modelo óptimo de pronóstico del volumen de deshielo (MRN1) para Pascua Desagüe Lago O'Higgins. En la Tabla 73 se entregan los valores de los ejemplos que se presenta al modelo, y las salidas del mismo (T Modelo Redes Neuronales).

Tabla 73: Caudales medios mensuales máximos del período de deshielo en Pascua desagüe lago O'Higgins

| Año   | Feb  | Mar  | T | T Modelo<br>Redes<br>Neuronales |
|-------|------|------|---|---------------------------------|
| 76/77 | 1046 | 1088 | 0 | 0                               |
| 77/78 | 1025 | 1131 | 0 | 0                               |
| 78/79 | 911  | 936  | 0 | 0                               |
| 79/80 | 1068 | 1043 | 1 | 1                               |
| 80/81 | 964  | 952  | 1 | 1                               |
| 81/82 | 913  | 1008 | 0 | 0                               |
| 85/86 | 964  | 906  | 1 | 1                               |
| 86/87 | 896  | 955  | 0 | 0                               |
| 87/88 | 778  | 803  | 0 | 0                               |
| 88/89 | 790  | 828  | 0 | 0                               |
| 89/90 | 901  | 918  | 0 | 0                               |
| 90/91 | 882  | 992  | 0 | 0                               |
| 91/92 | 816  | 882  | 0 | 0                               |
| 92/93 | 842  | 951  | 0 | 0                               |
| 93/94 | 783  | 841  | 0 | 0                               |
| 94/95 | 727  | 771  | 0 | 0                               |
| 95/96 | 760  | 826  | 0 | 0                               |
| 96/97 | 824  | 802  | 1 | 1                               |
| 97/98 | 706  | 874  | 0 | 0                               |
| 98/99 | 973  | 965  | 1 | 1                               |
| 99/00 | 711  | 674  | 1 | 1                               |
| 00/01 | 828  | 912  | 0 | 0                               |
| 01/02 | 762  | 783  | 0 | 0                               |
| 02/03 | 731  | 1044 | 0 | 0                               |
| 03/04 | 886  | 969  | 0 | 0                               |
| 04/05 | 862  | 966  | 0 | 0                               |

La arquitectura del modelo que se seleccionó en base a las iteraciones está conformada por; una capa de entrada con un número de neuronas fijo, correspondiente al número de entradas; una capa oculta compuesta de 2 neuronas; una capa de salida con una neurona. Posteriormente se calcularon los coeficientes promedio mensuales y las desviaciones estándar de estos valores cuyos resultados se presentan en la Tabla 74. En el Anexo 2 del presente trabajo se presentan las iteraciones del modelo recién explicado.

Tabla 74: Coeficientes porcentuales promedios según caudal máximo mensual Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Tipo Años     | Mes de Máximo | Parámetro  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB   | MAR   |
|---------------|---------------|------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Años Húmedos  | Febrero       | Coef       | 46.3 | 53.0 | 68.3 | 87.3 | 100.0 | 98.5  |
|               |               | Desv. Est. | 5.4  | 8.7  | 11.6 | 6.7  | 0.0   | 0.8   |
|               | Marzo         | Coef       | 45.6 | 51.2 | 60.9 | 83.3 | 93.5  | 100.0 |
|               |               | Desv. Est. | 3.4  | 3.5  | 3.5  | 7.0  | 4.4   | 0.0   |
| Años Normales | Febrero       | Coef       | 47.0 | 50.9 | 65.7 | 83.9 | 100.0 | 95.7  |
|               |               | Desv Est.  | 5.6  | 8.4  | 14.2 | 9.2  | 0.0   | 2.4   |
|               | Marzo         | Coef       | 41.1 | 48.2 | 59.1 | 73.7 | 90.6  | 100.0 |
|               |               | Desv Est.  | 2.9  | 4.3  | 6.5  | 7.8  | 7.8   | 0.0   |
| Años Secos    | Febrero       | Coef       | 52.7 | 64.4 | 77.5 | 92.3 | 100.0 | 94.8  |
|               |               | Desv Est.  | -    | -    | -    | -    | -     | -     |
|               | Marzo         | Coef       | 42.9 | 49.2 | 61.0 | 78.4 | 91.4  | 100.0 |
|               |               | Desv Est.  | 4.6  | 7.2  | 7.7  | 8.2  | 5.7   | 0.0   |

En la categoría de los años secos en que el caudal máximo ocurrió en febrero solo se tiene un año de registro, por lo que la desviación estándar no tiene sentido, sin embargo lo único que se puede concluir es que se debe a que en general el caudal máximo tiende a ocurrir con mayor frecuencia en Marzo que en Febrero.

En la Tabla 75 se proporcionan los parámetros resultantes de la regresión lineal entre el caudal máximo y el volumen de deshielo en Pascua Desagüe Lago O'Higgins, en la Ec. 33 se presenta la relación entre dichas variables. Las variables presentan un buen ajuste lineal (Gráfico 34) por lo que se puede considerar como válida la hipótesis propuesta en la metodología.

Tabla 75: Resultados modelo regresión lineal para Q<sub>máx</sub> PDLO

| Variable         | Vol desh | Intercepción | R    |
|------------------|----------|--------------|------|
| Q <sub>máx</sub> | 9E-08    | 13.95        | 0.81 |

$$Q_{MÁX} = 8.36 * 10^{-8} V_{DESHIELO} - 13.95 \quad \text{Ec. 33}$$

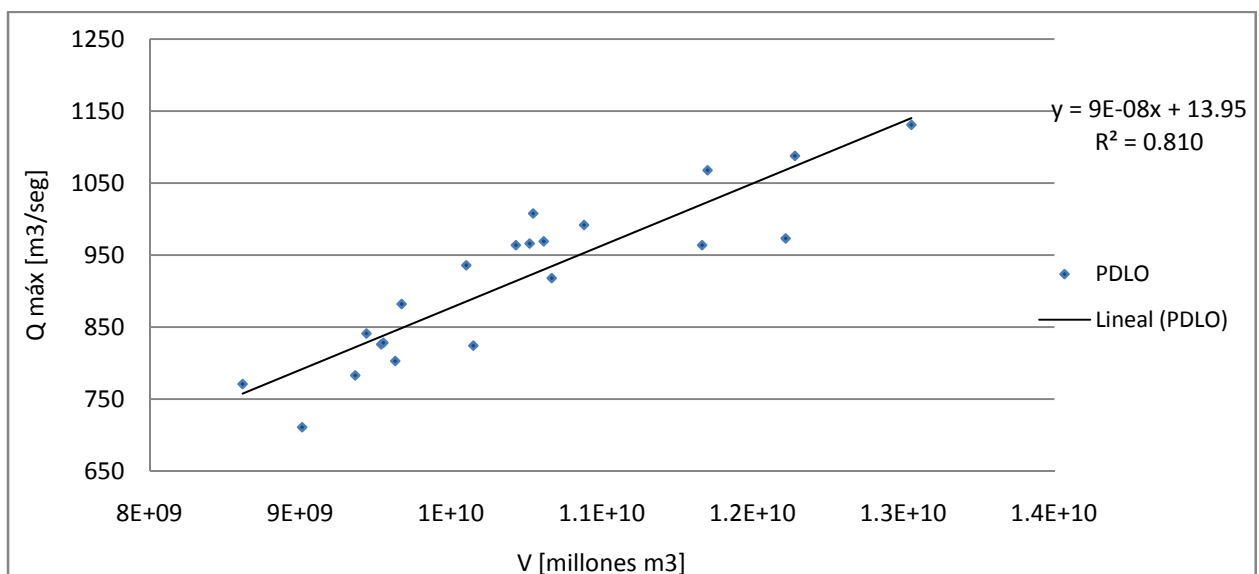


Gráfico 34: Regresión Lineal Q máx versus V deshielo PDLO

En la Tabla 76 se presentan las diferencias porcentuales entre los volúmenes mensuales medidos y los obtenidos a través de la distribución con los coeficientes en función del caudal máximo.

Tabla 76: Diferencia porcentual de volúmenes mensuales obtenidos mediante curvas de distribución en función del caudal máximo

| Diferencia Porcentual (%) |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Estación                  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  |
| BACH                      | 19.0 | 17.7 | 16.0 | 15.6 | 15.5 | 17.2 |
| BBLÑ                      | 12.8 | 9.3  | 8.9  | 2.6  | 1.5  | 6.4  |
| PDLO                      | 6.4  | 9.0  | 9.5  | 7.6  | 3.8  | 0.2  |

Finalmente respecto a la distribución del volumen de deshielo se obtuvo que las menores dispersiones o desviaciones en las curvas adimensionales se obtuvieron para los coeficientes como porcentajes del volumen total de deshielo. De acuerdo a las diferencias porcentuales para el caso de Baker Angostura Chacabuco se tiene que el mejor método para las distribuciones es de los coeficientes como porcentajes del volumen total de deshielo, para Baker Bajo los Ñadis y para Pascua en Desagüe Lago O'Higgins no se puede concluir pues las diferencias porcentuales no son determinantes, pero considerando ambos indicadores la metodología recomendada es la primera.

### 4.3 Actualización del Pronóstico

Una vez predicho el volumen total de deshielo se procedió a actualizar el pronóstico, es decir, realizar la revisión mes a mes del modelo seleccionado como óptimo para cada punto de control. De acuerdo a lo explicado en la metodología esto se realizó mediante la inclusión en él de una o más variables independientes, las que para este trabajo se redujeron a las mismas que constituyen el modelo final de pronóstico de volumen de deshielo seleccionado en el subcapítulo 4.1.

La hipótesis de trabajo que se formulan en este punto es que las variables que se seleccionaron para el modelo de pronóstico del volumen de deshielo son las mismas que forman parte de las actualizaciones, es decir, que el volumen remanente sigue siendo función de aquellas variables.

Cabe destacar que para el pronóstico definitivo durante la vida útil de las centrales, es deseable y recomendable, realizar para cada mes de actualización un análisis previo de selección de las variables determinantes en la generación de escorrentía para ese período. Sobre todo considerando el tamaño de las cuencas en estudio, y sus características, de modo de no dejar fuera del análisis variables que pueden cobrar importancia en algunos meses más que en otros.

Luego el procedimiento que se sigue para la actualización de cada uno de los 5 meses de deshielo y para cada punto de control está conformado por las siguientes etapas:

- Obtención de los valores residuales de las variables del modelo óptimo y del volumen desde el 1° de cada mes hasta el final del período de deshielo (Marzo).
- Análisis de los coeficientes  $\beta$  para descartar variables que dejan de ser relevantes en el fenómeno.

#### 4.3.1 Actualizaciones Baker Angostura Chacabuco

En el subcapítulo 4.1 se obtuvo a través del análisis de los coeficientes  $\beta$  las variables que componen al modelo final MRN1 ( $P_{\text{BALSEO\_abr,sep}}$ ,  $P_{\text{BALSEO\_oct\_mar\_t-1}}$ ,  $T_{\text{LCOCHabr,sep}}$ ), luego para esta sección se repitió el análisis pero agregando a las variables ya seleccionadas los valores medidos en los meses que transcurren

del deshielo y los volúmenes que escurrieron en el mismo período, en paralelo, además se analizó no incluir los volúmenes sino que solo las variables de entrada actualizadas. En la Tabla 77 y la Tabla 78 se señalan los resultados obtenidos para los dos casos descritos, en las que se desarrollan los modelos de regresiones múltiples para el análisis de los coeficientes  $\beta$ .

Tabla 77: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker Angostura Chacabuco con volúmenes

| Mes j     | Modelo      | P <sub>BALSEO_abr,sep</sub> | P <sub>BALSEO_oct,mar,t-1</sub> | T <sub>LCOCH_abr,sep</sub> | P <sub>BALSEO_oct,mes,j-1</sub> | T <sub>LCOCH_oct,mes,j-1</sub> | V <sub>BACH_oct,mes,j-1</sub> | Constante | R    |
|-----------|-------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | MRM_Nov_i   | 0.35                        | 0.21                            | 0.03                       | 0.27                            | -0.29                          | 0.20                          | -3.01E-02 | 0.78 |
|           | MRM_Nov_ii  | 0.37                        | 0.22                            | -0.03                      | 0.37                            |                                | 0.15                          | -2.57E-02 | 0.73 |
|           | MRM_Nov_iii | 0.38                        | 0.23                            |                            | 0.37                            |                                | 0.13                          | -2.54E-02 | 0.73 |
| Diciembre | MRM_Dic_i   | 0.28                        | 0.26                            | -0.04                      | 0.36                            | -0.24                          | 0.05                          | -2.02E-02 | 0.75 |
|           | MRM_Dic_ii  | 0.29                        | 0.23                            | -0.10                      | 0.45                            |                                | 0.10                          | -2.76E-02 | 0.72 |
|           | MRM_Dic_iii | 0.32                        | 0.23                            |                            | 0.43                            |                                | 0.06                          | -2.72E-02 | 0.71 |
| Enero     | MRM_Ene_i   | 0.16                        | 0.10                            | -0.21                      | 0.46                            | -0.13                          | 0.28                          | -9.06E-03 | 0.77 |
|           | MRM_Ene_ii  | 0.16                        | 0.06                            | -0.22                      | 0.51                            |                                | 0.31                          | -9.59E-03 | 0.76 |
|           | MRM_Ene_i   | 0.21                        | 0.07                            |                            | 0.45                            |                                | 0.23                          | -1.21E-02 | 0.73 |
| Febrero   | MRM_Feb_ii  | 0.00                        | -0.01                           | -0.25                      | 0.36                            | -0.05                          | 0.55                          | -1.06E-02 | 0.78 |
|           | MRM_Feb_iii | 0.00                        | -0.02                           | -0.26                      | 0.38                            |                                | 0.55                          | -9.46E-03 | 0.78 |
|           | MRM_Feb_i   | 0.06                        | -0.01                           |                            | 0.35                            |                                | 0.45                          | -1.22E-02 | 0.74 |
|           | MRM_Feb_ii  | 0.06                        |                                 |                            | 0.35                            |                                | 0.44                          | -1.21E-02 | 0.74 |
| Marzo     | MRM_Mar_i   | -0.03                       | 0.03                            | -0.22                      | 0.14                            | -0.11                          | 0.72                          | 4.49E-03  | 0.81 |
|           | MRM_Mar_iii | 0.00                        | 0.00                            | -0.23                      | 0.20                            |                                | 0.71                          | 5.30E-03  | 0.81 |
|           | MRM_Mar_iii | 0.04                        | 0.00                            |                            | 0.20                            |                                | 0.62                          | 2.69E-03  | 0.78 |
|           | MRM_Mar_iv  | 0.04                        |                                 |                            | 0.20                            |                                | 0.62                          | 2.68E-03  | 0.78 |

Tabla 78: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker Angostura Chacabuco, sin volumen

| Mes j     | Modelo      | P <sub>BALSEO_abr,sep</sub> | P <sub>BALSEO_oct,mar,t-1</sub> | T <sub>LCOCH_abr,sep</sub> | P <sub>BALSEO_oct,mes,j-1</sub> | T <sub>LCOCH_oct,mes,j-1</sub> | Constante | R    |
|-----------|-------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | MRM_Nov_i   | 0.49                        | 0.27                            | 0.07                       | 0.31                            | -0.28                          | -0.02     | 0.77 |
|           | MRM_Nov_ii  | 0.47                        | 0.26                            | 0.00                       | 0.40                            |                                | -0.02     | 0.73 |
|           | MRM_Nov_iii | 0.47                        | 0.27                            |                            | 0.40                            |                                | -0.02     | 0.73 |
| Diciembre | MRM_Dic_i   | 0.31                        | 0.28                            | -0.03                      | 0.38                            | -0.25                          | -0.02     | 0.75 |
|           | MRM_Dic_ii  | 0.35                        | 0.25                            | -0.09                      | 0.48                            |                                | -0.03     | 0.71 |
|           | MRM_Dic_iii | 0.35                        | 0.24                            |                            | 0.45                            |                                | -0.03     | 0.71 |
| Enero     | MRM_Ene_i   | 0.33                        | 0.17                            | -0.15                      | 0.50                            | -0.16                          | -0.01     | 0.75 |
|           | MRM_Ene_ii  | 0.34                        | 0.13                            | -0.17                      | 0.58                            |                                | -0.01     | 0.73 |
|           | MRM_Ene_i   | 0.35                        | 0.12                            |                            | 0.52                            |                                | -0.01     | 0.71 |
| Febrero   | MRM_Feb_i   | 0.30                        | 0.13                            | -0.17                      | 0.53                            | -0.07                          | -0.01     | 0.71 |
|           | MRM_Feb_ii  | 0.31                        | 0.11                            | -0.17                      | 0.56                            |                                | -0.01     | 0.70 |
|           | MRM_Feb_iii | 0.31                        | 0.10                            |                            | 0.51                            |                                | -0.01     | 0.68 |
| Marzo     | MRM_Mar_i   | 0.33                        | 0.19                            | -0.13                      | 0.48                            | -0.07                          | 0.00      | 0.70 |
|           | MRM_Mar_iii | 0.34                        | 0.17                            | -0.14                      | 0.51                            |                                | 0.00      | 0.70 |
|           | MRM_Mar_iii | 0.34                        | 0.16                            |                            | 0.49                            |                                | 0.00      | 0.69 |

A través de la comparación de las tablas se obtiene que la mejor configuración para las actualizaciones es la de los modelos de la Tabla 77, es decir incluyendo los volúmenes de deshielo. El incremento en el valor del coeficiente de correlación que conlleva la inclusión de esta variable se puede explicar pues es una medida indirecta del deshielo o los aportes de glaciares a la fecha. Luego para cada mes se calibró un modelo de redes neuronales con las variables finales que aparecen en la Tabla 77, iterando sobre el número de neuronas de la capa oculta, de los cuales se seleccionó el que mejora el coeficiente R del total de los datos.

Tabla 79: Modelos Redes Neuronales para actualizaciones BACH

| Modelo Tipo | Variables                          | N° Neuronas<br>Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|------------------------------------|----------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN_Nov     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                          | 0.86 | 0.26 | 0.74   | 4.08           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{t-1}}$ | 3                          | 0.89 | 0.20 | 0.80   | 3.60           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct}}$           | 4                          | 0.91 | 0.18 | 0.82   | 3.65           |
|             | $V_{\text{BACH\_oct}}$             | 5                          | 0.92 | 0.15 | 0.85   | 3.02           |
| MRN_Dic     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                          | 0.86 | 0.26 | 0.74   | 4.83           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{t-1}}$ | 3                          | 0.89 | 0.20 | 0.80   | 4.20           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,nov}}$       | 4                          | 0.92 | 0.16 | 0.84   | 2.99           |
|             | $V_{\text{BACH\_oct,j-1}}$         | 5                          | 0.92 | 0.17 | 0.83   | 2.69           |
| MRN_Ene     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                          | 0.90 | 0.20 | 0.80   | 4.31           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{t-1}}$ | 3                          | 0.93 | 0.14 | 0.86   | 3.39           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 4                          | 0.93 | 0.14 | 0.86   | 3.55           |
|             | $V_{\text{BACH\_oct,j-1}}$         | 5                          | 0.94 | 0.12 | 0.88   | 3.14           |
| MRN_Feb     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                          | 0.82 | 0.33 | 0.67   | 6.00           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 3                          | 0.87 | 0.25 | 0.75   | 4.95           |
|             | $V_{\text{BACH\_oct,j-1}}$         | 4                          | 0.90 | 0.18 | 0.82   | 4.12           |
|             |                                    | 5                          | 0.95 | 0.11 | 0.89   | 2.76           |
| MRN_Mar     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                          | 0.83 | 0.34 | 0.66   | 6.00           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 3                          | 0.88 | 0.22 | 0.78   | 4.64           |
|             | $V_{\text{BACH\_oct,j-1}}$         | 4                          | 0.92 | 0.17 | 0.83   | 4.02           |
|             |                                    | 5                          | 0.93 | 0.14 | 0.86   | 3.80           |

Para todos los meses de actualización se obtuvo que con 5 neuronas en la capa oculta se obtuvo los mejores ajustes a los valores observados, a excepción de la actualización del mes de Diciembre en que la diferencia entre la evaluación del modelo con 4 neuronas es muy similar a la de la red con 5, pero como también interesa la parsimonia del modelo, se prefiere calibrar menos parámetros, es decir, en este caso es preferible recomendar el modelo con 4 neuronas. La evaluación de dichos modelos se presenta en la Tabla 80

Una observación a los resultados es que hasta la actualización del mes de Febrero se produce una mejora paulatina en los modelos, sin embargo en Marzo se genera un quiebre en los índices de evaluación pues empeoran. Respecto a esta observación se puede explicar en parte por la diferencia temporal de los datos, ya que para la actualización de marzo se está pronosticando solo un mes de volúmenes, escala a la cual intervienen otros factores meteorológicos que no se tienen controlados.

Tabla 80: Evaluación Modelos de actualización mensuales óptimos BACH

| Indicador             | Conjunto                | MRN_Nov | MRN_Dic | MRN_Ene | MRN_Feb | MRN_Mar |
|-----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.88    | 0.87    | 0.90    | 0.89    | 0.92    |
|                       | Conjunto de validación  | 0.89    | 0.89    | 0.91    | 0.91    | 0.90    |
|                       | Conjunto de calibración | 0.94    | 0.95    | 0.96    | 0.98    | 0.96    |
|                       | Total de datos          | 0.92    | 0.92    | 0.94    | 0.95    | 0.93    |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.30    | 0.32    | 0.12    | 0.21    | 0.06    |
|                       | Conjunto de validación  | 0.18    | 0.21    | 0.16    | 0.13    | 0.25    |
|                       | Conjunto de calibración | 0.11    | 0.11    | 0.04    | 0.01    | 0.06    |
|                       | Total de datos          | 0.15    | 0.16    | 0.12    | 0.11    | 0.14    |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 3.07    | 3.94    | 5.04    | 5.35    | 2.91    |
|                       | Conjunto de validación  | 3.68    | 3.20    | 2.95    | 2.49    | 4.11    |
|                       | Conjunto de calibración | 2.90    | 0.87    | 2.31    | 1.79    | 2.87    |
|                       | Total de datos          | 3.02    | 2.99    | 3.14    | 2.76    | 3.80    |

#### 4.3.2 Actualizaciones Baker Bajo Los Ñadis

Para Baker Bajo los Ñadis se actualizó el pronóstico de volúmenes de deshielo de la misma forma que para Baker Angostura Chacabuco. Siguiendo el procedimiento explicado en la metodología, se calibró un modelo de redes neuronales con las variables que resultaron del análisis de los coeficientes  $\beta$ ; incluyendo los volúmenes de deshielo (Tabla 81) y sin incluir esta variable (Tabla 82) a las variables del modelo de pronóstico ya seleccionado ( $P_{\text{BALSEO\_abr,sep}}$ ,  $P_{\text{ÑADIS\_abr,sep}}$ ,  $P_{\text{BALSEO\_oct,mar\_t-1}}$ ).

Tabla 81: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker bajo Los Ñadis, con volúmenes

| Mes j     | Modelo      | $P_{\text{BALSEO\_abril,sep}}$ | $P_{\text{ÑADIS\_abril,sep}}$ | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{j-1}}$ | $P_{\text{BALSEO\_oct,mes}_{j-1}}$ | $P_{\text{ÑADIS\_oct,mes}_{j-1}}$ | $V_{\text{BBLÑ\_oct,mes}_{j-1}}$ | Constante | R    |
|-----------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | MRM_Nov_i   | 0.23                           | 0.33                          | 0.19                               | 0.58                               | -0.22                             | -0.12                            | -2.68E-02 | 0.68 |
|           | MRM_Nov_ii  | 0.29                           | 0.30                          | 0.15                               | 0.39                               |                                   | -0.12                            | -3.32E-02 | 0.67 |
|           | MRM_Nov_iii | 0.25                           | 0.25                          | 0.13                               | 0.36                               |                                   |                                  | -3.51E-02 | 0.66 |
| Diciembre | MRM_Dic_i   | 0.22                           | 0.19                          | 0.16                               | 0.54                               | -0.18                             | -0.04                            | -3.40E-02 | 0.67 |
|           | MRM_Dic_ii  | 0.24                           | 0.18                          | 0.13                               | 0.39                               |                                   | -0.02                            | -3.86E-02 | 0.67 |
|           | MRM_Dic_iii | 0.23                           | 0.17                          | 0.13                               | 0.38                               |                                   |                                  | -3.86E-02 | 0.67 |
| Enero     | MRM_Ene_i   | 0.05                           | 0.10                          | -0.01                              | 0.42                               | -0.05                             | 0.30                             | -1.50E-02 | 0.68 |
|           | MRM_Ene_ii  | 0.07                           | 0.10                          | -0.01                              | 0.39                               |                                   | 0.30                             | -1.74E-02 | 0.68 |
|           | MRM_Ene_iii | 0.07                           | 0.10                          |                                    | 0.38                               |                                   | 0.30                             | -1.72E-02 | 0.68 |
| Febrero   | MRM_Feb_i   | -0.09                          | 0.10                          | -0.04                              | 0.27                               | -0.06                             | 0.51                             | -5.71E-03 | 0.68 |
|           | MRM_Feb_ii  | -0.05                          | 0.06                          |                                    | 0.29                               | -0.04                             | 0.46                             | -1.05E-02 | 0.67 |
|           | MRM_Feb_iii |                                | 0.06                          |                                    | 0.30                               | -0.06                             | 0.44                             | -1.01E-02 | 0.67 |
|           | MRM_Feb_iv  |                                | 0.07                          |                                    | 0.26                               |                                   | 0.45                             | -1.17E-02 | 0.68 |
| Marzo     | MRM_Mar_i   | -0.27                          | 0.30                          | 0.02                               | -0.02                              | 0.06                              | 0.70                             | 1.60E-02  | 0.72 |
|           | MRM_Mar_ii  |                                | 0.19                          | -0.02                              | 0.04                               | 0.15                              | 0.55                             | -4.86E-05 | 0.71 |
|           | MRM_Mar_iii |                                | 0.19                          |                                    | 0.04                               | 0.14                              | 0.54                             | 2.25E-04  | 0.71 |

Tabla 82: Coeficientes de regresión reducidos para actualización Baker bajo Los Ñadis, sin volúmenes

| Mes j     | Modelo      | $P_{\text{BALSEO\_abril,sep}}$ | $P_{\text{ÑADIS\_abril,sep}}$ | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{j-1}}$ | $P_{\text{BALSEO\_oct,mes}_{j-1}}$ | $P_{\text{ÑADIS\_oct,mes}_{j-1}}$ | Constante | R    |
|-----------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | MRM_Nov_i   | 0.19                           | 0.29                          | 0.17                               | 0.54                               | -0.21                             | -2.91E-02 | 0.68 |
|           | MRM_Nov_ii  | 0.25                           | 0.25                          | 0.13                               | 0.36                               |                                   | -3.51E-02 | 0.67 |
| Diciembre | MRM_Dic_i   | 0.20                           | 0.18                          | 0.15                               | 0.52                               | -0.18                             | -3.41E-02 | 0.65 |
|           | MRM_Dic_ii  | 0.23                           | 0.17                          | 0.13                               | 0.38                               |                                   | -3.86E-02 | 0.64 |
| Enero     | MRM_Ene_i   | 0.20                           | 0.16                          | 0.01                               | 0.51                               | -0.04                             | -2.01E-02 | 0.66 |
|           | MRM_Ene_ii  | 0.22                           | 0.16                          | 0.01                               | 0.49                               |                                   | -2.19E-02 | 0.66 |
|           | MRM_Ene_iii | 0.22                           | 0.16                          |                                    | 0.49                               |                                   | -2.21E-02 | 0.66 |
| Febrero   | MRM_Feb_i   | 0.18                           | 0.14                          | 0.00                               | 0.51                               | -0.07                             | -2.08E-02 | 0.62 |
|           | MRM_Feb_ii  | 0.21                           | 0.14                          | -0.01                              | 0.47                               |                                   | -2.38E-02 | 0.62 |
|           | MRM_Feb_iii | 0.20                           | 0.14                          |                                    | 0.47                               |                                   | -2.35E-02 | 0.62 |
| Marzo     | MRM_Mar_i   | 0.19                           | 0.30                          | 0.03                               | 0.31                               | 0.19                              | -1.37E-02 | 0.64 |
|           | MRM_Mar_ii  | 0.21                           | 0.29                          |                                    | 0.31                               | 0.20                              | -1.49E-02 | 0.64 |

A través del análisis anterior se concluye que la mejor configuración se obtiene incluyendo las variables indicadas en la Tabla 81, es decir, incluyendo la variable  $V_{\text{BBLÑ\_oct,mes}_{j-1}}$ , por lo que se calibró modelos de redes neuronales para cada mes con los resultados de la misma. Para ello se iteró sobre el número de neuronas de la capa oculta y se comparó los valores del coeficiente R del total de los datos de cada modelo. Los resultados de lo anterior se resumen en la Tabla 83. Para cada mes se evaluó el modelo con la arquitectura que mejores resultados presenta lo que se presenta en la Tabla 84.

Los modelos de actualización de Baker Bajo los Ñadis tienen una pequeña diferencia respecto a los de Baker Angostura Chacabuco, básicamente que el modelo de actualización del mes de marzo no empeora

respecto a los demás meses sino que se mantiene igual al de febrero. Se estima que esta diferencia puede deberse a la influencia de otras variables en estos modelos, las que no fueron incorporadas, luego se recomienda un mayor análisis al momento de realizar los pronósticos definitivos durante el funcionamiento de las centrales.

Tabla 83: Modelos Redes Neuronales para actualizaciones BBLÑ

| Modelo Tipo | Variables                          | N°<br>Neuronas<br>Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|------------------------------------|-------------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN_Nov     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                             | 0.84 | 0.30 | 0.70   | 4.24           |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 3                             | 0.87 | 0.26 | 0.74   | 3.31           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{t-1}}$ | 4                             | 0.89 | 0.20 | 0.80   | 3.39           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct}}$           | 5                             | 0.90 | 0.19 | 0.81   | 3.07           |
| MRN_Dic     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                             | 0.82 | 0.34 | 0.66   | 4.95           |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 3                             | 0.84 | 0.29 | 0.71   | 4.27           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{t-1}}$ | 4                             | 0.87 | 0.25 | 0.75   | 3.96           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 5                             | 0.90 | 0.19 | 0.81   | 3.03           |
| MRN_Ene     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                             | 0.85 | 0.30 | 0.70   | 4.97           |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 3                             | 0.86 | 0.26 | 0.74   | 3.87           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 4                             | 0.87 | 0.27 | 0.73   | 3.64           |
|             | $V_{\text{BBLÑ\_oct,j-1}}$         | 5                             | 0.92 | 0.15 | 0.85   | 3.39           |
| MRN_Feb     | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 2                             | 0.79 | 0.38 | 0.62   | 5.50           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 3                             | 0.84 | 0.32 | 0.68   | 4.82           |
|             | $V_{\text{BBLÑ\_oct,j-1}}$         | 4                             | 0.86 | 0.26 | 0.74   | 4.41           |
|             |                                    | 5                             | 0.94 | 0.12 | 0.88   | 2.28           |
| MRN_Mar     | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 2                             | 0.87 | 0.24 | 0.76   | 5.41           |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_oct,j-1}}$        | 3                             | 0.90 | 0.19 | 0.81   | 4.83           |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 4                             | 0.92 | 0.16 | 0.84   | 3.80           |
|             | $V_{\text{BBLÑ\_oct,j-1}}$         | 5                             | 0.94 | 0.13 | 0.87   | 2.87           |

Tabla 84: Evaluación Modelos de actualización óptimos mensuales BBLÑ

| Modelo Tipo | Variables                          | N°<br>Neuronas<br>Capa<br>Ocultas | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia<br>[%] |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------------|------|------|--------|-------------------|
| MRN_Nov     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                                 | 0.84 | 0.30 | 0.70   | 4.24              |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 3                                 | 0.87 | 0.26 | 0.74   | 3.31              |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{t-1}}$ | 4                                 | 0.89 | 0.20 | 0.80   | 3.39              |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct}}$           | 5                                 | 0.90 | 0.19 | 0.81   | 3.07              |
| MRN_Dic     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                                 | 0.82 | 0.34 | 0.66   | 4.95              |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 3                                 | 0.84 | 0.29 | 0.71   | 4.27              |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,mar}_{t-1}}$ | 4                                 | 0.87 | 0.25 | 0.75   | 3.96              |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 5                                 | 0.90 | 0.19 | 0.81   | 3.03              |
| MRN_Ene     | $P_{\text{BALSEO\_abr,sept}}$      | 2                                 | 0.85 | 0.30 | 0.70   | 4.97              |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 3                                 | 0.86 | 0.26 | 0.74   | 3.87              |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 4                                 | 0.87 | 0.27 | 0.73   | 3.64              |
|             | $V_{\text{BBLÑ\_oct,j-1}}$         | 5                                 | 0.92 | 0.15 | 0.85   | 3.39              |
| MRN_Feb     | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 2                                 | 0.79 | 0.38 | 0.62   | 5.50              |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 3                                 | 0.84 | 0.32 | 0.68   | 4.82              |
|             | $V_{\text{BBLÑ\_oct,j-1}}$         | 4                                 | 0.86 | 0.26 | 0.74   | 4.41              |
|             |                                    | 5                                 | 0.94 | 0.12 | 0.88   | 2.28              |
| MRN_Mar     | $P_{\text{ÑADIS\_abr,sept}}$       | 2                                 | 0.87 | 0.24 | 0.76   | 5.41              |
|             | $P_{\text{ÑADIS\_oct,j-1}}$        | 3                                 | 0.90 | 0.19 | 0.81   | 4.83              |
|             | $P_{\text{BALSEO\_oct,j-1}}$       | 4                                 | 0.92 | 0.16 | 0.84   | 3.80              |
|             | $V_{\text{BBLÑ\_oct,j-1}}$         | 5                                 | 0.94 | 0.13 | 0.87   | 2.87              |

### 4.3.3 Actualizaciones Pascua Desagüe Lago O'Higgins

Para el caso de los volúmenes en Pascua Desagüe Lago O'Higgins se realiza un procedimiento distinto, ya que a partir del subcapítulo 4.1.3 se obtuvo que la inclusión de las precipitaciones de deshielo en los modelos disminuía el desempeño de los mismos. Por lo que se calibró los modelos de actualización para cada mes incluyendo distintos set de datos de entrada de modo de poder analizar que variable fue la que introdujo mayores variaciones.

El primer set de datos utilizados para el análisis de los coeficientes  $\beta$  incluye todas las variables del modelo MRN1, de Pascua Desagüe Lago O'Higgins y los valores actualizados de las mismas, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 85.

Tabla 85: Coeficientes de Regresión Reducidos para Pascua Desagüe lago O'Higgins, set completo de datos

| Mes       | P <sub>TLO_abr,sep</sub> | P <sub>TLO_oct,mar_t-1</sub> | P <sub>TLO_oct,mes_j-1</sub> | H <sub>PDLO_abr,sep</sub> | H <sub>PDLO_oct,mes_j-1</sub> | V <sub>PDLO_abr,sept</sub> | V <sub>PDLO_oct,mes_j-1</sub> | Constante | R    |
|-----------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | 0.11                     | 0.06                         | -0.09                        | 0.76                      | -1.11                         | -0.58                      | 1.21                          | 1.23      | 0.87 |
|           | 0.12                     | 0.09                         | -0.02                        | 0.47                      |                               | -0.40                      | 0.79                          | -0.09     | 0.87 |
|           | 0.08                     | 0.10                         | -0.03                        | 0.24                      |                               |                            | 0.61                          | -0.03     | 0.85 |
|           | 0.08                     | 0.10                         |                              | 0.23                      |                               |                            | 0.61                          | -0.04     | 0.85 |
| Diciembre | 0.12                     | 0.08                         | -0.01                        | 0.78                      | -0.19                         | -0.58                      | 0.89                          | -0.14     | 0.84 |
|           | 0.14                     | 0.11                         | 0.03                         | 0.17                      | 0.56                          |                            | 0.03                          | -0.03     | 0.82 |
|           | 0.12                     | 0.11                         |                              | 0.18                      | 0.54                          |                            | 0.05                          | -0.03     | 0.82 |
|           | 0.13                     | 0.11                         |                              | 0.16                      | 0.59                          |                            |                               | -0.03     | 0.82 |
| Enero     | 0.23                     | 0.05                         | 0.08                         | 0.51                      | 0.40                          | -0.36                      | 0.19                          | -0.09     | 0.81 |
|           | 0.23                     | 0.05                         | 0.09                         | 0.12                      | 0.89                          |                            | -0.35                         | -0.02     | 0.81 |
|           | 0.18                     | 0.04                         | 0.09                         | 0.23                      | 0.51                          |                            |                               | -0.03     | 0.80 |
| Febrero   | 0.27                     | 0.01                         | 0.08                         | 0.21                      | 0.90                          | -0.18                      | -0.30                         | -0.04     | 0.82 |
|           | 0.26                     | 0.00                         | 0.07                         | 0.42                      | 0.59                          | -0.33                      |                               | -0.08     | 0.82 |
|           | 0.16                     | -0.01                        | 0.09                         | 0.20                      | 0.54                          |                            |                               | -0.02     | 0.80 |
|           | 0.16                     |                              | 0.09                         | 0.20                      | 0.54                          |                            |                               | -0.02     | 0.80 |
| Marzo     | 0.45                     | 0.00                         | 0.02                         | -0.01                     | 1.86                          | -0.10                      | -0.28                         | -4.79     | 0.73 |
|           | 0.44                     | -0.01                        | 0.01                         | 0.23                      | 1.16                          | -0.28                      |                               | -3.02     | 0.73 |
|           | 0.35                     | -0.03                        | 0.05                         | 0.01                      | 1.19                          |                            |                               | -3.07     | 0.71 |
|           | 0.34                     |                              | 0.03                         | 0.01                      | 1.18                          |                            |                               | -3.03     | 0.71 |

Los resultados de la Tabla 85, indican que conforme se incluyen valores actualizados de las variables de entrada los desempeños de los modelos empeoran paulatinamente, existiendo un salto o cambio mayor para el pronóstico del mes de marzo, quiebre que se ha dado ya en los modelos de la cuenca del Baker. Debido a la conclusión a que se llegó en el capítulo 4.1.3 de que las precipitaciones de deshielo rellenadas y medidas en Tenencia Lago O'Higgins no son representativas, es que se prueban modelos de actualización sin incluir dicha variable, los resultados de estos modelos se muestran en la Tabla 86.

Tabla 86: Coeficientes de Regresión Reducidos para actualización Pascua Desagüe Lago O'Higgins, sin Pp de deshielo

| Mes       | P <sub>TLO_abr,sept</sub> | P <sub>TLO_oct,mar_t-1</sub> | H <sub>PDLO_abr,sept</sub> | H <sub>PDLO_oct,mes_j-1</sub> | V <sub>PDLO_abr,sept</sub> | V <sub>PDLO_oct,mes_j-1</sub> | Constante | R    |
|-----------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | 0.12                      | 0.08                         | 0.62                       | -0.25                         | -0.50                      | 1.03                          | -0.12     | 0.87 |
|           | 0.09                      | 0.11                         | 0.18                       | 0.15                          |                            | 0.51                          | -0.03     | 0.85 |
| Diciembre | 0.13                      | 0.08                         | 0.77                       | -0.17                         | -0.58                      | 0.88                          | -0.14     | 0.84 |
|           | 0.12                      | 0.11                         | 0.18                       | 0.54                          |                            | 0.05                          | -0.03     | 0.82 |
| Enero     | 0.19                      | 0.08                         | 0.53                       | 0.37                          | -0.39                      | 0.24                          | -0.10     | 0.81 |
|           | 0.18                      | 0.08                         | 0.09                       | 0.91                          |                            | -0.34                         | -0.02     | 0.81 |
|           | 0.13                      | 0.08                         | 0.20                       | 0.54                          |                            |                               | -0.03     | 0.80 |
| Febrero   | 0.24                      | 0.03                         | 0.88                       | 0.88                          | -0.63                      | 0.70                          | -0.16     | 0.81 |
|           | 0.13                      | 0.05                         | 0.39                       | 0.08                          |                            | 0.28                          | -0.06     | 0.76 |
|           | 0.13                      |                              | 0.39                       | 0.07                          |                            | 0.30                          | -0.06     | 0.76 |
| Marzo     | 0.45                      | 0.00                         | -0.01                      | 0.83                          | -0.11                      | -0.27                         | -0.02     | 0.73 |
|           | 0.45                      | 0.00                         | -0.14                      | 0.97                          |                            | -0.39                         | 0.01      | 0.73 |
|           | 0.34                      | -0.02                        | -0.01                      | 0.55                          |                            |                               | -0.01     | 0.71 |
|           | 0.34                      |                              |                            | 0.54                          |                            |                               | -0.01     | 0.71 |

Los resultados al descartar las precipitaciones de deshielo son levemente inferiores a los que se tiene sin incluirlas, y se mantiene la tendencia a la disminución de los coeficientes de correlación al incluir mayor información. Como consecuencia de ello se probó eliminar del análisis además de las precipitaciones de deshielo del año en curso las precipitaciones de deshielo del año anterior, se entrega en la Tabla 87 las actualizaciones ante este escenario.

Tabla 87: Coeficientes de Actualización reducidos para actualización Pascua Desagüe Lago O'Higgins, sin precipitaciones de deshielo en t-1

| Mes       | P <sub>TLO abr.sep</sub> | H <sub>PDLO abr.sep</sub> | H <sub>PDLO oct.mes j-1</sub> | V <sub>PDLO abr.sept</sub> | V <sub>PDLO oct.mes j-1</sub> | Constante | R    |
|-----------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | 0.12                     | 0.66                      | -0.33                         | -0.54                      | 1.13                          | -0.12     | 0.87 |
|           | 0.09                     | 0.19                      | 0.08                          |                            | 0.59                          | -0.03     | 0.85 |
| Diciembre | 0.12                     | 0.82                      | -0.26                         | -0.63                      | 0.99                          | -0.15     | 0.83 |
|           | 0.12                     | 0.18                      | 0.50                          |                            | 0.11                          | -0.03     | 0.81 |
| Enero     | 0.19                     | 0.54                      | 0.35                          | -0.41                      | 0.29                          | -0.10     | 0.81 |
|           | 0.18                     | 0.08                      | 0.92                          |                            | -0.32                         | -0.02     | 0.80 |
|           | 0.13                     | 0.19                      | 0.57                          |                            |                               | -0.03     | 0.80 |
| Febrero   | 0.26                     | 0.21                      | 0.89                          | -0.21                      | -0.25                         | -0.05     | 0.81 |
|           | 0.25                     | -0.03                     | 1.19                          |                            | -0.54                         | 0.00      | 0.81 |
|           | 0.14                     | 0.16                      | 0.59                          |                            |                               | -0.03     | 0.80 |
| Marzo     | 0.45                     | -0.01                     | 0.83                          | -0.11                      | -0.27                         | -0.02     | 0.73 |
|           | 0.44                     | 0.23                      | 0.52                          | -0.29                      |                               | -0.06     | 0.73 |
|           | 0.34                     | 0.00                      | 0.54                          |                            |                               | -0.01     | 0.71 |
|           | 0.34                     | 0.54                      |                               |                            |                               | -0.01     | 0.71 |

Al descartar las precipitaciones registradas el año anterior no se obtuvo variaciones significativas en los desempeños de los modelos. Finalmente se procedió a actualizar sin incluir las precipitaciones, es decir descartando también los valores de dicha variable registrados entre abril y septiembre en Tenencia Lago O'Higgins. En la Tabla 88 se entregan los coeficientes y el desempeño de los modelos con el nuevo set de datos.

Tabla 88: Coeficientes de Regresión Reducidos para actualización de Pascua Desagüe Lago O'Higgins, sin precipitaciones

| Mes       | H <sub>PDLO abr.sep</sub> | H <sub>PDLO oct.mes j-1</sub> | V <sub>PDLO abr.sep</sub> | V <sub>PDLO oct.mes j-1</sub> | Constante | R    |
|-----------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------|------|
| Noviembre | 0.77                      | -0.91                         | -0.61                     | 1.07                          | 1.06      | 0.79 |
|           | 0.53                      |                               | -0.45                     | 0.73                          | 0.02      | 0.79 |
|           | 0.23                      |                               |                           | 0.60                          | 0.02      | 0.75 |
| Diciembre | 0.98                      | -1.21                         | -0.80                     | 1.21                          | 1.71      | 0.83 |
|           | 0.70                      |                               | -0.60                     | 0.77                          | 0.01      | 0.82 |
|           | 0.29                      |                               |                           | 0.59                          | 0.02      | 0.76 |
| Enero     | 0.73                      | 0.07                          | -0.67                     | 0.77                          | -0.11     | 0.85 |
|           | -0.11                     | 3.23                          |                           | -0.41                         | -5.61     | 0.83 |
|           | 0.01                      | 2.08                          |                           |                               | -3.61     | 0.82 |
| Febrero   | 0.29                      | 1.43                          | -0.37                     | 0.23                          | -3.01     | 0.85 |
|           | -0.19                     | 3.04                          |                           | -0.38                         | -6.40     | 0.84 |
|           | -0.08                     | 2.07                          |                           |                               | -4.34     | 0.83 |
|           |                           | 1.94                          |                           |                               | -4.08     | 0.83 |
| Marzo     | 0.02                      | 1.16                          | -0.22                     | 0.26                          | -2.80     | 0.72 |
|           | -0.27                     | 1.88                          |                           | -0.02                         | -4.55     | 0.72 |
|           |                           | 1.14                          |                           | 0.16                          | -2.76     | 0.70 |

Los resultados sin incluir las precipitaciones son consistentes en el sentido que los modelos mejoran sus índices conforme se incluye mayor información, y disminuyendo en el mes de marzo, misma tendencia verificada en Baker, sin embargo los desempeños son significativamente menores.

Debido a que dentro de los objetivos de este Trabajo de Título se tiene definir la necesidad de mejorar la red de hidrometeorológica se decidió finalmente actualizar los modelos de la Tabla 86, los que a pesar de presentar ciertas inconsistencias muestran mejores índices de desempeño, y permiten concluir que se requiere mejorar la estadística de precipitaciones en la zona.

En la Tabla 89 se presentan los resultados de las actualizaciones en Pascua Desagüe Lago O'Higgins utilizando los modelos de las redes neuronales para el modelo MRN1.

Tabla 89: Modelos de Redes Neuronales para actualización en Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Modelo Tipo | Variables         | N° Neuronas<br>Capa Oculta | R    | ECMN | 1-ECMN | Diferencia [%] |
|-------------|-------------------|----------------------------|------|------|--------|----------------|
| MRN_Nov     | PTLO_abr,sep      | 2                          | 0.90 | 0.10 | 0.90   | 2.37           |
|             | PTLO_oct,mar_t-1  | 3                          | 0.94 | 0.06 | 0.94   | 1.51           |
|             | HPDLO_abr,sep     | 4                          | 0.91 | 0.10 | 0.90   | 1.52           |
|             | HPDLO_oct,mes_j-1 |                            |      |      |        |                |
|             | VPDLO_oct,mes_j-1 |                            |      |      |        |                |
| MRN_Dic     | PTLO_abr,sep      | 2                          | 0.89 | 0.11 | 0.89   | 2.72           |
|             | PTLO_oct,mar_t-1  | 3                          | 0.90 | 0.10 | 0.90   | 2.28           |
|             | HPDLO_abr,sep     | 4                          | 0.94 | 0.06 | 0.94   | 1.72           |
|             | HPDLO_oct,mes_j-1 |                            |      |      |        |                |
|             | VPDLO_oct,mes_j-1 |                            |      |      |        |                |
| MRN_Ene     | PTLO_abr,sep      | 2                          | 0.77 | 0.23 | 0.77   | 4.12           |
|             | PTLO_oct,mar_t-1  | 3                          | 0.84 | 0.16 | 0.84   | 2.91           |
|             | HPDLO_abr,sep     | 4                          | 0.90 | 0.10 | 0.90   | 2.18           |
|             | HPDLO_oct,mes_j-1 |                            |      |      |        |                |
| MRN_Feb     | PTLO_abr,sep      | 2                          | 0.78 | 0.22 | 0.78   | 3.65           |
|             | HPDLO_abr,sep     | 3                          | 0.81 | 0.19 | 0.81   | 2.91           |
|             | HPDLO_oct,mes_j-1 | 4                          | 0.85 | 0.15 | 0.85   | 2.61           |
|             | VPDLO_oct,mes_j-1 |                            |      |      |        |                |
| MRN_Mar     | PTLO_abr,sep      | 2                          | 0.64 | 0.37 | 0.63   | 5.34           |
|             | HPDLO_oct,mes_j-1 | 3                          | 0.72 | 0.30 | 0.70   | 4.45           |
|             |                   | 4                          | 0.75 | 0.25 | 0.75   | 3.85           |

Las actualizaciones mediante el planteamiento del modelo de redes neuronales permitieron mejorar los índices de desempeño respecto de los obtenidos mediante las regresiones múltiples. Y de acuerdo a las iteraciones se obtuvo que en casi todos los modelos se llegó a mejores resultados al utilizar 4 neuronas en la capa oculta. En la actualización del mes de marzo se produjo un quiebre mayor respecto a los resultados de los otros meses, resultado que se observó también en la cuenca del Baker. En la Tabla 90 se presenta la evaluación para los modelos de actualización mensual seleccionados.

Tabla 90: Evaluación Modelos de actualización mensuales PDLO

| Indicador             | Conjunto                | MRN_Nov | MRN_Dic | MRN_Ene | MRN_Feb | MRN_Mar |
|-----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>R</b>              | Conjunto de Prueba      | 0.80    | 0.84    | 0.80    | 0.70    | 0.55    |
|                       | Conjunto de validación  | 0.89    | 0.90    | 0.86    | 0.76    | 0.62    |
|                       | Conjunto de calibración | 0.98    | 0.97    | 0.93    | 0.90    | 0.82    |
|                       | Total de datos          | 0.94    | 0.94    | 0.90    | 0.85    | 0.75    |
| <b>ECMN</b>           | Conjunto de Prueba      | 0.18    | 0.30    | 0.10    | 0.43    | 0.38    |
|                       | Conjunto de validación  | 0.08    | 0.08    | 0.15    | 0.20    | 0.40    |
|                       | Conjunto de calibración | 0.05    | 0.03    | 0.01    | 0.09    | 0.20    |
|                       | Total de datos          | 0.06    | 0.06    | 0.10    | 0.15    | 0.25    |
| <b>Dif. Media [%]</b> | Conjunto de Prueba      | 4.00    | 3.58    | 2.60    | 6.60    | 6.50    |
|                       | Conjunto de validación  | 2.89    | 3.10    | 1.62    | 2.36    | 7.02    |
|                       | Conjunto de calibración | 0.68    | 1.00    | 1.10    | 1.81    | 2.60    |
|                       | Total de datos          | 1.51    | 1.72    | 2.18    | 2.61    | 3.85    |

#### 4.4 Extensión resultados Pascua Desagüe Lago O'Higgins a Pascua Antes Junta Quetru

El objetivo de los modelos de pronóstico desarrollados en los capítulos previos es conocer al principio del periodo de deshielo (1<sup>ero</sup> de Octubre) los volúmenes que escurrirán en las cuencas y que serán afluentes a las centrales del Proyecto Hidroeléctrico Aysén. Como se informó en la Tabla 17 los caudales de la centrales de la cuenca del Pascua se generan en base a relaciones lineales entre los caudales de Pascua Desagüe Lago O'Higgins y de Pascua Antes Junta Quetru. Sin embargo dada la cercanía y similitud de los caudales de ambas estaciones, es que se ha decidido pronosticar solo para la primera estación y extender estos resultados a la segunda.

La Estación Fluviométrica Pascua Antes Junta Quetru se ubica unos 28 Km aguas abajo de la Estación Pascua Desagüe Lago O'Higgins, existiendo una cuenca intermedia entre ambas estaciones de  $A=362\text{Km}^2$ . El área drenada en Pascua Antes Junta Quetru es de  $13900\text{ Km}^2$  y en Pascua Desagüe Lago O'Higgins es de  $13538\text{ Km}^2$ . Dada la escasa diferencia de las áreas drenadas, el hecho que los dos puntos se ubican sobre el río Pascua y a poca distancia uno del otro, y a que presentan un régimen hidrológico semejante es que se ha decidido extender de manera lineal los resultados de pronóstico obtenidos en Pascua Desagüe Lago O'Higgins hacia Pascua Antes Junta Quetru.

La extensión de volúmenes se hizo mediante correlaciones entre los volúmenes anuales, luego los de la temporada pluvial (abril, septiembre) y los de la temporada de deshielo (octubre, marzo), y finalmente los mensuales. Siendo determinantes los volúmenes anuales, en base a los cuales se corrigen los volúmenes de la temporada pluvial y los de deshielo, y finalmente en base a éstos últimos se corrigen los valores mensuales que son los menos confiables. En la Tabla 91 se presentan las ecuaciones y valores de  $R^2$  de las regresiones lineales para cada período temporal

Tabla 91: Regresiones Lineales entre Pascua Antes Junta Quetru y Pascua Desagüe Lago O'Higgins

| Mes     | Ecuación                                  | R <sup>2</sup> |
|---------|-------------------------------------------|----------------|
| Abr     | $V_{PAJQ} = 0.883 * V_{PDLO} + 4.5E^{08}$ | 0.95           |
| May     | $V_{PAJQ} = 0.922 * V_{PDLO} + 3E^{08}$   | 0.95           |
| Jun     | $V_{PAJQ} = 1.034 * V_{PDLO} + 7E^{07}$   | 0.92           |
| Jul     | $V_{PAJQ} = 1.12 * V_{PDLO} + 4E^{07}$    | 0.96           |
| Ago     | $V_{PAJQ} = 1.053 * V_{PDLO} + 6E^{07}$   | 0.94           |
| Sep     | $V_{PAJQ} = 1.012 * V_{PDLO} + 1E^{08}$   | 0.89           |
| Oct     | $V_{PAJQ} = 1.227 * V_{PDLO} - 7E^{07}$   | 0.89           |
| Nov     | $V_{PAJQ} = 1.134 * V_{PDLO} + 5E^{07}$   | 0.93           |
| Dic     | $V_{PAJQ} = 1.11 * V_{PDLO} + 1E^{08}$    | 0.90           |
| Ene     | $V_{PAJQ} = 1.030 * V_{PDLO} + 2E^{08}$   | 0.94           |
| Feb     | $V_{PAJQ} = 0.973 * V_{PDLO} + 3E^{08}$   | 0.88           |
| Mar     | $V_{PAJQ} = 1.040 * V_{PDLO} + 1E^{08}$   | 0.93           |
| Abr-Sep | $V_{PAJQ} = 1.001 * V_{PDLO} + 9E^{08}$   | 0.96           |
| Oct-Mar | $V_{PAJQ} = 1.067 * V_{PDLO} + 8E^{08}$   | 0.94           |
| V anual | $V_{PAJQ} = 1.055 * V_{PDLO} + 1E^{09}$   | 0.98           |

Se muestra además en el Gráfico 35, el Gráfico 36 y el Gráfico 37, los ajustes para los valores anuales y de los períodos de deshielo y pluvial.

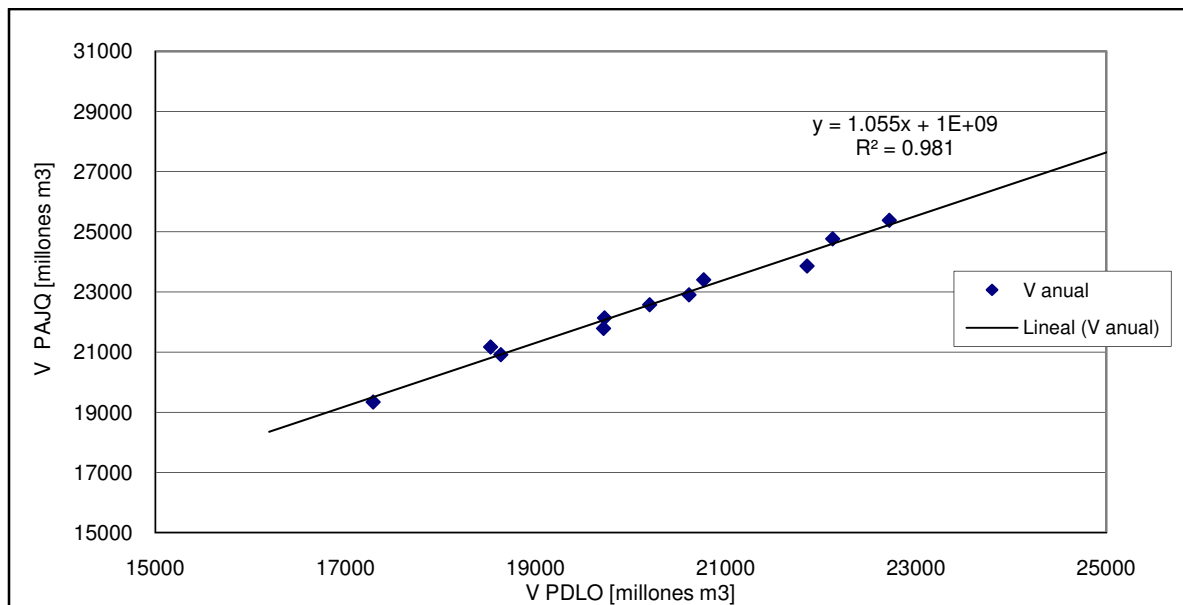


Gráfico 35: Regresión Lineal Vol. anual PAJQ-PDLO

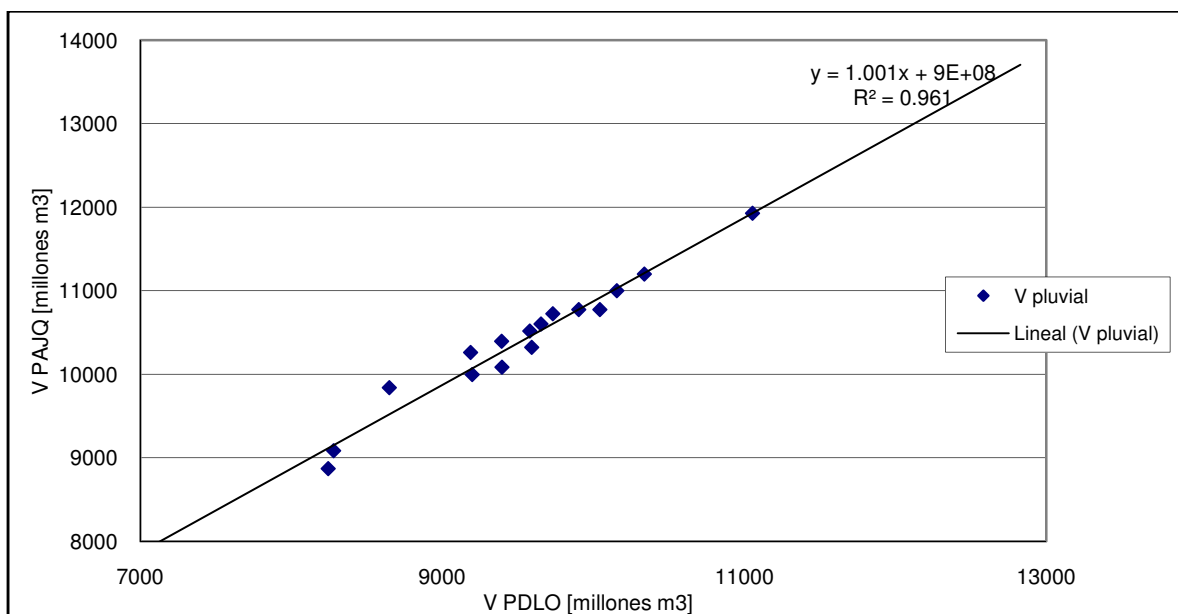


Gráfico 36: Regresión Lineal Vol. pluvial PAJQ-PDLO

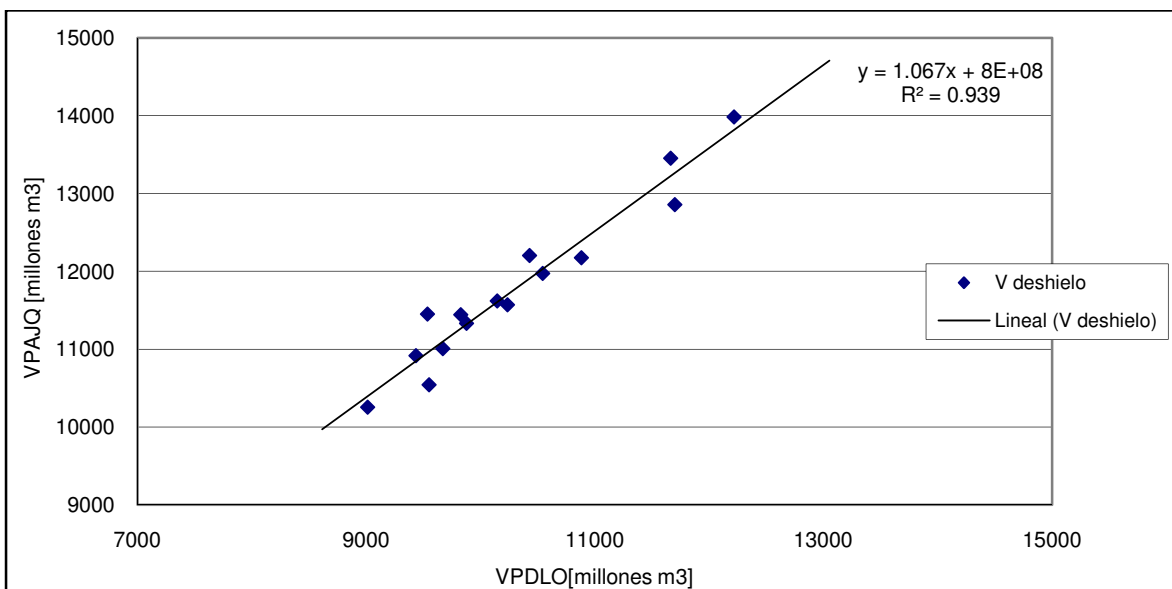


Gráfico 37: Regresión Lineal Vol. Deshielo PAJQ-PDLO

Los valores de los  $R^2$  para la regresión lineal de los volúmenes anuales, del período pluvial y del período de deshielo se encuentran todos sobre 0.9, luego existe un buen ajuste. Además se analizan los meses de ocurrencia del caudal máximo para ambas estaciones en los años con registro completo, lo que se presenta en la Tabla 92.

Tabla 92: Mes de ocurrencia del Cuadal Máximo PAJQ y PDLO

| Año   | Pascua Antes Junta Quetru |             | Pascua Desagüe Lago O'Higgins |             |
|-------|---------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
|       | Q máx.<br>[m3/seg]        | Mes de máx. | Q máx.<br>[m3/seg]            | Mes de máx. |
| 79/80 | 1130                      | Marzo       | 1068                          | Febrero     |
| 80/81 | 1162                      | Abril       | 1107                          | Abril       |
| 81/82 | 1081                      | Marzo       | 1008                          | Marzo       |
| 82/83 | 1026                      | Marzo       | 977                           | Marzo       |
| 83/84 | 1030                      | Febrero     | 988                           | Febrero     |
| 84/85 | 1138                      | Marzo       | 1064                          | Marzo       |
| 85/86 | 1100                      | Febrero     | 964                           | Febrero     |
| 86/87 | 1020                      | Marzo       | 955                           | Marzo       |
| 90/91 | 1022                      | Marzo       | 992                           | Marzo       |
| 91/92 | 1084                      | Abril       | 1000                          | Abril       |
| 93/94 | 968                       | Abril       | 905                           | Abril       |
| 96/97 | 916                       | Febrero     | 824                           | Febrero     |
| 98/99 | 1094                      | Febrero     | 973                           | Febrero     |
| 99/00 | 817                       | Abril       | 767                           | Abril       |

De todos los años completos coincidentes para ambas estaciones se tiene que en todos salvo uno (1979/1980) el caudal máximo se da en meses coincidentes para ambas estaciones. El año en que difieren 1979/1980 los caudales medidos en Marzo y Febrero para ambas cuencas son muy similares no existiendo una diferencia marcada, lo que viene a confirmar la posibilidad de extender de forma lineal los volúmenes de una estación a otra.

## Capítulo 5.- Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones Generales

En todo pronóstico estacional de deshielo es imprescindible contar con la información hidrometeorológica determinante del fenómeno de escorrentía en la zona de interés, siendo variables básicas las precipitaciones tanto líquidas como sólidas. La región de Aysén así como la mayoría de las cuencas ubicadas al sur del Bío Bío manifiestan la particularidad de presentar precipitaciones en los meses del deshielo (Octubre-Marzo), lo que hasta ahora ha sido una de las mayores dificultades en la obtención de resultados de previsión en cuencas de este tipo. Es por esto que los modelos calibrados en las cuencas de los ríos Baker y Pascua resultan con desempeños inferiores a los que se tienen de las cuencas de la zona central. Sin embargo con los resultados obtenidos en este trabajo se logró demostrar que es posible mejorar los pronósticos al incluir ciertas herramientas, como los modelos no lineales y algunas mejoras a los datos con que se cuenta.

Los ríos Baker y Pascua se encuentran regulados por los grandes lagos de la zona, el Lago General Carrera en el caso del Río Baker y el Lago O'Higgins en el caso del río Pascua, que son los más grandes de Chile. Los niveles medidos en estos lagos se transforman en variables influyentes en los pronósticos de deshielo, pues entregan la información de las variaciones a largo plazo, contrastadas con las precipitaciones que actúan en el corto plazo.

Una de las singularidades de los ríos es que se ubican en una zona glaciar, ambos cuerpos de agua son alimentados por glaciares pertenecientes a los Campos de Hielo Norte y Campo de Hielo Sur, los que constituyen grandes reservorios. Dichos glaciares están experimentando cambios complejos que afectan el escurrimiento de los ríos, de los cuales sin embargo solo se han cuantificado los eventos a nivel diario, por lo que no son influyentes en el pronóstico de deshielo. Para cuantificar el aporte glaciar a los ríos de la zona se requieren mayores estudios, tales como los balances de masa de los glaciares.

En el proceso de revisión de la estadística previa al trabajo con los modelos se verificó que en varios casos al pasar las estaciones desde Endesa a la DGA se produjo una divergencia en las mediciones. Un caso particular es el de la estadística de caudales medios mensuales en Baker Angostura Chacabuco, en que los caudales entre los años 2003 y 2008 (período en que la estación ha sido controlada por la DGA) presentaron una dispersión mayor respecto a la media ( $130 \text{ [m}^3/\text{seg]})$  en comparación a los caudales de los años previos ( $72 \text{ [m}^3/\text{seg]})$ . En este caso se optó por no considerar estos años y completar el registro mediante correlaciones con los caudales de la estación Baker Desagüe Lago Bertrand, por ser la estación de caudales con mayor registro y con datos ya revisados y confiables. En el caso de los caudales de las centrales del río Pascua se ha determinado que la estación con registros más confiables y completos es la de Pascua en Desagüe Lago O'Higgins.

En general los resultados mostraron que los modelos lineales (de regresiones múltiples y de componentes principales) presentaron mayores errores que los modelos no lineales. Esta conclusión era esperada, ya que el proceso de generación de escorrentía es un proceso no lineal. Además porque los modelos no lineales utilizados corresponden a los de redes neuronales artificiales, los que son una poderosa herramienta que permite generalizar en vez de memorizar, es decir, son capaces de encontrar ciertos patrones y de “aprender” de los datos. Con ellos se mejoró bastante los pronósticos, pasando de un coeficiente de correlación promedio de 0.6 para los modelos lineales a un coeficiente de correlación promedio de 0.9 para las redes neuronales. Sin embargo debe considerarse también que en el caso de los modelos de redes neuronales el número de parámetros calibrados es significativamente mayor que en el caso de los modelos lineales.

## 5.2 Conclusiones Modelos de la cuenca del río Baker

Los modelos de regresiones múltiples para Baker Angostura Chacabuco y para Baker Bajo Los Ñadis se calibraron con los últimos 30 años de registro y se probaron con los primeros 10. Esta división permitió considerar mayormente a los eventos ocurridos en los últimos años, es decir, las tendencias observadas. Se obtuvo que al incluir los primeros años en la calibración los resultados empeoraban, lo que viene a confirmar la utilidad de separar los datos en los conjuntos ya explicados, pues de construirse las centrales son más útiles modelos que expliquen mejor las características de la escorrentía en el último período antes que las características de los deshielos de antes de los 70.

Los índices de evaluación obtenidos mediante las regresiones múltiples lineales son bajos, observándose mejores valores de ellos en el conjunto de calibración que en el conjunto de validación, lo que es de esperar pues los pesos se calculan con este conjunto. Además es sabido que los modelos de regresiones presentan una menor capacidad a la generalización que los modelos de redes neuronales.

Los modelos de Componentes Principales no son recomendables para el pronóstico, en primer lugar pues presentaron valores de R (coeficientes de correlación) bajos en comparación con los obtenidos mediante los modelos no lineales, pero comparables a los que resultan con los modelos de regresiones múltiples, del orden de 0.6. En segundo lugar pues el resultado que se esperaba del análisis de las componentes principales era conseguir de los datos componentes que fueran cada una representativa de solo un tipo de variable a la vez. Sin embargo se obtuvo que las variables en estudio se encontraban todas muy interrelacionadas entre sí, pues resultaron ser una composición lineal de prácticamente todas las variables que se ingresaron al modelo. Debido a ello los modelos calibrados en base a estas componentes se encontraron formados por variables sin sentido físico, solo una combinación de distintos tipos de datos, lo que no es recomendado.

Los modelos con que se obtuvo mejores resultados son los basados en el planteamiento de las redes neuronales artificiales. Se observó que en base a la hipótesis del trabajo, de considerar arquitecturas simples con solo una capa de oculta, se logró representar de manera correcta el fenómeno en estudio. Cabe destacar además que en todos los puntos de control se logró una buena explicación de los valores peak mediante este método, lo que evidencia la capacidad de las redes neuronales de capturar la información determinante de los datos de entrada.

La metodología recomendada para la distribución de los volúmenes de deshielo resulta ser la de las curvas de coeficientes porcentuales del volumen de deshielo, pues mediante ellas se consiguió menor dispersión en los valores mensuales y menores diferencias porcentuales entre los valores medidos y los calculados. Sin embargo se requiere contar con más años completos en cada cuenca para realizar una revisión a esto, pues en algunos casos sucedió que solo existía un año dentro de cada categoría, lo que no es representativo y puede conducir a errores.

Respecto de las actualizaciones de los pronósticos para el remanente del volumen de deshielo se produjo en el mes de Marzo, para los dos puntos de control del Baker, que fuera de lo esperado el pronóstico presentó índices de evaluación menores que los demás meses. No se cumplió la hipótesis de una tendencia de mejorar los desempeños conforme se va agregando mayor información. Se ha concluido que puede haber dos causas de lo ocurrido; que en este punto se hace más difícil pronosticar dada la extensión del período (un mes), versus los demás modelos en que se evalúa un horizonte de tiempo mayor. La segunda conclusión es que puede deberse a que el mes de marzo no es un mes netamente del período de deshielo sino que es la frontera entre los meses de deshielo y los de la temporada pluvial pues comienzan a incrementar las precipitaciones, por lo que el régimen comienza a cambiar en este mes causando anomalías como la ya mencionada.

### 5.3 Conclusiones Modelos de la cuenca del río Pascua

Respecto de los modelos los resultados obtenidos en la cuenca del río Pascua siguen la tendencia de los resultados de la cuenca del río Baker, en cuanto al tipo de modelo que presenta mejores desempeños, siendo éstos los basados en las redes neuronales.

Para los modelos de pronóstico en la cuenca del río Pascua se utilizó menos estaciones que para el caso de la cuenca del río Baker, pues se encuentra poco controlada. Solo se utilizó una estación de precipitaciones que debió ser previamente rellenada en más del 50% de los datos (Tenencia en Lago O'Higgins), cuyos valores registrados en los meses de temporada pluvial (abril, septiembre) introdujo mejoras importantes en los desempeños de los modelos, no así los valores registrados en la temporada de deshielo (octubre, marzo). Por lo que se realizó un chequeo de la información pluviométrica de lo que se concluyó que las precipitaciones registradas en la estación Tenencia Lago O'Higgins entre los meses de Octubre y Marzo no son representativas del fenómeno en estudio.

Los modelos de pronóstico basados en el planteamiento de regresiones múltiples para esta cuenca presentan desempeños mejores que los análogos en la cuenca del río Baker, con un coeficiente de correlación del orden de 0.8, sin embargo no logran reproducir de buena forma los valores peak.

En relación a los modelos de pronóstico basados en el análisis de las componentes principales para la cuenca del río Pascua, el coeficiente de correlación entre los valores pronosticados y los valores medidos es al igual que para los modelos de regresiones múltiples del orden de 0.8, además coinciden en no representar de buena forma los valores peak observados de la variable en estudio. Por lo que se concluye que se requiere mejorar los modelos lineales utilizados a través de la inclusión de las variables menos controladas para lograr mejores desempeños.

Los modelos mejor evaluados para ésta cuenca y por tanto los recomendados son los basados en el planteamiento de las redes neuronales, con los cuales se logra mejorar el desempeño alcanzando un valor del coeficiente de correlación de 0.97. Otra de las ventajas del modelo seleccionado (MRN1) es que logra reproducir los valores peak observados de los volúmenes de deshielo, es decir, es capaz de extraer la información relevante de los datos de entrada.

En el caso del río Pascua con todos los modelos se observó que la inclusión de las precipitaciones estivales empeora los resultados, por lo que luego de un análisis de dicha variable se descartó de los modelos óptimos.

Respecto a la distribución mensual de los volúmenes pronosticados se concluye en base a las desviaciones estándar de los valores mensuales que la metodología más adecuada para llevar a cabo esta tarea es la de las curvas de coeficientes porcentuales del volumen de deshielo.

En relación a las actualizaciones realizadas en la cuenca del río Pascua se produjo una incongruencia, al obtenerse resultados con peores indicadores o evaluaciones conforme se fue agregando mayor información. Los modelos de volumen remanente fueron paulatinamente disminuyendo sus desempeños presentándose un salto o caída mayor en el mes de Marzo. La diferencia advertida en el mes de Marzo se puede explicar por las mismas razones que para Baker, y, la tendencia general al empeoramiento de los desempeños de los modelos percatada se puede explicar por inconsistencias en las precipitaciones.

Cabe destacar que para las actualizaciones en los 3 puntos de control se utilizaron las variables que resultaron óptimas en el análisis del volumen de deshielo total. No obstante siendo rigurosos el procedimiento adecuado debería constar de un análisis particular para cada mes con todas las variables con que se dispone. Esto puede ser también una de las causas de los resultados anómalos observados en Pascua Desagüe Lago O'Higgins.

Finalmente se concluye que las cuencas de los ríos Baker y Pascua presentan condiciones que dificultan la predicción estacional, pero, que es posible lograr un perfeccionamiento de los modelos y que de acuerdo a las evaluaciones de los resultados es posible contar con pronósticos en esta zona. Pero que se requiere, sin lugar a dudas, de información que complementa este trabajo para conseguir mejores ajustes.

## 5.4 Recomendaciones

En base a los resultados y las conclusiones se presentan a continuación algunas recomendaciones, que a juicio del ejecutor de la memoria pueden ayudar a mejorar los modelos que ya se determinaron. También se entregan ciertos lineamientos a seguir para poder ajustar los modelos para la fecha que se comiencen a utilizar.

### 5.4.1 Necesidad de complementar Red Hidrometeorológica Actual

Uno de los principales objetivos de este Trabajo de Título, además de la calibración de modelos de pronóstico, es el de analizar la necesidad de complementar la red Hidrometeorológica actual en las cuencas en estudio, y de recomendar en caso de ser necesario que tipo de estaciones y donde podrían ser ubicadas. Para ello se revisó de forma separada, por cuenca, los resultados obtenidos con los modelos, las posibles causas de los errores y la relación existente entre estas causas y la falta de información.

En primer lugar se sabe que la previsión de deshielo se basa principalmente en la relación precipitación- escorrentía, en el sentido que mientras más precipitación pluvial se registra, mayor volumen pluvial escurre, pero también mayor es la cantidad de nieve o precipitación sólida acumulada, lo que se traduce en escorrentía de deshielo. Además en el caso de las cuencas al sur del Bío Bío, como el caso de la región de Aysén, ocurren precipitaciones en período estival de magnitudes importantes que contribuyen de forma inmediata al escurrimiento de deshielo. Luego esta variable es preponderante en todo pronóstico.

En la zona en estudio se cuenta con registros confiables de precipitación líquida, una de las variables de mayor interés, salvo en la cuenca del río Pascua. Sin embargo no existe registro de la precipitación sólida, ni datos de alturas de nieve. El método más usado para calcular el volumen de deshielo es a través de la determinación del volumen de agua que está almacenado en la cuenca en forma de manto de nieves, para ello se requiere contar con numerosos puntos de control en los cuales se obtenga el equivalente o contenido en agua de la nieve almacenada, que corresponde a la altura de agua en que se transformaría el espesor de la nieve al pasar al estado líquido. Sin embargo en Chile al existir una cordillera tan abrupta y en general con la cordillera deshabitada o con malos accesos se ha optado por escoger puntos representativos de la cuenca y establecer allí los puntos de control.

Para la medición de la altura de nieve se pueden utilizar los nivómetros, los colchones neumáticos (snow pillows) presentados en la Figura 21 y las rutas de nieve (Figura 22). Sin embargo en Chile se han obtenido mejores resultados mediante las rutas de nieve (Vargas, 2009).



Figura 21: Snow Pillow



Figura 22: Ruta de Nieves

Una ruta de nieve es una línea recta individualizada con tres jalones o postes ubicados en una zona donde permanece la nieve durante todo el invierno. Para medir la ruta de nieve se efectúa muestreos en puntos predeterminados y equidistantes entre sí, y se calcula el equivalente en agua mediante distintos métodos, finalmente el equivalente en agua de la ruta corresponde al promedio de los equivalentes de agua de cada punto.

La ruta de nieve debe ser ubicada en una zona plana, que no tenga aportes de lugares cercanos por efecto del viento y de avalanchas para que de este modo represente fielmente la cantidad de nieve caída en la zona. Esto dificulta que en Chile y particularmente la región de Aysén no esté dentro de los lugares óptimos para su instalación, por lo abrupta de la topografía y lo alejadas y aisladas que se encuentran las zonas altas que presentan el manto. Sin embargo la principal razón por la que no existe este tipo de mediciones en la región de Aysén radica en causas económicas y de gestión.

Una vez instaladas las rutas de nieve se recomienda medirlas, o efectuar muestreos una vez al mes y en la misma fecha todos los años.

#### **5.2.1.1 Posibles mejoras a la red hidrometeorológica en la Cuenca del Río Baker**

La cuenca del río Baker en general se encuentra bien controlada, existen estaciones de precipitaciones líquidas, de temperaturas medias, máximas y mínimas, de caudales y de niveles, sin embargo no existen

estaciones que midan las precipitaciones sólidas, ni la altura de nieve. Luego sería recomendable incorporar en el análisis estos set de datos, es decir, incluir rutas de nieves en puntos estratégicos de la zona por la dificultad que suponen este tipo de mediciones.

El río Baker se encuentra influenciado por el Campo de Hielo Norte, de éste los ventisqueros que desaguan al río en cuestión son; Ventisqueros León y Soler desaguan hacia el Lago General Carrera y al Lago Bertrand respectivamente, el Ventisquero Nef, el Ventisquero de la Colonia, el Ventisquero Pared Norte y el Ventisquero Pared Sur.

En primer lugar es de interés conocer la altura de nieve acumulada en un lugar representativo de la salida de los ríos que desaguan hacia los ríos Baker y Pascua y a sus principales afluentes. Luego se recomienda instalar rutas de nieve en la zona del Ventisquero Soler, el que desagua en el Lago Bertrand, y que permitiría tener una estimación del aporte del deshielo al río Baker.

Los 2 ríos de origen glaciar que alimentan al Baker aguas arriba de las centrales del PHA son el río Colonia y el río Nef, el Colonia se encuentra controlado con una estación fluviométrica (Estación Fluviométrica Colonia). Un punto que falta por controlar y que sería útil es la cuenca del río Nef, específicamente la salida hacia el río Baker, puesto que este río drena al ventisquero del mismo nombre. Hasta el momento al no existir una estación que permita medir los caudales que escurren en la sección, se está calculando los caudales de la cuenca intermedia, es decir, los valores de la variable escurridos entre Baker Angostura Chacabuco y Baker Desagüe Lago Bertrand. Si bien los valores calculados de la cuenca intermedia son una buena aproximación (DGA, 2009), al tener los valores observados se tendría un mayor control sobre la cuenca, y se podría estudiar de mejor forma los eventos de crecida en la zona.

Además sería conveniente contar con una estación pluviométrica en el mismo punto de control de los caudales, ya que de acuerdo a las isoyetas en esta zona las precipitaciones varían mucho de este a oeste, y se cuenta con información hasta ahora solo de la zona más central y del este de la cuenca, con ello se podría tener un reconocimiento superior de la zona.

Es recomendable instalar en ambos puntos (Glaciar Colonia y Glaciar Nef), rutas de nieve que permitirían controlar y conocer las fluctuaciones en los glaciares que alimentan al río Baker, la tendencia existente en ellos ya sea al retroceso o al avance, y tener información al final de la temporada pluvial de la masa de nieves acumulada para los ríos afluentes a las centrales Baker 1 y Baker 2. Cabe destacar que el río Nef aporta del orden de un 10% del caudal anual del río Baker medido en Angostura Chacabuco, y que el río Colonia aporta del orden de un 13% al caudal anual del río Baker medido en Baker Bajo los Ñadis, aportes no menores.

La ubicación de la ruta debe ser precisada con mayores detalles de la información topográfica de la zona, y con la curva hipsométrica, que permita conocer la línea de nieves en el lugar, puesto que la ruta debe ser instalada en un área donde siempre exista nieve durante el invierno. Por supuesto también se debe tomar en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente en cuanto a ubicarla en una zona en que el sector no aporte con nieve por avalanchas o viento. Como referencia en el balance hidrológico realizado por la DGA al glaciar Nef se entregó una curva hipsométrica y se formuló que la línea de nieves en el glaciar Nef para fines del invierno (septiembre, octubre) se ubica sobre los 960 m, lo que debe ser verificado, y por tanto la ruta de medición debiera posicionarse sobre esta altura. Para el Glaciar Colonia debiera utilizarse los mismos criterios.

En la Figura 23 se indican las zonas de posibles ubicaciones de las rutas.

Otra recomendación es la de continuar con las mediciones en estaciones pluviométricas ya suspendidas, como el caso de Río Los Ñadis (suspendida el 2002/2003) y de Puerto Bertrand (suspendida el 1975/1976), la primera sería de gran utilidad pues los datos registrados allí son utilizados en los modelos de Baker Bajo Los Ñadis, y la segunda pues se verificó ciertas inconsistencias al rellenar sus datos y se estima sería muy bueno lograr con las demás estaciones un patrón de precipitaciones en la zona.

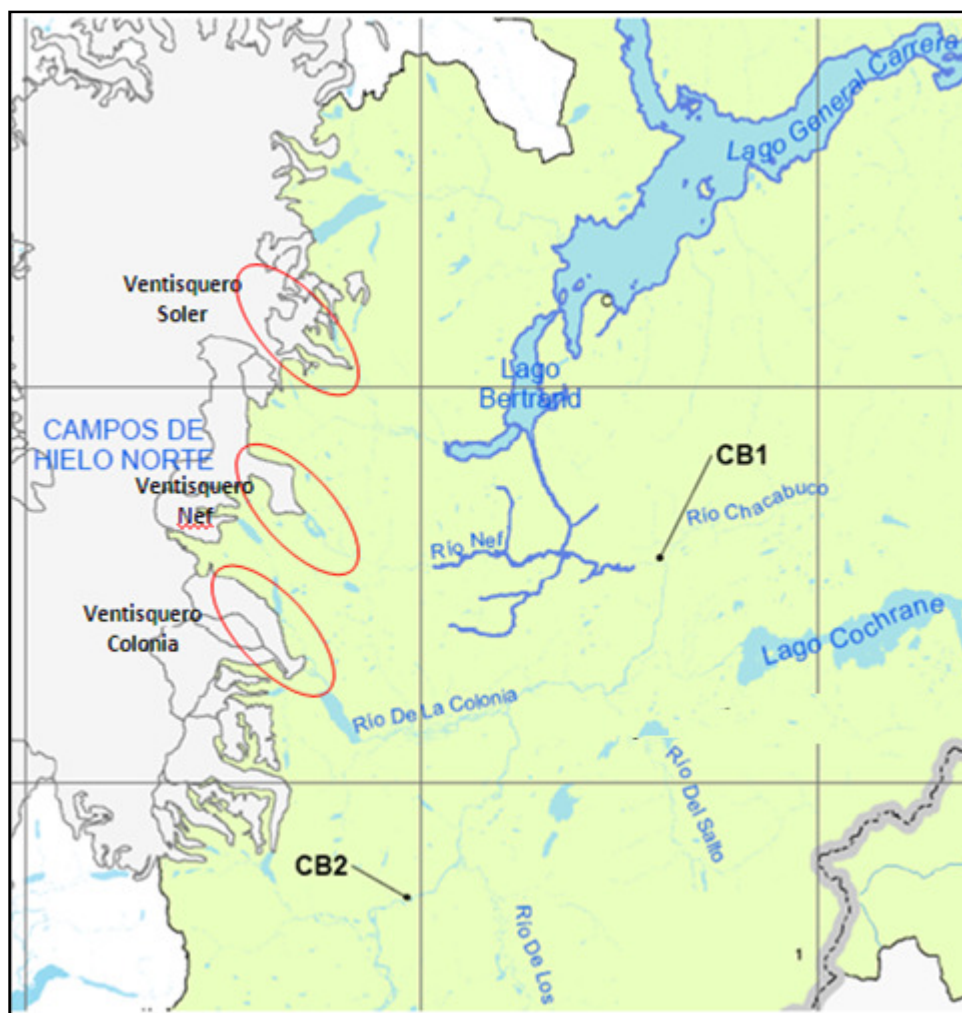


Figura 23: Zonas Recomendadas de Ubicación de Rutas de Nieve en Cuenca Baker

### 5.2.1.2 Posibles mejoras a la red hidrometeorológica del río Pascua

La cuenca del río Pascua cuenta con solo 2 estaciones pluviométricas con registros adecuados, pero que son insuficientes para un pronóstico, por lo que se tuvo que acortar el período de previsión. Además al igual que para la cuenca del río Baker no existe en las estaciones medición de precipitaciones sólidas. En esta cuenca tampoco se tiene datos de temperaturas, solo se utilizaron las obtenidas de la NOAA, es decir las de la superficie del mar.

Al igual que para la cuenca del Baker se recomienda instalar rutas de nieve, pero dada la geografía y el aislamiento de la zona que dificultan la instalación y la medición de los puntos de control se sugiere ubicar solo dos y en un puntos estratégicos. La ubicación recomendada es el Ventisquero Gabriel Quiroz que drena al Lago Gabriel Quiroz y es un afluente al río Pascua. Con lo que se podría medir la cantidad de nieve acumulada en el invierno y que escurrirá en el deshielo. Para la ubicación debe considerarse un lugar lo más plano posible, y en una cota que permanezca con nieve todo el invierno. Asimismo se recomienda colocar una estación fluviométrica en la salida del Lago Quiroz, el que desemboca a través del río Quiroz al río Pascua, lo que sería de gran utilidad para conocer los aportes del afluente. Cabe destacar que el río Quiroz aporta al río Pascua con un 8.1% del caudal anual.

El otro punto de interés es el Ventisquero Bravo el que drena en uno de los brazos del Lago O'Higgins, y que por tanto entrega una medida del deshielo afluente al río Pascua. Este Ventisquero posee un área

englaciada de 207,6 [Km<sup>2</sup>]. Deben seguirse las mismas indicaciones que para el Ventisquero Quiroz en cuanto a ubicación de la ruta.

Uno de los grandes problemas para la previsión de deshielo en la cuenca es la falta de estadística pluviométrica lo suficientemente extensa y consistente. De las 2 estaciones con mayor registro, Villa O'Higgins y Tenencia Lago O'Higgins, la primera presenta malas correlaciones con las demás estaciones cercanas lo que dificulta su rellenado y extensión, y la segunda ya se encuentra suprimida y presenta inconsistencias en los valores del período de deshielo. Por ello la recomendación es completar la red pluviométrica a través de la reinstalación de la Estación Tenencia Lago O'Higgins, ya con unos diez años de datos se podría iniciar un pronóstico, por lo que se podría contar además con datos de estaciones “nuevas” controladas por la DGA, así como Río Pascua Antes Junta Quetru, con lo que se podría tener con un patrón de precipitaciones en la zona.

Se sugiere también en los mismos puntos de las estaciones pluviométricas instalar también instrumentos de medición de temperaturas para poder incluir estas variables en los modelos. Las temperaturas también permiten realizar análisis de consistencia de datos.



Figura 24: Zonas recomendadas de ubicación de rutas de nieve en cuenca Pascua

Finalmente para ambas cuencas se entrega una recomendación final. Se ha comprobado en algunas centrales de la zona central de Chile que una muy buena aproximación para el equivalente en agua de la

nieve caída en invierno, es la medición después de cada tormenta de la altura de nieve caída. Para ello debe situar al lado del pluviómetro un radiér, de modo que la superficie sea plana, e instalar una regleta que permita medir la altura, luego se calcula el equivalente en agua y se puede utilizar esta medida aproximada para los modelos (Brown, 2009).

### **5.2.2 Recomendaciones Generales**

En primer lugar es recomendable que si los modelos se utilizan durante la vida útil de las centrales al tener más años de registro y por lo tanto más datos, suprimir los primeros 10 años utilizados en la calibración (caso cuenca Baker), puesto que no son representativos de las tendencias de los caudales de los últimos años y que en general no se tiene certeza de que hayan sido medidos correctamente.

Dado que los modelos en general tienden a mejorar sus desempeños al incluir las precipitaciones del período de deshielo, sería recomendable tener un modelo de pronóstico de las precipitaciones entre los meses de Octubre y Marzo, herramienta que permitiría pronosticar a principios de Octubre las precipitaciones del período en cuestión e ingresar estos resultados a los modelos de pronóstico de volúmenes para lograr mejores resultados.

Se recomienda asimismo, en las actualizaciones de los pronósticos, realizar un análisis de las variables que se utilicen en cada modelo (para cada mes), para poder optar a mejores pronósticos, lo que sería parte de un trabajo futuro.

## Capítulo 6.- Bibliografía

AHUMADA, G., 1977. “Modelo de Pronóstico de Caudales de deshielo en la cuenca del río Elqui”. Memoria de Ingeniero Civil. Universidad de Chile, Santiago.

BANCEL, A., BENITEZ, A., BROWN, E., FELIU, R., FERRER, P., 1974. “Ampliación de Estadísticas Pluviométricas y Fluviométricas”. I Mesa Redonda de Hidrología, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Santiago, Chile.

BENITEZ, A., AYLWIN, L., 1976. “Estudio de Previsión de Esguimientos de Deshielo”. Endesa S.A., Santiago.

BOWN, F., 2004. “Cambios Climáticos en la Región de Los Lagos y respuestas recientes del Glaciar Casa Pangue (41°08'S)”. Tesis para optar al grado de Magister en Geografía. Universidad de Chile, Santiago.

BRISO, C., 2005. “Desarrollo Hidroeléctrico de los ríos Baker y Pascua, Antecedentes Hidrológicos”. Ingendesa S.A., Santiago.

BRISO, C., 2005. “Desarrollo Hidroeléctrico de los ríos Baker y Pascua, Antecedentes Hidrológicos”. Ingendesa S.A., Santiago.

CARTES, M., 2009. “Pronóstico de Volúmenes de Deshielos mediante Redes Neuronales Recurrentes e Imágenes Satelitales Modis”. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Universidad de Chile, Santiago.

BOX, G.E.P., JENKINS, G.M. (1976). “Time Series Analysis: Forecasting and Control”. Oakland (CA): Holden-Day.

CASASSA, G., ESCOBAR, F., LOPEZ, P., RIVERA, A., 2008. “Balance glaciológico e hídrico del glaciar Nef, Campo de Hielo Norte, y catastro de glaciares de algunas cuencas de la zona central y sur del país”. Centro de Estudios Científicos, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Unidad de Glaciología y Nieves, Santiago.

CHOW, V.T, MAIDMENT, D y MAYES, L., 1994. “Hidrología Aplicada”. Editorial McGraw Hill Interamericana S.A., Santafé de Bogotá, Colombia.

DEMUTH, H., BEALE, M., 1998. “Neural Network Toolbox for Use with Matlab, User's Guide, Version 3.0”.

DÓLLING, O., VARAS, E., 2000. “Pronóstico de Caudales Nivales Usando Redes Neuronales Artificiales”. XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Córdoba, Argentina.

ENDESA, 1975. “Estudio de los recursos Hídricos de los ríos Baker y Pascua”. División de Estudios Hidrológicos, Santiago, Chile.

ESPÍLDORA, B., BROWN, E., CABRERA, G., ISENSEE, P., 1975. “Elementos de Hidrología”. Centro de Recursos Hidráulicos. Universidad de Chile, Santiago.

ESTEVEZ, P., 1999. "Clasificación de Patrones mediante Redes Neuronales Artificiales". Anales del Instituto de Ingenieros de Chile. Santiago, Chile.

ESTEVEZ, P., 2000. "Teoría de Redes Neuronales: Apuntes de Clases". Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica.

GONZÁLEZ, R. "Pronóstico de crecidas en tiempo real. Uso de Redes Neuronales". Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Universidad de Chile, Santiago.

HOOKE, R LEB., 2005 "Principles of Glacier Mechanics". Cambridge University Press, Orono, USA.

KING, H., 1998 "Antecedentes climatológicos de los ríos Baker y Pascua". Ingendesa S.A., Santiago.

LLIBOUTRY, L., 1956. "Nieves y Glaciares, Fundamentos de Glaciología". Editorial Universidad de Chile, Santiago.

PINTO, J., 1998. "Inteligencia Artificial Cap. Apredizaje Redes Neuronales". Apuntes de clases ramo ICC3623 Pontificia Universidad Católica de Chile.

RISLEY, J., GANNETT, M., LEA, J., ROEHL, E., 2005. "An analysis of Statistical Methods for Seasonal Flow Forecasting in the Upper Klamath River Basin of Oregon and California". Scientific Investigations Report 2005-5177. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. Virginia, USA.

RIVERA, A., 2005 "Cambios climáticos. Los glaciares de la Patagonia". Investigación y Ciencia, Octubre 2005, pp 36-37, Valdivia.

RIVERA, A., BENHAM, T., CASASSA, G., BAMBER, J., DOWDESWELL, J., 2007. "Ice Elevation and Areal Changes of Glaciers from the Northern Patagonia Icefields". Science Direct, Vol 59, pp 126-137.

TRIPODI, D., 1999. "Pronóstico de caudales en cuencas de montaña". Informe de tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.

VARGAS, X., TAMBURRINO, A., NIÑO, Y., MCPHEE, J., 2007. "Línea de Base del Medio Físico del Proyecto Hidroeléctrico Aysén. Resumen Ejecutivo". Universidad de Chile, Santiago.

VARGAS, X. "Análisis Hidrológico y Evaluación de Recursos Hídricos Avanzados: Apuntes de Clases". Universidad de Chile, Santiago.

## **Capítulo 7.- Anexos**

## 7.1 ANEXO 1 ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS

Tabla 93: Caudales medios mensuales Baker Desagüe Lago Bertrand [m3/seg]

| BAKER DESAGUE LAGO BERTRAND |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |        |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|
| ANO                         | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Qa  | Qplu | Q desh |
| 60/61                       | 648 | 638 | 614 | 567 | 468 | 438 | 429 | 525 | 585 | 731 | 892 | 709 | 604 | 562  | 645    |
| 61/62                       | 652 | 620 | 609 | 503 | 466 | 418 | 390 | 469 | 540 | 609 | 629 | 668 | 548 | 545  | 551    |
| 62/63                       | 701 | 617 | 669 | 524 | 501 | 410 | 412 | 465 | 566 | 653 | 693 | 691 | 575 | 570  | 580    |
| 63/64                       | 945 | 716 | 680 | 563 | 495 | 435 | 417 | 447 | 546 | 656 | 737 | 691 | 611 | 639  | 582    |
| 64/65                       | 684 | 689 | 653 | 513 | 463 | 430 | 435 | 457 | 541 | 667 | 831 | 797 | 597 | 572  | 621    |
| 65/66                       | 779 | 724 | 657 | 617 | 579 | 492 | 452 | 595 | 830 | 853 | 787 | 703 | 672 | 641  | 703    |
| 66/67                       | 678 | 684 | 876 | 798 | 607 | 487 | 422 | 431 | 472 | 532 | 615 | 601 | 600 | 688  | 512    |
| 67/68                       | 608 | 685 | 615 | 512 | 468 | 415 | 406 | 519 | 720 | 825 | 828 | 776 | 615 | 551  | 679    |
| 68/69                       | 617 | 589 | 534 | 501 | 466 | 508 | 493 | 525 | 699 | 680 | 681 | 680 | 581 | 536  | 626    |
| 69/70                       | 622 | 852 | 745 | 600 | 521 | 450 | 429 | 431 | 531 | 624 | 714 | 725 | 604 | 632  | 576    |
| 70/71                       | 651 | 636 | 657 | 554 | 486 | 449 | 425 | 446 | 529 | 609 | 584 | 582 | 551 | 572  | 529    |
| 71/72                       | 568 | 482 | 422 | 421 | 431 | 424 | 511 | 644 | 705 | 811 | 915 | 873 | 601 | 458  | 743    |
| 72/73                       | 772 | 737 | 599 | 472 | 390 | 350 | 356 | 432 | 521 | 602 | 612 | 624 | 539 | 553  | 525    |
| 73/74                       | 666 | 537 | 514 | 459 | 441 | 422 | 426 | 470 | 588 | 641 | 684 | 675 | 544 | 507  | 581    |
| 74/75                       | 653 | 603 | 549 | 473 | 436 | 390 | 394 | 437 | 466 | 549 | 653 | 665 | 522 | 517  | 527    |
| 75/76                       | 647 | 608 | 525 | 467 | 403 | 388 | 376 | 460 | 513 | 651 | 740 | 746 | 544 | 506  | 581    |
| 76/77                       | 696 | 737 | 634 | 531 | 450 | 409 | 435 | 459 | 521 | 816 | 857 | 825 | 614 | 576  | 652    |
| 77/78                       | 842 | 921 | 956 | 787 | 589 | 567 | 635 | 687 | 712 | 786 | 789 | 803 | 756 | 777  | 735    |
| 78/79                       | 686 | 685 | 610 | 531 | 459 | 385 | 370 | 399 | 540 | 661 | 717 | 711 | 563 | 559  | 566    |
| 79/80                       | 627 | 541 | 504 | 536 | 542 | 503 | 461 | 520 | 611 | 728 | 764 | 771 | 592 | 542  | 643    |
| 80/81                       | 850 | 709 | 652 | 576 | 540 | 553 | 506 | 529 | 710 | 788 | 803 | 754 | 664 | 647  | 682    |
| 81/82                       | 656 | 618 | 602 | 592 | 511 | 435 | 409 | 494 | 539 | 603 | 697 | 685 | 570 | 569  | 571    |
| 82/83                       | 612 | 556 | 545 | 412 | 360 | 373 | 370 | 414 | 486 | 618 | 714 | 716 | 515 | 476  | 553    |
| 83/84                       | 670 | 607 | 484 | 386 | 347 | 331 | 336 | 391 | 538 | 681 | 730 | 706 | 517 | 471  | 564    |
| 84/85                       | 635 | 577 | 472 | 372 | 315 | 302 | 335 | 382 | 484 | 623 | 657 | 640 | 483 | 446  | 520    |
| 85/86                       | 600 | 601 | 546 | 490 | 432 | 420 | 459 | 493 | 592 | 684 | 747 | 744 | 567 | 515  | 620    |
| 86/87                       | 679 | 681 | 643 | 616 | 526 | 426 | 419 | 446 | 469 | 539 | 660 | 657 | 563 | 595  | 532    |
| 87/88                       | 615 | 554 | 508 | 523 | 459 | 392 | 380 | 442 | 511 | 536 | 539 | 515 | 498 | 509  | 487    |
| 88/89                       | 527 | 459 | 394 | 363 | 326 | 298 | 263 | 349 | 445 | 554 | 588 | 593 | 430 | 395  | 465    |
| 89/90                       | 645 | 614 | 561 | 540 | 467 | 392 | 373 | 433 | 582 | 772 | 771 | 679 | 569 | 537  | 602    |
| 90/91                       | 585 | 531 | 639 | 738 | 673 | 580 | 560 | 535 | 593 | 686 | 713 | 703 | 628 | 624  | 632    |
| 91/92                       | 639 | 557 | 463 | 438 | 390 | 477 | 395 | 477 | 550 | 607 | 629 | 655 | 523 | 494  | 552    |
| 92/93                       | 608 | 536 | 424 | 344 | 381 | 334 | 365 | 458 | 635 | 711 | 802 | 800 | 533 | 438  | 629    |
| 93/94                       | 753 | 681 | 564 | 489 | 491 | 469 | 467 | 458 | 470 | 552 | 613 | 602 | 551 | 575  | 527    |
| 94/95                       | 536 | 570 | 654 | 531 | 502 | 440 | 422 | 452 | 572 | 660 | 662 | 607 | 551 | 539  | 563    |
| 95/96                       | 606 | 597 | 542 | 469 | 416 | 365 | 377 | 434 | 552 | 624 | 592 | 612 | 516 | 499  | 532    |
| 96/97                       | 601 | 665 | 657 | 517 | 516 | 515 | 552 | 571 | 668 | 739 | 722 | 636 | 613 | 579  | 648    |
| 97/98                       | 623 | 641 | 545 | 481 | 600 | 588 | 529 | 554 | 568 | 612 | 636 | 647 | 585 | 580  | 591    |
| 98/99                       | 566 | 500 | 493 | 575 | 624 | 501 | 510 | 593 | 651 | 756 | 708 | 666 | 595 | 543  | 647    |
| 99/00                       | 539 | 459 | 398 | 349 | 393 | 371 | 388 | 451 | 499 | 498 | 512 | 461 | 443 | 418  | 468    |
| 00/01                       | 415 | 404 | 388 | 335 | 307 | 268 | 304 | 370 | 516 | 660 | 736 | 694 | 450 | 353  | 547    |
| 01/02                       | 659 | 549 | 495 | 445 | 385 | 358 | 382 | 451 | 508 | 547 | 565 | 596 | 495 | 482  | 508    |
| 02/03                       | 651 | 673 | 570 | 489 | 480 | 437 | 491 | 538 | 640 | 747 | 767 | 791 | 606 | 550  | 662    |
| 03/04                       | 689 | 556 | 555 | 483 | 456 | 464 | 507 | 639 | 670 | 786 | 830 | 801 | 620 | 534  | 706    |
| 04/05                       | 810 | 731 | 640 | 626 | 526 | 484 | 490 | 499 | 628 | 760 | 736 | 751 | 640 | 636  | 644    |
| 05/06                       | 653 | 637 | 573 | 480 | 406 | 354 | 424 | 519 | 565 | 655 | 668 | 696 | 553 | 517  | 588    |
| 06/07                       | 737 | 695 | 621 | 555 | 482 | 434 | 422 | 453 | 545 | 693 | 705 | 606 | 579 | 587  | 571    |
| 07/08                       | 572 | 518 | 432 | 356 | 303 | 292 | 326 | 370 | 454 | 588 | 669 | 656 | 461 | 412  | 511    |

Valores corregidos en Estudio Hidrológico Complementario, Ingendesa 2009.

Valores rellenados con datos DGA

Tabla 94: Caudales medios mensuales Baker Angostura Chacabuco [m3/seg]

| BAKER ANGOSTURA CHACABUCO |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |       |         |
|---------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-------|---------|
| AÑO                       | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB  | MAR | Qa  | Q plu | Q des h |
| 60/61                     | 723  | 693  | 661  | 609 | 505 | 478 | 489 | 604 | 686 | 861 | 1042 | 803 | 680 | 611   | 748     |
| 61/62                     | 728  | 672  | 655  | 544 | 503 | 457 | 454 | 550 | 638 | 730 | 733  | 759 | 618 | 593   | 644     |
| 62/63                     | 785  | 667  | 722  | 564 | 537 | 449 | 474 | 545 | 666 | 778 | 809  | 784 | 648 | 621   | 676     |
| 63/64                     | 1073 | 773  | 730  | 599 | 527 | 470 | 479 | 526 | 643 | 781 | 861  | 785 | 687 | 695   | 679     |
| 64/65                     | 764  | 747  | 703  | 552 | 498 | 468 | 495 | 534 | 635 | 790 | 969  | 907 | 672 | 622   | 722     |
| 65/66                     | 881  | 788  | 710  | 659 | 614 | 532 | 513 | 677 | 970 | 999 | 920  | 798 | 755 | 697   | 813     |
| 66/67                     | 763  | 748  | 967  | 845 | 645 | 530 | 488 | 513 | 562 | 647 | 720  | 682 | 676 | 750   | 602     |
| 67/68                     | 674  | 745  | 661  | 553 | 505 | 454 | 466 | 597 | 839 | 963 | 964  | 881 | 692 | 599   | 785     |
| 68/69                     | 688  | 640  | 571  | 544 | 505 | 550 | 555 | 607 | 821 | 809 | 796  | 773 | 655 | 583   | 727     |
| 69/70                     | 692  | 932  | 812  | 642 | 557 | 490 | 491 | 510 | 626 | 745 | 834  | 825 | 680 | 687   | 672     |
| 70/71                     | 727  | 691  | 711  | 596 | 523 | 489 | 490 | 528 | 627 | 733 | 682  | 659 | 621 | 623   | 620     |
| 71/72                     | 628  | 520  | 441  | 463 | 470 | 465 | 569 | 724 | 822 | 948 | 1068 | 996 | 676 | 498   | 855     |
| 72/73                     | 865  | 795  | 637  | 508 | 424 | 385 | 420 | 512 | 615 | 722 | 713  | 706 | 609 | 602   | 615     |
| 73/74                     | 744  | 579  | 545  | 499 | 478 | 461 | 488 | 550 | 692 | 764 | 798  | 766 | 614 | 551   | 676     |
| 74/75                     | 728  | 652  | 585  | 513 | 472 | 429 | 457 | 517 | 552 | 663 | 762  | 755 | 590 | 563   | 618     |
| 75/76                     | 720  | 657  | 557  | 506 | 439 | 426 | 437 | 538 | 603 | 773 | 862  | 847 | 614 | 551   | 677     |
| 76/77                     | 782  | 804  | 684  | 573 | 488 | 449 | 497 | 539 | 577 | 961 | 979  | 973 | 692 | 630   | 754     |
| 77/78                     | 1014 | 1021 | 1088 | 811 | 623 | 637 | 695 | 793 | 836 | 958 | 942  | 935 | 863 | 866   | 860     |
| 78/79                     | 768  | 741  | 651  | 555 | 485 | 413 | 401 | 478 | 684 | 813 | 881  | 805 | 640 | 602   | 677     |
| 79/80                     | 711  | 577  | 557  | 614 | 561 | 528 | 507 | 612 | 714 | 908 | 882  | 902 | 673 | 591   | 754     |
| 80/81                     | 959  | 775  | 700  | 605 | 604 | 621 | 552 | 598 | 875 | 929 | 966  | 847 | 753 | 711   | 795     |
| 81/82                     | 710  | 681  | 649  | 633 | 549 | 506 | 505 | 606 | 627 | 758 | 831  | 811 | 656 | 621   | 690     |
| 82/83                     | 695  | 645  | 596  | 447 | 399 | 413 | 433 | 493 | 610 | 786 | 871  | 833 | 602 | 532   | 671     |
| 83/84                     | 744  | 672  | 496  | 460 | 376 | 353 | 430 | 503 | 691 | 846 | 874  | 803 | 604 | 517   | 691     |
| 84/85                     | 740  | 628  | 485  | 384 | 345 | 336 | 375 | 454 | 635 | 787 | 774  | 705 | 554 | 486   | 622     |
| 85/86                     | 683  | 643  | 561  | 506 | 461 | 449 | 486 | 543 | 673 | 814 | 869  | 808 | 625 | 551   | 699     |
| 86/87                     | 710  | 704  | 672  | 665 | 535 | 440 | 479 | 505 | 548 | 676 | 763  | 745 | 620 | 621   | 619     |
| 87/88                     | 693  | 590  | 581  | 560 | 482 | 414 | 433 | 523 | 599 | 635 | 636  | 594 | 562 | 553   | 570     |
| 88/89                     | 602  | 487  | 420  | 381 | 340 | 311 | 323 | 453 | 532 | 654 | 672  | 661 | 486 | 424   | 549     |
| 89/90                     | 740  | 642  | 576  | 582 | 479 | 416 | 421 | 515 | 681 | 882 | 870  | 752 | 630 | 573   | 687     |
| 90/91                     | 613  | 591  | 731  | 782 | 708 | 621 | 621 | 615 | 694 | 805 | 803  | 821 | 700 | 674   | 726     |
| 91/92                     | 738  | 575  | 484  | 478 | 465 | 517 | 469 | 568 | 635 | 726 | 727  | 717 | 592 | 543   | 640     |
| 92/93                     | 666  | 554  | 442  | 390 | 419 | 390 | 441 | 551 | 737 | 775 | 952  | 898 | 601 | 477   | 726     |
| 93/94                     | 831  | 712  | 573  | 521 | 564 | 513 | 511 | 509 | 546 | 655 | 679  | 662 | 606 | 619   | 594     |
| 94/95                     | 562  | 616  | 677  | 576 | 515 | 477 | 492 | 544 | 675 | 756 | 769  | 700 | 613 | 571   | 656     |
| 95/96                     | 660  | 654  | 584  | 524 | 458 | 427 | 465 | 537 | 704 | 712 | 702  | 703 | 594 | 551   | 637     |
| 96/97                     | 672  | 764  | 708  | 557 | 576 | 567 | 623 | 667 | 746 | 859 | 814  | 729 | 690 | 641   | 740     |
| 97/98                     | 699  | 710  | 567  | 527 | 663 | 605 | 565 | 599 | 629 | 691 | 706  | 710 | 639 | 629   | 650     |
| 98/99                     | 601  | 543  | 528  | 663 | 648 | 517 | 618 | 676 | 778 | 875 | 818  | 736 | 667 | 583   | 750     |
| 99/00                     | 578  | 497  | 427  | 388 | 446 | 413 | 458 | 531 | 591 | 607 | 596  | 526 | 505 | 458   | 552     |
| 00/01                     | 475  | 442  | 429  | 379 | 363 | 347 | 366 | 408 | 603 | 785 | 860  | 793 | 521 | 406   | 636     |
| 01/02                     | 699  | 594  | 524  | 486 | 423 | 399 | 440 | 515 | 557 | 635 | 670  | 665 | 551 | 521   | 580     |
| 02/03                     | 741  | 738  | 581  | 538 | 512 | 490 | 566 | 608 | 736 | 882 | 897  | 904 | 683 | 600   | 766     |
| 03/04                     | 772  | 600  | 592  | 523 | 492 | 503 | 567 | 722 | 785 | 925 | 970  | 914 | 697 | 580   | 814     |
| 04/05                     | 917  | 795  | 689  | 667 | 561 | 522 | 552 | 580 | 738 | 897 | 860  | 856 | 720 | 692   | 747     |
| 05/06                     | 736  | 698  | 619  | 526 | 447 | 322 | 490 | 604 | 671 | 786 | 786  | 797 | 624 | 558   | 689     |
| 06/07                     | 838  | 764  | 675  | 603 | 524 | 404 | 488 | 537 | 648 | 829 | 830  | 690 | 653 | 635   | 670     |
| 07/08                     | 636  | 563  | 455  | 399 | 344 | 258 | 392 | 450 | 540 | 710 | 785  | 747 | 523 | 443   | 604     |

Valores rellenados mediante correlaciones con Baker Desagüe Lago Bertrand.

Tabla 95: Caudales medios mensuales Baker bajo Los Ñadis [m3/seg]

| BAKER BAJO LOS ÑADIS |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |        |
|----------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| AÑO                  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Qa   | Qplu | Q desh |
| 60/61                | 1017 | 936  | 878  | 805  | 678  | 663 | 741  | 974  | 1160 | 1396 | 1581 | 1186 | 1001 | 829  | 1173   |
| 61/62                | 1025 | 911  | 871  | 710  | 675  | 635 | 690  | 903  | 1077 | 1214 | 1177 | 1123 | 918  | 805  | 1031   |
| 62/63                | 1094 | 903  | 968  | 740  | 727  | 624 | 718  | 895  | 1124 | 1279 | 1273 | 1158 | 958  | 842  | 1074   |
| 63/64                | 1460 | 1051 | 987  | 798  | 718  | 658 | 726  | 872  | 1086 | 1284 | 1343 | 1159 | 1012 | 945  | 1078   |
| 64/65                | 1070 | 1011 | 942  | 724  | 669  | 651 | 749  | 883  | 1074 | 1298 | 1486 | 1333 | 991  | 845  | 1137   |
| 65/66                | 1212 | 1063 | 949  | 880  | 845  | 737 | 765  | 1055 | 1617 | 1566 | 1403 | 1164 | 1104 | 947  | 1261   |
| 66/67                | 1056 | 999  | 1310 | 1146 | 883  | 727 | 740  | 858  | 951  | 1104 | 1163 | 1017 | 996  | 1020 | 972    |
| 67/68                | 957  | 1005 | 879  | 722  | 677  | 631 | 703  | 956  | 1408 | 1525 | 1467 | 1286 | 1018 | 812  | 1224   |
| 68/69                | 976  | 868  | 747  | 710  | 678  | 763 | 827  | 970  | 1375 | 1313 | 1248 | 1134 | 967  | 790  | 1145   |
| 69/70                | 976  | 1250 | 1095 | 853  | 756  | 678 | 743  | 850  | 1057 | 1235 | 1307 | 1216 | 1001 | 934  | 1068   |
| 70/71                | 1022 | 933  | 950  | 786  | 705  | 678 | 741  | 875  | 1059 | 1219 | 1111 | 982  | 922  | 846  | 998    |
| 71/72                | 904  | 710  | 560  | 590  | 626  | 648 | 849  | 1124 | 1383 | 1509 | 1606 | 1451 | 997  | 673  | 1321   |
| 72/73                | 1204 | 1084 | 853  | 663  | 560  | 542 | 643  | 854  | 1041 | 1205 | 1152 | 1050 | 904  | 818  | 991    |
| 73/74                | 1049 | 790  | 713  | 646  | 639  | 644 | 738  | 901  | 1166 | 1259 | 1259 | 1130 | 911  | 747  | 1075   |
| 74/75                | 1028 | 887  | 771  | 666  | 631  | 598 | 699  | 864  | 937  | 1127 | 1220 | 1122 | 879  | 764  | 995    |
| 75/76                | 1019 | 800  | 695  | 625  | 628  | 681 | 717  | 929  | 985  | 1211 | 1451 | 1131 | 906  | 741  | 1071   |
| 76/77                | 1055 | 1184 | 835  | 792  | 670  | 796 | 733  | 902  | 1077 | 1620 | 1443 | 1407 | 1043 | 889  | 1197   |
| 77/78                | 1477 | 1312 | 1492 | 939  | 811  | 977 | 1077 | 1151 | 1323 | 1470 | 1428 | 1332 | 1232 | 1168 | 1297   |
| 78/79                | 1057 | 978  | 850  | 714  | 621  | 539 | 621  | 832  | 1175 | 1333 | 1423 | 1146 | 941  | 793  | 1088   |
| 79/80                | 1049 | 721  | 759  | 917  | 720  | 697 | 734  | 1015 | 1155 | 1562 | 1301 | 1328 | 997  | 811  | 1183   |
| 80/81                | 1255 | 956  | 909  | 729  | 818  | 880 | 780  | 925  | 1488 | 1416 | 1445 | 1135 | 1061 | 925  | 1198   |
| 81/82                | 909  | 919  | 845  | 819  | 727  | 598 | 701  | 1004 | 967  | 1278 | 1229 | 1202 | 933  | 803  | 1064   |
| 82/83                | 923  | 875  | 731  | 486  | 510  | 595 | 653  | 813  | 996  | 1349 | 1351 | 1205 | 874  | 687  | 1061   |
| 83/84                | 1011 | 887  | 579  | 540  | 486  | 516 | 630  | 926  | 1223 | 1355 | 1282 | 1098 | 878  | 670  | 1086   |
| 84/85                | 1086 | 830  | 578  | 448  | 428  | 499 | 598  | 774  | 1051 | 1286 | 1307 | 1073 | 830  | 645  | 1015   |
| 85/86                | 1059 | 897  | 702  | 647  | 626  | 671 | 738  | 896  | 1110 | 1391 | 1347 | 1129 | 934  | 767  | 1102   |
| 86/87                | 970  | 951  | 948  | 960  | 662  | 574 | 771  | 796  | 901  | 1233 | 1287 | 1166 | 935  | 844  | 1026   |
| 87/88                | 1038 | 776  | 856  | 729  | 601  | 523 | 674  | 883  | 972  | 1052 | 1058 | 905  | 839  | 754  | 924    |
| 88/89                | 929  | 623  | 549  | 491  | 445  | 434 | 485  | 897  | 929  | 1111 | 1081 | 1012 | 749  | 579  | 919    |
| 89/90                | 1169 | 875  | 848  | 721  | 600  | 545 | 663  | 887  | 1270 | 1380 | 1348 | 1116 | 952  | 793  | 1111   |
| 90/91                | 841  | 882  | 1177 | 1100 | 958  | 839 | 995  | 1004 | 1141 | 1308 | 1330 | 1237 | 1068 | 966  | 1169   |
| 91/92                | 1032 | 749  | 542  | 698  | 606  | 748 | 692  | 996  | 998  | 1277 | 1209 | 1222 | 897  | 729  | 1066   |
| 92/93                | 1032 | 778  | 620  | 463  | 623  | 550 | 696  | 954  | 1439 | 1299 | 1610 | 1373 | 953  | 678  | 1229   |
| 93/94                | 1065 | 959  | 707  | 661  | 830  | 685 | 777  | 745  | 885  | 1167 | 1103 | 1071 | 888  | 818  | 958    |
| 94/95                | 767  | 909  | 929  | 700  | 654  | 625 | 683  | 902  | 1128 | 1193 | 1173 | 1013 | 890  | 764  | 1015   |
| 95/96                | 916  | 903  | 764  | 691  | 566  | 556 | 708  | 881  | 1298 | 1101 | 1149 | 1055 | 882  | 733  | 1032   |
| 96/97                | 928  | 1177 | 968  | 691  | 820  | 785 | 963  | 1078 | 1203 | 1413 | 1182 | 1021 | 1019 | 895  | 1143   |
| 97/98                | 1053 | 1033 | 690  | 714  | 1001 | 792 | 802  | 881  | 976  | 1103 | 1188 | 1110 | 945  | 881  | 1010   |
| 98/99                | 907  | 816  | 780  | 820  | 1024 | 758 | 855  | 1135 | 1372 | 1477 | 1295 | 1081 | 1027 | 851  | 1202   |
| 99/00                | 806  | 662  | 553  | 544  | 678  | 594 | 744  | 865  | 925  | 985  | 890  | 736  | 749  | 640  | 858    |
| 00/01                | 652  | 577  | 556  | 499  | 468  | 446 | 632  | 680  | 1070 | 1245 | 1393 | 1201 | 785  | 533  | 1037   |
| 01/02                | 916  | 727  | 653  | 609  | 575  | 546 | 648  | 772  | 895  | 1071 | 1112 | 903  | 786  | 671  | 900    |
| 02/03                | 1108 | 1007 | 661  | 725  | 622  | 667 | 829  | 949  | 1206 | 1356 | 1294 | 1499 | 994  | 798  | 1189   |
| 03/04                | 873  | 818  | 782  | 681  | 662  | 674 | 935  | 1060 | 1107 | 1485 | 1351 | 1333 | 980  | 748  | 1212   |
| 04/05                | 1194 | 939  | 958  | 921  | 710  | 734 | 762  | 903  | 1256 | 1301 | 1307 | 1200 | 1015 | 909  | 1121   |
| 05/06                | 864  | 911  | 767  | 607  | 538  | 547 | 805  | 891  | 968  | 1160 | 1187 | 1192 | 870  | 706  | 1034   |
| 06/07                | 1108 | 976  | 765  | 739  | 630  | 622 | 659  | 789  | 965  | 1185 | 1292 | 1016 | 896  | 807  | 984    |
| 07/08                | 897  | 752  | 565  | 481  | 419  | 452 | 640  | 672  | 979  | 1133 | 1401 | 1063 | 788  | 594  | 981    |

Valores rellenados mediante correlaciones con Baker Desagüe Lago Bertrand

Valores obtenidos de DGA

Tabla 96: Caudales medios mensuales Cuenca Intermedia [m3/seg]

| Cuenca Intermedia |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |        |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|
| AÑO               | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Qa  | Q plu | Q desh |
| 60/61             | 294 | 243 | 217 | 197 | 173 | 185 | 252 | 369 | 474 | 535 | 538 | 383 | 322 | 218   | 425    |
| 61/62             | 297 | 239 | 216 | 166 | 173 | 179 | 237 | 353 | 440 | 484 | 443 | 364 | 299 | 212   | 387    |
| 62/63             | 309 | 236 | 246 | 176 | 190 | 175 | 244 | 350 | 458 | 501 | 465 | 373 | 310 | 222   | 399    |
| 63/64             | 387 | 278 | 257 | 199 | 191 | 188 | 247 | 345 | 443 | 503 | 482 | 374 | 325 | 250   | 399    |
| 64/65             | 306 | 264 | 239 | 171 | 171 | 183 | 255 | 348 | 439 | 508 | 516 | 426 | 319 | 222   | 415    |
| 65/66             | 331 | 274 | 239 | 221 | 230 | 205 | 252 | 378 | 647 | 567 | 483 | 366 | 349 | 250   | 449    |
| 66/67             | 293 | 251 | 343 | 301 | 238 | 197 | 252 | 344 | 390 | 457 | 443 | 335 | 320 | 271   | 370    |
| 67/68             | 283 | 261 | 217 | 169 | 172 | 176 | 237 | 360 | 568 | 562 | 503 | 405 | 326 | 213   | 439    |
| 68/69             | 288 | 228 | 177 | 166 | 173 | 213 | 272 | 363 | 554 | 504 | 453 | 361 | 313 | 207   | 418    |
| 69/70             | 284 | 318 | 283 | 211 | 198 | 188 | 252 | 340 | 432 | 490 | 474 | 391 | 322 | 247   | 396    |
| 70/71             | 295 | 243 | 239 | 190 | 182 | 189 | 251 | 346 | 432 | 486 | 428 | 323 | 300 | 223   | 378    |
| 71/72             | 276 | 190 | 119 | 127 | 156 | 183 | 280 | 400 | 561 | 561 | 538 | 455 | 320 | 175   | 466    |
| 72/73             | 339 | 288 | 216 | 155 | 136 | 156 | 224 | 342 | 425 | 483 | 438 | 343 | 296 | 215   | 376    |
| 73/74             | 305 | 211 | 168 | 147 | 162 | 183 | 250 | 351 | 474 | 495 | 461 | 365 | 297 | 196   | 399    |
| 74/75             | 300 | 235 | 186 | 153 | 159 | 170 | 242 | 347 | 385 | 464 | 458 | 368 | 289 | 201   | 377    |
| 75/76             | 300 | 143 | 138 | 119 | 189 | 255 | 280 | 391 | 382 | 438 | 589 | 284 | 292 | 190   | 394    |
| 76/77             | 273 | 380 | 151 | 219 | 182 | 347 | 236 | 363 | 500 | 659 | 464 | 434 | 351 | 259   | 443    |
| 77/78             | 463 | 291 | 404 | 128 | 188 | 340 | 382 | 358 | 487 | 512 | 486 | 397 | 370 | 302   | 437    |
| 78/79             | 289 | 237 | 199 | 159 | 136 | 126 | 220 | 354 | 491 | 520 | 542 | 341 | 301 | 191   | 411    |
| 79/80             | 338 | 144 | 202 | 303 | 159 | 169 | 227 | 403 | 441 | 654 | 419 | 426 | 324 | 219   | 428    |
| 80/81             | 296 | 181 | 209 | 124 | 214 | 259 | 228 | 327 | 613 | 487 | 479 | 288 | 309 | 214   | 404    |
| 81/82             | 199 | 238 | 196 | 186 | 178 | 92  | 196 | 398 | 340 | 520 | 398 | 391 | 278 | 182   | 374    |
| 82/83             | 228 | 230 | 135 | 39  | 111 | 182 | 220 | 320 | 386 | 563 | 480 | 372 | 272 | 154   | 390    |
| 83/84             | 267 | 215 | 83  | 80  | 110 | 163 | 200 | 423 | 532 | 509 | 408 | 295 | 274 | 153   | 395    |
| 84/85             | 346 | 202 | 93  | 64  | 83  | 163 | 223 | 320 | 416 | 499 | 533 | 368 | 276 | 159   | 393    |
| 85/86             | 376 | 254 | 141 | 141 | 165 | 222 | 252 | 353 | 437 | 577 | 478 | 321 | 310 | 217   | 403    |
| 86/87             | 260 | 247 | 276 | 295 | 127 | 134 | 292 | 291 | 353 | 557 | 524 | 421 | 315 | 223   | 406    |
| 87/88             | 345 | 186 | 275 | 169 | 119 | 109 | 241 | 360 | 373 | 417 | 422 | 311 | 277 | 201   | 354    |
| 88/89             | 327 | 136 | 129 | 110 | 105 | 123 | 162 | 444 | 397 | 457 | 409 | 351 | 263 | 155   | 370    |
| 89/90             | 429 | 233 | 272 | 139 | 121 | 129 | 242 | 372 | 589 | 498 | 478 | 364 | 322 | 220   | 424    |
| 90/91             | 228 | 291 | 446 | 318 | 250 | 218 | 374 | 389 | 447 | 503 | 527 | 416 | 367 | 292   | 443    |
| 91/92             | 294 | 174 | 58  | 220 | 141 | 231 | 223 | 428 | 363 | 551 | 482 | 505 | 306 | 186   | 425    |
| 92/93             | 366 | 224 | 178 | 73  | 204 | 160 | 255 | 403 | 702 | 524 | 658 | 475 | 352 | 201   | 503    |
| 93/94             | 234 | 247 | 134 | 140 | 266 | 172 | 266 | 236 | 339 | 512 | 424 | 409 | 282 | 199   | 364    |
| 94/95             | 205 | 293 | 252 | 124 | 139 | 148 | 191 | 358 | 453 | 437 | 404 | 313 | 276 | 194   | 359    |
| 95/96             | 256 | 249 | 180 | 167 | 108 | 129 | 243 | 344 | 594 | 389 | 447 | 352 | 288 | 182   | 395    |
| 96/97             | 256 | 413 | 260 | 134 | 244 | 218 | 340 | 411 | 457 | 554 | 368 | 292 | 329 | 254   | 404    |
| 97/98             | 354 | 323 | 123 | 187 | 338 | 187 | 237 | 282 | 347 | 412 | 482 | 400 | 306 | 252   | 360    |
| 98/99             | 306 | 273 | 252 | 157 | 376 | 241 | 237 | 459 | 594 | 602 | 477 | 345 | 360 | 268   | 452    |
| 99/00             | 228 | 165 | 126 | 156 | 232 | 181 | 286 | 334 | 334 | 378 | 294 | 210 | 244 | 181   | 306    |
| 00/01             | 177 | 135 | 127 | 120 | 105 | 99  | 266 | 272 | 467 | 460 | 533 | 408 | 264 | 127   | 401    |
| 01/02             | 217 | 133 | 129 | 123 | 152 | 147 | 208 | 257 | 338 | 436 | 442 | 238 | 235 | 150   | 320    |
| 02/03             | 367 | 269 | 80  | 187 | 110 | 177 | 263 | 341 | 470 | 474 | 397 | 595 | 311 | 198   | 423    |
| 03/04             | 101 | 218 | 190 | 158 | 170 | 171 | 368 | 338 | 322 | 560 | 381 | 419 | 283 | 168   | 398    |
| 04/05             | 277 | 144 | 269 | 254 | 149 | 212 | 210 | 323 | 518 | 404 | 447 | 344 | 296 | 218   | 374    |
| 05/06             | 128 | 213 | 148 | 81  | 90  | 225 | 315 | 287 | 297 | 374 | 402 | 395 | 246 | 148   | 345    |
| 06/07             | 270 | 211 | 89  | 136 | 106 | 218 | 170 | 252 | 317 | 356 | 462 | 326 | 243 | 172   | 314    |
| 07/08             | 261 | 188 | 110 | 81  | 75  | 194 | 248 | 222 | 439 | 423 | 616 | 316 | 264 | 152   | 377    |

Valores obtenidos de la diferencia de caudales medios mensuales de las estaciones Baker Bajo Los Ñadis y Baker Angostura Chacabuco.

Tabla 97: Caudales medios mensuales Del Salto antes junta Baker [m3/seg]

| Del Salto Antes Junta Baker |       |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |       |    |      |        |
|-----------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----|------|--------|
| ANO                         | ABRIL | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MARZO | Qa | Qplu | Q desh |
| 60/61                       | 33    | 29  | 28  | 27  | 27  | 30   | 42  | 54  | 65  | 66  | 66  | 45    | 43 | 29   | 56     |
| 61/62                       | 33    | 28  | 28  | 23  | 27  | 29   | 39  | 51  | 58  | 58  | 53  | 42    | 39 | 28   | 50     |
| 62/63                       | 35    | 28  | 32  | 25  | 30  | 29   | 40  | 50  | 62  | 61  | 56  | 44    | 41 | 30   | 52     |
| 63/64                       | 45    | 34  | 33  | 28  | 30  | 31   | 41  | 50  | 60  | 62  | 59  | 44    | 43 | 33   | 53     |
| 64/65                       | 35    | 32  | 31  | 24  | 26  | 30   | 42  | 51  | 59  | 63  | 63  | 50    | 42 | 30   | 55     |
| 65/66                       | 37    | 33  | 31  | 30  | 35  | 34   | 41  | 54  | 96  | 69  | 58  | 42    | 47 | 33   | 60     |
| 66/67                       | 33    | 30  | 44  | 41  | 37  | 33   | 42  | 50  | 50  | 55  | 54  | 40    | 42 | 36   | 48     |
| 67/68                       | 32    | 31  | 28  | 24  | 27  | 29   | 39  | 52  | 82  | 69  | 61  | 47    | 43 | 28   | 58     |
| 68/69                       | 32    | 26  | 23  | 23  | 26  | 35   | 43  | 52  | 79  | 60  | 54  | 42    | 41 | 28   | 55     |
| 69/70                       | 32    | 39  | 36  | 29  | 31  | 31   | 42  | 49  | 58  | 60  | 58  | 46    | 43 | 33   | 52     |
| 70/71                       | 33    | 29  | 31  | 26  | 28  | 31   | 41  | 49  | 57  | 58  | 51  | 38    | 39 | 30   | 49     |
| 71/72                       | 30    | 21  | 16  | 18  | 24  | 30   | 45  | 59  | 81  | 69  | 65  | 52    | 42 | 23   | 62     |
| 72/73                       | 39    | 36  | 28  | 22  | 21  | 26   | 37  | 49  | 56  | 58  | 53  | 40    | 39 | 29   | 49     |
| 73/74                       | 34    | 24  | 22  | 21  | 25  | 30   | 41  | 50  | 64  | 59  | 55  | 42    | 39 | 26   | 52     |
| 74/75                       | 34    | 28  | 25  | 22  | 25  | 28   | 40  | 50  | 49  | 56  | 55  | 43    | 38 | 27   | 49     |
| 75/76                       | 33    | 15  | 18  | 17  | 29  | 41   | 45  | 57  | 48  | 52  | 71  | 34    | 38 | 25   | 51     |
| 76/77                       | 29    | 46  | 19  | 29  | 27  | 56   | 40  | 54  | 71  | 84  | 57  | 51    | 47 | 35   | 59     |
| 77/78                       | 53    | 35  | 51  | 18  | 29  | 56   | 61  | 53  | 69  | 64  | 60  | 47    | 50 | 41   | 59     |
| 78/79                       | 33    | 28  | 26  | 23  | 21  | 21   | 37  | 51  | 68  | 63  | 65  | 40    | 40 | 25   | 54     |
| 79/80                       | 39    | 15  | 27  | 41  | 25  | 28   | 38  | 68  | 68  | 77  | 44  | 45    | 43 | 29   | 57     |
| 80/81                       | 44    | 24  | 31  | 20  | 36  | 43   | 35  | 44  | 92  | 66  | 59  | 38    | 44 | 33   | 56     |
| 81/82                       | 21    | 27  | 28  | 31  | 33  | 27   | 43  | 68  | 51  | 69  | 49  | 54    | 42 | 28   | 56     |
| 82/83                       | 31    | 32  | 26  | 10  | 18  | 31   | 32  | 44  | 47  | 69  | 59  | 53    | 38 | 25   | 50     |
| 83/84                       | 32    | 31  | 12  | 14  | 19  | 29   | 44  | 57  | 71  | 56  | 49  | 38    | 38 | 23   | 53     |
| 84/85                       | 43    | 31  | 18  | 9   | 9   | 30   | 32  | 47  | 69  | 65  | 65  | 31    | 37 | 23   | 51     |
| 85/86                       | 40    | 24  | 17  | 18  | 23  | 32   | 40  | 54  | 55  | 59  | 51  | 33    | 37 | 26   | 49     |
| 86/87                       | 28    | 26  | 33  | 46  | 21  | 23   | 45  | 36  | 41  | 60  | 51  | 44    | 38 | 30   | 46     |
| 87/88                       | 28    | 16  | 33  | 22  | 14  | 12   | 28  | 42  | 34  | 49  | 60  | 38    | 31 | 21   | 42     |
| 88/89                       | 39    | 15  | 12  | 14  | 12  | 11   | 22  | 51  | 43  | 52  | 49  | 38    | 30 | 17   | 42     |
| 89/90                       | 48    | 24  | 33  | 29  | 19  | 22   | 39  | 52  | 85  | 65  | 69  | 41    | 44 | 29   | 58     |
| 90/91                       | 20    | 33  | 57  | 43  | 34  | 34   | 60  | 51  | 63  | 64  | 64  | 57    | 48 | 37   | 60     |
| 91/92                       | 39    | 18  | 12  | 20  | 24  | 46   | 46  | 71  | 35  | 78  | 57  | 57    | 42 | 27   | 57     |
| 92/93                       | 24    | 11  | 9   | 8   | 33  | 27   | 37  | 83  | 71  | 54  | 81  | 54    | 41 | 19   | 63     |
| 93/94                       | 25    | 19  | 9   | 20  | 32  | 19   | 28  | 25  | 34  | 63  | 47  | 43    | 30 | 21   | 40     |
| 94/95                       | 15    | 28  | 37  | 17  | 21  | 23   | 33  | 52  | 60  | 51  | 49  | 34    | 35 | 24   | 46     |
| 95/96                       | 29    | 30  | 28  | 25  | 19  | 25   | 53  | 60  | 83  | 41  | 46  | 38    | 40 | 26   | 54     |
| 96/97                       | 30    | 60  | 34  | 22  | 43  | 39   | 54  | 57  | 69  | 83  | 45  | 41    | 48 | 38   | 58     |
| 97/98                       | 40    | 43  | 13  | 23  | 52  | 28   | 31  | 38  | 37  | 43  | 67  | 44    | 38 | 33   | 43     |
| 98/99                       | 25    | 18  | 14  | 53  | 52  | 25   | 71  | 69  | 76  | 81  | 58  | 41    | 49 | 31   | 66     |
| 99/00                       | 20    | 18  | 12  | 17  | 41  | 31   | 56  | 54  | 45  | 46  | 35  | 26    | 33 | 23   | 44     |
| 00/01                       | 20    | 17  | 16  | 9   | 14  | 13   | 47  | 38  | 58  | 55  | 64  | 47    | 33 | 15   | 51     |
| 01/02                       | 24    | 14  | 17  | 18  | 23  | 24   | 34  | 33  | 38  | 51  | 52  | 29    | 30 | 20   | 40     |
| 02/03                       | 42    | 33  | 11  | 26  | 17  | 29   | 44  | 50  | 66  | 58  | 49  | 67    | 41 | 26   | 56     |
| 03/04                       | 9     | 25  | 24  | 22  | 26  | 28   | 58  | 49  | 37  | 69  | 46  | 49    | 37 | 22   | 51     |
| 04/05                       | 31    | 15  | 35  | 35  | 23  | 35   | 35  | 45  | 72  | 47  | 53  | 40    | 39 | 29   | 48     |
| 05/06                       | 13    | 24  | 19  | 13  | 14  | 36   | 50  | 39  | 35  | 43  | 48  | 45    | 32 | 20   | 43     |
| 06/07                       | 30    | 24  | 12  | 20  | 17  | 35   | 31  | 33  | 39  | 41  | 56  | 39    | 31 | 23   | 40     |
| 07/08                       | 29    | 21  | 14  | 13  | 12  | 32   | 42  | 27  | 58  | 50  | 75  | 38    | 34 | 20   | 48     |

Valores rellenados mediante correlaciones con Cuenca Intermedia.

Tabla 98: Caudales medios mensuales Chacabuco antes junta Baker [m3/seg]

| Chacabuco Antes Junta Baker |       |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |       |    |      |        |
|-----------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----|------|--------|
| ANO                         | ABRIL | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MARZO | Qa | Qplu | Q desh |
| 60/61                       | 13    | 15  | 16  | 13  | 12  | 17   | 27  | 35  | 37  | 27  | 26  | 17    | 21 | 14   | 28     |
| 61/62                       | 14    | 15  | 16  | 11  | 12  | 16   | 25  | 33  | 32  | 24  | 20  | 15    | 19 | 14   | 25     |
| 62/63                       | 14    | 15  | 19  | 11  | 13  | 16   | 26  | 33  | 34  | 25  | 22  | 16    | 20 | 15   | 26     |
| 63/64                       | 20    | 18  | 20  | 14  | 13  | 18   | 26  | 32  | 33  | 25  | 23  | 16    | 21 | 17   | 26     |
| 64/65                       | 14    | 17  | 18  | 11  | 12  | 17   | 27  | 33  | 33  | 26  | 25  | 19    | 21 | 15   | 27     |
| 65/66                       | 16    | 18  | 19  | 16  | 15  | 19   | 26  | 34  | 53  | 28  | 22  | 15    | 23 | 17   | 30     |
| 66/67                       | 13    | 16  | 27  | 23  | 15  | 18   | 26  | 32  | 27  | 23  | 20  | 14    | 21 | 19   | 24     |
| 67/68                       | 13    | 16  | 16  | 11  | 12  | 16   | 25  | 34  | 46  | 28  | 24  | 18    | 22 | 14   | 29     |
| 68/69                       | 13    | 14  | 12  | 10  | 12  | 20   | 27  | 33  | 43  | 25  | 21  | 15    | 20 | 14   | 27     |
| 69/70                       | 13    | 20  | 22  | 15  | 13  | 17   | 26  | 32  | 32  | 25  | 22  | 17    | 21 | 17   | 26     |
| 70/71                       | 13    | 15  | 18  | 13  | 12  | 17   | 26  | 32  | 31  | 24  | 19  | 13    | 19 | 15   | 24     |
| 71/72                       | 12    | 12  | 7   | 7   | 11  | 17   | 29  | 37  | 46  | 29  | 26  | 20    | 21 | 11   | 31     |
| 72/73                       | 16    | 18  | 16  | 10  | 10  | 15   | 24  | 32  | 31  | 24  | 20  | 14    | 19 | 14   | 24     |
| 73/74                       | 14    | 13  | 12  | 9   | 11  | 17   | 26  | 33  | 36  | 25  | 21  | 15    | 19 | 13   | 26     |
| 74/75                       | 14    | 15  | 13  | 9   | 11  | 16   | 25  | 32  | 27  | 23  | 21  | 16    | 19 | 13   | 24     |
| 75/76                       | 14    | 9   | 9   | 6   | 12  | 23   | 28  | 35  | 27  | 22  | 28  | 12    | 19 | 12   | 26     |
| 76/77                       | 12    | 24  | 10  | 15  | 12  | 32   | 26  | 35  | 40  | 33  | 23  | 19    | 24 | 18   | 29     |
| 77/78                       | 24    | 19  | 34  | 7   | 13  | 32   | 37  | 33  | 37  | 26  | 23  | 17    | 25 | 21   | 29     |
| 78/79                       | 9     | 15  | 13  | 10  | 8   | 12   | 16  | 31  | 38  | 26  | 26  | 15    | 18 | 11   | 25     |
| 79/80                       | 11    | 7   | 11  | 23  | 12  | 13   | 22  | 40  | 40  | 31  | 17  | 20    | 21 | 13   | 28     |
| 80/81                       | 20    | 19  | 20  | 8   | 17  | 21   | 22  | 31  | 51  | 26  | 23  | 12    | 22 | 17   | 27     |
| 81/82                       | 7     | 21  | 18  | 16  | 11  | 9    | 21  | 38  | 30  | 30  | 20  | 23    | 20 | 14   | 27     |
| 82/83                       | 14    | 16  | 14  | 10  | 11  | 20   | 24  | 34  | 31  | 31  | 24  | 22    | 21 | 14   | 28     |
| 83/84                       | 11    | 13  | 3   | 3   | 7   | 15   | 31  | 41  | 39  | 24  | 26  | 15    | 19 | 9    | 30     |
| 84/85                       | 15    | 9   | 5   | 2   | 5   | 20   | 19  | 29  | 36  | 23  | 17  | 11    | 16 | 9    | 22     |
| 85/86                       | 20    | 11  | 10  | 7   | 9   | 20   | 24  | 40  | 33  | 27  | 22  | 18    | 20 | 13   | 27     |
| 86/87                       | 19    | 18  | 16  | 27  | 9   | 12   | 35  | 35  | 39  | 36  | 18  | 12    | 23 | 17   | 29     |
| 87/88                       | 10    | 6   | 21  | 8   | 8   | 7    | 25  | 30  | 18  | 15  | 15  | 12    | 15 | 10   | 19     |
| 88/89                       | 15    | 7   | 5   | 5   | 4   | 7    | 14  | 29  | 23  | 23  | 19  | 13    | 14 | 7    | 20     |
| 89/90                       | 27    | 11  | 17  | 11  | 8   | 11   | 24  | 32  | 50  | 26  | 21  | 10    | 21 | 14   | 27     |
| 90/91                       | 6     | 16  | 32  | 24  | 15  | 19   | 36  | 33  | 35  | 26  | 25  | 22    | 24 | 19   | 30     |
| 91/92                       | 17    | 11  | 4   | 9   | 11  | 26   | 30  | 43  | 21  | 32  | 23  | 23    | 21 | 13   | 29     |
| 92/93                       | 9     | 7   | 2   | 0   | 14  | 16   | 26  | 48  | 42  | 25  | 34  | 22    | 20 | 8    | 33     |
| 93/94                       | 9     | 11  | 2   | 8   | 14  | 11   | 19  | 23  | 19  | 26  | 18  | 16    | 15 | 9    | 20     |
| 94/95                       | 4     | 14  | 21  | 6   | 9   | 12   | 21  | 33  | 33  | 22  | 18  | 12    | 17 | 11   | 23     |
| 95/96                       | 11    | 15  | 15  | 12  | 8   | 14   | 32  | 35  | 45  | 18  | 17  | 13    | 20 | 13   | 27     |
| 96/97                       | 13    | 32  | 22  | 11  | 19  | 23   | 33  | 35  | 38  | 32  | 17  | 15    | 24 | 20   | 28     |
| 97/98                       | 18    | 24  | 6   | 11  | 24  | 17   | 20  | 27  | 20  | 19  | 25  | 15    | 19 | 17   | 21     |
| 98/99                       | 10    | 11  | 6   | 32  | 22  | 15   | 44  | 41  | 43  | 33  | 23  | 15    | 25 | 16   | 33     |
| 99/00                       | 7     | 11  | 5   | 6   | 18  | 18   | 33  | 33  | 24  | 20  | 13  | 8     | 16 | 11   | 22     |
| 00/01                       | 6     | 9   | 6   | 1   | 6   | 7    | 30  | 29  | 33  | 24  | 26  | 18    | 16 | 6    | 27     |
| 01/02                       | 8     | 8   | 8   | 6   | 10  | 13   | 21  | 26  | 21  | 21  | 19  | 10    | 14 | 9    | 20     |
| 02/03                       | 18    | 17  | 4   | 13  | 8   | 17   | 28  | 33  | 37  | 25  | 19  | 26    | 20 | 13   | 28     |
| 03/04                       | 2     | 13  | 13  | 9   | 11  | 15   | 36  | 33  | 21  | 28  | 18  | 18    | 18 | 10   | 26     |
| 04/05                       | 12    | 9   | 20  | 18  | 10  | 18   | 22  | 30  | 38  | 20  | 20  | 14    | 19 | 14   | 24     |
| 05/06                       | 3     | 12  | 9   | 4   | 6   | 20   | 30  | 28  | 20  | 18  | 18  | 16    | 15 | 9    | 22     |
| 06/07                       | 12    | 12  | 4   | 9   | 7   | 19   | 19  | 25  | 22  | 17  | 21  | 14    | 15 | 11   | 20     |
| 07/08                       | 11    | 11  | 6   | 4   | 5   | 18   | 26  | 24  | 33  | 21  | 28  | 13    | 17 | 9    | 24     |

Valores rellenados mediante correlaciones con Del Salto Antes Junta Baker

Tabla 99: Caudales medios mensuales Baker en Colonia [m3/seg]

| Baker en Colonia |      |      |      |     |     |      |     |      |      |      |      |      |      |      |        |
|------------------|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| ANO              | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Qa   | Qplu | Q desh |
| 60/61            | 925  | 850  | 780  | 703 | 591 | 605  | 645 | 898  | 1000 | 1226 | 1335 | 1059 | 885  | 742  | 1027   |
| 61/62            | 913  | 804  | 757  | 610 | 578 | 568  | 586 | 798  | 931  | 1067 | 1043 | 998  | 804  | 705  | 904    |
| 62/63            | 980  | 804  | 853  | 640 | 625 | 562  | 618 | 797  | 968  | 1127 | 1118 | 1031 | 844  | 744  | 943    |
| 63/64            | 1097 | 1025 | 982  | 703 | 587 | 512  | 606 | 667  | 1011 | 1400 | 1218 | 1049 | 905  | 818  | 992    |
| 64/65            | 1036 | 1043 | 818  | 597 | 616 | 631  | 708 | 801  | 1076 | 1233 | 1373 | 1387 | 943  | 790  | 1096   |
| 65/66            | 1124 | 984  | 881  | 754 | 793 | 675  | 705 | 1304 | 1158 | 1257 | 1177 | 1204 | 1001 | 869  | 1134   |
| 66/67            | 997  | 1042 | 1261 | 976 | 718 | 582  | 538 | 748  | 833  | 1048 | 1107 | 1072 | 910  | 929  | 891    |
| 67/68            | 991  | 1146 | 748  | 674 | 632 | 526  | 610 | 1154 | 1342 | 1419 | 1267 | 1075 | 965  | 786  | 1145   |
| 68/69            | 840  | 903  | 683  | 734 | 656 | 793  | 652 | 978  | 1110 | 1168 | 1074 | 1063 | 888  | 768  | 1008   |
| 69/70            | 910  | 1246 | 853  | 752 | 630 | 650  | 606 | 687  | 974  | 1032 | 1257 | 1016 | 884  | 840  | 929    |
| 70/71            | 931  | 748  | 805  | 661 | 567 | 604  | 598 | 746  | 879  | 922  | 863  | 856  | 765  | 719  | 811    |
| 71/72            | 696  | 584  | 497  | 559 | 571 | 636  | 815 | 1005 | 942  | 1258 | 1115 | 972  | 804  | 591  | 1018   |
| 72/73            | 1119 | 885  | 640  | 510 | 442 | 461  | 536 | 729  | 1027 | 1049 | 1019 | 1006 | 785  | 676  | 894    |
| 73/74            | 828  | 557  | 731  | 500 | 564 | 561  | 607 | 771  | 998  | 937  | 993  | 978  | 752  | 624  | 881    |
| 74/75            | 918  | 781  | 576  | 572 | 592 | 499  | 676 | 723  | 846  | 1081 | 1103 | 983  | 779  | 656  | 902    |
| 75/76            | 960  | 713  | 570  | 527 | 507 | 571  | 581 | 768  | 849  | 1028 | 1242 | 1028 | 779  | 641  | 916    |
| 76/77            | 946  | 1060 | 757  | 693 | 556 | 669  | 609 | 776  | 924  | 1234 | 1167 | 1264 | 888  | 780  | 996    |
| 77/78            | 1340 | 1190 | 1351 | 879 | 726 | 857  | 964 | 1027 | 1163 | 1300 | 1261 | 1188 | 1104 | 1057 | 1151   |
| 78/79            | 948  | 868  | 746  | 626 | 531 | 491  | 525 | 691  | 1028 | 1170 | 1267 | 1027 | 827  | 702  | 951    |
| 79/80            | 940  | 633  | 653  | 794 | 663 | 636  | 657 | 896  | 1031 | 1416 | 1187 | 1207 | 893  | 720  | 1066   |
| 80/81            | 1167 | 894  | 831  | 681 | 743 | 798  | 702 | 807  | 1293 | 1261 | 1308 | 1033 | 960  | 852  | 1067   |
| 81/82            | 844  | 829  | 772  | 748 | 645 | 531  | 610 | 891  | 877  | 1148 | 1099 | 1062 | 838  | 728  | 948    |
| 82/83            | 823  | 771  | 659  | 459 | 473 | 530  | 571 | 701  | 867  | 1192 | 1203 | 1068 | 776  | 619  | 934    |
| 83/84            | 916  | 805  | 531  | 488 | 447 | 470  | 541 | 808  | 1068 | 1214 | 1150 | 1006 | 787  | 610  | 965    |
| 84/85            | 969  | 735  | 514  | 411 | 371 | 422  | 488 | 633  | 845  | 1092 | 1082 | 915  | 706  | 570  | 843    |
| 85/86            | 881  | 750  | 594  | 541 | 516 | 548  | 617 | 724  | 889  | 1163 | 1160 | 976  | 780  | 638  | 922    |
| 86/87            | 830  | 813  | 806  | 805 | 566 | 494  | 646 | 667  | 745  | 1024 | 1087 | 986  | 789  | 719  | 859    |
| 87/88            | 875  | 649  | 701  | 620 | 513 | 451  | 559 | 740  | 845  | 894  | 891  | 759  | 708  | 635  | 781    |
| 88/89            | 773  | 528  | 464  | 422 | 386 | 349  | 440 | 778  | 819  | 1013 | 988  | 941  | 658  | 487  | 830    |
| 89/90            | 1070 | 815  | 787  | 685 | 558 | 501  | 587 | 782  | 1160 | 1292 | 1206 | 992  | 870  | 736  | 1003   |
| 90/91            | 803  | 691  | 865  | 912 | 839 | 782  | 816 | 905  | 998  | 1155 | 1113 | 1065 | 912  | 815  | 1009   |
| 91/92            | 922  | 661  | 531  | 528 | 530 | 643  | 606 | 825  | 926  | 1062 | 1036 | 958  | 769  | 636  | 902    |
| 92/93            | 866  | 643  | 484  | 427 | 483 | 492  | 579 | 814  | 1054 | 1135 | 1255 | 1148 | 782  | 566  | 998    |
| 93/94            | 1011 | 857  | 644  | 578 | 649 | 634  | 658 | 730  | 828  | 982  | 989  | 902  | 788  | 729  | 848    |
| 94/95            | 742  | 720  | 784  | 648 | 591 | 592  | 635 | 787  | 967  | 1091 | 1071 | 941  | 797  | 680  | 915    |
| 95/96            | 840  | 774  | 660  | 583 | 520 | 528  | 598 | 775  | 995  | 1043 | 1011 | 942  | 772  | 651  | 894    |
| 96/97            | 859  | 943  | 831  | 629 | 671 | 710  | 815 | 981  | 1048 | 1206 | 1117 | 975  | 899  | 774  | 1024   |
| 97/98            | 879  | 856  | 638  | 586 | 772 | 751  | 731 | 868  | 916  | 1021 | 1014 | 948  | 832  | 747  | 916    |
| 98/99            | 790  | 620  | 594  | 764 | 764 | 649  | 811 | 998  | 1087 | 1228 | 1125 | 985  | 868  | 697  | 1039   |
| 99/00            | 738  | 532  | 443  | 405 | 493 | 498  | 575 | 747  | 856  | 912  | 898  | 760  | 655  | 518  | 792    |
| 00/01            | 658  | 469  | 461  | 408 | 407 | 431  | 471 | 584  | 898  | 1130 | 1159 | 1035 | 676  | 472  | 880    |
| 01/02            | 872  | 680  | 577  | 532 | 473 | 488  | 560 | 735  | 834  | 955  | 975  | 899  | 715  | 604  | 827    |
| 02/03            | 942  | 917  | 671  | 613 | 599 | 620  | 748 | 902  | 1051 | 1247 | 1205 | 1152 | 889  | 727  | 1051   |
| 03/04            | 980  | 715  | 689  | 598 | 577 | 640  | 754 | 1085 | 1110 | 1300 | 1276 | 1169 | 908  | 700  | 1116   |
| 04/05            | 1109 | 987  | 804  | 764 | 651 | 651  | 718 | 846  | 1038 | 1262 | 1245 | 1172 | 937  | 828  | 1047   |
| 05/06            | 856  | 892  | 739  | 569 | 490 | 503  | 760 | 861  | 933  | 1112 | 1149 | 1142 | 834  | 675  | 993    |
| 06/07            | 1075 | 947  | 743  | 707 | 593 | 579  | 611 | 744  | 923  | 1210 | 1170 | 898  | 850  | 774  | 926    |
| 07/08            | 863  | 638  | 516  | 425 | 375 | 312  | 496 | 636  | 816  | 1030 | 1072 | 973  | 679  | 521  | 837    |

Valores obtenidos de correlaciones con Baker Angostura Chacabuco

Valores medidos por la DGA

Tabla 100: Caudales medios mensuales Baker Desagüe Lago Bertrand RN [m3/seg]

| Año   | ABR  | MAY  | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Qa  | Qplu | Qdesh |
|-------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| 60/61 | 477  | 507  | 451 | 417 | 277 | 353  | 455 | 967  | 821  | 1040 | 1169 | 578  | 626 | 414  | 838   |
| 61/62 | 494  | 419  | 435 | 256 | 268 | 261  | 304 | 612  | 532  | 563  | 468  | 388  | 417 | 356  | 478   |
| 62/63 | 673  | 401  | 630 | 309 | 437 | 228  | 388 | 584  | 695  | 737  | 639  | 494  | 518 | 446  | 590   |
| 63/64 | 1095 | 667  | 446 | 372 | 283 | 216  | 544 | 476  | 1005 | 918  | 775  | 543  | 612 | 513  | 710   |
| 64/65 | 706  | 852  | 171 | 259 | 364 | 364  | 484 | 632  | 781  | 1176 | 925  | 627  | 612 | 453  | 771   |
| 65/66 | 823  | 505  | 723 | 398 | 395 | 266  | 466 | 1639 | 724  | 888  | 458  | 646  | 661 | 518  | 804   |
| 66/67 | 525  | 1249 | 569 | 699 | 183 | 239  | 259 | 650  | 550  | 850  | 615  | 615  | 584 | 577  | 590   |
| 67/68 | 513  | 1024 | 170 | 321 | 348 | 225  | 491 | 1176 | 1109 | 818  | 972  | 387  | 630 | 434  | 826   |
| 68/69 | 303  | 596  | 366 | 444 | 360 | 691  | 359 | 1036 | 784  | 687  | 650  | 517  | 566 | 460  | 672   |
| 69/70 | 812  | 1220 | 256 | 381 | 302 | 297  | 401 | 562  | 906  | 737  | 925  | 570  | 614 | 545  | 684   |
| 70/71 | 534  | 777  | 445 | 413 | 239 | 420  | 376 | 577  | 868  | 616  | 561  | 561  | 532 | 471  | 593   |
| 71/72 | 437  | 228  | 239 | 584 | 353 | 614  | 829 | 907  | 705  | 1193 | 991  | 513  | 633 | 409  | 856   |
| 72/73 | 794  | 504  | 241 | 189 | 235 | 306  | 434 | 746  | 846  | 765  | 667  | 589  | 526 | 378  | 674   |
| 73/74 | 432  | 268  | 536 | 247 | 476 | 385  | 447 | 733  | 828  | 719  | 723  | 576  | 531 | 391  | 671   |
| 74/75 | 624  | 504  | 323 | 318 | 422 | 215  | 542 | 474  | 607  | 874  | 716  | 1633 | 604 | 401  | 808   |
| 75/76 | 720  | 375  | 474 | 198 | 248 | 322  | 447 | 781  | 775  | 898  | 1072 | 506  | 568 | 389  | 747   |
| 76/77 | 1083 | 341  | 313 | 418 | 68  | 489  | 866 | 583  | 959  | 1381 | 724  | 832  | 672 | 452  | 891   |
| 77/78 | 1258 | 850  | 883 | 186 | 299 | 764  | 713 | 760  | 832  | 906  | 836  | 577  | 739 | 707  | 771   |
| 78/79 | 525  | 650  | 391 | 397 | 141 | 319  | 349 | 669  | 929  | 873  | 811  | 605  | 555 | 404  | 706   |
| 79/80 | 444  | 343  | 438 | 543 | 599 | 335  | 433 | 812  | 823  | 1025 | 643  | 1061 | 625 | 450  | 799   |
| 80/81 | 616  | 589  | 484 | 300 | 554 | 538  | 435 | 602  | 1247 | 823  | 889  | 521  | 633 | 514  | 753   |
| 81/82 | 415  | 717  | 500 | 472 | 341 | 238  | 480 | 728  | 624  | 928  | 634  | 678  | 563 | 447  | 679   |
| 82/83 | 429  | 577  | 260 | 73  | 311 | 453  | 398 | 611  | 719  | 964  | 753  | 702  | 521 | 351  | 691   |
| 83/84 | 509  | 452  | 112 | 181 | 220 | 316  | 456 | 676  | 990  | 865  | 836  | 508  | 510 | 298  | 722   |
| 84/85 | 547  | 344  | 158 | 75  | 138 | 346  | 526 | 616  | 887  | 828  | 712  | 428  | 467 | 268  | 666   |
| 85/86 | 680  | 559  | 436 | 214 | 291 | 544  | 494 | 756  | 797  | 917  | 857  | 673  | 602 | 454  | 749   |
| 86/87 | 540  | 617  | 519 | 637 | 166 | 243  | 490 | 504  | 596  | 928  | 707  | 572  | 543 | 454  | 633   |
| 87/88 | 578  | 250  | 661 | 368 | 282 | 151  | 543 | 639  | 638  | 593  | 539  | 437  | 473 | 382  | 565   |
| 88/89 | 498  | 254  | 263 | 186 | 178 | 188  | 312 | 729  | 820  | 745  | 611  | 586  | 447 | 261  | 634   |
| 89/90 | 849  | 360  | 619 | 321 | 269 | 188  | 444 | 659  | 1303 | 864  | 685  | 425  | 582 | 434  | 730   |
| 90/91 | 271  | 630  | 938 | 787 | 468 | 434  | 539 | 542  | 763  | 898  | 776  | 569  | 635 | 588  | 681   |
| 91/92 | 420  | 416  | 215 | 275 | 319 | 496  | 416 | 784  | 677  | 798  | 584  | 676  | 506 | 357  | 656   |
| 92/93 | 477  | 232  | 161 | 97  | 430 | 305  | 506 | 940  | 1003 | 810  | 1021 | 835  | 568 | 284  | 853   |
| 93/94 | 527  | 462  | 294 | 341 | 562 | 243  | 488 | 407  | 611  | 771  | 660  | 553  | 493 | 405  | 582   |
| 94/95 | 332  | 874  | 778 | 244 | 297 | 440  | 365 | 671  | 940  | 745  | 584  | 550  | 568 | 494  | 643   |
| 95/96 | 562  | 484  | 338 | 405 | 197 | 241  | 532 | 690  | 997  | 511  | 660  | 584  | 517 | 371  | 662   |
| 96/97 | 543  | 877  | 453 | 284 | 622 | 457  | 601 | 827  | 739  | 965  | 487  | 424  | 606 | 539  | 674   |
| 97/98 | 733  | 486  | 282 | 573 | 876 | 340  | 508 | 634  | 617  | 753  | 636  | 598  | 586 | 548  | 624   |
| 98/99 | 310  | 472  | 362 | 992 | 469 | 158  | 821 | 681  | 1004 | 805  | 583  | 461  | 593 | 460  | 726   |
| 99/00 | 181  | 254  | 274 | 123 | 669 | 313  | 565 | 626  | 513  | 555  | 452  | 313  | 403 | 302  | 504   |
| 00/01 | 371  | 263  | 330 | 165 | 180 | -10  | 799 | 545  | 1103 | 865  | 955  | 637  | 517 | 217  | 817   |
| 01/02 | 279  | 379  | 261 | 311 | 293 | 285  | 552 | 546  | 685  | 667  | 628  | 674  | 463 | 301  | 625   |
| 02/03 | 775  | 715  | 132 | 510 | 332 | 400  | 682 | 684  | 986  | 952  | 673  | 812  | 638 | 477  | 798   |
| 03/04 | 488  | 209  | 488 | 308 | 354 | 535  | 705 | 1017 | 832  | 1015 | 845  | 685  | 624 | 397  | 850   |
| 04/05 | 888  | 490  | 348 | 622 | 252 | 409  | 579 | 573  | 1023 | 1034 | 580  | 732  | 628 | 502  | 753   |
| 05/06 | 445  | 583  | 346 | 255 | 164 | 221  | 743 | 826  | 758  | 848  | 606  | 703  | 541 | 336  | 747   |
| 06/07 | 871  | 562  | 371 | 411 | 268 | 330  | 481 | 601  | 846  | 1021 | 639  | 318  | 560 | 469  | 651   |
| 07/08 | 498  | 390  | 150 | 145 | 85  | 267  | 577 | 578  | 731  | 905  | 776  | 564  | 472 | 256  | 688   |

Valores obtenidos mediante niveles en Puerto Guadal

Tabla 101: Caudales medios mensuales Desembocadura Ibáñez [m³/seg]

| ANO   | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Pp a | Pp plu | Pp desh |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|---------|
| 60/61 | 127 | 140 | 132 | 108 | 76  | 90   | 122 | 250 | 238 | 284 | 291 | 152 | 168  | 112    | 223     |
| 61/62 | 134 | 122 | 131 | 73  | 76  | 72   | 79  | 181 | 163 | 146 | 133 | 106 | 118  | 102    | 135     |
| 62/63 | 172 | 115 | 189 | 84  | 106 | 64   | 102 | 171 | 205 | 195 | 170 | 131 | 142  | 122    | 162     |
| 63/64 | 265 | 178 | 130 | 97  | 77  | 52   | 116 | 124 | 277 | 260 | 223 | 170 | 164  | 133    | 195     |
| 64/65 | 169 | 241 | 78  | 63  | 109 | 79   | 110 | 161 | 225 | 316 | 266 | 173 | 166  | 123    | 209     |
| 65/66 | 215 | 142 | 216 | 88  | 135 | 82   | 123 | 387 | 205 | 252 | 141 | 170 | 180  | 146    | 213     |
| 66/67 | 134 | 290 | 207 | 208 | 37  | 34   | 43  | 145 | 158 | 205 | 183 | 137 | 148  | 152    | 145     |
| 67/68 | 135 | 271 | 42  | 56  | 66  | 42   | 88  | 295 | 293 | 216 | 237 | 115 | 155  | 102    | 207     |
| 68/69 | 76  | 137 | 83  | 93  | 89  | 161  | 84  | 261 | 212 | 184 | 165 | 135 | 140  | 107    | 173     |
| 69/70 | 189 | 356 | 78  | 96  | 74  | 73   | 103 | 147 | 280 | 234 | 264 | 158 | 171  | 144    | 198     |
| 70/71 | 157 | 206 | 117 | 98  | 60  | 98   | 91  | 155 | 257 | 181 | 153 | 157 | 144  | 123    | 166     |
| 71/72 | 136 | 65  | 48  | 125 | 83  | 120  | 255 | 245 | 195 | 354 | 258 | 145 | 169  | 96     | 242     |
| 72/73 | 219 | 124 | 70  | 40  | 66  | 76   | 149 | 117 | 271 | 224 | 194 | 179 | 144  | 99     | 189     |
| 73/74 | 120 | 47  | 134 | 45  | 90  | 102  | 106 | 218 | 214 | 177 | 176 | 144 | 131  | 90     | 173     |
| 74/75 | 154 | 132 | 46  | 74  | 112 | 48   | 135 | 131 | 209 | 251 | 197 | 145 | 136  | 94     | 178     |
| 75/76 | 198 | 93  | 87  | 73  | 96  | 115  | 131 | 208 | 230 | 240 | 257 | 136 | 155  | 110    | 200     |
| 76/77 | 158 | 185 | 63  | 109 | 63  | 130  | 99  | 186 | 297 | 411 | 207 | 201 | 176  | 118    | 234     |
| 77/78 | 345 | 161 | 298 | 63  | 84  | 191  | 177 | 208 | 231 | 261 | 218 | 179 | 201  | 190    | 212     |
| 78/79 | 128 | 179 | 112 | 87  | 59  | 82   | 104 | 195 | 290 | 254 | 221 | 174 | 157  | 108    | 206     |
| 79/80 | 124 | 87  | 160 | 159 | 126 | 85   | 120 | 201 | 246 | 287 | 187 | 307 | 174  | 124    | 225     |
| 80/81 | 167 | 162 | 135 | 67  | 147 | 131  | 103 | 157 | 355 | 205 | 218 | 114 | 163  | 135    | 192     |
| 81/82 | 108 | 197 | 135 | 116 | 105 | 72   | 133 | 208 | 172 | 244 | 182 | 169 | 153  | 122    | 185     |
| 82/83 | 108 | 155 | 80  | 36  | 71  | 114  | 104 | 149 | 216 | 266 | 194 | 158 | 138  | 94     | 181     |
| 83/84 | 121 | 119 | 33  | 51  | 51  | 78   | 118 | 220 | 299 | 233 | 206 | 128 | 138  | 75     | 201     |
| 84/85 | 135 | 99  | 47  | 32  | 34  | 89   | 138 | 187 | 249 | 232 | 193 | 126 | 130  | 73     | 187     |
| 85/86 | 164 | 129 | 109 | 77  | 90  | 124  | 145 | 202 | 223 | 221 | 200 | 178 | 155  | 115    | 195     |
| 86/87 | 135 | 163 | 117 | 160 | 61  | 69   | 135 | 123 | 170 | 201 | 140 | 134 | 134  | 118    | 151     |
| 87/88 | 137 | 70  | 152 | 64  | 53  | 43   | 112 | 151 | 135 | 134 | 124 | 106 | 107  | 87     | 127     |
| 88/89 | 129 | 80  | 86  | 86  | 42  | 56   | 98  | 227 | 244 | 216 | 155 | 129 | 129  | 80     | 178     |
| 89/90 | 213 | 106 | 152 | 87  | 62  | 56   | 115 | 185 | 354 | 260 | 188 | 114 | 158  | 113    | 203     |
| 90/91 | 81  | 174 | 292 | 186 | 124 | 69   | 143 | 158 | 243 | 235 | 196 | 133 | 170  | 154    | 185     |
| 91/92 | 119 | 127 | 39  | 78  | 37  | 103  | 91  | 238 | 201 | 192 | 139 | 328 | 141  | 84     | 198     |
| 92/93 | 172 | 101 | 58  | 47  | 146 | 89   | 159 | 289 | 289 | 157 | 192 | 147 | 154  | 102    | 206     |
| 93/94 | 77  | 109 | 89  | 94  | 129 | 57   | 140 | 138 | 226 | 185 | 157 | 120 | 127  | 92     | 161     |
| 94/95 | 123 | 213 | 79  | 48  | 72  | 128  | 96  | 155 | 215 | 140 | 76  | 62  | 117  | 111    | 124     |
| 95/96 | 171 | 133 | 95  | 126 | 52  | 95   | 146 | 231 | 327 | 141 | 192 | 151 | 155  | 112    | 198     |
| 96/97 | 186 | 304 | 162 | 123 | 261 | 146  | 179 | 229 | 210 | 224 | 122 | 117 | 189  | 197    | 180     |
| 97/98 | 236 | 105 | 73  | 154 | 197 | 77   | 150 | 192 | 193 | 211 | 154 | 154 | 158  | 140    | 176     |
| 98/99 | 76  | 133 | 114 | 248 | 132 | 49   | 204 | 170 | 290 | 197 | 142 | 118 | 156  | 125    | 187     |
| 99/00 | 70  | 153 | 58  | 64  | 130 | 85   | 150 | 152 | 126 | 139 | 168 | 82  | 115  | 93     | 136     |
| 00/01 | 87  | 81  | 91  | 40  | 67  | 60   | 157 | 153 | 353 | 210 | 263 | 221 | 149  | 71     | 226     |
| 01/02 | 102 | 112 | 92  | 102 | 88  | 91   | 181 | 168 | 211 | 179 | 136 | 185 | 137  | 98     | 177     |
| 02/03 | 212 | 163 | 47  | 176 | 84  | 106  | 256 | 174 | 265 | 264 | 186 | 161 | 174  | 131    | 218     |
| 03/04 | 62  | 127 | 206 | 59  | 190 | 100  | 241 | 200 | 200 | 330 | 167 | 163 | 171  | 124    | 217     |
| 04/05 | 200 | 91  | 174 | 105 | 75  | 154  | 145 | 212 | 296 | 210 | 150 | 190 | 167  | 133    | 201     |
| 05/06 | 92  | 177 | 104 | 62  | 63  | 135  | 309 | 295 | 211 | 220 | 165 | 218 | 171  | 106    | 236     |
| 06/07 | 199 | 142 | 79  | 114 | 84  | 97   | 133 | 246 | 329 | 264 | 137 | 89  | 160  | 119    | 200     |
| 07/08 | 159 | 72  | 55  | 49  | 46  | 66   | 231 | 185 | 368 | 277 | 192 | 128 | 152  | 74     | 230     |

Valores obtenidos mediante correlaciones con Baker Desagüe Lago Bertrand en Régimen Natural

Valores medidos por la DGA

Tabla 102: Caudales medios mensuales Pascua Desagüe Lago O'Higgins [m3/seg]

| PASCUA DESAGUE LAGO OHIGGINS |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |     |       |         |  |
|------------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-------|---------|--|
| AÑO                          | ABR  | MAY  | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB  | MAR  | Qa  | Q plu | Q des h |  |
| 60/61                        | 1082 | 938  | 750 | 585 | 484 | 401 | 382 | 427 | 576 | 672 | 867  | 937  | 675 | 707   | 644     |  |
| 61/62                        | 843  | 736  | 601 | 445 | 359 | 339 | 329 | 391 | 529 | 685 | 887  | 969  | 593 | 554   | 632     |  |
| 62/63                        | 796  | 779  | 810 | 589 | 477 | 379 | 380 | 517 | 608 | 778 | 853  | 902  | 656 | 638   | 673     |  |
| 63/64                        | 841  | 812  | 776 | 606 | 481 | 385 | 381 | 437 | 503 | 663 | 788  | 765  | 620 | 650   | 590     |  |
| 64/65                        | 718  | 631  | 540 | 441 | 403 | 360 | 373 | 395 | 502 | 675 | 872  | 879  | 566 | 515   | 616     |  |
| 65/66                        | 849  | 772  | 607 | 485 | 403 | 351 | 347 | 435 | 559 | 705 | 789  | 797  | 592 | 578   | 605     |  |
| 66/67                        | 780  | 746  | 742 | 599 | 456 | 380 | 340 | 359 | 430 | 547 | 703  | 761  | 570 | 617   | 523     |  |
| 67/68                        | 879  | 870  | 683 | 537 | 443 | 371 | 348 | 484 | 686 | 867 | 947  | 909  | 669 | 631   | 707     |  |
| 68/69                        | 791  | 766  | 661 | 557 | 515 | 502 | 469 | 492 | 652 | 738 | 852  | 897  | 658 | 632   | 683     |  |
| 69/70                        | 803  | 788  | 775 | 680 | 431 | 376 | 348 | 369 | 461 | 521 | 643  | 812  | 584 | 642   | 526     |  |
| 70/71                        | 1035 | 852  | 691 | 552 | 469 | 398 | 341 | 367 | 429 | 466 | 511  | 570  | 557 | 666   | 447     |  |
| 71/72                        | 635  | 575  | 466 | 382 | 404 | 393 | 408 | 443 | 476 | 553 | 647  | 1007 | 532 | 476   | 589     |  |
| 72/73                        | 927  | 832  | 648 | 511 | 403 | 361 | 348 | 402 | 535 | 675 | 819  | 851  | 609 | 614   | 605     |  |
| 73/74                        | 869  | 710  | 596 | 474 | 406 | 376 | 363 | 398 | 474 | 553 | 617  | 664  | 541 | 572   | 511     |  |
| 74/75                        | 936  | 846  | 644 | 503 | 423 | 396 | 430 | 507 | 574 | 731 | 953  | 969  | 659 | 625   | 694     |  |
| 75/76                        | 957  | 785  | 616 | 507 | 444 | 419 | 419 | 489 | 547 | 679 | 785  | 837  | 624 | 621   | 626     |  |
| 76/77                        | 771  | 757  | 657 | 548 | 473 | 453 | 492 | 544 | 622 | 911 | 1046 | 1088 | 697 | 610   | 784     |  |
| 77/78                        | 1062 | 1031 | 927 | 747 | 568 | 536 | 561 | 638 | 718 | 920 | 1025 | 1131 | 822 | 812   | 832     |  |
| 78/79                        | 1003 | 868  | 703 | 566 | 463 | 391 | 375 | 400 | 529 | 721 | 911  | 936  | 656 | 666   | 645     |  |
| 79/80                        | 867  | 761  | 621 | 592 | 542 | 472 | 430 | 470 | 587 | 854 | 1068 | 1043 | 692 | 643   | 742     |  |
| 80/81                        | 1107 | 826  | 689 | 595 | 502 | 482 | 461 | 519 | 712 | 857 | 964  | 952  | 722 | 700   | 744     |  |
| 81/82                        | 869  | 720  | 600 | 562 | 489 | 426 | 405 | 472 | 551 | 691 | 913  | 1008 | 642 | 611   | 673     |  |
| 82/83                        | 920  | 765  | 645 | 485 | 391 | 403 | 401 | 410 | 514 | 748 | 941  | 977  | 633 | 602   | 665     |  |
| 83/84                        | 937  | 761  | 587 | 468 | 401 | 417 | 407 | 442 | 637 | 885 | 988  | 876  | 650 | 595   | 706     |  |
| 84/85                        | 834  | 758  | 575 | 459 | 365 | 339 | 345 | 377 | 489 | 731 | 916  | 1064 | 604 | 555   | 654     |  |
| 85/86                        | 943  | 876  | 684 | 536 | 466 | 421 | 415 | 433 | 537 | 746 | 964  | 906  | 661 | 654   | 667     |  |
| 86/87                        | 780  | 667  | 538 | 487 | 434 | 378 | 391 | 437 | 488 | 622 | 896  | 955  | 589 | 547   | 632     |  |
| 87/88                        | 878  | 757  | 605 | 558 | 458 | 386 | 381 | 447 | 570 | 680 | 778  | 803  | 608 | 607   | 610     |  |
| 88/89                        | 803  | 669  | 540 | 449 | 381 | 329 | 326 | 434 | 576 | 702 | 790  | 828  | 569 | 529   | 609     |  |
| 89/90                        | 790  | 740  | 642 | 561 | 450 | 383 | 380 | 445 | 590 | 850 | 901  | 918  | 638 | 594   | 681     |  |
| 90/91                        | 787  | 642  | 605 | 633 | 559 | 468 | 460 | 497 | 582 | 751 | 882  | 992  | 655 | 616   | 694     |  |
| 91/92                        | 1000 | 858  | 636 | 502 | 417 | 403 | 385 | 439 | 526 | 629 | 816  | 882  | 624 | 636   | 613     |  |
| 92/93                        | 826  | 689  | 538 | 405 | 347 | 341 | 349 | 406 | 549 | 667 | 842  | 951  | 576 | 524   | 627     |  |
| 93/94                        | 905  | 736  | 579 | 458 | 415 | 402 | 412 | 440 | 489 | 648 | 783  | 841  | 592 | 583   | 602     |  |
| 94/95                        | 774  | 676  | 586 | 475 | 393 | 344 | 329 | 363 | 484 | 625 | 727  | 771  | 546 | 541   | 550     |  |
| 95/96                        | 764  | 685  | 582 | 459 | 374 | 328 | 349 | 403 | 542 | 742 | 760  | 826  | 568 | 532   | 604     |  |
| 96/97                        | 773  | 759  | 706 | 546 | 457 | 396 | 420 | 468 | 624 | 745 | 824  | 802  | 627 | 606   | 647     |  |
| 97/98                        | 763  | 772  | 611 | 470 | 456 | 416 | 384 | 414 | 460 | 573 | 706  | 874  | 575 | 581   | 569     |  |
| 98/99                        | 818  | 688  | 591 | 600 | 585 | 477 | 494 | 596 | 741 | 906 | 973  | 965  | 703 | 627   | 779     |  |
| 99/00                        | 767  | 650  | 527 | 429 | 413 | 359 | 375 | 458 | 551 | 656 | 711  | 674  | 548 | 524   | 571     |  |
| 00/01                        | 600  | 531  | 451 | 363 | 332 | 320 | 319 | 355 | 493 | 680 | 828  | 912  | 515 | 433   | 598     |  |
| 01/02                        | 807  | 663  | 524 | 433 | 361 | 344 | 349 | 476 | 571 | 644 | 762  | 783  | 560 | 522   | 598     |  |
| 02/03                        | 750  | 713  | 572 | 473 | 402 | 360 | 414 | 491 | 561 | 646 | 731  | 1044 | 596 | 545   | 648     |  |
| 03/04                        | 925  | 740  | 613 | 492 | 450 | 418 | 409 | 509 | 548 | 715 | 886  | 969  | 640 | 606   | 673     |  |
| 04/05                        | 941  | 783  | 666 | 563 | 457 | 400 | 394 | 453 | 582 | 769 | 862  | 966  | 653 | 635   | 671     |  |
| 05/06                        | 787  | 765  | 639 | 501 | 413 | 347 | 392 | 468 | 523 | 664 | 837  | 931  | 606 | 575   | 636     |  |
| 06/07                        | 878  | 779  | 657 | 530 | 428 | 384 | 368 | 394 | 488 | 613 | 761  | 735  | 585 | 609   | 560     |  |
| 07/08                        | 759  | 660  | 548 | 432 | 343 | 306 | 314 | 355 | 451 |     |      |      |     | 508   | 373     |  |

Valores completados mediante correlaciones con Charles Fuhr

Valores corregidos con Pascua Antes Junta Quetru

Valores obtenidos de la DGA

Tabla 103: Caudales medios mensuales Pascua antes junta Quetru [m3/seg]

| PASCUA ANTES JUNTA QUETRU |      |      |      |     |     |     |     |     |     |      |      |      |     |      |        |
|---------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|------|--------|
| AÑO                       | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE  | FEB  | MAR  | Qa  | Qplu | Qdes h |
| 60/61                     | 1140 | 989  | 815  | 647 | 540 | 456 | 444 | 511 | 690 | 790  | 970  | 1025 | 751 | 764  | 738    |
| 61/62                     | 923  | 801  | 649  | 486 | 400 | 388 | 381 | 469 | 637 | 803  | 990  | 1056 | 665 | 608  | 723    |
| 62/63                     | 873  | 832  | 867  | 643 | 525 | 426 | 439 | 611 | 722 | 896  | 951  | 986  | 731 | 694  | 768    |
| 63/64                     | 915  | 864  | 833  | 663 | 531 | 434 | 442 | 520 | 606 | 778  | 888  | 851  | 694 | 707  | 681    |
| 64/65                     | 806  | 699  | 579  | 477 | 444 | 407 | 432 | 472 | 606 | 790  | 971  | 964  | 637 | 569  | 706    |
| 65/66                     | 928  | 833  | 656  | 531 | 448 | 400 | 401 | 517 | 668 | 820  | 888  | 882  | 664 | 633  | 696    |
| 66/67                     | 859  | 802  | 795  | 653 | 502 | 427 | 394 | 432 | 527 | 659  | 805  | 849  | 642 | 673  | 611    |
| 67/68                     | 954  | 922  | 738  | 589 | 492 | 422 | 403 | 575 | 809 | 990  | 1046 | 994  | 744 | 686  | 803    |
| 68/69                     | 869  | 820  | 708  | 607 | 566 | 557 | 543 | 581 | 768 | 852  | 948  | 978  | 733 | 688  | 778    |
| 69/70                     | 880  | 840  | 830  | 744 | 475 | 423 | 403 | 443 | 561 | 632  | 745  | 899  | 656 | 699  | 614    |
| 70/71                     | 1098 | 910  | 751  | 610 | 523 | 453 | 393 | 439 | 523 | 572  | 612  | 655  | 628 | 724  | 532    |
| 71/72                     | 731  | 647  | 498  | 410 | 444 | 440 | 470 | 525 | 574 | 661  | 746  | 1086 | 602 | 528  | 677    |
| 72/73                     | 999  | 890  | 703  | 562 | 449 | 412 | 403 | 482 | 643 | 792  | 920  | 938  | 683 | 669  | 696    |
| 73/74                     | 945  | 776  | 643  | 518 | 451 | 427 | 418 | 473 | 571 | 660  | 716  | 747  | 612 | 626  | 598    |
| 74/75                     | 1007 | 902  | 697  | 553 | 471 | 450 | 499 | 600 | 685 | 849  | 1051 | 1053 | 735 | 680  | 789    |
| 75/76                     | 1025 | 846  | 667  | 557 | 494 | 474 | 484 | 578 | 653 | 792  | 882  | 920  | 698 | 677  | 718    |
| 76/77                     | 852  | 812  | 703  | 596 | 520 | 505 | 571 | 642 | 737 | 1034 | 1142 | 1170 | 774 | 665  | 883    |
| 77/78                     | 1113 | 1066 | 1000 | 824 | 628 | 597 | 652 | 749 | 843 | 1043 | 1121 | 1212 | 904 | 871  | 937    |
| 78/79                     | 1056 | 909  | 754  | 618 | 510 | 440 | 432 | 476 | 630 | 838  | 1015 | 999  | 723 | 714  | 732    |
| 79/80                     | 943  | 803  | 691  | 647 | 578 | 514 | 484 | 543 | 659 | 964  | 1110 | 1130 | 756 | 696  | 815    |
| 80/81                     | 1162 | 887  | 731  | 640 | 568 | 543 | 536 | 609 | 832 | 958  | 1129 | 1089 | 807 | 755  | 859    |
| 81/82                     | 919  | 790  | 661  | 618 | 550 | 487 | 484 | 561 | 637 | 821  | 1001 | 1081 | 718 | 671  | 764    |
| 82/83                     | 967  | 833  | 688  | 530 | 465 | 453 | 462 | 486 | 612 | 837  | 1016 | 1026 | 698 | 656  | 740    |
| 83/84                     | 998  | 809  | 617  | 512 | 443 | 453 | 448 | 563 | 761 | 1009 | 1030 | 956  | 717 | 639  | 795    |
| 84/85                     | 908  | 814  | 616  | 479 | 397 | 374 | 378 | 453 | 589 | 853  | 1023 | 1138 | 669 | 598  | 739    |
| 85/86                     | 1014 | 928  | 719  | 592 | 516 | 483 | 470 | 518 | 651 | 906  | 1100 | 1035 | 744 | 709  | 780    |
| 86/87                     | 866  | 744  | 610  | 568 | 483 | 465 | 480 | 516 | 573 | 767  | 987  | 1020 | 673 | 623  | 724    |
| 87/88                     | 956  | 790  | 677  | 586 | 476 | 435 | 441 | 499 | 677 | 792  | 874  | 884  | 674 | 653  | 695    |
| 88/89                     | 881  | 734  | 568  | 466 | 403 | 354 | 356 | 536 | 654 | 765  | 842  | 881  | 620 | 568  | 672    |
| 89/90                     | 856  | 837  | 724  | 596 | 472 | 462 | 464 | 534 | 741 | 967  | 977  | 991  | 718 | 658  | 779    |
| 90/91                     | 835  | 711  | 691  | 712 | 608 | 512 | 542 | 583 | 677 | 868  | 966  | 1022 | 727 | 678  | 776    |
| 91/92                     | 1084 | 898  | 666  | 531 | 461 | 453 | 417 | 520 | 613 | 735  | 916  | 985  | 690 | 682  | 698    |
| 92/93                     | 929  | 723  | 577  | 447 | 408 | 404 | 443 | 488 | 650 | 775  | 969  | 1057 | 656 | 581  | 730    |
| 93/94                     | 968  | 800  | 615  | 501 | 483 | 430 | 468 | 514 | 599 | 780  | 879  | 937  | 665 | 633  | 696    |
| 94/95                     | 842  | 741  | 616  | 524 | 422 | 390 | 378 | 442 | 618 | 749  | 830  | 867  | 618 | 589  | 647    |
| 95/96                     | 857  | 776  | 642  | 498 | 413 | 401 | 424 | 480 | 707 | 878  | 923  | 939  | 661 | 598  | 725    |
| 96/97                     | 853  | 841  | 746  | 577 | 522 | 454 | 485 | 579 | 720 | 860  | 916  | 885  | 703 | 666  | 741    |
| 97/98                     | 890  | 836  | 651  | 525 | 530 | 463 | 443 | 477 | 535 | 679  | 791  | 955  | 648 | 649  | 647    |
| 98/99                     | 871  | 750  | 636  | 669 | 641 | 521 | 583 | 696 | 878 | 1026 | 1094 | 1073 | 787 | 681  | 892    |
| 99/00                     | 817  | 721  | 567  | 476 | 466 | 402 | 444 | 519 | 642 | 764  | 787  | 740  | 612 | 575  | 649    |
| 00/01                     | 739  | 604  | 484  | 388 | 367 | 364 | 351 | 405 | 603 | 786  | 923  | 1012 | 586 | 491  | 680    |
| 01/02                     | 887  | 707  | 563  | 461 | 387 | 364 | 385 | 562 | 678 | 707  | 811  | 830  | 612 | 562  | 662    |
| 02/03                     | 827  | 754  | 613  | 507 | 425 | 394 | 478 | 579 | 667 | 734  | 836  | 1181 | 666 | 587  | 746    |
| 03/04                     | 988  | 798  | 657  | 535 | 496 | 468 | 494 | 600 | 680 | 828  | 980  | 1048 | 714 | 657  | 772    |
| 04/05                     | 1001 | 837  | 714  | 620 | 498 | 453 | 450 | 503 | 746 | 883  | 1030 | 1080 | 735 | 687  | 782    |
| 05/06                     | 870  | 824  | 688  | 547 | 457 | 394 | 454 | 555 | 628 | 779  | 935  | 1014 | 679 | 630  | 728    |
| 06/07                     | 952  | 837  | 708  | 581 | 474 | 435 | 426 | 471 | 590 | 727  | 862  | 822  | 657 | 664  | 650    |
| 07/08                     | 843  | 726  | 587  | 468 | 379 | 349 | 360 | 424 | 547 |      |      |      |     |      |        |

Valores corregidos mediante correlaciones con Pascua Desagüe Lago O'Higgins

Tabla 104: Caudales Medios Mensuales Charles Fuhr [m3/seg]

| Charles Fuhr |       |      |       |       |       |        |       |        |        |       |       |       |     |      |        |
|--------------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|------|--------|
| ANO          | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIE | OCTUB | NOVIEN | DICIEM | ENERO | FEBRE | MARZO | Qa  | Qplu | Q desh |
| 60/61        | 1544  | 1258 | 910   | 616   | 431   | 300    | 275   | 399    | 657    | 789   | 1099  | 1252  | 794 | 843  | 745    |
| 61/62        | 1071  | 834  | 610   | 376   | 233   | 193    | 207   | 363    | 613    | 866   | 1209  | 1383  | 663 | 553  | 774    |
| 62/63        | 1308  | 1084 | 896   | 625   | 422   | 267    | 298   | 602    | 722    | 899   | 1221  | 1941  | 857 | 767  | 947    |
| 63/64        | 1366  | 980  | 764   | 546   | 375   | 276    | 301   | 450    | 645    | 946   | 1136  | 1124  | 742 | 718  | 767    |
| 64/65        | 1078  | 816  | 589   | 384   | 310   | 237    | 285   | 400    | 544    | 753   | 997   | 1042  | 620 | 569  | 670    |
| 65/66        | 1102  | 920  | 661   | 450   | 316   | 273    | 280   | 400    | 475    | 687   | 924   | 2030  | 710 | 620  | 799    |
| 66/67        | 1615  | 1302 | 1002  | 704   | 501   | 400    | 347   | 438    | 573    | 760   | 973   | 1146  | 813 | 921  | 706    |
| 67/68        | 1276  | 1105 | 806   | 559   | 391   | 288    | 272   | 494    | 709    | 950   | 1268  | 1382  | 792 | 738  | 846    |
| 68/69        | 1190  | 985  | 842   | 644   | 462   | 398    | 338   | 347    | 552    | 668   | 856   | 1392  | 723 | 754  | 692    |
| 69/70        | 1224  | 936  | 670   | 469   | 340   | 263    | 228   | 275    | 484    | 663   | 880   | 1178  | 634 | 650  | 618    |
| 70/71        | 1399  | 1039 | 761   | 536   | 387   | 277    | 272   | 367    | 482    | 511   | 538   | 707   | 606 | 733  | 480    |
| 71/72        | 680   | 511  | 354   | 268   | 292   | 269    | 383   | 501    | 553    | 663   | 794   | 1540  | 567 | 396  | 739    |
| 72/73        | 1233  | 1029 | 704   | 486   | 301   | 230    | 238   | 381    | 618    | 841   | 1064  | 1152  | 690 | 664  | 716    |
| 73/74        | 1105  | 772  | 592   | 415   | 297   | 245    | 302   | 416    | 555    | 669   | 740   | 874   | 582 | 571  | 593    |
| 74/75        | 1274  | 1078 | 712   | 484   | 340   | 293    | 361   | 548    | 656    | 902   | 1266  | 1314  | 769 | 697  | 841    |
| 75/76        | 1214  | 937  | 670   | 459   | 292   | 229    | 243   | 381    | 431    | 551   | 669   | 768   | 570 | 634  | 507    |
| 76/77        | 701   | 595  | 478   | 321   | 238   | 330    | 376   | 505    | 655    | 1081  | 1367  | 1422  | 672 | 444  | 901    |
| 77/78        | 1402  | 1305 | 1012  | 713   | 499   | 340    | 361   | 484    | 645    | 949   | 1161  | 1361  | 853 | 878  | 827    |
| 78/79        | 1274  | 1030 | 750   | 537   | 349   | 249    | 251   | 317    | 569    | 814   | 1163  | 1220  | 710 | 698  | 722    |
| 79/80        | 1120  | 956  | 719   | 554   | 404   | 294    | 258   | 284    | 491    | 908   | 1607  | 1765  | 780 | 675  | 886    |
| 80/81        | 1427  | 1003 | 734   | 581   | 423   | 348    | 342   | 451    | 676    | 932   | 1230  | 1358  | 792 | 753  | 832    |
| 81/82        | 1137  | 871  | 669   | 575   | 479   | 333    | 289   | 426    | 571    | 776   | 1003  | 1162  | 691 | 677  | 705    |
| 82/83        | 1023  | 856  | 641   | 411   | 257   | 210    | 236   | 368    | 570    | 938   | 1172  | 1241  | 660 | 566  | 754    |
| 83/84        | 1165  | 903  | 627   | 412   | 280   | 229    | 236   | 434    | 738    | 1762  | 1589  | 1321  | 808 | 603  | 1013   |
| 84/85        | 1090  | 858  | 582   | 366   | 251   | 216    | 219   | 430    | 640    | 658   | 1190  | 1366  | 656 | 561  | 751    |
| 85/86        | 1177  | 1073 | 786   | 564   | 481   | 381    | 344   | 427    | 648    | 941   | 1079  | 975   | 740 | 744  | 736    |
| 86/87        | 837   | 649  | 456   | 339   | 258   | 205    | 305   | 457    | 593    | 852   | 1096  | 1234  | 607 | 457  | 756    |
| 87/88        | 1174  | 967  | 706   | 552   | 393   | 283    | 303   | 476    | 647    | 820   | 1579  | 1879  | 815 | 679  | 951    |
| 88/89        | 1371  | 943  | 690   | 503   | 357   | 266    | 288   | 462    | 643    | 840   | 1110  | 1230  | 725 | 688  | 762    |
| 89/90        | 1046  | 898  | 703   | 541   | 371   | 267    | 330   | 508    | 659    | 909   | 1077  | 1228  | 712 | 638  | 785    |
| 90/91        | 1006  | 748  | 626   | 557   | 446   | 344    | 417   | 611    | 737    | 917   | 1180  | 1534  | 760 | 621  | 899    |
| 91/92        | 1460  | 1138 | 772   | 519   | 344   | 269    | 266   | 417    | 525    | 850   | 1100  | 1290  | 746 | 750  | 741    |
| 92/93        | 1080  | 805  | 567   | 391   | 268   | 226    | 265   | 396    | 672    | 889   | 1135  | 1229  | 660 | 556  | 764    |
| 93/94        | 1061  | 823  | 583   | 389   | 299   | 258    | 411   | 497    | 616    | 894   | 1088  | 1205  | 677 | 569  | 785    |
| 94/95        | 1068  | 777  | 610   | 526   | 396   | 271    | 248   | 379    | 602    | 770   | 987   | 1271  | 659 | 608  | 709    |
| 95/96        | 1106  | 853  | 634   | 410   | 290   | 243    | 314   | 419    | 689    | 964   | 1023  | 1118  | 672 | 589  | 754    |
| 96/97        | 1103  | 843  | 685   | 578   | 423   | 330    | 404   | 504    | 698    | 907   | 1026  | 1074  | 715 | 660  | 769    |
| 97/98        | 982   | 855  | 650   | 465   | 400   | 348    | 361   | 431    | 539    | 682   | 911   | 1381  | 667 | 617  | 718    |
| 98/99        | 1243  | 969  | 746   | 646   | 587   | 487    | 463   | 581    | 794    | 1044  | 1265  | 1347  | 848 | 780  | 916    |
| 99/00        | 1130  | 887  | 644   | 503   | 398   | 337    | 375   | 537    | 699    | 924   | 1005  | 985   | 702 | 650  | 754    |
| 00/01        | 884   | 698  | 555   | 423   | 304   | 239    | 277   | 420    | 564    | 786   | 1024  | 1063  | 603 | 517  | 689    |
| 01/02        | 999   | 834  | 602   | 407   | 334   | 322    | 359   | 476    | 628    | 871   | 1120  | 1214  | 680 | 583  | 778    |
| 02/03        | 1054  | 863  | 616   | 437   | 323   | 302    | 339   | 408    | 562    | 747   | 908   | 1406  | 664 | 599  | 728    |
| 03/04        | 1190  | 970  | 741   | 522   | 452   | 283    | 299   | 460    | 588    | 839   | 1133  | 1339  | 735 | 693  | 776    |
| 04/05        | 1268  | 967  | 727   | 540   | 384   | 293    | 312   | 446    | 633    | 926   | 1128  | 1363  | 749 | 697  | 801    |
| 05/06        | 1087  | 941  | 697   | 480   | 336   | 254    | 310   | 455    | 595    | 807   | 1093  | 1327  | 699 | 633  | 764    |
| 06/07        | 1188  | 955  | 713   | 505   | 350   | 280    | 293   | 402    | 570    | 745   | 988   | 1127  | 676 | 665  | 687    |
| 07/08        | 1052  | 792  | 594   | 413   | 262   | 224    | 257   | 377    | 548    |       |       |       |     |      |        |

Valores obtenidos de la Red Hidrológica Argentina

Valores obtenidos mediante correlaciones con Pascua en Desagüe Lago O'Higgins

## 7.2 ANEXO 2 ESTADISTICAS NIVELES

Tabla 105: Niveles medios mensuales Puerto Guadal [m]

| ANO   | ABRIL | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MARZO | Ha  | Hplu | Hdesh |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|------|-------|
| 67/68 | 3,1   | 3,4 | 3,1 | 2,7 | 2,5 | 2,3  | 2,4 | 2,9 | 3,8 | 4,0 | 3,9 | 3,7   | 3,2 | 2,9  | 3,5   |
| 68/69 | 3,1   | 3,0 | 2,8 | 2,6 | 2,5 | 2,7  | 2,8 | 2,9 | 3,7 | 3,5 | 3,4 | 3,3   | 3,0 | 2,8  | 3,3   |
| 69/70 | 3,2   | 3,9 | 3,5 | 3,0 | 2,7 | 2,5  | 2,5 | 2,6 | 3,1 | 3,4 | 3,5 | 3,5   | 3,1 | 3,1  | 3,1   |
| 70/71 | 3,3   | 3,2 | 3,2 | 2,8 | 2,6 | 2,5  | 2,5 | 2,7 | 3,1 | 3,3 | 3,1 | 3,0   | 2,9 | 2,9  | 2,9   |
| 71/72 | 3,0   | 2,7 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4  | 2,9 | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,2 | 4,0   | 3,1 | 2,5  | 3,7   |
| 72/73 | 3,7   | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,2 | 2,0  | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,3 | 3,2 | 3,2   | 2,9 | 2,8  | 2,9   |
| 73/74 | 3,3   | 2,9 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,4  | 2,5 | 2,8 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,3   | 2,9 | 2,7  | 3,1   |
| 74/75 | 3,3   | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,4 | 2,2  | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,1 | 3,3 | 3,3   | 2,8 | 2,7  | 2,9   |
| 75/76 | 3,3   | 3,1 | 2,7 | 2,5 | 2,2 | 2,2  | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 3,5 | 3,6 | 3,6   | 2,9 | 2,7  | 3,1   |
| 76/77 | 3,4   | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 1,7 | 1,8  | 2,4 | 2,6 | 3,2 | 4,0 | 3,8 | 3,8   | 2,8 | 2,4  | 3,3   |
| 77/78 | 4,4   | 4,3 | 4,2 | 3,4 | 2,9 | 3,2  | 3,3 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 3,8 | 3,5   | 3,7 | 3,7  | 3,6   |
| 78/79 | 3,3   | 3,2 | 2,9 | 2,7 | 2,3 | 2,2  | 2,2 | 2,5 | 3,1 | 3,4 | 3,5 | 3,4   | 2,9 | 2,8  | 3,0   |
| 79/80 | 3,1   | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,6  | 2,6 | 3,0 | 3,3 | 3,7 | 3,5 | 3,9   | 3,1 | 2,8  | 3,3   |
| 80/81 | 3,6   | 3,4 | 3,2 | 2,8 | 2,8 | 2,8  | 2,7 | 2,8 | 3,6 | 3,6 | 3,7 | 3,4   | 3,2 | 3,1  | 3,3   |
| 81/82 | 3,1   | 3,2 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,4  | 2,5 | 2,8 | 2,9 | 3,4 | 3,3 | 3,3   | 3,0 | 2,9  | 3,0   |
| 82/83 | 3,1   | 3,1 | 2,7 | 2,2 | 2,2 | 2,3  | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 3,4 | 3,4 | 3,4   | 2,8 | 2,6  | 3,0   |
| 83/84 | 3,2   | 3,0 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,0  | 2,2 | 2,5 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,3   | 2,8 | 2,5  | 3,0   |
| 84/85 | 3,2   | 2,9 | 2,4 | 2,0 | 1,8 | 1,8  | 2,1 | 2,4 | 3,0 | 3,3 | 3,3 | 3,0   | 2,6 | 2,3  | 2,8   |
| 85/86 | 3,1   | 3,1 | 2,9 | 2,5 | 2,3 | 2,5  | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,7 | 3,6   | 3,0 | 2,8  | 3,2   |
| 86/87 | 3,4   | 3,3 | 3,1 | 3,2 | 2,7 | 2,4  | 2,5 | 2,6 | 2,8 | 3,3 | 3,4 | 3,3   | 3,0 | 3,0  | 3,0   |
| 87/88 | 3,2   | 2,8 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,2  | 2,4 | 2,7 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,8   | 2,8 | 2,7  | 2,8   |
| 88/89 | 2,8   | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,7  | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,1 | 3,1 | 3,1   | 2,5 | 2,2  | 2,7   |
| 89/90 | 3,4   | 3,0 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,3  | 2,4 | 2,7 | 3,7 | 3,8 | 3,7 | 3,3   | 3,1 | 2,9  | 3,3   |
| 90/91 | 2,9   | 3,1 | 3,5 | 3,5 | 3,2 | 3,0  | 3,0 | 3,0 | 3,3 | 3,6 | 3,6 | 3,5   | 3,3 | 3,2  | 3,3   |
| 91/92 | 3,2   | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,4  | 2,4 | 2,9 | 3,0 | 3,3 | 3,2 | 3,3   | 2,8 | 2,6  | 3,0   |
| 92/93 | 3,1   | 2,7 | 2,3 | 2,0 | 2,1 | 2,1  | 2,3 | 2,9 | 3,5 | 3,6 | 3,9 | 3,9   | 2,9 | 2,4  | 3,3   |
| 93/94 | 3,6   | 3,3 | 2,9 | 2,7 | 2,8 | 2,5  | 2,6 | 2,5 | 2,7 | 3,0 | 3,1 | 3,0   | 2,9 | 3,0  | 2,8   |
| 94/95 | 2,7   | 3,1 | 3,3 | 2,8 | 2,5 | 2,5  | 2,5 | 2,8 | 3,3 | 3,4 | 3,3 | 3,2   | 3,0 | 2,8  | 3,1   |
| 95/96 | 3,2   | 3,0 | 2,7 | 2,6 | 2,3 | 2,2  | 2,4 | 2,7 | 3,4 | 3,2 | 3,3 | 3,2   | 2,8 | 2,7  | 3,0   |
| 96/97 | 3,2   | 3,5 | 3,2 | 2,9 | 3,0 | 2,9  | 3,0 | 3,3 | 3,4 | 3,8 | 3,5 | 3,2   | 3,2 | 3,1  | 3,4   |
| 97/98 | 3,3   | 3,1 | 2,7 | 2,9 | 3,3 | 2,9  | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,3 | 3,2   | 3,1 | 3,0  | 3,1   |
| 98/99 | 2,8   | 2,8 | 2,6 | 3,2 | 3,0 | 2,5  | 3,0 | 3,1 | 3,6 | 3,7 | 3,5 | 3,2   | 3,1 | 2,8  | 3,3   |
| 99/00 | 2,7   | 2,4 | 2,3 | 1,9 | 2,3 | 2,2  | 2,5 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,5   | 2,5 | 2,3  | 2,7   |
| 00/01 | 2,5   | 2,3 | 2,2 | 2,0 | 1,8 | 1,4  | 2,1 | 2,3 | 3,2 | 3,5 | 3,7 | 3,7   | 2,5 | 2,0  | 3,1   |
| 01/02 | 3,1   | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,2  | 2,4 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 3,1   | 2,7 | 2,6  | 2,8   |
| 02/03 | 3,3   | 3,4 | 2,8 | 2,8 | 2,6 | 2,5  | 2,8 | 3,0 | 3,5 | 3,8 | 3,7 | 3,7   | 3,2 | 2,9  | 3,4   |
| 03/04 | 3,4   | 2,9 | 2,8 | 2,6 | 2,4 | 2,5  | 2,8 | 3,3 | 3,5 | 3,9 | 3,9 | 3,7   | 3,1 | 2,8  | 3,5   |
| 04/05 | 3,8   | 3,5 | 3,1 | 3,1 | 2,7 | 2,6  | 2,7 | 2,8 | 3,4 | 3,8 | 3,6 | 3,5   | 3,2 | 3,1  | 3,3   |
| 05/06 | 3,3   | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,2 | 2,0  | 2,5 | 2,9 | 3,2 | 3,4 | 3,4 | 3,4   | 2,9 | 2,7  | 3,1   |
| 06/07 | 3,6   | 3,4 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,4  | 2,5 | 2,7 | 3,1 | 3,6 | 3,5 | 3,1   | 3,0 | 3,0  | 3,1   |
| 07/08 | 3,0   | 2,8 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,8  | 2,1 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 3,4 | 3,2   | 2,6 | 2,3  | 2,9   |

Valores obtenidos mediante correlaciones con Baker Desagüe Lago Bertrand

Tabla 106: Niveles mensuales Lago O'Higgins en Desagüe [m]

| AÑO   | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Ha  | Hplu | Hdesh |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 67/68 | 3,6 | 3,5 | 3,1 | 2,2 | 1,6 | 0,8  | 0,7 | 1,8 | 3,1 | 3,8 | 3,8 | 3,4 | 2,6 | 2,5  | 2,8   |
| 68/69 | 3,2 | 3,0 | 2,8 | 2,3 | 2,0 | 1,6  | 1,5 | 1,8 | 2,8 | 3,1 | 3,3 | 3,3 | 2,6 | 2,5  | 2,6   |
| 69/70 | 3,2 | 3,1 | 3,5 | 2,9 | 1,5 | 0,8  | 0,7 | 1,1 | 1,8 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 2,2 | 2,5  | 1,9   |
| 70/71 | 4,0 | 3,3 | 2,9 | 2,2 | 1,7 | 0,9  | 0,6 | 1,0 | 1,6 | 1,9 | 2,1 | 2,6 | 2,1 | 2,5  | 1,6   |
| 71/72 | 2,7 | 2,2 | 1,8 | 1,3 | 1,3 | 0,9  | 1,1 | 1,6 | 1,9 | 2,3 | 2,6 | 3,5 | 1,9 | 1,7  | 2,2   |
| 72/73 | 3,8 | 3,4 | 2,9 | 2,1 | 1,3 | 0,7  | 0,7 | 1,3 | 2,2 | 2,9 | 3,3 | 3,3 | 2,3 | 2,4  | 2,3   |
| 73/74 | 3,4 | 2,7 | 2,5 | 1,8 | 1,3 | 0,8  | 0,8 | 1,2 | 1,8 | 2,3 | 2,4 | 2,8 | 2,0 | 2,1  | 1,9   |
| 74/75 | 3,8 | 3,4 | 2,8 | 2,0 | 1,5 | 0,9  | 1,3 | 2,0 | 2,4 | 3,2 | 3,8 | 3,5 | 2,6 | 2,4  | 2,7   |
| 75/76 | 3,8 | 3,1 | 2,6 | 2,0 | 1,6 | 1,1  | 1,2 | 1,8 | 2,2 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | 2,4 | 2,4  | 2,4   |
| 76/77 | 3,2 | 3,0 | 2,9 | 2,3 | 1,8 | 1,3  | 1,8 | 2,2 | 2,7 | 4,0 | 4,1 | 3,7 | 2,8 | 2,4  | 3,1   |
| 77/78 | 4,2 | 4,1 | 4,3 | 3,3 | 2,3 | 1,8  | 2,2 | 2,7 | 3,1 | 4,0 | 4,4 | 4,2 | 3,4 | 3,3  | 3,4   |
| 78/79 | 4,9 | 4,3 | 3,4 | 2,6 | 1,9 | 1,5  | 1,3 | 1,5 | 2,4 | 3,7 | 4,7 | 4,8 | 3,1 | 3,1  | 3,1   |
| 79/80 | 4,5 | 3,9 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,0  | 1,7 | 2,0 | 2,7 | 4,2 | 5,1 | 5,0 | 3,3 | 3,1  | 3,5   |
| 80/81 | 5,3 | 4,1 | 3,3 | 2,8 | 2,2 | 2,1  | 1,9 | 2,3 | 3,5 | 4,2 | 4,9 | 5,1 | 3,5 | 3,3  | 3,6   |
| 81/82 | 4,3 | 3,5 | 2,9 | 2,6 | 2,1 | 1,8  | 1,6 | 2,0 | 2,5 | 3,4 | 4,5 | 4,9 | 3,0 | 2,9  | 3,2   |
| 82/83 | 4,5 | 3,8 | 3,1 | 2,1 | 1,4 | 1,1  | 1,1 | 1,6 | 2,3 | 3,7 | 4,6 | 4,8 | 2,8 | 2,7  | 3,0   |
| 83/84 | 4,6 | 3,7 | 2,7 | 2,0 | 1,5 | 1,2  | 1,3 | 1,9 | 3,1 | 4,4 | 4,8 | 4,6 | 3,0 | 2,6  | 3,3   |
| 84/85 | 5,1 | 4,6 | 3,3 | 2,7 | 1,4 | 0,7  | 0,9 | 1,5 | 2,4 | 4,1 | 5,3 | 6,0 | 3,2 | 3,0  | 3,4   |
| 85/86 | 4,7 | 4,5 | 3,4 | 2,6 | 2,0 | 1,7  | 1,6 | 1,8 | 2,6 | 3,9 | 4,9 | 4,6 | 3,2 | 3,1  | 3,2   |
| 86/87 | 4,0 | 3,4 | 2,6 | 2,2 | 1,8 | 1,3  | 1,4 | 1,9 | 2,2 | 3,1 | 4,6 | 4,8 | 2,8 | 2,6  | 3,0   |
| 87/88 | 4,5 | 3,9 | 3,0 | 2,7 | 2,0 | 1,4  | 1,2 | 1,8 | 2,6 | 3,3 | 3,8 | 4,0 | 2,8 | 2,9  | 2,8   |
| 88/89 | 4,0 | 3,2 | 2,4 | 1,8 | 1,2 | 0,8  | 0,7 | 1,7 | 2,6 | 3,4 | 3,9 | 4,1 | 2,5 | 2,2  | 2,7   |
| 89/90 | 3,9 | 3,6 | 3,0 | 2,5 | 1,8 | 1,2  | 1,2 | 1,7 | 2,7 | 4,2 | 4,5 | 4,6 | 2,9 | 2,7  | 3,2   |
| 90/91 | 3,8 | 3,0 | 2,8 | 3,0 | 2,5 | 1,9  | 1,8 | 2,1 | 2,7 | 3,7 | 4,4 | 4,9 | 3,0 | 2,8  | 3,3   |
| 91/92 | 5,0 | 4,3 | 3,0 | 2,1 | 1,5 | 1,4  | 1,3 | 1,7 | 2,3 | 2,9 | 4,0 | 4,4 | 2,8 | 2,9  | 2,8   |
| 92/93 | 4,1 | 3,3 | 2,4 | 1,6 | 1,0 | 0,9  | 0,9 | 1,4 | 2,4 | 3,2 | 4,2 | 4,6 | 2,5 | 2,2  | 2,8   |
| 93/94 | 3,7 | 2,9 | 2,4 | 1,8 | 1,4 | 1,0  | 1,1 | 1,5 | 1,9 | 2,8 | 3,1 | 3,2 | 2,2 | 2,2  | 2,3   |
| 94/95 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 1,8 | 1,2 | 0,9  | 0,5 | 1,0 | 1,8 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 2,0 | 2,1  | 1,9   |
| 95/96 | 3,3 | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 1,2 | 0,8  | 0,7 | 1,3 | 2,1 | 3,1 | 2,9 | 3,1 | 2,1 | 2,0  | 2,2   |
| 96/97 | 3,1 | 2,9 | 3,1 | 2,2 | 1,6 | 0,9  | 1,2 | 1,7 | 2,6 | 3,1 | 3,2 | 3,1 | 2,4 | 2,3  | 2,5   |
| 97/98 | 3,1 | 3,0 | 2,6 | 1,8 | 1,6 | 1,0  | 0,9 | 1,4 | 1,8 | 2,4 | 2,8 | 3,3 | 2,1 | 2,2  | 2,1   |
| 98/99 | 3,3 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 1,4  | 1,7 | 2,5 | 3,3 | 3,9 | 3,8 | 3,4 | 2,8 | 2,5  | 3,1   |
| 99/00 | 3,1 | 2,4 | 2,1 | 1,6 | 1,3 | 0,7  | 0,9 | 1,6 | 2,2 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,0 | 1,9  | 2,2   |
| 00/01 | 2,6 | 2,0 | 1,8 | 1,3 | 0,9 | 0,5  | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 3,3 | 3,4 | 1,8 | 1,5  | 2,2   |
| 01/02 | 3,3 | 2,5 | 2,1 | 1,6 | 1,0 | 0,6  | 0,7 | 1,8 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 3,1 | 2,1 | 1,9  | 2,3   |
| 02/03 | 3,1 | 2,8 | 2,4 | 1,9 | 1,3 | 0,7  | 1,2 | 1,9 | 2,4 | 2,8 | 3,0 | 3,6 | 2,3 | 2,0  | 2,5   |
| 03/04 | 3,8 | 2,9 | 2,7 | 2,0 | 1,6 | 1,1  | 1,1 | 2,0 | 2,3 | 3,1 | 3,5 | 3,5 | 2,5 | 2,3  | 2,6   |
| 04/05 | 3,9 | 3,1 | 3,0 | 2,4 | 1,7 | 1,0  | 1,0 | 1,6 | 2,5 | 3,4 | 3,5 | 3,5 | 2,5 | 2,5  | 2,6   |
| 05/06 | 3,3 | 3,0 | 2,8 | 2,0 | 1,4 | 0,6  | 1,0 | 1,7 | 2,1 | 2,9 | 3,3 | 3,4 | 2,3 | 2,2  | 2,4   |
| 06/07 | 3,5 | 3,0 | 2,8 | 2,1 | 1,4 | 0,8  | 0,8 | 1,2 | 1,9 | 2,6 | 3,0 | 3,0 | 2,2 | 2,3  | 2,1   |
| 07/08 | 3,5 | 2,8 | 2,5 | 1,8 | 1,0 | 0,4  | 0,5 | 1,1 | 1,9 |     |     |     |     | 2,0  |       |

Valores obtenidos mediante correlaciones con Pascua Desagüe Lago O'Higgins

## 7.3 ANEXO 3 ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS

Tabla 107: Precipitaciones mensuales Balmaceda [mm]

| AÑO   | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Pp a | Pp plu | Pp desh |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|---------|
| 67/68 | 36  | 199 | 65  | 125 | 112 | 36   | 68  | 34  | 46  | 19  | 59  | 47  | 846  | 572    | 274     |
| 68/69 | 6   | 43  | 33  | 127 | 70  | 166  | 24  | 24  | 41  | 5   | 40  | 4   | 584  | 445    | 139     |
| 69/70 | 107 | 81  | 40  | 143 | 36  | 75   | 31  | 4   | 11  | 40  | 11  | 29  | 608  | 482    | 126     |
| 70/71 | 30  | 148 | 77  | 150 | 46  | 60   | 5   | 12  | 85  | 58  | 32  | 55  | 757  | 510    | 247     |
| 71/72 | 57  | 31  | 50  | 104 | 84  | 78   | 52  | 41  | 48  | 86  | 33  | 43  | 707  | 403    | 303     |
| 72/73 | 44  | 102 | 40  | 72  | 46  | 9    | 33  | 36  | 21  | 40  | 2   | 29  | 472  | 313    | 159     |
| 73/74 | 75  | 68  | 88  | 51  | 60  | 65   | 12  | 7   | 15  | 35  | 38  | 25  | 538  | 407    | 131     |
| 74/75 | 56  | 96  | 26  | 32  | 69  | 23   | 10  | 17  | 2   | 14  | 22  | 47  | 414  | 302    | 111     |
| 75/76 | 35  | 27  | 55  | 65  | 94  | 51   | 25  | 61  | 56  | 47  | 17  | 43  | 577  | 327    | 250     |
| 76/77 | 34  | 57  | 61  | 134 | 28  | 35   | 4   | 9   | 78  | 74  | 12  | 51  | 576  | 349    | 227     |
| 77/78 | 169 | 69  | 224 | 36  | 70  | 67   | 36  | 49  | 7   | 19  | 30  | 8   | 784  | 634    | 150     |
| 78/79 | 42  | 118 | 61  | 77  | 49  | 19   | 49  | 21  | 9   | 14  | 14  | 14  | 487  | 365    | 121     |
| 79/80 | 17  | 54  | 114 | 78  | 98  | 53   | 39  | 53  | 34  | 6   | 39  | 58  | 642  | 413    | 229     |
| 80/81 | 51  | 93  | 69  | 58  | 95  | 37   | 17  | 56  | 29  | 17  | 21  | 15  | 559  | 404    | 155     |
| 81/82 | 19  | 112 | 45  | 60  | 31  | 61   | 13  | 45  | 4   | 22  | 8   | 76  | 495  | 328    | 167     |
| 82/83 | 19  | 56  | 52  | 20  | 80  | 74   | 59  | 8   | 1   | 31  | 27  | 48  | 475  | 300    | 175     |
| 83/84 | 15  | 27  | 45  | 119 | 34  | 26   | 27  | 18  | 69  | 20  | 27  | 8   | 436  | 266    | 170     |
| 84/85 | 38  | 49  | 32  | 15  | 7   | 18   | 59  | 31  | 44  | 8   | 23  | 6   | 330  | 159    | 172     |
| 85/86 | 80  | 128 | 91  | 23  | 55  | 77   | 41  | 27  | 12  | 33  | 8   | 82  | 658  | 454    | 203     |
| 86/87 | 92  | 76  | 121 | 96  | 32  | 40   | 24  | 28  | 18  | 26  | 9   | 43  | 605  | 458    | 147     |
| 87/88 | 35  | 39  | 56  | 88  | 57  | 38   | 22  | 41  | 20  | 9   | 8   | 68  | 481  | 313    | 168     |
| 88/89 | 37  | 20  | 120 | 7   | 65  | 17   | 29  | 16  | 42  | 15  | 16  | 21  | 404  | 265    | 139     |
| 89/90 | 79  | 22  | 105 | 51  | 81  | 8    | 7   | 9   | 103 | 20  | 20  | 57  | 561  | 346    | 215     |
| 90/91 | 34  | 141 | 110 | 99  | 90  | 76   | 54  | 38  | 22  | 43  | 18  | 45  | 770  | 549    | 221     |
| 91/92 | 52  | 74  | 58  | 133 | 63  | 93   | 27  | 33  | 47  | 2   | 23  | 29  | 633  | 472    | 161     |
| 92/93 | 37  | 62  | 47  | 18  | 47  | 31   | 97  | 36  | 36  | 24  | 9   | 70  | 513  | 242    | 271     |
| 93/94 | 35  | 65  | 110 | 39  | 40  | 22   | 19  | 23  | 43  | 32  | 14  | 5   | 446  | 310    | 136     |
| 94/95 | 39  | 198 | 100 | 68  | 55  | 70   | 11  | 26  | 11  | 11  | 28  | 79  | 696  | 530    | 166     |
| 95/96 | 60  | 87  | 94  | 102 | 36  | 17   | 22  | 16  | 4   | 1   | 45  | 65  | 549  | 397    | 153     |
| 96/97 | 136 | 56  | 64  | 58  | 164 | 16   | 26  | 42  | 39  | 47  | 16  | 31  | 697  | 495    | 202     |
| 97/98 | 81  | 22  | 81  | 109 | 129 | 22   | 57  | 5   | 5   | 45  | 3   | 31  | 590  | 443    | 147     |
| 98/99 | 14  | 86  | 35  | 223 | 47  | 6    | 35  | 17  | 25  | 10  | 24  | 53  | 574  | 410    | 164     |
| 99/00 | 24  | 16  | 122 | 82  | 46  | 69   | 33  | 20  | 20  | 14  | 24  | 25  | 496  | 360    | 136     |
| 00/01 | 82  | 24  | 70  | 78  | 7   | 54   | 29  | 13  | 60  | 74  | 33  | 79  | 603  | 316    | 288     |
| 01/02 | 19  | 70  | 67  | 41  | 68  | 20   | 2   | 10  | 25  | 33  | 25  | 58  | 439  | 286    | 154     |
| 02/03 | 22  | 63  | 26  | 42  | 55  | 72   | 60  | 55  | 34  | 46  | 5   | 20  | 501  | 279    | 222     |
| 03/04 | 12  | 63  | 108 | 17  | 97  | 45   | 147 | 39  | 14  | 14  | 0   | 12  | 568  | 342    | 226     |
| 04/05 | 121 | 18  | 156 | 63  | 11  | 38   | 39  | 40  | 47  | 8   | 28  | 44  | 611  | 406    | 205     |
| 05/06 | 80  | 109 | 167 | 20  | 22  | 2    | 51  | 50  | 3   | 41  | 11  | 3   | 560  | 401    | 159     |
| 06/07 | 72  | 71  | 37  | 122 | 19  | 26   | 68  | 29  | 78  | 4   | 8   | 16  | 549  | 346    | 203     |
| 07/08 | 59  | 9   | 46  | 25  | 15  | 64   | 48  | 9   | 15  |     |     |     |      | 218    |         |

Tabla 108: Precipitaciones mensuales Puerto Bertand [mm]

| ANO   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEPT  | OCT   | NOV   | DIC   | ENE   | FEB   | MAR   | Pp a   | Pp plu | Pp desh |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| 63/64 | 241,2 | 241,6 | 82,7  | 42,0  | 59,9  | 63,8  | 9,3   | 52,8  | 166,0 | 48,3  | 145,5 | 98,0  | 1251,1 | 731,2  | 519,9   |
| 64/65 | 190,0 | 202,0 | 89,7  | 189,6 | 122,3 | 25,3  | 12,2  | 6,0   | 77,0  | 101,0 | 121,2 | 47,0  | 1183,3 | 818,9  | 364,4   |
| 65/66 | 170,5 | 182,4 | 205,8 | 176,9 | 130,4 | 213,5 | 91,7  | 227,7 | 24,8  | 47,5  | 48,3  | 237,2 | 1756,7 | 1079,5 | 677,2   |
| 66/67 | 64,5  | 177,6 | 128,3 | 106,9 | 94,8  | 54,8  | 34,3  | 34,5  | 82,1  | 124,1 | 24,6  | 198,0 | 1124,5 | 626,9  | 497,6   |
| 67/68 | 69,1  | 366,3 | 161,1 | 217,8 | 293,5 | 54,4  | 84,6  | 147,5 | 165,9 | 31,4  | 141,5 | 39,0  | 1772,1 | 1162,2 | 609,9   |
| 68/69 | 38,5  | 100,7 | 68,2  | 242,3 | 147,7 | 194,6 | 75,4  | 157,3 | 126,6 | 31,4  | 65,7  | 23,3  | 1271,7 | 792,0  | 479,7   |
| 69/70 | 356,2 | 239,4 | 113,0 | 132,8 | 161,1 | 210,8 | 135,4 | 22,0  | 52,4  | 44,2  | 100,2 | 135,9 | 1703,4 | 1213,3 | 490,1   |
| 70/71 | 147,9 | 314,0 | 236,2 | 74,8  | 98,5  | 175,5 | 18,5  | 1,1   | 209,3 | 159,1 | 47,9  | 187,6 | 1670,4 | 1047,0 | 623,4   |
| 71/72 | 25,2  | 47,1  | 118,0 | 325,0 | 291,8 | 249,7 | 92,8  | 183,2 | 80,3  | 218,3 | 169,8 | 109,5 | 1910,7 | 1056,8 | 853,9   |
| 72/73 | 136,3 | 38,4  | 130,3 | 14,7  | 19,4  | 152,9 | 6,6   | 1,0   | 180,8 | 137,4 | 41,4  | 28,6  | 887,7  | 491,9  | 395,8   |
| 73/74 | 104,1 | 156,0 | 173,4 | 84,9  | 327,8 | 103,0 | 10,4  | 95,4  | 67,2  | 158,8 | 70,2  | 98,9  | 1450,1 | 949,2  | 500,9   |
| 74/75 | 157,9 | 64,4  | 135,2 | 217,7 | 275,8 | 89,6  | 67,4  | 100,1 | 51,7  | 27,3  | 77,1  | 39,7  | 1303,9 | 940,6  | 363,3   |
| 75/76 | 115,7 | 52,1  | 147,5 | 75,7  | 256,7 | 137,9 | 66,8  | 124,7 | 69,4  | 142,5 | 102,1 | 87,3  | 1378,4 | 785,6  | 592,8   |
| 76/77 | 138,5 | 146,8 | 37,9  | 223,9 | 95,7  | 58,9  | 52,3  | 59,8  | 167,9 | 102,7 | 31,3  | 129,0 | 1244,7 | 701,7  | 543,0   |
| 77/78 | 353,0 | 118,2 | 242,3 | 7,2   | 204,7 | 178,6 | 112,3 | 132,4 | 17,9  | 83,5  | 38,7  | 49,5  | 1538,3 | 1104,0 | 434,3   |
| 78/79 | 105,8 | 132,0 | 98,8  | 57,5  | 99,5  | 38,6  | 160,4 | 133,8 | 78,7  | 69,6  | 41,7  | 86,6  | 1103,0 | 532,2  | 570,8   |
| 79/80 | 81,2  | 88,0  | 191,3 | 242,3 | 124,1 | 166,0 | 157,0 | 206,6 | 57,2  | 71,0  | 30,3  | 208,2 | 1623,2 | 892,9  | 730,3   |
| 80/81 | 85,3  | 174,7 | 164,0 | 96,0  | 295,5 | 189,1 | 40,8  | 192,8 | 136,2 | 42,4  | 66,0  | 28,0  | 1510,8 | 1004,6 | 506,2   |
| 81/82 | 131,7 | 245,9 | 94,0  | 98,1  | 119,1 | 135,6 | 121,9 | 45,8  | 57,7  | 99,4  | 53,8  | 273,0 | 1476,0 | 824,4  | 651,6   |
| 82/83 | 70,2  | 199,6 | 140,0 | 78,5  | 93,3  | 93,1  | 39,4  | 65,1  | 51,6  | 98,3  | 118,2 | 176,6 | 1223,9 | 674,7  | 549,2   |
| 83/84 | 77,5  | 152,2 | 104,6 | 182,1 | 86,5  | 96,5  | 86,8  | 75,0  | 75,5  | 165,6 | 112,8 | 14,5  | 1229,6 | 699,4  | 530,2   |
| 84/85 | 207,1 | 103,0 | 68,5  | 24,4  | 32,9  | 56,8  | 121,2 | 59,1  | 78,9  | 64,2  | 85,4  | 60,9  | 962,4  | 492,7  | 469,7   |
| 85/86 | 165,7 | 165,6 | 115,1 | 57,2  | 27,8  | 108,5 | 39,6  | 98,8  | 77,0  | 129,3 | 106,8 | 109,9 | 1201,3 | 639,9  | 561,4   |
| 86/87 | 134,4 | 138,6 | 235,0 | 207,4 | 48,9  | 18,5  | 27,3  | 83,3  | 83,2  | 117,1 | 31,6  | 25,7  | 1151,0 | 782,8  | 368,2   |
| 87/88 | 98,3  | 107,1 | 185,1 | 145,4 | 59,9  | 53,4  | 87,7  | 82,9  | 66,6  | 48,5  | 9,7   | 122,8 | 1067,4 | 649,2  | 418,2   |
| 88/89 | 77,3  | 36,7  | 98,6  | 56,8  | 74,2  | 34,6  | 115,8 | 66,0  | 43,0  | 56,0  | 42,1  | 62,2  | 763,3  | 378,2  | 385,1   |
| 89/90 | 321,7 | 92,1  | 193,1 | 98,4  | 152,9 | 19,0  | 38,3  | 46,6  | 252,6 | 103,9 | 27,4  | 106,4 | 1452,4 | 877,2  | 575,2   |
| 90/91 | 89,5  | 290,5 | 265,5 | 188,4 | 128,7 | 180,3 | 149,0 | 118,0 | 48,0  | 46,9  | 138,8 | 124,2 | 1767,8 | 1142,9 | 624,9   |
| 91/92 | 77,5  | 96,9  | 57,6  | 88,2  | 167,6 | 145,8 | 27,7  | 68,1  | 108,1 | 14,7  | 146,5 | 33,9  | 1032,6 | 633,6  | 399,0   |
| 92/93 | 102,8 | 121,2 | 120,5 | 67,1  | 99,9  | 69,9  | 205,5 | 115,9 | 84,2  | 86,6  | 54,2  | 144,4 | 1272,3 | 581,4  | 690,9   |
| 93/94 | 109,6 | 138,6 | 188,7 | 93,0  | 91,6  | 63,3  | 64,7  | 99,1  | 101,1 | 115,4 | 67,6  | 30,2  | 1162,6 | 684,6  | 478,0   |
| 94/95 | 115,7 | 350,8 | 178,1 | 119,1 | 127,5 | 134,3 | 48,8  | 105,2 | 63,4  | 65,4  | 87,3  | 175,1 | 1570,8 | 1025,5 | 545,4   |
| 95/96 | 157,7 | 177,8 | 177,1 | 153,5 | 84,8  | 57,1  | 72,9  | 86,4  | 57,1  | 42,0  | 113,7 | 151,6 | 1331,7 | 808,1  | 523,6   |
| 96/97 | 260,8 | 111,8 | 132,7 | 99,2  | 361,3 | 49,7  | 71,5  | 126,6 | 86,7  | 134,1 | 63,6  | 73,7  | 1571,8 | 1015,5 | 556,3   |
| 97/98 | 178,8 | 64,6  | 151,6 | 146,1 | 292,1 | 59,6  | 132,6 | 58,7  | 53,5  | 135,5 | 48,6  | 76,4  | 1398,0 | 892,8  | 505,2   |
| 98/99 | 73,8  | 179,9 | 127,0 | 273,6 | 115,4 | 41,7  | 102,0 | 91,8  | 84,1  | 66,1  | 85,9  | 130,5 | 1371,6 | 811,4  | 560,2   |
| 99/00 | 91,7  | 61,9  | 205,6 | 136,4 | 110,7 | 138,0 | 96,5  | 97,0  | 76,6  | 74,9  | 84,2  | 71,5  | 1244,9 | 744,3  | 500,6   |
| 00/01 | 190,4 | 72,1  | 150,7 | 126,8 | 10,8  | 109,8 | 84,0  | 77,6  | 119,5 | 210,2 | 93,5  | 174,4 | 1419,7 | 660,5  | 759,2   |
| 01/02 | 76,7  | 139,3 | 142,0 | 90,1  | 154,0 | 57,8  | 29,0  | 68,8  | 75,9  | 110,8 | 79,0  | 129,0 | 1152,4 | 659,8  | 492,6   |
| 02/03 | 78,8  | 123,2 | 103,7 | 87,4  | 118,1 | 126,2 | 137,1 | 153,7 | 83,1  | 135,4 | 50,4  | 55,3  | 1252,4 | 637,4  | 615,0   |
| 03/04 | 61,9  | 123,8 | 171,1 | 67,1  | 214,8 | 88,8  | 300,3 | 122,0 | 62,2  | 65,7  | 43,6  | 40,5  | 1361,8 | 727,5  | 634,3   |
| 04/05 | 274,5 | 64,6  | 238,6 | 119,5 | 21,2  | 90,8  | 110,2 | 140,9 | 110,2 | 60,9  | 90,5  | 110,9 | 1432,9 | 809,3  | 623,6   |
| 05/06 | 188,3 | 207,6 | 237,1 | 74,9  | 46,3  | 33,9  | 130,0 | 156,1 | 54,6  | 133,2 | 62,4  | 24,7  | 1349,1 | 788,1  | 561,1   |
| 06/07 | 179,2 | 150,9 | 125,6 | 172,2 | 40,2  | 71,7  | 168,4 | 115,1 | 145,3 | 48,8  | 60,2  | 53,1  | 1330,7 | 739,8  | 591,0   |

Valores rellenados mediante correlaciones con Precipitaciones en Balmaceda

Tabla 109: Precipitaciones mensuales El Balseo [mm]

| ANO   | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Pp a | Pp plu | Pp desh |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|---------|
| 67/68 | 30  | 197 | 95  | 139 | 135 | 32   | 44  | 51  | 110 | 14  | 47  | 28  | 923  | 629    | 294     |
| 68/69 | 13  | 59  | 32  | 152 | 77  | 91   | 38  | 52  | 80  | 14  | 26  | 23  | 656  | 424    | 232     |
| 69/70 | 187 | 131 | 63  | 84  | 84  | 101  | 72  | 22  | 30  | 18  | 36  | 58  | 886  | 650    | 237     |
| 70/71 | 71  | 165 | 141 | 45  | 58  | 83   | 6   | 17  | 136 | 55  | 21  | 72  | 868  | 562    | 306     |
| 71/72 | 7   | 36  | 73  | 230 | 148 | 130  | 53  | 66  | 55  | 84  | 60  | 55  | 997  | 624    | 373     |
| 72/73 | 59  | 25  | 65  | 6   | 25  | 66   | 0   | 15  | 106 | 43  | 17  | 22  | 450  | 247    | 203     |
| 73/74 | 52  | 94  | 109 | 56  | 157 | 57   | 2   | 42  | 43  | 60  | 29  | 49  | 751  | 526    | 225     |
| 74/75 | 77  | 41  | 76  | 136 | 125 | 47   | 33  | 39  | 29  | 12  | 29  | 28  | 673  | 502    | 170     |
| 75/76 | 59  | 33  | 41  | 27  | 134 | 67   | 25  | 59  | 30  | 82  | 71  | 53  | 679  | 360    | 319     |
| 76/77 | 98  | 109 | 52  | 117 | 58  | 37   | 4   | 37  | 152 | 66  | 15  | 50  | 795  | 471    | 324     |
| 77/78 | 197 | 88  | 143 | 22  | 101 | 89   | 64  | 56  | 7   | 44  | 26  | 33  | 868  | 639    | 229     |
| 78/79 | 34  | 91  | 51  | 34  | 68  | 25   | 106 | 47  | 27  | 22  | 19  | 42  | 565  | 303    | 263     |
| 79/80 | 37  | 54  | 115 | 155 | 70  | 81   | 56  | 110 | 21  | 12  | 32  | 100 | 843  | 512    | 331     |
| 80/81 | 69  | 95  | 95  | 43  | 135 | 88   | 18  | 61  | 80  | 24  | 42  | 20  | 768  | 524    | 245     |
| 81/82 | 39  | 125 | 78  | 71  | 45  | 47   | 19  | 32  | 22  | 24  | 29  | 104 | 636  | 406    | 230     |
| 82/83 | 32  | 99  | 50  | 25  | 99  | 46   | 50  | 55  | 77  | 77  | 41  | 68  | 717  | 350    | 368     |
| 83/84 | 17  | 90  | 43  | 106 | 65  | 41   | 43  | 41  | 55  | 55  | 44  | 5   | 605  | 362    | 243     |
| 84/85 | 105 | 114 | 27  | 11  | 20  | 10   | 36  | 32  | 25  | 26  | 32  | 11  | 449  | 287    | 161     |
| 85/86 | 93  | 97  | 59  | 41  | 46  | 90   | 21  | 26  | 34  | 65  | 20  | 49  | 642  | 426    | 216     |
| 86/87 | 85  | 58  | 185 | 97  | 26  | 15   | 4   | 40  | 25  | 82  | 19  | 17  | 652  | 466    | 187     |
| 87/88 | 40  | 63  | 97  | 94  | 38  | 17   | 41  | 36  | 22  | 21  | 6   | 57  | 533  | 350    | 183     |
| 88/89 | 43  | 22  | 71  | 32  | 25  | 10   | 31  | 39  | 67  | 44  | 39  | 38  | 461  | 204    | 258     |
| 89/90 | 133 | 39  | 112 | 60  | 96  | 15   | 14  | 28  | 163 | 53  | 14  | 53  | 780  | 455    | 325     |
| 90/91 | 20  | 176 | 167 | 138 | 101 | 96   | 57  | 58  | 29  | 31  | 46  | 10  | 929  | 698    | 231     |
| 91/92 | 39  | 29  | 33  | 49  | 93  | 73   | 13  | 26  | 69  | 12  | 60  | 36  | 532  | 316    | 216     |
| 92/93 | 49  | 55  | 36  | 13  | 129 | 76   | 138 | 22  | 36  | 48  | 21  | 48  | 672  | 358    | 314     |
| 93/94 | 34  | 37  | 33  | 85  | 96  | 5    | 33  | 16  | 27  | 54  | 5   | 37  | 460  | 289    | 171     |
| 94/95 | 33  | 172 | 118 | 53  | 55  | 87   | 31  | 39  | 30  | 13  | 43  | 61  | 735  | 517    | 217     |
| 95/96 | 86  | 99  | 107 | 142 | 53  | 45   | 40  | 32  | 17  | 8   | 75  | 51  | 755  | 532    | 223     |
| 96/97 | 60  | 154 | 103 | 89  | 141 | 35   | 65  | 98  | 0   | 109 | 13  | 31  | 898  | 582    | 316     |
| 97/98 | 92  | 64  | 41  | 107 | 137 | 8    | 42  | 25  | 21  | 41  | 5   | 81  | 665  | 449    | 216     |
| 98/99 | 33  | 103 | 54  | 190 | 65  | 23   | 144 | 20  | 80  | 7   | 25  | 16  | 761  | 468    | 292     |
| 99/00 | 18  | 42  | 56  | 91  | 36  | 47   | 14  | 49  | 26  | 28  | 19  | 25  | 450  | 290    | 161     |
| 00/01 | 81  | 19  | 52  | 25  | 21  | 42   | 51  | 18  | 82  | 29  | 29  | 60  | 508  | 239    | 269     |
| 01/02 | 48  | 58  | 71  | 59  | 63  | 12   | 11  | 23  | 42  | 26  | 65  | 96  | 572  | 310    | 263     |
| 02/03 | 172 | 130 | 129 | 213 | 88  | 42   | 49  | 58  | 80  | 44  | 24  | 27  | 1056 | 774    | 282     |
| 03/04 | 56  | 64  | 132 | 24  | 101 | 72   | 185 | 68  | 63  | 15  | 5   | 76  | 862  | 449    | 413     |
| 04/05 | 178 | 10  | 168 | 100 | 7   | 66   | 20  | 31  | 111 | 13  | 1   | 63  | 769  | 530    | 239     |
| 05/06 | 93  | 112 | 142 | 45  | 38  | 23   | 67  | 52  | 31  | 46  | 25  | 23  | 697  | 453    | 244     |
| 06/07 | 84  | 80  | 66  | 102 | 34  | 37   | 84  | 41  | 88  | 18  | 23  | 30  | 687  | 402    | 285     |

Valores obtenidos mediante correlaciones con Precipitaciones Puerto Bertrand

Tabla 110: Precipitaciones mensuales Puerto Guadal [mm]

| ANO   | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Pp a | Pp plu | Pp desh |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|---------|
| 67/68 | 45  | 207 | 118 | 154 | 138 | 49   | 49  | 49  | 100 | 21  | 46  | 37  | 1012 | 710    | 302     |
| 68/69 | 29  | 71  | 68  | 163 | 89  | 101  | 43  | 48  | 76  | 21  | 30  | 32  | 771  | 520    | 251     |
| 69/70 | 180 | 139 | 90  | 98  | 93  | 108  | 68  | 39  | 38  | 24  | 37  | 65  | 979  | 708    | 271     |
| 70/71 | 80  | 172 | 150 | 63  | 72  | 93   | 19  | 37  | 117 | 55  | 27  | 79  | 963  | 629    | 334     |
| 71/72 | 24  | 50  | 101 | 242 | 150 | 139  | 56  | 54  | 58  | 82  | 57  | 65  | 1079 | 706    | 372     |
| 72/73 | 68  | 37  | 91  | 27  | 46  | 77   | 14  | 36  | 93  | 44  | 24  | 30  | 586  | 344    | 242     |
| 73/74 | 64  | 105 | 128 | 74  | 155 | 70   | 16  | 45  | 48  | 60  | 33  | 58  | 857  | 596    | 261     |
| 74/75 | 85  | 53  | 101 | 148 | 128 | 61   | 40  | 44  | 38  | 19  | 33  | 36  | 786  | 576    | 210     |
| 75/76 | 66  | 53  | 99  | 43  | 132 | 96   | 19  | 52  | 37  | 60  | 42  | 39  | 737  | 489    | 249     |
| 76/77 | 91  | 138 | 70  | 110 | 65  | 26   | 37  | 38  | 114 | 74  | 18  | 43  | 823  | 500    | 323     |
| 77/78 | 242 | 35  | 221 | 42  | 78  | 82   | 35  | 69  | 12  | 43  | 32  | 22  | 911  | 699    | 211     |
| 78/79 | 45  | 110 | 84  | 107 | 69  | 42   | 50  | 58  | 38  | 31  | 21  | 71  | 724  | 456    | 268     |
| 79/80 | 32  | 75  | 85  | 164 | 107 | 73   | 134 | 63  | 30  | 13  | 22  | 121 | 918  | 535    | 383     |
| 80/81 | 69  | 109 | 144 | 84  | 140 | 114  | 18  | 55  | 73  | 30  | 62  | 15  | 913  | 659    | 254     |
| 81/82 | 53  | 106 | 73  | 96  | 35  | 58   | 26  | 85  | 26  | 25  | 29  | 91  | 702  | 420    | 282     |
| 82/83 | 38  | 96  | 74  | 38  | 120 | 71   | 30  | 11  | 6   | 69  | 57  | 71  | 681  | 437    | 244     |
| 83/84 | 39  | 70  | 58  | 115 | 50  | 68   | 41  | 55  | 59  | 63  | 21  | 3   | 641  | 399    | 242     |
| 84/85 | 109 | 141 | 51  | 7   | 32  | 35   | 71  | 27  | 42  | 28  | 35  | 16  | 592  | 375    | 218     |
| 85/86 | 114 | 121 | 103 | 27  | 52  | 108  | 33  | 29  | 45  | 58  | 50  | 65  | 805  | 525    | 280     |
| 86/87 | 124 | 115 | 153 | 140 | 38  | 27   | 13  | 22  | 31  | 67  | 33  | 25  | 789  | 596    | 192     |
| 87/88 | 59  | 57  | 114 | 148 | 74  | 23   | 59  | 34  | 33  | 19  | 6   | 80  | 705  | 475    | 230     |
| 88/89 | 36  | 43  | 91  | 58  | 69  | 11   | 52  | 49  | 79  | 39  | 27  | 45  | 597  | 307    | 290     |
| 89/90 | 117 | 27  | 194 | 90  | 146 | 32   | 19  | 17  | 168 | 62  | 14  | 116 | 1002 | 606    | 395     |
| 90/91 | 32  | 169 | 196 | 173 | 139 | 100  | 72  | 50  | 35  | 27  | 52  | 52  | 1098 | 809    | 288     |
| 91/92 | 42  | 72  | 43  | 122 | 93  | 88   | 18  | 50  | 90  | 13  | 60  | 23  | 714  | 460    | 254     |
| 92/93 | 61  | 67  | 71  | 34  | 131 | 87   | 119 | 39  | 43  | 50  | 27  | 56  | 785  | 451    | 335     |
| 93/94 | 44  | 45  | 63  | 93  | 96  | 21   | 36  | 34  | 26  | 67  | 24  | 45  | 594  | 362    | 233     |
| 94/95 | 82  | 193 | 172 | 44  | 65  | 87   | 37  | 47  | 33  | 19  | 57  | 76  | 909  | 642    | 268     |
| 95/96 | 93  | 136 | 87  | 148 | 56  | 101  | 77  | 26  | 13  | 7   | 64  | 54  | 861  | 621    | 240     |
| 96/97 | 69  | 156 | 85  | 30  | 125 | 56   | 59  | 72  | 67  | 169 | 36  | 66  | 990  | 520    | 469     |
| 97/98 | 96  | 73  | 73  | 118 | 134 | 25   | 45  | 39  | 31  | 43  | 15  | 87  | 779  | 519    | 260     |
| 98/99 | 51  | 124 | 93  | 217 | 89  | 65   | 67  | 57  | 77  | 0   | 5   | 21  | 866  | 639    | 227     |
| 99/00 | 12  | 17  | 90  | 36  | 42  | 31   | 38  | 87  | 65  | 59  | 47  | 63  | 586  | 227    | 359     |
| 00/01 | 87  | 31  | 81  | 44  | 42  | 55   | 52  | 37  | 75  | 33  | 32  | 67  | 638  | 341    | 297     |
| 01/02 | 58  | 68  | 95  | 75  | 75  | 29   | 23  | 39  | 47  | 30  | 57  | 101 | 696  | 400    | 296     |
| 02/03 | 174 | 143 | 145 | 225 | 100 | 58   | 53  | 51  | 78  | 48  | 43  | 15  | 1132 | 845    | 288     |
| 03/04 | 77  | 43  | 183 | 32  | 67  | 118  | 247 | 40  | 38  | 26  | 19  | 69  | 957  | 520    | 437     |
| 04/05 | 131 | 41  | 106 | 100 | 67  | 61   | 19  | 55  | 130 | 79  | 0   | 86  | 873  | 505    | 368     |
| 05/06 | 87  | 101 | 99  | 27  | 35  | 23   | 71  | 87  | 10  | 86  | 22  | 118 | 767  | 372    | 395     |
| 06/07 | 137 | 61  | 52  | 143 | 29  | 44   | 91  | 67  | 74  | 14  | 52  | 35  | 799  | 467    | 333     |
| 07/08 | 190 | 76  | 87  | 21  | 34  | 101  | 41  | 81  | 47  | 38  | 13  | 19  | 746  | 508    | 238     |
| 08/09 | 134 | 129 | 77  | 87  | 88  | 10   | 33  | 100 | 22  | 97  |     |     |      | 525    |         |

Valores obtenidos mediante correlaciones con precipitaciones El Balseo

Tabla 111: Precipitaciones mensuales Río los Nádís [mm]

| AÑO   | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Pp a | Pp plu | Pp desh |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|---------|
| 67/68 | 55  | 186 | 110 | 164 | 169 | 38   | 54  | 67  | 106 | 34  | 90  | 51  | 1123 | 721    | 401     |
| 68/69 | 62  | 130 | 90  | 295 | 172 | 197  | 80  | 116 | 135 | 55  | 69  | 74  | 1475 | 946    | 529     |
| 69/70 | 294 | 190 | 114 | 146 | 156 | 184  | 110 | 17  | 56  | 56  | 90  | 122 | 1534 | 1083   | 450     |
| 70/71 | 128 | 218 | 203 | 83  | 111 | 145  | 29  | 4   | 172 | 125 | 42  | 140 | 1399 | 888    | 511     |
| 71/72 | 38  | 72  | 104 | 296 | 207 | 190  | 71  | 101 | 69  | 151 | 133 | 95  | 1526 | 906    | 620     |
| 72/73 | 179 | 108 | 180 | 39  | 97  | 190  | 32  | 6   | 224 | 166 | 54  | 93  | 1369 | 794    | 575     |
| 73/74 | 108 | 151 | 172 | 103 | 271 | 98   | 27  | 65  | 71  | 139 | 67  | 108 | 1381 | 904    | 477     |
| 74/75 | 149 | 95  | 137 | 239 | 235 | 85   | 66  | 67  | 57  | 47  | 72  | 75  | 1326 | 941    | 385     |
| 75/76 | 110 | 76  | 116 | 110 | 219 | 152  | 83  | 68  | 83  | 183 | 92  | 90  | 1381 | 782    | 600     |
| 76/77 | 212 | 135 | 104 | 302 | 144 | 46   | 5   | 35  | 246 | 145 | 50  | 135 | 1559 | 943    | 616     |
| 77/78 | 404 | 197 | 389 | 42  | 207 | 193  | 93  | 101 | 9   | 119 | 38  | 126 | 1920 | 1432   | 488     |
| 78/79 | 80  | 177 | 125 | 175 | 147 | 22   | 176 | 164 | 102 | 74  | 69  | 119 | 1430 | 726    | 704     |
| 79/80 | 83  | 117 | 160 | 180 | 174 | 154  | 105 | 126 | 53  | 61  | 96  | 195 | 1503 | 868    | 635     |
| 80/81 | 110 | 210 | 279 | 99  | 298 | 139  | 61  | 150 | 112 | 58  | 98  | 71  | 1686 | 1136   | 550     |
| 81/82 | 107 | 224 | 123 | 191 | 127 | 166  | 60  | 126 | 35  | 35  | 48  | 205 | 1447 | 938    | 509     |
| 82/83 | 95  | 196 | 134 | 47  | 151 | 98   | 72  | 73  | 61  | 97  | 121 | 163 | 1308 | 721    | 587     |
| 83/84 | 55  | 88  | 90  | 230 | 120 | 158  | 84  | 63  | 94  | 178 | 134 | 17  | 1313 | 742    | 571     |
| 84/85 | 247 | 196 | 43  | 46  | 38  | 45   | 152 | 70  | 101 | 82  | 101 | 105 | 1226 | 615    | 611     |
| 85/86 | 216 | 209 | 91  | 89  | 141 | 184  | 54  | 65  | 82  | 131 | 91  | 87  | 1440 | 930    | 509     |
| 86/87 | 173 | 117 | 164 | 289 | 87  | 54   | 37  | 60  | 89  | 212 | 69  | 78  | 1430 | 884    | 545     |
| 87/88 | 95  | 142 | 236 | 155 | 69  | 46   | 95  | 80  | 77  | 104 | 14  | 150 | 1265 | 744    | 521     |
| 88/89 | 105 | 68  | 132 | 60  | 27  | 24   | 94  | 112 | 173 | 143 | 65  | 89  | 1092 | 417    | 675     |
| 89/90 | 250 | 121 | 234 | 86  | 183 | 21   | 74  | 57  | 194 | 97  | 13  | 116 | 1445 | 894    | 551     |
| 90/91 | 90  | 258 | 214 | 227 | 133 | 147  | 97  | 73  | 46  | 50  | 140 | 119 | 1595 | 1069   | 525     |
| 91/92 | 149 | 108 | 89  | 180 | 166 | 181  | 14  | 67  | 136 | 33  | 137 | 69  | 1328 | 872    | 456     |
| 92/93 | 114 | 94  | 138 | 48  | 246 | 142  | 164 | 29  | 72  | 127 | 52  | 128 | 1353 | 782    | 571     |
| 93/94 | 108 | 127 | 110 | 102 | 248 | 31   | 60  | 41  | 99  | 252 | 93  | 128 | 1399 | 726    | 673     |
| 94/95 | 75  | 269 | 220 | 99  | 158 | 159  | 48  | 92  | 91  | 44  | 70  | 74  | 1399 | 980    | 419     |
| 95/96 | 121 | 196 | 166 | 193 | 128 | 75   | 76  | 38  | 42  | 14  | 142 | 120 | 1310 | 878    | 432     |
| 96/97 | 91  | 237 | 184 | 65  | 228 | 71   | 121 | 182 | 130 | 181 | 33  | 33  | 1557 | 876    | 681     |
| 97/98 | 218 | 100 | 12  | 209 | 300 | 28   | 175 | 95  | 85  | 101 | 12  | 151 | 1485 | 867    | 619     |
| 98/99 | 96  | 211 | 98  | 432 | 152 | 64   | 112 | 33  | 86  | 78  | 105 | 43  | 1511 | 1053   | 458     |
| 99/00 | 92  | 104 | 20  | 264 | 116 | 52   | 41  | 104 | 91  | 74  | 40  | 128 | 1125 | 647    | 478     |
| 00/01 | 144 | 82  | 123 | 11  | 56  | 13   | 101 | 44  | 214 | 69  | 158 | 127 | 1143 | 430    | 713     |
| 01/02 | 110 | 102 | 129 | 109 | 130 | 26   | 26  | 34  | 84  | 52  | 208 | 246 | 1257 | 607    | 650     |
| 02/03 | 175 | 177 | 160 | 197 | 61  | 129  | 116 | 127 | 175 | 93  | 58  | 71  | 1539 | 899    | 640     |
| 03/04 | 89  | 157 | 203 | 101 | 237 | 102  | 277 | 98  | 80  | 89  | 51  | 91  | 1574 | 889    | 685     |
| 04/05 | 275 | 109 | 258 | 157 | 84  | 99   | 110 | 106 | 122 | 80  | 97  | 129 | 1625 | 981    | 644     |
| 05/06 | 185 | 191 | 240 | 98  | 95  | 40   | 118 | 110 | 64  | 128 | 63  | 71  | 1403 | 849    | 554     |
| 06/07 | 182 | 160 | 142 | 211 | 94  | 77   | 150 | 84  | 150 | 68  | 63  | 90  | 1470 | 866    | 605     |

Valores obtenidos mediante correlaciones con Puerto Bertrand

Tabla 112: Precipitaciones mensuales Villa O'Higgins [mm]

| AÑO   | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Pp a | Pp plu | Pp desh |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|---------|
| 85/86 | 130 | 161 | 72  | 61  | 78  | 107  | 43  | 56  | 36  | 148 | 109 | 89  | 1089 | 609    | 480     |
| 86/87 | 143 | 76  | 193 | 177 | 71  | 37   | 51  | 65  | 61  | 160 | 61  | 43  | 1138 | 697    | 442     |
| 87/88 | 94  | 74  | 172 | 76  | 60  | 31   | 72  | 76  | 58  | 80  | 19  | 143 | 955  | 507    | 448     |
| 88/89 | 127 | 24  | 149 | 45  | 37  | 65   | 80  | 127 | 112 | 87  | 19  | 70  | 941  | 446    | 495     |
| 89/90 | 86  | 74  | 6   | 32  | 99  | 31   | 34  | 54  | 220 | 99  | 28  | 57  | 821  | 329    | 492     |
| 90/91 | 69  | 191 | 171 | 236 | 99  | 108  | 207 | 93  | 55  | 69  | 59  | 28  | 1385 | 873    | 512     |
| 91/92 |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |      |        |         |
| 92/93 | 95  | 37  | 32  | 26  | 225 | 68   | 164 | 13  | 72  | 87  | 82  | 208 | 1110 | 483    | 627     |
| 93/94 | 58  | 33  | 52  | 35  | 166 | 24   | 77  | 41  | 67  | 99  | 35  | 69  | 756  | 368    | 388     |
| 94/95 | 49  | 172 | 49  | 45  | 86  | 88   | 19  | 88  | 55  | 54  | 30  | 58  | 791  | 488    | 303     |
| 95/96 | 75  | 39  | 0   | 44  | 33  | 37   | 23  | 32  | 9   | 20  | 91  | 79  | 480  | 226    | 254     |
| 96/97 | 71  | 127 | 58  | 57  | 57  | 34   | 103 | 77  | 56  | 75  | 24  | 13  | 752  | 404    | 348     |
| 97/98 | 47  | 76  | 48  | 61  | 183 | 23   | 58  | 44  | 36  | 115 | 41  | 54  | 786  | 438    | 348     |
| 98/99 | 17  | 58  | 54  | 262 | 37  | 33   | 130 | 39  | 26  | 36  | 55  | 17  | 764  | 460    | 304     |
| 99/00 | 64  | 131 | 52  | 146 | 82  | 95   | 26  | 63  | 48  | 29  | 67  | 52  | 855  | 570    | 285     |
| 00/01 | 172 | 26  | 29  | 72  | 64  | 21   | 109 | 68  | 145 | 74  | 75  | 125 | 979  | 384    | 595     |
| 01/02 | 53  | 102 | 101 | 21  | 118 | 42   | 24  | 82  | 41  | 47  | 50  | 161 | 842  | 437    | 405     |
| 02/03 | 157 | 96  | 22  | 130 | 31  | 150  | 132 | 93  | 78  | 65  | 86  | 72  | 1112 | 587    | 525     |
| 03/04 | 26  | 134 | 26  | 79  | 105 | 61   | 64  | 0   | 146 | 71  | 21  | 126 | 860  | 433    | 428     |
| 04/05 | 118 | 44  | 199 | 74  | 45  | 122  | 76  | 59  | 240 | 35  | 14  | 105 | 1132 | 603    | 530     |
| 05/06 | 83  | 86  | 61  | 24  | 33  | 62   | 71  | 65  | 8   | 115 | 41  | 136 | 785  | 350    | 436     |
| 06/07 | 119 | 81  | 101 | 144 | 86  | 60   | 99  | 89  | 128 | 52  | 34  | 58  | 1049 | 590    | 459     |
| 07/08 | 151 | 66  | 71  | 25  | 115 | 42   | 113 | 49  | 99  | 87  | 34  | 28  | 879  | 469    | 409     |
| 08/09 | 102 | 92  | 86  | 68  | 58  | 9    | 38  | 83  | 24  |     |     |     |      | 415    |         |

Valores medidos por la DGA

## 7.4 ANEXO 4 ESTADISTICA DE TEMPERATURAS

Tabla 113: Temperaturas máximas extremas mensuales Lord Cochrane [°C]

| AÑO   | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTIE | OCTUB | NOVIEN | DICIEM | ENERO | FEBRE | MARZO | Ta   | T plu | Tdesh |
|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 67/68 | 18,9  | 15,3 | 10,7  | 9,4   | 13,1  | 20,6   | 21,1  | 20,8   | 26,2   | 30,5  | 24,1  | 24,5  | 19,6 | 14,7  | 24,5  |
| 68/69 | 23,2  | 16,9 | 14,4  | 11,8  | 14,1  | 18,1   | 19,2  | 22,8   | 23,9   | 26,0  | 29,4  | 25,0  | 20,4 | 16,4  | 24,4  |
| 69/70 | 18,7  | 15,2 | 10,9  | 11,4  | 13,6  | 14,6   | 22,5  | 24,3   | 26,4   | 28,7  | 24,7  | 22,7  | 19,5 | 14,1  | 24,9  |
| 70/71 | 20,0  | 15,0 | 9,4   | 10,8  | 12,4  | 16,7   | 21,4  | 23,0   | 25,8   | 21,6  | 26,4  | 31,4  | 19,5 | 14,1  | 24,9  |
| 71/72 | 17,8  | 13,8 | 14,8  | 9,0   | 14,2  | 18,6   | 18,9  | 23,6   | 23,6   | 25,3  | 23,4  | 21,6  | 18,7 | 14,7  | 22,7  |
| 72/73 | 20,0  | 13,8 | 9,2   | 10,4  | 12,1  | 15,8   | 18,6  | 23,2   | 26,7   | 26,6  | 27,6  | 26,9  | 19,2 | 13,6  | 24,9  |
| 73/74 | 15,6  | 12,6 | 13,2  | 10,3  | 15,4  | 17,8   | 19,8  | 28,0   | 26,5   | 23,2  | 28,4  | 24,8  | 19,6 | 14,2  | 25,1  |
| 74/75 | 21,4  | 19,0 | 11,6  | 11,0  | 13,1  | 15,6   | 19,7  | 26,8   | 28,6   | 32,2  | 22,8  | 24,1  | 20,5 | 15,3  | 25,7  |
| 75/76 | 21,6  | 15,4 | 12,8  | 11,6  | 16,1  | 19,4   | 18,8  | 21,8   | 23,4   | 25,2  | 25,9  | 22,2  | 19,5 | 16,2  | 22,9  |
| 76/77 | 18,5  | 17,2 | 8,2   | 9,8   | 16,6  | 20,0   | 19,0  | 24,4   | 21,8   | 25,2  | 24,6  | 22,8  | 19,0 | 15,1  | 23,0  |
| 77/78 | 19,0  | 13,4 | 14,7  | 6,8   | 14,3  | 17,6   | 21,0  | 22,6   | 30,6   | 32,4  | 27,6  | 25,0  | 20,4 | 14,3  | 26,5  |
| 78/79 | 19,3  | 12,4 | 12,9  | 13,2  | 13,6  | 17,8   | 23,2  | 24,2   | 28,4   | 29,0  | 26,8  | 25,4  | 20,5 | 14,9  | 26,2  |
| 79/80 | 23,0  | 15,4 | 11,4  | 13,4  | 10,7  | 12,0   | 18,8  | 21,6   | 25,0   | 26,4  | 27,8  | 24,8  | 19,2 | 14,3  | 24,1  |
| 80/81 | 17,0  | 15,0 | 13,8  | 8,8   | 13,2  | 17,8   | 20,0  | 21,8   | 25,8   | 25,2  | 25,6  | 25,4  | 19,1 | 14,3  | 24,0  |
| 81/82 | 20,2  | 15,4 | 12,4  | 15,8  | 16,4  | 18,6   | 20,6  | 24,2   | 25,2   | 28,6  | 27,2  | 26,8  | 21,0 | 16,5  | 25,4  |
| 82/83 | 22,6  | 15,6 | 10,2  | 10,6  | 13,6  | 20,2   | 19,6  | 26,8   | 27,0   | 33,2  | 29,4  | 23,8  | 21,1 | 15,5  | 26,6  |
| 83/84 | 23,2  | 17,8 | 10,5  | 12,0  | 15,0  | 16,7   | 24,0  | 24,8   | 26,2   | 27,9  | 24,0  | 22,4  | 20,4 | 15,9  | 24,9  |
| 84/85 | 17,8  | 12,1 | 7,4   | 9,4   | 15,9  | 17,6   | 20,2  | 23,3   | 31,9   | 27,2  | 31,5  | 25,1  | 20,0 | 13,4  | 26,5  |
| 85/86 | 19,1  | 17,5 | 8,7   | 11,9  | 14,8  | 20,8   | 21,0  | 26,6   | 27,2   | 28,2  | 23,2  | 21,8  | 20,1 | 15,5  | 24,7  |
| 86/87 | 15,6  | 13,4 | 7,2   | 11,8  | 15,8  | 22,4   | 21,2  | 21,2   | 25,0   | 26,2  | 26,3  | 24,9  | 19,3 | 14,4  | 24,1  |
| 87/88 | 19,9  | 16,2 | 16,2  | 12,0  | 12,4  | 17,9   | 21,0  | 26,6   | 26,4   | 29,2  | 27,2  | 25,3  | 20,9 | 15,8  | 26,0  |
| 88/89 | 22,2  | 16,0 | 10,8  | 13,0  | 11,6  | 18,0   | 21,2  | 23,1   | 24,6   | 27,2  | 25,1  | 25,0  | 19,8 | 15,3  | 24,4  |
| 89/90 | 17,4  | 17,6 | 13,0  | 9,0   | 12,0  | 17,6   | 24,3  | 23,6   | 24,4   | 26,6  | 27,3  | 26,2  | 19,9 | 14,4  | 25,4  |
| 90/91 | 15,6  | 14,2 | 14,2  | 16,2  | 13,0  | 15,7   | 22,0  | 22,2   | 27,3   | 27,2  | 28,2  | 23,6  | 20,0 | 14,8  | 25,1  |
| 91/92 | 18,3  | 17,6 | 10,4  | 9,2   | 12,8  | 14,6   | 24,8  | 20,4   | 22,4   | 28,2  | 25,8  | 22,6  | 18,9 | 13,8  | 24,0  |
| 92/93 | 18,3  | 11,2 | 7,5   | 8,8   | 12,6  | 16,6   | 16,2  | 26,2   | 25,2   | 24,4  | 28,0  | 24,2  | 18,3 | 12,5  | 24,0  |
| 93/94 | 16,6  | 15,4 | 7,9   | 10,8  | 15,2  | 19,8   | 21,2  | 22,8   | 25,0   | 30,8  | 25,6  | 23,6  | 19,6 | 14,3  | 24,8  |
| 94/95 | 17,0  | 13,9 | 8,4   | 8,0   | 12,4  | 15,2   | 20,5  | 27,0   | 23,6   | 27,4  | 29,2  | 25,4  | 19,0 | 12,5  | 25,5  |
| 95/96 | 18,0  | 14,6 | 11,8  | 7,4   | 12,2  | 18,1   | 21,8  | 24,4   | 28,0   | 26,8  | 25,1  | 23,5  | 19,3 | 13,7  | 24,9  |
| 96/97 | 20,6  | 15,6 | 12,1  | 11,5  | 12,2  | 21,1   | 20,2  | 20,1   | 30,4   | 24,8  | 23,6  | 29,2  | 20,1 | 15,5  | 24,7  |
| 97/98 | 18,6  | 15,2 | 12,6  | 12,5  | 14,8  | 16,0   | 19,4  | 24,4   | 27,0   | 23,6  | 31,2  | 25,2  | 20,0 | 15,0  | 25,1  |
| 98/99 | 24,8  | 17,0 | 10,4  | 15,2  | 15,0  | 15,6   | 23,2  | 23,4   | 22,4   | 28,2  | 28,2  | 22,3  | 20,5 | 16,3  | 24,6  |
| 99/00 | 21,4  | 16,5 | 11,0  | 11,2  | 15,0  | 18,2   | 22,6  | 24,4   | 25,0   | 27,8  | 28,4  | 27,8  | 20,8 | 15,6  | 26,0  |
| 00/01 | 20,7  | 12,8 | 12,8  | 13,0  | 12,6  | 15,7   | 21,5  | 22,2   | 23,1   | 24,0  | 24,9  | 24,7  | 19,0 | 14,6  | 23,4  |
| 01/02 | 16,9  | 14,3 | 11,2  | 10,3  | 16,6  | 19,6   | 23,4  | 22,2   | 27,4   | 30,0  | 31,3  | 20,4  | 20,3 | 14,8  | 25,8  |
| 02/03 | 20,6  | 10,8 | 11,8  | 11,0  | 12,4  | 15,8   | 17,0  | 24,6   | 25,6   | 26,2  | 25,4  | 26,8  | 19,0 | 13,7  | 24,3  |
| 03/04 | 20,0  | 15,2 | 9,4   | 15,9  | 14,3  | 14,7   | 19,4  | 24,3   | 24,6   | 28,4  | 34,0  | 26,0  | 20,5 | 14,9  | 26,1  |
| 04/05 | 19,5  | 19,0 | 12,0  | 15,2  | 14,2  | 19,0   | 23,5  | 26,2   | 28,2   | 25,0  | 34,0  | 29,5  | 22,1 | 16,5  | 27,7  |
| 05/06 | 20,4  | 12,8 | 7,7   | 9,9   | 13,8  | 18,0   | 20,5  | 23,4   | 26,8   | 28,7  | 31,2  | 22,0  | 19,6 | 13,8  | 25,4  |
| 06/07 | 19,4  | 18,7 | 10,7  | 10,8  | 14,6  | 16,8   | 21,8  | 25,1   | 21,7   | 26,8  | 30,0  | 24,4  | 20,1 | 15,2  | 25,0  |

Valores obtenidos mediante correlaciones con temperaturas medias de Balmaceda

Tabla 114: Temperaturas máximas medias Lord Cochrane [°C]

| Lord Cochrane máxima media |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |    |      |       |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-------|
| ANO                        | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | Ta | Tplu | Tdesh |
| 67/68                      | 13  | 8   | 4   | 3   | 6   | 15   | 15  | 14  | 19  | 24  | 17  | 17  | 13 | 8    | 18    |
| 68/69                      | 17  | 10  | 9   | 5   | 8   | 12   | 13  | 16  | 16  | 19  | 22  | 18  | 14 | 10   | 18    |
| 69/70                      | 13  | 8   | 4   | 5   | 7   | 8    | 16  | 18  | 19  | 22  | 18  | 15  | 13 | 7    | 18    |
| 70/71                      | 13  | 7   | 5   | 5   | 8   | 12   | 15  | 17  | 15  | 16  | 18  | 16  | 12 | 8    | 16    |
| 71/72                      | 13  | 8   | 3   | 4   | 7   | 11   | 15  | 16  | 15  | 18  | 17  | 15  | 12 | 8    | 16    |
| 72/73                      | 15  | 7   | 3   | 4   | 5   | 11   | 12  | 19  | 20  | 17  | 20  | 19  | 13 | 8    | 18    |
| 73/74                      | 12  | 7   | 6   | 4   | 8   | 11   | 15  | 17  | 18  | 17  | 20  | 17  | 13 | 8    | 17    |
| 74/75                      | 14  | 7   | 4   | 5   | 6   | 11   | 15  | 16  | 20  | 23  | 18  | 18  | 13 | 8    | 18    |
| 75/76                      | 14  | 8   | 6   | 5   | 7   | 10   | 13  | 15  | 16  | 16  | 19  | 15  | 12 | 8    | 16    |
| 76/77                      | 13  | 9   | 4   | 4   | 8   | 12   | 14  | 16  | 17  | 18  | 19  | 17  | 13 | 8    | 17    |
| 77/78                      | 12  | 8   | 4   | 2   | 6   | 10   | 15  | 16  | 22  | 20  | 23  | 19  | 13 | 7    | 19    |
| 78/79                      | 14  | 8   | 5   | 5   | 7   | 12   | 14  | 17  | 19  | 22  | 21  | 19  | 14 | 9    | 18    |
| 79/80                      | 15  | 8   | 7   | 6   | 7   | 11   | 14  | 16  | 20  | 21  | 20  | 17  | 13 | 9    | 18    |
| 80/81                      | 10  | 9   | 5   | 4   | 8   | 12   | 16  | 15  | 18  | 20  | 19  | 17  | 13 | 8    | 18    |
| 81/82                      | 14  | 8   | 5   | 6   | 9   | 11   | 16  | 16  | 19  | 23  | 19  | 17  | 14 | 9    | 18    |
| 82/83                      | 15  | 10  | 1   | 1   | 7   | 12   | 14  | 17  | 20  | 22  | 19  | 17  | 13 | 7    | 18    |
| 83/84                      | 14  | 9   | 5   | 5   | 9   | 11   | 15  | 18  | 21  | 20  | 18  | 19  | 14 | 9    | 19    |
| 84/85                      | 13  | 5   | 1   | 3   | 8   | 14   | 14  | 18  | 22  | 22  | 21  | 17  | 13 | 7    | 19    |
| 85/86                      | 12  | 8   | 6   | 6   | 9   | 12   | 14  | 19  | 20  | 20  | 18  | 15  | 13 | 9    | 18    |
| 86/87                      | 11  | 9   | 4   | 5   | 8   | 11   | 16  | 16  | 19  | 21  | 21  | 19  | 13 | 8    | 18    |
| 87/88                      | 14  | 8   | 7   | 5   | 6   | 12   | 15  | 19  | 19  | 19  | 23  | 17  | 14 | 9    | 19    |
| 88/89                      | 13  | 9   | 5   | 4   | 6   | 13   | 14  | 17  | 17  | 19  | 20  | 17  | 13 | 8    | 17    |
| 89/90                      | 11  | 10  | 5   | 4   | 6   | 12   | 16  | 17  | 16  | 18  | 23  | 18  | 13 | 8    | 18    |
| 90/91                      | 12  | 8   | 6   | 7   | 8   | 11   | 15  | 15  | 18  | 20  | 20  | 15  | 13 | 9    | 17    |
| 91/92                      | 13  | 7   | 3   | 3   | 6   | 10   | 15  | 16  | 16  | 23  | 19  | 18  | 12 | 7    | 18    |
| 92/93                      | 13  | 6   | 3   | 2   | 8   | 11   | 11  | 18  | 18  | 19  | 21  | 17  | 12 | 7    | 17    |
| 93/94                      | 13  | 8   | 4   | 5   | 9   | 13   | 17  | 17  | 18  | 21  | 19  | 18  | 13 | 9    | 18    |
| 94/95                      | 13  | 7   | 3   | 3   | 8   | 10   | 14  | 17  | 19  | 20  | 20  | 17  | 13 | 7    | 18    |
| 95/96                      | 14  | 8   | 2   | 1   | 5   | 11   | 15  | 17  | 21  | 19  | 18  | 16  | 12 | 7    | 18    |
| 96/97                      | 12  | 10  | 4   | 5   | 7   | 13   | 15  | 15  | 18  | 18  | 18  | 19  | 13 | 9    | 17    |
| 97/98                      | 12  | 8   | 5   | 4   | 7   | 12   | 14  | 17  | 19  | 18  | 25  | 18  | 13 | 8    | 18    |
| 98/99                      | 14  | 10  | 6   | 8   | 9   | 12   | 14  | 17  | 19  | 21  | 20  | 18  | 14 | 10   | 18    |
| 99/00                      | 14  | 9   | 4   | 5   | 10  | 12   | 17  | 18  | 19  | 21  | 19  | 17  | 14 | 9    | 18    |
| 00/01                      | 14  | 9   | 4   | 4   | 9   | 8    | 15  | 16  | 15  | 18  | 19  | 16  | 12 | 8    | 16    |
| 01/02                      | 12  | 7   | 4   | 2   | 7   | 13   | 16  | 16  | 21  | 21  | 21  | 14  | 13 | 8    | 18    |
| 02/03                      | 13  | 5   | 3   | 4   | 8   | 11   | 13  | 15  | 18  | 18  | 19  | 18  | 12 | 7    | 17    |
| 03/04                      | 14  | 10  | 5   | 8   | 9   | 11   | 13  | 16  | 16  | 21  | 25  | 18  | 14 | 9    | 18    |
| 04/05                      | 12  | 9   | 7   | 4   | 9   | 12   | 15  | 20  | 18  | 20  | 26  | 18  | 14 | 9    | 20    |
| 05/06                      | 14  | 7   | 3   | 4   | 8   | 13   | 15  | 16  | 18  | 20  | 23  | 14  | 13 | 8    | 18    |
| 06/07                      | 13  | 12  | 4   | 4   | 9   | 11   | 16  | 19  | 14  | 20  | 23  | 17  | 13 | 9    | 18    |
| 07/08                      | 15  | 8   | 6   | 5   | 7   | 12   | 14  | 20  | 23  |     |     |     |    | 9    |       |

Valores corregidos mediante correlaciones con Temperaturas máximas extremas de Lord Cochrane

Tabla 115: Temperaturas máximas medias Chile Chico [°C]

| AÑO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEPT | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 15.0 | 10.8 | 7.0  | 5.3  | 8.0  | 16.0 | 16.3 | 16.6 | 21.2 | 24.8 | 20.2 | 19.2 | 15.0 | 10.4 | 19.7  |
| 68/69 | 18.0 | 12.4 | 11.4 | 7.8  | 10.1 | 13.5 | 14.8 | 18.3 | 19.3 | 21.5 | 24.1 | 19.7 | 15.9 | 12.2 | 19.6  |
| 69/70 | 14.9 | 10.7 | 7.3  | 7.4  | 8.9  | 9.6  | 17.5 | 19.4 | 21.4 | 23.5 | 20.6 | 17.8 | 14.9 | 9.8  | 20.0  |
| 70/71 | 16.9 | 11.6 | 8.9  | 8.4  | 10.4 | 13.4 | 15.8 | 19.7 | 18.5 | 19.3 | 19.4 | 15.8 | 14.8 | 11.6 | 18.1  |
| 71/72 | 13.1 | 10.4 | 7.2  | 5.5  | 8.4  | 12.5 | 16.6 | 18.0 | 16.9 | 19.2 | 22.0 | 18.2 | 14.0 | 9.5  | 18.5  |
| 72/73 | 16.7 | 8.7  | 6.8  | 7.3  | 5.9  | 13.4 | 12.1 | 19.8 | 21.4 | 20.5 | 23.5 | 19.9 | 14.7 | 9.8  | 19.5  |
| 73/74 | 4.6  | 5.7  | 7.9  | 5.5  | 10.1 | 10.4 | 15.9 | 20.2 | 21.5 | 21.5 | 22.4 | 20.2 | 13.8 | 7.4  | 20.3  |
| 74/75 | 16.5 | 9.3  | 7.6  | 9.4  | 10.6 | 14.3 | 17.8 | 19.9 | 21.5 | 25.0 | 21.4 | 21.0 | 16.2 | 11.3 | 21.1  |
| 75/76 | 16.3 | 11.2 | 8.9  | 8.1  | 9.1  | 12.9 | 15.9 | 18.2 | 19.6 | 19.7 | 22.3 | 16.9 | 14.9 | 11.1 | 18.8  |
| 76/77 | 14.9 | 11.6 | 5.1  | 6.7  | 10.2 | 13.9 | 15.2 | 17.6 | 18.1 | 20.8 | 21.4 | 19.4 | 14.6 | 10.4 | 18.8  |
| 77/78 | 15.6 | 11.3 | 6.9  | 3.4  | 7.0  | 11.5 | 15.3 | 17.0 | 23.7 | 22.7 | 24.8 | 20.4 | 15.0 | 9.3  | 20.6  |
| 78/79 | 17.4 | 9.2  | 7.1  | 5.7  | 9.3  | 12.3 | 13.5 | 18.2 | 21.1 | 21.8 | 22.8 | 20.3 | 14.9 | 10.2 | 19.6  |
| 79/80 | 16.8 | 10.6 | 10.1 | 8.5  | 9.7  | 11.1 | 15.5 | 17.1 | 22.3 | 23.2 | 20.9 | 19.5 | 15.5 | 11.1 | 19.8  |
| 80/81 | 12.0 | 10.4 | 7.9  | 7.0  | 9.6  | 13.8 | 16.9 | 17.2 | 21.2 | 21.7 | 21.8 | 18.9 | 14.9 | 10.1 | 19.6  |
| 81/82 | 14.3 | 9.7  | 7.8  | 8.8  | 11.4 | 11.8 | 16.7 | 18.2 | 21.5 | 23.5 | 21.9 | 19.1 | 15.4 | 10.6 | 20.1  |
| 82/83 | 16.7 | 11.5 | 5.0  | 3.4  | 8.3  | 12.0 | 14.8 | 18.9 | 21.5 | 23.7 | 21.6 | 19.9 | 14.8 | 9.5  | 20.1  |
| 83/84 | 15.3 | 11.7 | 8.2  | 8.4  | 10.0 | 12.6 | 17.1 | 20.0 | 23.5 | 22.5 | 20.9 | 20.4 | 15.9 | 11.0 | 20.7  |
| 84/85 | 15.4 | 7.5  | 4.3  | 3.9  | 9.3  | 13.4 | 15.3 | 19.9 | 23.0 | 23.4 | 23.1 | 19.3 | 14.8 | 9.0  | 20.6  |
| 85/86 | 14.5 | 10.6 | 7.3  | 8.9  | 11.1 | 12.5 | 14.3 | 21.5 | 22.1 | 21.7 | 20.9 | 17.8 | 15.3 | 10.8 | 19.7  |
| 86/87 | 12.7 | 10.4 | 7.2  | 8.6  | 10.5 | 12.2 | 16.9 | 17.9 | 21.8 | 22.8 | 22.7 | 20.8 | 15.4 | 10.2 | 20.5  |
| 87/88 | 16.7 | 11.3 | 10.6 | 6.7  | 7.8  | 12.8 | 16.7 | 21.0 | 20.8 | 22.0 | 25.2 | 19.8 | 15.9 | 11.0 | 20.9  |
| 88/89 | 14.9 | 12.1 | 9.6  | 8.1  | 7.7  | 14.5 | 15.5 | 20.1 | 19.9 | 22.8 | 23.3 | 19.1 | 15.6 | 11.1 | 20.1  |
| 89/90 | 14.4 | 12.7 | 7.8  | 7.8  | 7.9  | 13.0 | 18.1 | 20.3 | 19.1 | 21.5 | 24.4 | 20.2 | 15.6 | 10.6 | 20.6  |
| 90/91 | 13.9 | 11.1 | 10.0 | 10.4 | 10.6 | 12.5 | 16.3 | 17.6 | 21.5 | 22.1 | 21.8 | 18.6 | 15.5 | 11.4 | 19.7  |
| 91/92 | 14.9 | 10.1 | 6.6  | 5.6  | 7.7  | 11.4 | 15.4 | 18.1 | 17.4 | 24.4 | 20.6 | 19.3 | 14.3 | 9.4  | 19.2  |
| 92/93 | 15.0 | 7.9  | 5.5  | 4.8  | 10.1 | 12.2 | 13.6 | 18.8 | 19.8 | 21.0 | 23.6 | 19.7 | 14.3 | 9.3  | 19.4  |
| 93/94 | 14.4 | 9.6  | 5.4  | 8.6  | 12.2 | 14.5 | 17.8 | 18.8 | 21.2 | 23.8 | 22.0 | 20.7 | 15.7 | 10.8 | 20.7  |
| 94/95 | 14.9 | 9.0  | 8.0  | 6.2  | 10.5 | 12.1 | 15.9 | 18.0 | 20.9 | 21.7 | 21.2 | 18.7 | 14.8 | 10.1 | 19.4  |
| 95/96 | 15.1 | 11.5 | 6.4  | 5.8  | 7.3  | 13.3 | 16.0 | 19.4 | 23.6 | 20.6 | 20.0 | 19.3 | 14.9 | 9.9  | 19.8  |
| 96/97 | 14.4 | 12.9 | 7.5  | 8.0  | 9.0  | 15.1 | 16.3 | 17.8 | 21.0 | 20.9 | 19.8 | 20.2 | 15.2 | 11.1 | 19.3  |
| 97/98 | 15.4 | 10.8 | 7.2  | 6.7  | 9.1  | 12.7 | 15.3 | 18.3 | 21.0 | 21.0 | 25.4 | 20.1 | 15.3 | 10.3 | 20.2  |
| 98/99 | 15.2 | 11.7 | 9.2  | 11.4 | 12.3 | 13.5 | 16.9 | 19.3 | 21.5 | 24.9 | 22.6 | 18.8 | 16.4 | 12.2 | 20.7  |
| 99/00 | 15.6 | 11.7 | 7.3  | 7.9  | 11.6 | 12.2 | 17.8 | 20.0 | 21.0 | 22.4 | 21.1 | 19.1 | 15.7 | 11.1 | 20.3  |
| 00/01 | 15.9 | 10.6 | 5.8  | 6.1  | 9.9  | 8.2  | 16.4 | 17.5 | 18.8 | 20.7 | 20.8 | 17.8 | 14.0 | 9.4  | 18.7  |
| 01/02 | 16.5 | 9.5  | 8.3  | 4.2  | 9.1  | 14.0 | 17.6 | 18.0 | 22.5 | 22.4 | 24.2 | 15.5 | 15.1 | 10.3 | 20.0  |
| 02/03 | 15.7 | 7.0  | 6.2  | 9.1  | 8.6  | 11.9 | 14.5 | 17.7 | 20.9 | 21.2 | 21.9 | 20.4 | 14.6 | 9.7  | 19.4  |
| 03/04 | 16.0 | 11.4 | 7.2  | 11.1 | 10.9 | 12.6 | 14.0 | 17.8 | 19.5 | 24.5 | 26.0 | 20.8 | 16.0 | 11.5 | 20.4  |
| 04/05 | 14.1 | 11.6 | 10.6 | 7.3  | 10.8 | 14.1 | 16.6 | 19.8 | 21.4 | 22.8 | 26.3 | 19.4 | 16.2 | 11.4 | 21.1  |
| 05/06 | 15.9 | 9.4  | 6.1  | 7.4  | 8.6  | 13.7 | 15.3 | 17.9 | 22.7 | 22.5 | 24.2 | 16.5 | 15.0 | 10.2 | 19.8  |
| 06/07 | 15.4 | 14.1 | 7.1  | 6.7  | 10.8 | 12.0 | 17.0 | 20.0 | 17.1 | 22.1 | 24.4 | 19.2 | 15.5 | 11.0 | 19.9  |

Valores completados en función de Temperaturas Máximas Medias medidas en Lord Cochrane

Tabla 116: Temperaturas Minimas medias Lord Cochrane [°C]

| ANO   | ABR | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEPT | OCT | NOV | DIC | ENE  | FEB  | MAR | Ta  | Tplu | Tdesh |
|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-------|
| 67/68 | 3.1 | 0.9  | -1.9 | -3.2 | -0.8 | 2.9  | 3.7 | 3.7 | 7.0 | 9.7  | 6.2  | 5.5 | 3.1 | 0.2  | 6.0   |
| 68/69 | 4.4 | 1.5  | 2.8  | -1.4 | -0.1 | 1.7  | 2.8 | 4.7 | 5.8 | 7.0  | 7.8  | 5.4 | 3.5 | 1.5  | 5.6   |
| 69/70 | 3.0 | 0.8  | -1.5 | -1.7 | -0.5 | 0.2  | 4.0 | 5.6 | 6.9 | 8.4  | 6.2  | 4.5 | 3.0 | 0.1  | 5.9   |
| 70/71 | 3.3 | 1.7  | -0.8 | -0.4 | -0.3 | 1.8  | 2.7 | 5.6 | 5.7 | 5.3  | 7.0  | 5.4 | 3.1 | 0.9  | 5.3   |
| 71/72 | 2.8 | -0.5 | -1.7 | -0.8 | 0.6  | 2.2  | 3.5 | 4.8 | 5.3 | 6.7  | 6.5  | 3.3 | 2.7 | 0.4  | 5.0   |
| 72/73 | 4.7 | -0.1 | -3.4 | -1.2 | -3.0 | 1.1  | 2.3 | 6.8 | 7.2 | 7.0  | 6.5  | 6.6 | 2.9 | -0.3 | 6.1   |
| 73/74 | 2.3 | 0.5  | 0.0  | -0.2 | 0.0  | 1.3  | 3.3 | 5.2 | 7.0 | 5.9  | 6.4  | 3.6 | 2.9 | 0.6  | 5.2   |
| 74/75 | 3.6 | 0.9  | -0.4 | -1.4 | 0.2  | 0.4  | 3.7 | 4.6 | 6.6 | 10.3 | 6.5  | 5.1 | 3.3 | 0.6  | 6.1   |
| 75/76 | 3.2 | 0.9  | -0.6 | -2.2 | -0.7 | 0.8  | 3.0 | 4.8 | 5.6 | 5.5  | 6.5  | 3.3 | 2.5 | 0.2  | 4.8   |
| 76/77 | 2.4 | 1.8  | -1.2 | -2.0 | -0.6 | 1.8  | 2.7 | 4.9 | 6.6 | 6.6  | 6.6  | 6.0 | 3.0 | 0.4  | 5.6   |
| 77/78 | 3.2 | 0.6  | -1.5 | -2.4 | -0.7 | 1.5  | 3.6 | 4.7 | 6.8 | 7.5  | 9.0  | 6.3 | 3.2 | 0.1  | 6.3   |
| 78/79 | 4.2 | 1.3  | -1.4 | -1.3 | -0.1 | 1.8  | 2.9 | 5.3 | 7.2 | 7.6  | 7.7  | 5.3 | 3.4 | 0.7  | 6.0   |
| 79/80 | 4.3 | 2.5  | 2.1  | 1.2  | 1.0  | 0.9  | 2.6 | 4.0 | 6.7 | 8.8  | 6.2  | 5.7 | 3.8 | 2.0  | 5.7   |
| 80/81 | 1.2 | 0.5  | -0.6 | -2.6 | 0.7  | 2.0  | 2.2 | 4.2 | 6.5 | 7.4  | 6.9  | 5.4 | 2.8 | 0.2  | 5.4   |
| 81/82 | 2.6 | 0.3  | -0.8 | -1.5 | 0.4  | 1.0  | 4.1 | 5.1 | 6.4 | 8.5  | 4.9  | 5.2 | 3.0 | 0.3  | 5.7   |
| 82/83 | 2.4 | 0.9  | -5.6 | -6.3 | -0.2 | 1.8  | 3.3 | 6.2 | 6.9 | 8.3  | 7.7  | 7.1 | 2.7 | -1.2 | 6.6   |
| 83/84 | 3.2 | 1.0  | -1.7 | -1.0 | 0.2  | 0.7  | 3.1 | 6.1 | 8.9 | 8.2  | 7.0  | 5.7 | 3.5 | 0.4  | 6.5   |
| 84/85 | 3.3 | -0.8 | -4.5 | -3.4 | -1.7 | 3.0  | 3.1 | 6.5 | 8.9 | 8.8  | 9.5  | 5.6 | 3.2 | -0.7 | 7.1   |
| 85/86 | 3.2 | 1.3  | 0.6  | -0.8 | 0.0  | 1.4  | 3.4 | 5.5 | 7.1 | 7.6  | 6.5  | 4.8 | 3.4 | 1.0  | 5.8   |
| 86/87 | 2.2 | 2.1  | -2.8 | -0.9 | -1.2 | 0.7  | 4.0 | 5.4 | 7.1 | 8.7  | 7.5  | 5.2 | 3.2 | 0.0  | 6.3   |
| 87/88 | 5.1 | 0.4  | 1.3  | -0.2 | -0.6 | 0.7  | 4.3 | 6.0 | 6.8 | 7.6  | 8.3  | 4.9 | 3.7 | 1.1  | 6.3   |
| 88/89 | 3.5 | 0.7  | -0.5 | -2.5 | -0.7 | 2.0  | 3.2 | 5.9 | 6.0 | 7.2  | 7.9  | 5.8 | 3.2 | 0.4  | 6.0   |
| 89/90 | 3.3 | 1.4  | 0.2  | -1.7 | -0.6 | 1.1  | 4.3 | 5.7 | 5.9 | 7.3  | 8.4  | 6.2 | 3.4 | 0.6  | 6.3   |
| 90/91 | 2.3 | 1.2  | 0.4  | 0.2  | -0.1 | 1.4  | 3.9 | 3.9 | 6.5 | 6.9  | 6.7  | 6.0 | 3.3 | 0.9  | 5.7   |
| 91/92 | 3.8 | 0.1  | -2.6 | -1.7 | -1.5 | 1.6  | 1.5 | 4.9 | 3.8 | 8.8  | 5.6  | 5.9 | 2.5 | -0.1 | 5.1   |
| 92/93 | 3.4 | 0.3  | -2.3 | -3.7 | -0.8 | 0.2  | 1.1 | 5.0 | 6.1 | 5.8  | 7.2  | 5.4 | 2.3 | -0.5 | 5.1   |
| 93/94 | 1.3 | -0.2 | -1.7 | -2.1 | 0.8  | 1.9  | 4.5 | 4.9 | 7.2 | 9.2  | 7.0  | 5.7 | 3.2 | 0.0  | 6.4   |
| 94/95 | 3.1 | 0.8  | -1.2 | -2.5 | -0.4 | 0.6  | 3.2 | 5.6 | 6.9 | 7.6  | 7.3  | 6.1 | 3.1 | 0.1  | 6.1   |
| 95/96 | 3.3 | 1.0  | -3.3 | -4.3 | -1.7 | 1.1  | 4.1 | 4.9 | 8.8 | 6.9  | 7.2  | 5.5 | 2.8 | -0.6 | 6.2   |
| 96/97 | 3.1 | 2.8  | -2.2 | -0.8 | 0.2  | 2.1  | 3.3 | 4.8 | 6.9 | 7.4  | 6.3  | 5.4 | 3.3 | 0.9  | 5.7   |
| 97/98 | 3.2 | 0.9  | 0.1  | -1.8 | -1.1 | 1.8  | 3.1 | 5.4 | 7.3 | 7.6  | 8.9  | 6.4 | 3.5 | 0.5  | 6.5   |
| 98/99 | 3.8 | 3.4  | 0.6  | 1.3  | 1.3  | 1.3  | 4.7 | 5.8 | 7.6 | 9.2  | 7.7  | 5.7 | 4.4 | 1.9  | 6.8   |
| 99/00 | 3.1 | 0.4  | -2.3 | -1.5 | 0.5  | 2.0  | 4.5 | 6.2 | 7.1 | 7.5  | 7.0  | 5.9 | 3.4 | 0.3  | 6.4   |
| 00/01 | 2.6 | 1.4  | -1.7 | -2.4 | -1.4 | 0.0  | 3.8 | 4.6 | 6.1 | 6.6  | 7.0  | 3.1 | 2.5 | -0.3 | 5.2   |
| 01/02 | 3.1 | -0.7 | -1.6 | -4.5 | -1.4 | 1.5  | 3.3 | 3.7 | 7.5 | 7.9  | 7.3  | 3.4 | 2.5 | -0.6 | 5.5   |
| 02/03 | 3.2 | -0.9 | -3.2 | -1.5 | -0.6 | 2.3  | 2.5 | 4.8 | 6.5 | 8.1  | 6.8  | 6.8 | 2.9 | -0.1 | 5.9   |
| 03/04 | 3.2 | 2.1  | -1.1 | -0.1 | 0.8  | 2.4  | 3.5 | 5.0 | 6.0 | 9.1  | 7.7  | 5.2 | 3.7 | 1.2  | 6.1   |
| 04/05 | 1.4 | 0.0  | 0.4  | -2.3 | -0.8 | 2.3  | 3.7 | 7.4 | 6.9 | 7.6  | 10.8 | 6.2 | 3.6 | 0.2  | 7.1   |
| 05/06 | 3.6 | 0.3  | -3.0 | -2.2 | -0.1 | 2.0  | 3.7 | 4.8 | 6.9 | 8.2  | 8.4  | 4.1 | 3.0 | 0.1  | 6.0   |
| 06/07 | 3.3 | 2.3  | -1.8 | -2.2 | 0.2  | 1.2  | 3.9 | 6.2 | 5.0 | 7.7  | 8.3  | 5.4 | 3.3 | 0.5  | 6.1   |

Valores rellenos mediante correlaciones con Temperaturas Máximas Medias en Lord Cochrane

Tabla 117: Temperaturas mínimas extremas Lord Cochrane [°C]

| AÑO   | ABR  | MAY  | JUN   | JUL   | AGO   | SEPT | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-------|
| 67/68 | -2.3 | -4.9 | -8.6  | -11.2 | -6.5  | -1.8 | -1.3 | -1.1 | 2.8  | 4.8  | 2.5 | 0.2  | -2.3 | -5.9 | 1.3   |
| 68/69 | -1.5 | -5.5 | 0.3   | -10.7 | -6.4  | -3.6 | -2.2 | -0.3 | 2.0  | 3.8  | 3.9 | 0.1  | -1.7 | -4.6 | 1.2   |
| 69/70 | -2.6 | -5.2 | -8.4  | -9.6  | -6.3  | -4.5 | -1.2 | 0.4  | 2.8  | 4.3  | 2.7 | -0.9 | -2.4 | -6.1 | 1.3   |
| 70/71 | -2.8 | -3.2 | -4.7  | -6.8  | -5.8  | -1.7 | -1.9 | -1.2 | 0.1  | 1.1  | 2.6 | 0.0  | -2.0 | -4.2 | 0.1   |
| 71/72 | -3.2 | -6.4 | -7.6  | -10.6 | -2.6  | -1.4 | -1.8 | 0.1  | 1.7  | 0.9  | 2.4 | -5.1 | -2.8 | -5.3 | -0.3  |
| 72/73 | -1.0 | -6.0 | -10.9 | -7.7  | -11.8 | -4.3 | -1.7 | 1.5  | 2.0  | 2.3  | 1.3 | 2.2  | -2.8 | -7.0 | 1.3   |
| 73/74 | -3.0 | -4.3 | -4.8  | -9.3  | -3.8  | -2.7 | -1.6 | 0.1  | 3.2  | -0.3 | 2.0 | -3.1 | -2.3 | -4.7 | 0.1   |
| 74/75 | -1.5 | -4.4 | -4.8  | -7.2  | -4.6  | -2.4 | -1.8 | -1.8 | 1.6  | 4.7  | 3.2 | 0.6  | -1.5 | -4.2 | 1.1   |
| 75/76 | -4.8 | -4.4 | -6.3  | -8.6  | -8.4  | -1.8 | -1.3 | -0.6 | 0.4  | 2.6  | 3.0 | -1.6 | -2.7 | -5.7 | 0.4   |
| 76/77 | -2.4 | -3.0 | -8.3  | -8.9  | -8.6  | -6.8 | 0.4  | 1.3  | -0.6 | 3.4  | 3.0 | -1.8 | -2.7 | -6.3 | 1.0   |
| 77/78 | -2.0 | -3.8 | -10.3 | -11.0 | -8.6  | -1.6 | 0.0  | 0.6  | 2.4  | 4.4  | 5.8 | 0.8  | -1.9 | -6.2 | 2.3   |
| 78/79 | -0.2 | -3.8 | -8.4  | -7.0  | -6.6  | -0.6 | -0.2 | 0.0  | 2.2  | 4.8  | 2.8 | 0.6  | -1.4 | -4.4 | 1.7   |
| 79/80 | -1.0 | -4.2 | -0.8  | -7.2  | -2.6  | -3.2 | -0.2 | 0.2  | 2.2  | 5.4  | 2.2 | -1.4 | -0.9 | -3.2 | 1.4   |
| 80/81 | -3.6 | -4.2 | -6.8  | -8.4  | -4.8  | -1.0 | -3.0 | -0.2 | 1.6  | 3.0  | 3.0 | 1.0  | -2.0 | -4.8 | 0.9   |
| 81/82 | -4.0 | -5.8 | -7.8  | -7.0  | -4.2  | -3.0 | -1.0 | 1.8  | 2.4  | 3.4  | 0.0 | 0.0  | -2.1 | -5.3 | 1.1   |
| 82/83 | -2.8 | -4.2 | -15.2 | -14.4 | -4.6  | -4.4 | -3.2 | 2.2  | 2.8  | 2.6  | 0.2 | 3.2  | -3.2 | -7.6 | 1.3   |
| 83/84 | -3.0 | -3.8 | -7.6  | -6.8  | -4.8  | -3.0 | -4.6 | -3.2 | 4.2  | 3.2  | 2.4 | -3.6 | -2.6 | -4.8 | -0.3  |
| 84/85 | -3.8 | -5.4 | -9.6  | -13.5 | -6.8  | -2.0 | -0.6 | 2.0  | 1.9  | 3.8  | 4.0 | -2.3 | -2.7 | -6.9 | 1.5   |
| 85/86 | -0.6 | -3.8 | -3.4  | -7.2  | -4.0  | -3.2 | -0.8 | -1.2 | 4.0  | 2.8  | 0.4 | 1.2  | -1.3 | -3.7 | 1.1   |
| 86/87 | -3.1 | -5.0 | -12.4 | -5.4  | -4.8  | -4.8 | -1.2 | -0.6 | 3.2  | 4.8  | 1.6 | 0.0  | -2.3 | -5.9 | 1.3   |
| 87/88 | -0.4 | -6.3 | -6.8  | -6.8  | -4.6  | -4.2 | -0.4 | 2.0  | 2.8  | 2.0  | 3.8 | 0.0  | -1.6 | -4.9 | 1.7   |
| 88/89 | -2.8 | -5.4 | -5.4  | -11.2 | -7.2  | -2.4 | -0.8 | 0.4  | 3.2  | 3.1  | 4.4 | 1.2  | -1.9 | -5.7 | 1.9   |
| 89/90 | -0.4 | -3.4 | -4.6  | -6.4  | -5.4  | -2.0 | -1.0 | 2.0  | 0.6  | 4.3  | 4.2 | 1.0  | -0.9 | -3.7 | 1.9   |
| 90/91 | -3.6 | -3.6 | -4.8  | -4.8  | -3.4  | -5.2 | -2.4 | -3.2 | 2.0  | 2.8  | 2.4 | 0.0  | -2.0 | -4.2 | 0.3   |
| 91/92 | -0.6 | -8.2 | -11.4 | -6.6  | -8.2  | -2.2 | -3.6 | 0.2  | -0.6 | 3.0  | 1.4 | 0.0  | -3.1 | -6.2 | 0.1   |
| 92/93 | -2.6 | -4.8 | -8.0  | -7.8  | -6.3  | -4.2 | -2.8 | -0.4 | 2.4  | 3.2  | 2.2 | -0.5 | -2.5 | -5.6 | 0.7   |
| 93/94 | -2.6 | -6.8 | -5.6  | -10.4 | -2.4  | -2.4 | -1.4 | 0.0  | 3.2  | 5.0  | 3.0 | 0.4  | -1.7 | -5.0 | 1.7   |
| 94/95 | -1.2 | -5.2 | -10.3 | -10.4 | -3.1  | -4.3 | -3.4 | 2.1  | 1.6  | 3.8  | 3.0 | -1.8 | -2.4 | -5.8 | 0.9   |
| 95/96 | -0.1 | -5.0 | -12.6 | -16.2 | -6.4  | -2.8 | 0.0  | 0.6  | 3.6  | 2.2  | 2.8 | 0.4  | -2.8 | -7.2 | 1.6   |
| 96/97 | -2.8 | -4.8 | -7.7  | -6.2  | -6.0  | -2.2 | -1.8 | -1.0 | 2.4  | 3.2  | 3.2 | 0.0  | -2.0 | -5.0 | 1.0   |
| 97/98 | -2.6 | -7.8 | -3.4  | -8.5  | -7.4  | -3.4 | -1.6 | -0.6 | 3.6  | 4.4  | 1.2 | -0.4 | -2.2 | -5.5 | 1.1   |
| 98/99 | -3.0 | -3.0 | -4.2  | -6.2  | -2.4  | -3.9 | -0.2 | 0.0  | 3.8  | 4.8  | 3.4 | 1.4  | -0.8 | -3.8 | 2.2   |
| 99/00 | -2.4 | -4.5 | -6.4  | -8.2  | -4.8  | -6.2 | -2.6 | 0.6  | 2.0  | 2.4  | 2.8 | 0.2  | -2.3 | -5.4 | 0.9   |
| 00/01 | -1.9 | -3.0 | -6.5  | -11.4 | -7.2  | -5.8 | -0.6 | -2.2 | 2.8  | 1.8  | 3.2 | -1.4 | -2.7 | -6.0 | 0.6   |
| 01/02 | -0.6 | -6.0 | -6.8  | -13.6 | -6.8  | -3.8 | -2.4 | -1.0 | 1.8  | 0.5  | 1.8 | -3.0 | -3.3 | -6.3 | -0.4  |
| 02/03 | -2.4 | -6.8 | -10.8 | -7.4  | -6.4  | -2.4 | -1.4 | -1.4 | 3.4  | 4.0  | 2.2 | 0.8  | -2.4 | -6.0 | 1.3   |
| 03/04 | -1.8 | -4.4 | -6.0  | -3.8  | -4.8  | -3.2 | -0.8 | -0.6 | 2.4  | 4.0  | 1.0 | -1.0 | -1.6 | -4.0 | 0.8   |
| 04/05 | -5.8 | -4.2 | -2.8  | -9.5  | -5.8  | -2.8 | -2.0 | 1.0  | 1.0  | 2.3  | 2.9 | 0.2  | -2.1 | -5.2 | 0.9   |
| 05/06 | -1.8 | -5.1 | -10.4 | -9.5  | -5.1  | -2.5 | -1.3 | -0.2 | 2.6  | 3.7  | 3.3 | -1.3 | -2.3 | -5.7 | 1.1   |
| 06/07 | -2.1 | -3.6 | -8.2  | -9.4  | -4.6  | -3.2 | -1.2 | 0.9  | 0.8  | 3.4  | 3.2 | 0.1  | -2.0 | -5.2 | 1.2   |

Valores rellenados mediante correlaciones con Temperaturas mínimas medias de Lord Cochrane

Tabla 118: Temperaturas medias mensuales SST1 [°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 12,3 | 11,6 | 10,7 | 9,3  | 8,4  | 8,2 | 9,1  | 9,9  | 11,3 | 12,1 | 12,2 | 12,2 | 10,6 | 10,1 | 11,1  |
| 68/69 | 11,6 | 10,6 | 10,0 | 9,5  | 8,4  | 8,3 | 9,1  | 10,5 | 11,2 | 12,2 | 12,6 | 12,3 | 10,5 | 9,7  | 11,3  |
| 69/70 | 11,5 | 10,4 | 9,2  | 8,3  | 8,9  | 9,4 | 9,4  | 10,1 | 11,6 | 13,1 | 12,7 | 12,7 | 10,6 | 9,6  | 11,6  |
| 70/71 | 11,8 | 10,6 | 9,6  | 8,9  | 8,6  | 8,5 | 9,0  | 9,8  | 10,7 | 11,5 | 11,1 | 11,2 | 10,1 | 9,7  | 10,6  |
| 71/72 | 10,9 | 10,5 | 10,2 | 9,1  | 8,7  | 8,9 | 9,4  | 10,1 | 10,7 | 11,8 | 12,6 | 12,3 | 10,4 | 9,7  | 11,1  |
| 72/73 | 11,7 | 10,8 | 9,9  | 9,1  | 8,7  | 8,4 | 8,9  | 10,1 | 11,5 | 12,4 | 12,6 | 12,2 | 10,5 | 9,8  | 11,3  |
| 73/74 | 11,1 | 10,0 | 9,8  | 8,8  | 8,6  | 8,6 | 9,1  | 10,3 | 10,6 | 11,8 | 12,1 | 12,1 | 10,2 | 9,5  | 11,0  |
| 74/75 | 11,5 | 10,3 | 9,4  | 8,6  | 8,0  | 8,4 | 8,8  | 9,5  | 11,0 | 12,2 | 12,8 | 12,4 | 10,2 | 9,4  | 11,1  |
| 75/76 | 11,6 | 10,1 | 9,8  | 8,9  | 8,4  | 8,4 | 8,8  | 9,7  | 10,0 | 11,4 | 12,1 | 11,7 | 10,1 | 9,5  | 10,6  |
| 76/77 | 10,8 | 10,4 | 9,6  | 9,1  | 8,1  | 8,5 | 9,0  | 10,1 | 11,9 | 12,9 | 13,1 | 12,7 | 10,5 | 9,4  | 11,6  |
| 77/78 | 11,3 | 10,4 | 9,8  | 8,8  | 8,5  | 8,5 | 9,3  | 10,5 | 11,0 | 12,4 | 12,7 | 12,7 | 10,5 | 9,5  | 11,4  |
| 78/79 | 11,6 | 10,7 | 10,3 | 9,3  | 8,7  | 8,8 | 9,6  | 10,2 | 11,0 | 12,6 | 13,2 | 12,9 | 10,7 | 9,9  | 11,6  |
| 79/80 | 12,2 | 11,3 | 10,6 | 9,9  | 9,7  | 9,1 | 9,1  | 10,0 | 11,8 | 13,2 | 13,6 | 13,2 | 11,1 | 10,4 | 11,8  |
| 80/81 | 11,5 | 10,7 | 10,2 | 9,4  | 9,2  | 9,2 | 9,6  | 10,4 | 11,8 | 12,9 | 13,1 | 12,8 | 10,9 | 10,0 | 11,8  |
| 81/82 | 12,4 | 11,1 | 10,4 | 9,9  | 9,4  | 9,2 | 9,2  | 10,0 | 11,5 | 13,2 | 13,0 | 12,6 | 11,0 | 10,4 | 11,6  |
| 82/83 | 11,8 | 11,3 | 10,1 | 9,4  | 9,0  | 9,2 | 10,0 | 10,8 | 12,1 | 13,4 | 13,2 | 12,8 | 11,1 | 10,1 | 12,1  |
| 83/84 | 12,2 | 11,3 | 10,2 | 8,9  | 8,8  | 9,0 | 10,0 | 10,8 | 12,0 | 12,7 | 13,0 | 12,9 | 11,0 | 10,1 | 11,9  |
| 84/85 | 12,0 | 10,7 | 9,5  | 8,9  | 8,9  | 9,2 | 9,7  | 10,6 | 12,0 | 13,8 | 13,8 | 12,8 | 11,0 | 9,9  | 12,1  |
| 85/86 | 11,7 | 11,0 | 10,5 | 9,7  | 9,4  | 9,6 | 10,1 | 10,9 | 11,9 | 13,0 | 12,9 | 12,5 | 11,1 | 10,3 | 11,9  |
| 86/87 | 11,9 | 11,0 | 10,1 | 9,3  | 8,9  | 8,8 | 9,5  | 10,3 | 11,2 | 12,6 | 13,5 | 13,4 | 10,9 | 10,0 | 11,7  |
| 87/88 | 12,5 | 11,4 | 10,5 | 9,8  | 9,5  | 9,9 | 10,2 | 11,4 | 12,0 | 12,7 | 13,2 | 12,7 | 11,3 | 10,6 | 12,1  |
| 88/89 | 12,2 | 11,2 | 10,6 | 9,5  | 9,1  | 9,4 | 9,6  | 10,4 | 11,1 | 12,4 | 12,9 | 12,8 | 10,9 | 10,3 | 11,5  |
| 89/90 | 11,9 | 11,0 | 10,1 | 9,5  | 9,1  | 8,9 | 9,5  | 10,8 | 11,9 | 12,8 | 13,1 | 13,0 | 11,0 | 10,1 | 11,8  |
| 90/91 | 12,0 | 10,6 | 9,4  | 9,0  | 9,0  | 8,8 | 9,6  | 10,0 | 11,2 | 12,5 | 12,8 | 12,3 | 10,6 | 9,8  | 11,4  |
| 91/92 | 11,7 | 10,7 | 10,1 | 9,1  | 9,0  | 9,2 | 9,6  | 9,9  | 10,9 | 12,6 | 13,1 | 13,2 | 10,8 | 10,0 | 11,6  |
| 92/93 | 12,0 | 10,2 | 9,3  | 8,7  | 8,5  | 8,9 | 9,2  | 10,0 | 11,3 | 12,7 | 12,8 | 12,8 | 10,5 | 9,6  | 11,5  |
| 93/94 | 11,8 | 10,8 | 9,9  | 9,2  | 9,3  | 9,0 | 9,8  | 10,7 | 11,7 | 13,0 | 13,1 | 12,8 | 10,9 | 10,0 | 11,9  |
| 94/95 | 12,1 | 10,8 | 10,3 | 9,7  | 8,9  | 8,9 | 9,5  | 10,6 | 12,0 | 13,1 | 13,3 | 13,0 | 11,0 | 10,1 | 11,9  |
| 95/96 | 12,0 | 11,3 | 10,1 | 9,1  | 8,3  | 8,2 | 9,0  | 10,4 | 11,9 | 12,7 | 12,8 | 12,5 | 10,7 | 9,8  | 11,5  |
| 96/97 | 11,8 | 11,0 | 10,1 | 9,5  | 9,1  | 9,1 | 9,7  | 10,3 | 11,3 | 11,9 | 12,0 | 12,4 | 10,7 | 10,1 | 11,2  |
| 97/98 | 11,8 | 10,8 | 10,6 | 9,7  | 9,5  | 9,6 | 10,4 | 10,5 | 11,7 | 12,9 | 13,6 | 14,1 | 11,3 | 10,3 | 12,2  |
| 98/99 | 13,4 | 12,3 | 11,7 | 10,7 | 10,0 | 9,8 | 9,7  | 10,4 | 11,3 | 12,3 | 12,6 | 12,4 | 11,4 | 11,3 | 11,4  |
| 99/00 | 11,8 | 10,4 | 10,1 | 9,4  | 9,3  | 9,3 | 10,1 | 10,8 | 11,1 | 11,9 | 12,5 | 12,5 | 10,8 | 10,0 | 11,5  |
| 00/01 | 11,7 | 10,6 | 10,0 | 9,2  | 8,7  | 8,6 | 8,8  | 10,3 | 11,3 | 12,4 | 12,5 | 12,0 | 10,5 | 9,8  | 11,2  |
| 01/02 | 11,0 | 10,2 | 9,5  | 9,1  | 8,9  | 9,0 | 9,5  | 10,2 | 11,2 | 12,5 | 12,7 | 12,1 | 10,5 | 9,6  | 11,4  |
| 02/03 | 11,4 | 10,3 | 9,5  | 8,8  | 8,7  | 8,8 | 9,6  | 10,4 | 11,5 | 12,6 | 12,7 | 12,7 | 10,6 | 9,6  | 11,6  |
| 03/04 | 12,0 | 11,4 | 10,9 | 10,2 | 9,6  | 9,4 | 9,8  | 10,4 | 11,5 | 12,5 | 13,2 | 12,9 | 11,2 | 10,6 | 11,7  |
| 04/05 | 12,2 | 11,0 | 10,4 | 9,9  | 9,5  | 9,6 | 10,0 | 10,7 | 12,1 | 12,8 | 13,1 | 13,0 | 11,2 | 10,4 | 12,0  |
| 05/06 | 12,2 | 11,0 | 10,0 | 9,3  | 9,1  | 8,9 | 9,5  | 10,5 | 11,6 | 12,8 | 13,4 | 13,2 | 11,0 | 10,1 | 11,8  |
| 06/07 | 12,3 | 11,1 | 10,6 | 10,1 | 9,4  | 9,4 | 10,0 | 10,5 | 11,0 | 12,1 | 12,6 | 12,3 | 10,9 | 10,5 | 11,4  |

Tabla 119: Temperaturas medias mensuales SST2 [°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 12,6 | 11,9 | 11,0 | 9,5  | 8,6  | 8,4  | 9,5  | 10,3 | 11,8 | 12,6 | 12,6 | 12,5 | 10,9 | 10,3 | 11,5  |
| 68/69 | 11,8 | 10,6 | 10,1 | 9,7  | 8,6  | 8,5  | 9,4  | 11,1 | 11,8 | 12,7 | 13,1 | 12,8 | 10,8 | 9,9  | 11,8  |
| 69/70 | 11,9 | 10,7 | 9,4  | 8,4  | 9,2  | 9,8  | 9,7  | 10,6 | 12,2 | 13,8 | 13,3 | 13,1 | 11,0 | 9,9  | 12,1  |
| 70/71 | 12,1 | 10,9 | 9,9  | 9,2  | 8,9  | 8,8  | 9,4  | 10,3 | 11,1 | 11,9 | 11,4 | 11,5 | 10,4 | 10,0 | 10,9  |
| 71/72 | 11,2 | 10,7 | 10,5 | 9,4  | 9,0  | 9,3  | 9,8  | 10,6 | 11,2 | 12,3 | 13,0 | 12,7 | 10,8 | 10,0 | 11,6  |
| 72/73 | 12,1 | 11,0 | 10,1 | 9,4  | 8,9  | 8,7  | 9,3  | 10,6 | 12,1 | 12,9 | 13,0 | 12,7 | 10,9 | 10,0 | 11,8  |
| 73/74 | 11,5 | 10,2 | 10,1 | 9,0  | 8,9  | 9,0  | 9,5  | 10,7 | 11,0 | 12,3 | 12,5 | 12,6 | 10,6 | 9,8  | 11,4  |
| 74/75 | 11,8 | 10,5 | 9,6  | 8,9  | 8,3  | 8,7  | 9,1  | 9,9  | 11,4 | 12,7 | 13,2 | 13,0 | 10,6 | 9,6  | 11,5  |
| 75/76 | 11,9 | 10,4 | 10,2 | 9,2  | 8,7  | 8,8  | 9,3  | 10,2 | 10,4 | 11,9 | 12,6 | 12,2 | 10,5 | 9,9  | 11,1  |
| 76/77 | 11,1 | 10,6 | 9,8  | 9,3  | 8,4  | 8,7  | 9,5  | 10,7 | 12,5 | 13,4 | 13,6 | 13,2 | 10,9 | 9,7  | 12,1  |
| 77/78 | 11,6 | 10,6 | 10,0 | 9,1  | 8,9  | 8,9  | 9,8  | 11,2 | 11,6 | 13,0 | 13,2 | 13,2 | 10,9 | 9,9  | 12,0  |
| 78/79 | 11,9 | 11,0 | 10,4 | 9,7  | 9,1  | 9,2  | 10,1 | 10,6 | 11,5 | 13,1 | 13,8 | 13,4 | 11,1 | 10,2 | 12,1  |
| 79/80 | 12,6 | 11,6 | 10,8 | 10,2 | 10,1 | 9,4  | 9,4  | 10,5 | 12,4 | 13,8 | 14,2 | 13,7 | 11,5 | 10,8 | 12,3  |
| 80/81 | 11,7 | 11,0 | 10,5 | 9,7  | 9,5  | 9,5  | 10,1 | 10,9 | 12,3 | 13,4 | 13,7 | 13,2 | 11,3 | 10,3 | 12,3  |
| 81/82 | 12,7 | 11,5 | 10,7 | 10,3 | 9,7  | 9,6  | 9,6  | 10,5 | 12,1 | 13,7 | 13,5 | 13,0 | 11,4 | 10,7 | 12,0  |
| 82/83 | 12,1 | 11,6 | 10,2 | 9,6  | 9,4  | 9,6  | 10,5 | 11,2 | 12,5 | 13,8 | 13,5 | 13,1 | 11,4 | 10,4 | 12,4  |
| 83/84 | 12,4 | 11,5 | 10,3 | 9,1  | 9,0  | 9,1  | 10,3 | 11,3 | 12,6 | 13,2 | 13,4 | 13,3 | 11,3 | 10,2 | 12,3  |
| 84/85 | 12,3 | 10,8 | 9,6  | 9,0  | 9,1  | 9,4  | 10,2 | 11,1 | 12,5 | 14,4 | 14,3 | 13,1 | 11,3 | 10,0 | 12,6  |
| 85/86 | 11,9 | 11,2 | 10,6 | 10,0 | 9,7  | 10,0 | 10,6 | 11,4 | 12,4 | 13,6 | 13,3 | 12,8 | 11,5 | 10,6 | 12,4  |
| 86/87 | 12,1 | 11,2 | 10,4 | 9,6  | 9,1  | 9,1  | 9,8  | 10,7 | 11,7 | 13,2 | 14,0 | 13,9 | 11,2 | 10,2 | 12,2  |
| 87/88 | 12,9 | 11,6 | 10,7 | 10,0 | 9,8  | 10,2 | 10,7 | 11,9 | 12,5 | 13,2 | 13,6 | 13,6 | 11,7 | 10,9 | 12,6  |
| 88/89 | 12,5 | 11,4 | 10,7 | 9,8  | 9,3  | 9,7  | 10,0 | 10,9 | 11,7 | 13,0 | 13,4 | 13,2 | 11,3 | 10,6 | 12,0  |
| 89/90 | 12,2 | 11,2 | 10,4 | 9,8  | 9,5  | 9,3  | 9,9  | 11,4 | 12,6 | 13,4 | 13,6 | 13,5 | 11,4 | 10,4 | 12,4  |
| 90/91 | 12,3 | 10,9 | 9,5  | 9,2  | 9,4  | 9,1  | 10,1 | 10,5 | 11,7 | 13,1 | 13,3 | 12,8 | 11,0 | 10,1 | 11,9  |
| 91/92 | 12,0 | 11,0 | 10,4 | 9,4  | 9,4  | 9,7  | 10,0 | 10,4 | 11,4 | 13,1 | 13,7 | 13,7 | 11,2 | 10,3 | 12,0  |
| 92/93 | 12,4 | 10,5 | 9,6  | 8,9  | 8,7  | 9,2  | 9,7  | 10,6 | 12,0 | 13,2 | 13,2 | 13,2 | 10,9 | 9,9  | 12,0  |
| 93/94 | 12,1 | 11,1 | 10,1 | 9,4  | 9,5  | 9,2  | 10,2 | 11,2 | 12,2 | 13,6 | 13,5 | 13,1 | 11,3 | 10,2 | 12,3  |
| 94/95 | 12,2 | 11,0 | 10,5 | 10,0 | 9,1  | 9,1  | 9,9  | 11,0 | 12,5 | 13,7 | 13,8 | 13,5 | 11,4 | 10,3 | 12,4  |
| 95/96 | 12,3 | 11,5 | 10,2 | 9,3  | 8,6  | 8,5  | 9,4  | 10,9 | 12,4 | 13,2 | 13,3 | 12,9 | 11,0 | 10,1 | 12,0  |
| 96/97 | 12,1 | 11,1 | 10,3 | 9,7  | 9,3  | 9,3  | 10,1 | 10,7 | 11,8 | 12,4 | 12,4 | 12,6 | 11,0 | 10,3 | 11,6  |
| 97/98 | 12,1 | 11,0 | 10,8 | 10,0 | 9,7  | 9,9  | 10,9 | 11,0 | 12,2 | 13,4 | 14,0 | 14,5 | 11,6 | 10,6 | 12,7  |
| 98/99 | 13,7 | 12,5 | 12,0 | 11,1 | 10,4 | 10,1 | 10,0 | 10,8 | 11,7 | 12,7 | 12,9 | 12,8 | 11,7 | 11,7 | 11,8  |
| 99/00 | 12,0 | 10,5 | 10,1 | 9,6  | 9,5  | 9,6  | 10,5 | 11,2 | 11,6 | 12,4 | 12,9 | 12,8 | 11,1 | 10,2 | 11,9  |
| 00/01 | 11,8 | 10,7 | 10,2 | 9,4  | 8,9  | 8,8  | 9,0  | 10,6 | 11,6 | 12,9 | 13,0 | 12,3 | 10,8 | 10,0 | 11,6  |
| 01/02 | 11,1 | 10,3 | 9,7  | 9,2  | 9,0  | 9,4  | 10,0 | 10,7 | 11,6 | 13,0 | 13,1 | 12,4 | 10,8 | 9,8  | 11,8  |
| 02/03 | 11,7 | 10,5 | 9,7  | 9,1  | 9,0  | 9,2  | 10,0 | 10,8 | 12,1 | 13,0 | 13,1 | 13,1 | 10,9 | 9,8  | 12,0  |
| 03/04 | 12,2 | 11,6 | 11,1 | 10,4 | 9,9  | 9,7  | 10,2 | 10,7 | 12,0 | 12,9 | 13,6 | 13,2 | 11,5 | 10,8 | 12,1  |
| 04/05 | 12,5 | 11,2 | 10,6 | 10,2 | 9,9  | 10,0 | 10,5 | 11,2 | 12,7 | 13,3 | 13,5 | 13,4 | 11,6 | 10,8 | 12,4  |
| 05/06 | 12,6 | 11,2 | 10,2 | 9,6  | 9,5  | 9,3  | 9,8  | 11,0 | 12,1 | 13,2 | 13,9 | 13,6 | 11,3 | 10,4 | 12,2  |
| 06/07 | 12,6 | 11,2 | 10,7 | 10,3 | 9,7  | 9,7  | 10,4 | 10,9 | 11,4 | 12,5 | 13,0 | 12,7 | 11,2 | 10,7 | 11,8  |

Tabla 120: Temperaturas medias mensuales SST 4[°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 12,8 | 12,1 | 11,2 | 9,7  | 8,8  | 8,6  | 9,9  | 10,5 | 12,1 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 11,2 | 10,5 | 11,8  |
| 68/69 | 12,0 | 10,6 | 10,0 | 9,8  | 8,6  | 8,6  | 9,6  | 11,5 | 12,2 | 13,0 | 13,5 | 13,2 | 11,0 | 9,9  | 12,2  |
| 69/70 | 12,1 | 10,9 | 9,5  | 8,5  | 9,3  | 10,0 | 10,0 | 10,9 | 12,6 | 14,2 | 13,7 | 13,3 | 11,3 | 10,1 | 12,5  |
| 70/71 | 12,3 | 11,0 | 10,0 | 9,3  | 9,0  | 9,0  | 9,6  | 10,6 | 11,3 | 12,1 | 11,6 | 11,7 | 10,6 | 10,1 | 11,2  |
| 71/72 | 11,2 | 10,8 | 10,6 | 9,6  | 9,3  | 9,5  | 10,1 | 10,9 | 11,5 | 12,6 | 13,2 | 13,0 | 11,0 | 10,2 | 11,9  |
| 72/73 | 12,2 | 11,1 | 10,2 | 9,5  | 9,0  | 8,9  | 9,5  | 10,8 | 12,4 | 13,2 | 13,3 | 12,9 | 11,1 | 10,2 | 12,0  |
| 73/74 | 11,6 | 10,3 | 10,2 | 9,2  | 9,2  | 9,3  | 9,8  | 11,1 | 11,2 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 10,8 | 10,0 | 11,7  |
| 74/75 | 12,0 | 10,6 | 9,6  | 9,0  | 8,5  | 8,9  | 9,3  | 10,1 | 11,7 | 13,0 | 13,5 | 13,2 | 10,8 | 9,8  | 11,8  |
| 75/76 | 12,0 | 10,4 | 10,3 | 9,4  | 8,8  | 9,1  | 9,7  | 10,4 | 10,6 | 12,1 | 12,9 | 12,4 | 10,7 | 10,0 | 11,3  |
| 76/77 | 11,3 | 10,8 | 10,0 | 9,5  | 8,6  | 8,9  | 9,8  | 11,1 | 12,8 | 13,7 | 13,9 | 13,5 | 11,1 | 9,8  | 12,4  |
| 77/78 | 11,8 | 10,6 | 10,1 | 9,3  | 9,1  | 9,2  | 10,2 | 11,6 | 12,0 | 13,4 | 13,5 | 13,5 | 11,2 | 10,0 | 12,4  |
| 78/79 | 12,2 | 11,1 | 10,4 | 9,9  | 9,3  | 9,5  | 10,4 | 10,9 | 11,8 | 13,5 | 14,2 | 13,6 | 11,4 | 10,4 | 12,4  |
| 79/80 | 12,7 | 11,8 | 11,0 | 10,4 | 10,3 | 9,6  | 9,7  | 10,8 | 12,7 | 14,1 | 14,6 | 13,9 | 11,8 | 11,0 | 12,6  |
| 80/81 | 11,8 | 11,1 | 10,7 | 9,9  | 9,6  | 9,6  | 10,4 | 11,2 | 12,7 | 13,8 | 14,0 | 13,4 | 11,5 | 10,5 | 12,6  |
| 81/82 | 12,9 | 11,6 | 10,9 | 10,5 | 9,9  | 9,8  | 9,8  | 10,8 | 12,4 | 14,1 | 13,8 | 13,2 | 11,6 | 10,9 | 12,3  |
| 82/83 | 12,2 | 11,7 | 10,2 | 9,7  | 9,6  | 9,9  | 10,8 | 11,5 | 12,8 | 14,0 | 13,6 | 13,2 | 11,6 | 10,5 | 12,7  |
| 83/84 | 12,4 | 11,5 | 10,4 | 9,2  | 9,2  | 9,2  | 10,5 | 11,6 | 13,0 | 13,6 | 13,7 | 13,5 | 11,5 | 10,3 | 12,6  |
| 84/85 | 12,4 | 10,8 | 9,7  | 9,0  | 9,2  | 9,6  | 10,5 | 11,4 | 12,9 | 14,7 | 14,5 | 13,1 | 11,5 | 10,1 | 12,8  |
| 85/86 | 12,0 | 11,2 | 10,7 | 10,1 | 9,9  | 10,2 | 11,0 | 11,7 | 12,8 | 14,0 | 13,6 | 13,0 | 11,7 | 10,7 | 12,7  |
| 86/87 | 12,2 | 11,3 | 10,5 | 9,8  | 9,3  | 9,2  | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 13,6 | 14,3 | 14,3 | 11,4 | 10,4 | 12,5  |
| 87/88 | 13,2 | 11,8 | 10,9 | 10,2 | 10,0 | 10,6 | 11,1 | 12,3 | 12,9 | 13,5 | 14,0 | 13,8 | 12,0 | 11,1 | 12,9  |
| 88/89 | 12,7 | 11,5 | 10,8 | 9,9  | 9,5  | 9,9  | 10,3 | 11,3 | 12,0 | 13,3 | 13,7 | 13,4 | 11,5 | 10,7 | 12,3  |
| 89/90 | 12,4 | 11,3 | 10,5 | 10,1 | 9,8  | 9,5  | 10,2 | 11,8 | 13,0 | 13,8 | 14,0 | 13,8 | 11,7 | 10,6 | 12,8  |
| 90/91 | 12,5 | 11,1 | 9,6  | 9,3  | 9,6  | 9,3  | 10,3 | 10,8 | 12,1 | 13,5 | 13,7 | 13,1 | 11,2 | 10,2 | 12,3  |
| 91/92 | 12,1 | 11,1 | 10,5 | 9,6  | 9,6  | 9,9  | 10,3 | 10,8 | 11,8 | 13,4 | 14,0 | 14,0 | 11,4 | 10,5 | 12,4  |
| 92/93 | 12,5 | 10,6 | 9,8  | 9,1  | 8,9  | 9,4  | 10,0 | 11,1 | 12,4 | 13,5 | 13,4 | 13,3 | 11,2 | 10,0 | 12,3  |
| 93/94 | 12,2 | 11,2 | 10,3 | 9,6  | 9,7  | 9,3  | 10,4 | 11,5 | 12,5 | 13,9 | 13,7 | 13,1 | 11,5 | 10,4 | 12,5  |
| 94/95 | 12,2 | 11,1 | 10,6 | 10,1 | 9,2  | 9,2  | 10,1 | 11,3 | 12,9 | 14,1 | 14,2 | 13,7 | 11,6 | 10,4 | 12,7  |
| 95/96 | 12,4 | 11,7 | 10,2 | 9,4  | 8,7  | 8,7  | 9,6  | 11,2 | 12,7 | 13,6 | 13,6 | 13,2 | 11,3 | 10,2 | 12,3  |
| 96/97 | 12,2 | 11,1 | 10,3 | 9,8  | 9,4  | 9,5  | 10,4 | 10,9 | 12,0 | 12,7 | 12,5 | 12,7 | 11,1 | 10,4 | 11,9  |
| 97/98 | 12,1 | 11,0 | 10,8 | 10,1 | 9,9  | 10,1 | 11,2 | 11,2 | 12,5 | 13,7 | 14,3 | 14,8 | 11,8 | 10,7 | 13,0  |
| 98/99 | 13,9 | 12,6 | 12,2 | 11,4 | 10,6 | 10,4 | 10,2 | 11,1 | 11,9 | 13,0 | 13,1 | 12,9 | 11,9 | 11,8 | 12,0  |
| 99/00 | 12,1 | 10,5 | 10,0 | 9,5  | 9,5  | 9,7  | 10,8 | 11,5 | 11,9 | 12,6 | 13,1 | 12,9 | 11,2 | 10,2 | 12,1  |
| 00/01 | 11,8 | 10,7 | 10,2 | 9,4  | 8,9  | 8,8  | 9,1  | 10,8 | 11,8 | 13,2 | 13,2 | 12,5 | 10,9 | 10,0 | 11,8  |
| 01/02 | 11,1 | 10,3 | 9,6  | 9,3  | 9,1  | 9,6  | 10,3 | 11,1 | 11,9 | 13,2 | 13,3 | 12,6 | 10,9 | 9,8  | 12,1  |
| 02/03 | 11,8 | 10,5 | 9,8  | 9,2  | 9,2  | 9,4  | 10,3 | 11,1 | 12,4 | 13,3 | 13,3 | 13,3 | 11,1 | 10,0 | 12,3  |
| 03/04 | 12,4 | 11,7 | 11,3 | 10,5 | 10,1 | 9,9  | 10,4 | 11,0 | 12,3 | 13,2 | 13,8 | 13,4 | 11,7 | 11,0 | 12,3  |
| 04/05 | 12,7 | 11,3 | 10,8 | 10,5 | 10,2 | 10,3 | 10,8 | 11,6 | 13,1 | 13,6 | 13,7 | 13,6 | 11,8 | 11,0 | 12,7  |
| 05/06 | 12,8 | 11,4 | 10,4 | 9,8  | 9,7  | 9,5  | 10,0 | 11,3 | 12,4 | 13,5 | 14,2 | 13,8 | 11,6 | 10,6 | 12,5  |
| 06/07 | 12,7 | 11,3 | 10,8 | 10,4 | 9,9  | 9,9  | 10,7 | 11,2 | 11,7 | 12,8 | 13,3 | 13,0 | 11,5 | 10,8 | 12,1  |

Tabla 121: Temperaturas medias mensuales SST3[°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP | OCT | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 11,3 | 10,6 | 9,8  | 8,6  | 7,7 | 7,6 | 8,4 | 8,9  | 10,3 | 11,0 | 11,2 | 11,2 | 9,7  | 9,3  | 10,2  |
| 68/69 | 10,7 | 9,7  | 9,3  | 8,8  | 7,7 | 7,5 | 8,4 | 9,7  | 10,4 | 11,2 | 11,7 | 11,4 | 9,7  | 8,9  | 10,5  |
| 69/70 | 10,6 | 9,6  | 8,6  | 7,7  | 8,4 | 8,8 | 8,7 | 9,2  | 10,6 | 11,9 | 11,5 | 11,5 | 9,8  | 9,0  | 10,6  |
| 70/71 | 10,7 | 9,7  | 8,9  | 8,2  | 7,9 | 7,7 | 8,2 | 9,1  | 9,9  | 10,5 | 10,3 | 10,4 | 9,3  | 8,9  | 9,7   |
| 71/72 | 10,1 | 9,7  | 9,6  | 8,6  | 8,0 | 8,2 | 8,6 | 9,1  | 9,8  | 10,9 | 11,7 | 11,4 | 9,6  | 9,0  | 10,2  |
| 72/73 | 10,8 | 9,9  | 9,2  | 8,3  | 7,8 | 7,8 | 8,2 | 9,3  | 10,4 | 11,3 | 11,5 | 11,3 | 9,6  | 8,9  | 10,3  |
| 73/74 | 10,3 | 9,2  | 8,9  | 8,1  | 7,9 | 8,0 | 8,5 | 9,4  | 9,6  | 10,6 | 11,0 | 11,1 | 9,4  | 8,7  | 10,0  |
| 74/75 | 10,4 | 9,4  | 8,7  | 8,0  | 7,4 | 7,9 | 8,2 | 8,9  | 10,2 | 11,2 | 11,8 | 11,6 | 9,5  | 8,6  | 10,3  |
| 75/76 | 10,7 | 9,5  | 9,2  | 8,3  | 7,9 | 7,9 | 8,3 | 9,0  | 9,2  | 10,3 | 11,0 | 10,6 | 9,3  | 8,9  | 9,7   |
| 76/77 | 10,0 | 9,6  | 8,9  | 8,3  | 7,4 | 8,0 | 8,4 | 9,4  | 11,0 | 11,7 | 12,0 | 11,7 | 9,7  | 8,7  | 10,7  |
| 77/78 | 10,4 | 9,6  | 9,0  | 8,2  | 7,9 | 7,9 | 8,6 | 9,6  | 10,1 | 11,2 | 11,6 | 11,7 | 9,7  | 8,8  | 10,5  |
| 78/79 | 10,7 | 9,9  | 9,5  | 8,6  | 7,9 | 8,0 | 8,8 | 9,1  | 10,0 | 11,5 | 12,0 | 11,8 | 9,8  | 9,1  | 10,5  |
| 79/80 | 11,1 | 10,2 | 9,7  | 9,1  | 8,8 | 8,3 | 8,2 | 9,1  | 10,7 | 11,9 | 12,3 | 12,0 | 10,1 | 9,5  | 10,7  |
| 80/81 | 10,5 | 9,8  | 9,4  | 8,7  | 8,4 | 8,4 | 8,7 | 9,4  | 10,4 | 11,6 | 11,9 | 11,5 | 9,9  | 9,2  | 10,6  |
| 81/82 | 11,3 | 10,2 | 9,6  | 9,2  | 8,7 | 8,6 | 8,6 | 9,2  | 10,5 | 12,0 | 11,9 | 11,4 | 10,1 | 9,6  | 10,6  |
| 82/83 | 10,6 | 10,3 | 9,4  | 8,7  | 8,4 | 8,6 | 9,4 | 10,0 | 11,1 | 12,2 | 12,1 | 11,7 | 10,2 | 9,3  | 11,1  |
| 83/84 | 11,1 | 10,3 | 9,4  | 8,3  | 8,2 | 8,4 | 9,3 | 9,9  | 11,0 | 11,6 | 11,8 | 11,8 | 10,1 | 9,3  | 10,9  |
| 84/85 | 11,1 | 9,9  | 8,9  | 8,3  | 8,3 | 8,6 | 9,0 | 9,8  | 11,1 | 12,8 | 12,8 | 11,8 | 10,2 | 9,2  | 11,2  |
| 85/86 | 10,8 | 10,2 | 9,7  | 8,9  | 8,7 | 8,9 | 9,5 | 10,1 | 10,9 | 11,8 | 11,7 | 11,4 | 10,2 | 9,5  | 10,9  |
| 86/87 | 10,8 | 10,1 | 9,3  | 8,6  | 8,3 | 8,2 | 8,8 | 9,5  | 10,1 | 11,4 | 12,1 | 12,1 | 9,9  | 9,2  | 10,7  |
| 87/88 | 11,3 | 10,4 | 9,7  | 9,0  | 8,7 | 9,1 | 9,4 | 10,4 | 10,9 | 11,5 | 12,0 | 12,0 | 10,4 | 9,7  | 11,0  |
| 88/89 | 11,1 | 10,3 | 9,8  | 8,9  | 8,5 | 8,7 | 8,8 | 9,5  | 10,1 | 11,2 | 11,7 | 11,7 | 10,0 | 9,5  | 10,5  |
| 89/90 | 11,0 | 10,2 | 9,3  | 8,8  | 8,4 | 8,3 | 8,7 | 9,9  | 10,9 | 11,8 | 12,2 | 12,0 | 10,1 | 9,3  | 10,9  |
| 90/91 | 11,0 | 9,8  | 8,7  | 8,3  | 8,4 | 8,1 | 8,8 | 9,1  | 10,2 | 11,3 | 11,6 | 11,2 | 9,7  | 9,0  | 10,4  |
| 91/92 | 10,6 | 9,7  | 9,3  | 8,5  | 8,4 | 8,6 | 8,8 | 9,0  | 9,9  | 11,4 | 11,9 | 11,9 | 9,8  | 9,2  | 10,5  |
| 92/93 | 10,9 | 9,4  | 8,7  | 8,1  | 7,9 | 8,2 | 8,5 | 9,3  | 10,5 | 11,7 | 11,8 | 11,8 | 9,7  | 8,9  | 10,6  |
| 93/94 | 10,9 | 10,0 | 9,2  | 8,5  | 8,5 | 8,4 | 9,1 | 9,9  | 10,7 | 11,8 | 11,8 | 11,7 | 10,0 | 9,2  | 10,8  |
| 94/95 | 11,1 | 10,0 | 9,5  | 9,0  | 8,3 | 8,4 | 8,8 | 9,7  | 11,1 | 12,1 | 12,3 | 12,0 | 10,2 | 9,4  | 11,0  |
| 95/96 | 10,9 | 10,3 | 9,3  | 8,5  | 7,7 | 7,7 | 8,4 | 9,5  | 10,8 | 11,5 | 11,6 | 11,3 | 9,8  | 9,1  | 10,5  |
| 96/97 | 10,7 | 10,0 | 9,3  | 8,9  | 8,4 | 8,5 | 9,0 | 9,4  | 10,3 | 10,8 | 11,1 | 11,4 | 9,8  | 9,3  | 10,3  |
| 97/98 | 10,9 | 9,9  | 9,7  | 9,0  | 8,8 | 8,9 | 9,7 | 9,8  | 10,9 | 11,9 | 12,5 | 13,0 | 10,4 | 9,5  | 11,3  |
| 98/99 | 12,5 | 11,5 | 11,0 | 10,0 | 9,3 | 9,0 | 8,9 | 9,4  | 10,2 | 11,1 | 11,3 | 11,2 | 10,4 | 10,5 | 10,3  |
| 99/00 | 10,8 | 9,7  | 9,4  | 8,8  | 8,7 | 8,7 | 9,5 | 10,0 | 10,3 | 10,8 | 11,4 | 11,5 | 10,0 | 9,3  | 10,6  |
| 00/01 | 10,8 | 9,8  | 9,3  | 8,6  | 8,3 | 8,2 | 8,2 | 9,5  | 10,2 | 11,1 | 11,2 | 10,7 | 9,7  | 9,2  | 10,2  |
| 01/02 | 9,9  | 9,3  | 8,8  | 8,4  | 8,2 | 8,4 | 8,7 | 9,2  | 10,0 | 11,1 | 11,3 | 10,8 | 9,5  | 8,8  | 10,2  |
| 02/03 | 10,3 | 9,4  | 8,7  | 8,1  | 8,0 | 8,2 | 8,9 | 9,5  | 10,5 | 11,3 | 11,5 | 11,5 | 9,7  | 8,8  | 10,5  |
| 03/04 | 10,9 | 10,4 | 10,0 | 9,3  | 8,9 | 8,7 | 9,1 | 9,5  | 10,5 | 11,3 | 11,9 | 11,6 | 10,2 | 9,7  | 10,7  |
| 04/05 | 11,0 | 9,9  | 9,4  | 8,9  | 8,6 | 8,9 | 9,3 | 10,0 | 11,1 | 11,6 | 11,9 | 11,8 | 10,2 | 9,5  | 11,0  |
| 05/06 | 11,0 | 10,0 | 9,1  | 8,6  | 8,4 | 8,2 | 8,8 | 9,7  | 10,6 | 11,7 | 12,3 | 12,2 | 10,0 | 9,2  | 10,9  |
| 06/07 | 11,3 | 10,2 | 9,7  | 9,4  | 8,8 | 8,8 | 9,4 | 9,7  | 10,0 | 10,9 | 11,4 | 11,1 | 10,0 | 9,7  | 10,4  |

Tabla 122: Temperaturas medias mensuales SST5[°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 11,6 | 10,9 | 10,0 | 8,8  | 8,0 | 7,9 | 8,8  | 9,5  | 10,8 | 11,6 | 11,7 | 11,6 | 10,1 | 9,5  | 10,7  |
| 68/69 | 10,8 | 9,8  | 9,6  | 9,1  | 8,2 | 7,9 | 8,7  | 10,3 | 11,0 | 11,8 | 12,2 | 11,8 | 10,1 | 9,2  | 10,9  |
| 69/70 | 11,0 | 9,9  | 9,0  | 8,1  | 8,7 | 9,2 | 9,0  | 9,6  | 11,1 | 12,3 | 12,1 | 12,0 | 10,2 | 9,3  | 11,0  |
| 70/71 | 11,1 | 10,0 | 9,3  | 8,7  | 8,4 | 8,2 | 8,7  | 9,6  | 10,4 | 11,0 | 10,8 | 10,8 | 9,7  | 9,3  | 10,2  |
| 71/72 | 10,5 | 10,0 | 9,9  | 8,9  | 8,4 | 8,7 | 9,3  | 9,7  | 10,3 | 11,4 | 12,1 | 11,7 | 10,1 | 9,4  | 10,7  |
| 72/73 | 11,1 | 10,2 | 9,6  | 8,7  | 8,2 | 8,1 | 8,7  | 9,8  | 10,9 | 11,8 | 12,1 | 11,9 | 10,1 | 9,3  | 10,9  |
| 73/74 | 10,8 | 9,6  | 9,4  | 8,4  | 8,2 | 8,4 | 8,9  | 9,8  | 10,1 | 11,2 | 11,5 | 11,6 | 9,8  | 9,1  | 10,5  |
| 74/75 | 10,9 | 9,9  | 9,1  | 8,5  | 7,8 | 8,2 | 8,6  | 9,3  | 10,6 | 11,6 | 12,4 | 12,2 | 9,9  | 9,1  | 10,8  |
| 75/76 | 11,3 | 10,0 | 9,9  | 8,8  | 8,4 | 8,4 | 8,8  | 9,6  | 9,8  | 10,9 | 11,6 | 11,2 | 9,9  | 9,4  | 10,3  |
| 76/77 | 10,4 | 9,9  | 9,1  | 8,5  | 7,7 | 8,3 | 9,0  | 10,0 | 11,6 | 12,4 | 12,6 | 12,2 | 10,1 | 9,0  | 11,3  |
| 77/78 | 10,9 | 10,0 | 9,5  | 8,8  | 8,4 | 8,4 | 9,2  | 10,2 | 10,8 | 11,8 | 12,3 | 12,2 | 10,2 | 9,3  | 11,1  |
| 78/79 | 11,1 | 10,3 | 9,8  | 9,1  | 8,5 | 8,5 | 9,4  | 9,8  | 10,6 | 12,0 | 12,6 | 12,3 | 10,3 | 9,5  | 11,1  |
| 79/80 | 11,5 | 10,5 | 10,0 | 9,4  | 9,2 | 8,6 | 8,7  | 9,7  | 11,3 | 12,4 | 12,8 | 12,4 | 10,5 | 9,9  | 11,2  |
| 80/81 | 10,9 | 10,2 | 9,8  | 9,0  | 8,7 | 8,7 | 9,2  | 9,8  | 10,9 | 12,0 | 12,3 | 11,9 | 10,3 | 9,5  | 11,0  |
| 81/82 | 11,7 | 10,7 | 9,9  | 9,5  | 9,2 | 9,2 | 9,1  | 9,7  | 11,0 | 12,4 | 12,3 | 12,0 | 10,6 | 10,0 | 11,1  |
| 82/83 | 11,2 | 10,8 | 9,9  | 9,1  | 8,9 | 9,1 | 9,9  | 10,4 | 11,6 | 12,8 | 12,6 | 12,1 | 10,7 | 9,8  | 11,5  |
| 83/84 | 11,5 | 10,7 | 9,7  | 8,6  | 8,5 | 8,7 | 9,6  | 10,4 | 11,6 | 12,3 | 12,2 | 12,2 | 10,5 | 9,6  | 11,4  |
| 84/85 | 11,5 | 10,2 | 9,2  | 8,7  | 8,6 | 8,9 | 9,5  | 10,4 | 11,6 | 13,3 | 13,4 | 12,3 | 10,6 | 9,5  | 11,8  |
| 85/86 | 11,2 | 10,5 | 10,0 | 9,4  | 9,1 | 9,4 | 10,0 | 10,7 | 11,5 | 12,4 | 12,2 | 11,7 | 10,7 | 10,0 | 11,4  |
| 86/87 | 11,1 | 10,5 | 9,8  | 9,1  | 8,7 | 8,7 | 9,3  | 10,0 | 10,6 | 11,9 | 12,6 | 12,6 | 10,4 | 9,6  | 11,2  |
| 87/88 | 11,8 | 10,8 | 9,9  | 9,3  | 9,1 | 9,4 | 9,8  | 10,9 | 11,4 | 12,0 | 12,5 | 12,5 | 10,8 | 10,0 | 11,5  |
| 88/89 | 11,6 | 10,6 | 10,0 | 9,2  | 8,9 | 9,0 | 9,3  | 9,9  | 10,5 | 11,8 | 12,1 | 12,2 | 10,4 | 9,9  | 11,0  |
| 89/90 | 11,4 | 10,6 | 9,7  | 9,2  | 9,0 | 8,8 | 9,3  | 10,5 | 11,5 | 12,4 | 12,7 | 12,6 | 10,6 | 9,8  | 11,5  |
| 90/91 | 11,5 | 10,2 | 9,0  | 8,6  | 8,8 | 8,7 | 9,3  | 9,7  | 10,8 | 11,9 | 12,1 | 11,8 | 10,2 | 9,5  | 10,9  |
| 91/92 | 11,1 | 10,3 | 9,8  | 8,9  | 8,9 | 9,1 | 9,3  | 9,5  | 10,5 | 11,9 | 12,5 | 12,4 | 10,4 | 9,7  | 11,0  |
| 92/93 | 11,3 | 9,8  | 9,1  | 8,4  | 8,3 | 8,6 | 9,0  | 9,9  | 11,1 | 12,3 | 12,3 | 12,3 | 10,2 | 9,2  | 11,1  |
| 93/94 | 11,2 | 10,3 | 9,5  | 8,8  | 8,8 | 8,7 | 9,5  | 10,4 | 11,1 | 12,3 | 12,3 | 12,2 | 10,4 | 9,5  | 11,3  |
| 94/95 | 11,4 | 10,3 | 9,8  | 9,4  | 8,6 | 8,8 | 9,3  | 10,2 | 11,5 | 12,6 | 12,8 | 12,4 | 10,6 | 9,7  | 11,4  |
| 95/96 | 11,3 | 10,6 | 9,5  | 8,7  | 8,0 | 8,1 | 8,8  | 10,1 | 11,1 | 12,0 | 12,2 | 11,9 | 10,2 | 9,4  | 11,0  |
| 96/97 | 11,2 | 10,2 | 9,4  | 9,1  | 8,8 | 8,8 | 9,4  | 9,9  | 10,8 | 11,4 | 11,6 | 11,8 | 10,2 | 9,6  | 10,8  |
| 97/98 | 11,4 | 10,4 | 10,1 | 9,4  | 9,1 | 9,2 | 10,1 | 10,3 | 11,4 | 12,4 | 12,9 | 13,3 | 10,8 | 9,9  | 11,7  |
| 98/99 | 12,7 | 11,8 | 11,4 | 10,4 | 9,7 | 9,3 | 9,3  | 9,8  | 10,6 | 11,6 | 11,9 | 11,8 | 10,9 | 10,9 | 10,9  |
| 99/00 | 11,3 | 10,1 | 9,7  | 9,2  | 9,1 | 9,2 | 10,0 | 10,5 | 10,9 | 11,5 | 12,0 | 11,9 | 10,4 | 9,8  | 11,1  |
| 00/01 | 11,2 | 10,3 | 9,8  | 8,9  | 8,6 | 8,5 | 8,7  | 10,0 | 10,7 | 11,6 | 11,8 | 11,3 | 10,1 | 9,5  | 10,7  |
| 01/02 | 10,5 | 9,7  | 9,2  | 8,8  | 8,6 | 8,8 | 9,3  | 9,9  | 10,5 | 11,8 | 11,8 | 11,4 | 10,0 | 9,3  | 10,8  |
| 02/03 | 10,8 | 9,8  | 9,1  | 8,5  | 8,4 | 8,7 | 9,4  | 10,0 | 11,1 | 11,9 | 12,0 | 12,1 | 10,2 | 9,2  | 11,1  |
| 03/04 | 11,2 | 10,7 | 10,3 | 9,7  | 9,1 | 8,9 | 9,5  | 10,1 | 11,1 | 11,8 | 12,5 | 12,1 | 10,6 | 10,0 | 11,2  |
| 04/05 | 11,5 | 10,4 | 9,7  | 9,3  | 9,0 | 9,3 | 9,9  | 10,5 | 11,6 | 12,2 | 12,5 | 12,3 | 10,7 | 9,9  | 11,5  |
| 05/06 | 11,4 | 10,3 | 9,5  | 9,0  | 8,8 | 8,6 | 9,1  | 10,1 | 11,0 | 12,0 | 12,7 | 12,6 | 10,4 | 9,6  | 11,2  |
| 06/07 | 11,5 | 10,4 | 10,0 | 9,7  | 9,2 | 9,2 | 9,8  | 10,1 | 10,4 | 11,3 | 11,9 | 11,5 | 10,4 | 10,0 | 10,8  |

Tabla 123: Temperaturas medias mensuales SST6 [°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP | OCT  | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 11,9 | 11,2 | 10,2 | 8,9  | 8,1 | 8,1 | 9,0  | 9,9  | 11,1 | 11,9 | 12,0 | 11,9 | 10,3 | 9,7  | 11,0  |
| 68/69 | 11,0 | 9,9  | 9,8  | 9,3  | 8,5 | 8,1 | 9,0  | 10,6 | 11,3 | 12,1 | 12,5 | 12,1 | 10,3 | 9,4  | 11,3  |
| 69/70 | 11,3 | 10,1 | 9,2  | 8,3  | 8,8 | 9,4 | 9,2  | 10,0 | 11,4 | 12,6 | 12,4 | 12,3 | 10,4 | 9,5  | 11,3  |
| 70/71 | 11,3 | 10,2 | 9,5  | 8,9  | 8,6 | 8,5 | 9,1  | 9,9  | 10,7 | 11,3 | 11,1 | 11,2 | 10,0 | 9,5  | 10,5  |
| 71/72 | 10,8 | 10,2 | 10,1 | 9,1  | 8,7 | 8,9 | 9,6  | 10,0 | 10,6 | 11,7 | 12,3 | 11,8 | 10,3 | 9,6  | 11,0  |
| 72/73 | 11,3 | 10,4 | 9,8  | 8,9  | 8,3 | 8,3 | 9,0  | 10,1 | 11,3 | 12,1 | 12,4 | 12,3 | 10,4 | 9,5  | 11,2  |
| 73/74 | 11,1 | 9,8  | 9,6  | 8,5  | 8,4 | 8,5 | 9,2  | 10,1 | 10,4 | 11,5 | 11,7 | 11,9 | 10,1 | 9,3  | 10,8  |
| 74/75 | 11,2 | 10,1 | 9,4  | 8,7  | 8,1 | 8,4 | 8,9  | 9,6  | 10,8 | 11,9 | 12,7 | 12,6 | 10,2 | 9,3  | 11,1  |
| 75/76 | 11,6 | 10,3 | 10,2 | 9,1  | 8,6 | 8,7 | 9,2  | 10,0 | 10,1 | 11,3 | 12,0 | 11,6 | 10,2 | 9,7  | 10,7  |
| 76/77 | 10,6 | 10,1 | 9,3  | 8,7  | 8,0 | 8,5 | 9,3  | 10,4 | 12,0 | 12,7 | 12,9 | 12,4 | 10,4 | 9,2  | 11,6  |
| 77/78 | 11,1 | 10,2 | 9,6  | 9,0  | 8,7 | 8,6 | 9,5  | 10,5 | 11,1 | 12,2 | 12,6 | 12,5 | 10,5 | 9,5  | 11,4  |
| 78/79 | 11,4 | 10,5 | 10,0 | 9,3  | 8,7 | 8,8 | 9,8  | 10,1 | 11,0 | 12,4 | 12,9 | 12,6 | 10,6 | 9,8  | 11,5  |
| 79/80 | 11,8 | 10,7 | 10,1 | 9,5  | 9,4 | 8,8 | 9,0  | 10,0 | 11,6 | 12,7 | 13,1 | 12,7 | 10,8 | 10,0 | 11,5  |
| 80/81 | 11,1 | 10,4 | 10,1 | 9,2  | 8,9 | 8,8 | 9,5  | 10,1 | 11,2 | 12,3 | 12,6 | 12,2 | 10,5 | 9,7  | 11,3  |
| 81/82 | 11,9 | 10,9 | 10,1 | 9,7  | 9,4 | 9,5 | 9,4  | 10,1 | 11,3 | 12,7 | 12,5 | 12,4 | 10,8 | 10,3 | 11,4  |
| 82/83 | 11,5 | 11,0 | 10,1 | 9,3  | 9,1 | 9,3 | 10,1 | 10,7 | 11,9 | 13,1 | 12,8 | 12,3 | 10,9 | 10,1 | 11,8  |
| 83/84 | 11,7 | 10,9 | 9,8  | 8,7  | 8,7 | 8,8 | 9,8  | 10,7 | 11,9 | 12,6 | 12,5 | 12,5 | 10,7 | 9,8  | 11,7  |
| 84/85 | 11,8 | 10,4 | 9,3  | 8,9  | 8,7 | 9,0 | 9,8  | 10,8 | 11,9 | 13,6 | 13,7 | 12,6 | 10,9 | 9,7  | 12,1  |
| 85/86 | 11,5 | 10,7 | 10,2 | 9,7  | 9,4 | 9,6 | 10,3 | 11,0 | 11,9 | 12,8 | 12,5 | 12,0 | 11,0 | 10,2 | 11,7  |
| 86/87 | 11,4 | 10,7 | 10,0 | 9,3  | 8,9 | 8,9 | 9,6  | 10,2 | 10,9 | 12,3 | 12,9 | 12,9 | 10,7 | 9,8  | 11,5  |
| 87/88 | 12,0 | 11,0 | 10,1 | 9,4  | 9,3 | 9,6 | 10,1 | 11,2 | 11,7 | 12,3 | 12,8 | 12,9 | 11,0 | 10,2 | 11,8  |
| 88/89 | 11,8 | 10,8 | 10,1 | 9,4  | 9,0 | 9,2 | 9,6  | 10,2 | 10,8 | 12,1 | 12,4 | 12,4 | 10,6 | 10,0 | 11,2  |
| 89/90 | 11,6 | 10,7 | 9,9  | 9,4  | 9,3 | 9,0 | 9,6  | 10,8 | 11,8 | 12,6 | 13,0 | 12,8 | 10,9 | 10,0 | 11,8  |
| 90/91 | 11,7 | 10,4 | 9,1  | 8,8  | 9,1 | 8,9 | 9,6  | 10,1 | 11,1 | 12,3 | 12,4 | 12,1 | 10,5 | 9,7  | 11,3  |
| 91/92 | 11,3 | 10,6 | 9,9  | 9,0  | 9,0 | 9,4 | 9,6  | 9,8  | 10,8 | 12,2 | 12,8 | 12,7 | 10,6 | 9,9  | 11,3  |
| 92/93 | 11,4 | 9,9  | 9,3  | 8,6  | 8,4 | 8,8 | 9,3  | 10,2 | 11,4 | 12,6 | 12,5 | 12,5 | 10,4 | 9,4  | 11,4  |
| 93/94 | 11,4 | 10,5 | 9,6  | 8,9  | 8,9 | 8,8 | 9,7  | 10,7 | 11,4 | 12,6 | 12,6 | 12,4 | 10,6 | 9,7  | 11,6  |
| 94/95 | 11,6 | 10,5 | 9,9  | 9,5  | 8,8 | 9,0 | 9,5  | 10,4 | 11,7 | 12,9 | 13,0 | 12,6 | 10,8 | 9,9  | 11,7  |
| 95/96 | 11,5 | 10,7 | 9,7  | 8,9  | 8,3 | 8,3 | 9,1  | 10,5 | 11,4 | 12,3 | 12,5 | 12,2 | 10,5 | 9,6  | 11,4  |
| 96/97 | 11,4 | 10,4 | 9,6  | 9,2  | 9,0 | 9,0 | 9,7  | 10,2 | 11,1 | 11,8 | 11,9 | 12,1 | 10,4 | 9,8  | 11,1  |
| 97/98 | 11,6 | 10,7 | 10,3 | 9,6  | 9,3 | 9,4 | 10,3 | 10,6 | 11,7 | 12,7 | 13,2 | 13,6 | 11,1 | 10,1 | 12,0  |
| 98/99 | 12,9 | 12,0 | 11,6 | 10,7 | 9,9 | 9,6 | 9,6  | 10,2 | 11,0 | 11,9 | 12,2 | 12,2 | 11,1 | 11,1 | 11,2  |
| 99/00 | 11,6 | 10,3 | 9,9  | 9,5  | 9,3 | 9,5 | 10,2 | 10,8 | 11,2 | 11,9 | 12,3 | 12,0 | 10,7 | 10,0 | 11,4  |
| 00/01 | 11,4 | 10,5 | 10,0 | 9,1  | 8,7 | 8,7 | 8,9  | 10,2 | 10,9 | 12,0 | 12,2 | 11,6 | 10,3 | 9,7  | 11,0  |
| 01/02 | 10,8 | 9,9  | 9,5  | 9,0  | 8,8 | 9,1 | 9,6  | 10,2 | 10,9 | 12,2 | 12,2 | 11,7 | 10,3 | 9,5  | 11,1  |
| 02/03 | 11,1 | 10,0 | 9,3  | 8,7  | 8,7 | 9,0 | 9,7  | 10,4 | 11,5 | 12,2 | 12,3 | 12,4 | 10,4 | 9,5  | 11,4  |
| 03/04 | 11,4 | 10,8 | 10,5 | 9,8  | 9,2 | 9,1 | 9,8  | 10,4 | 11,4 | 12,1 | 12,8 | 12,4 | 10,8 | 10,1 | 11,5  |
| 04/05 | 11,8 | 10,6 | 9,9  | 9,5  | 9,3 | 9,5 | 10,1 | 10,8 | 11,9 | 12,5 | 12,8 | 12,6 | 11,0 | 10,1 | 11,8  |
| 05/06 | 11,7 | 10,5 | 9,7  | 9,2  | 9,0 | 8,8 | 9,3  | 10,3 | 11,3 | 12,2 | 12,9 | 12,8 | 10,6 | 9,8  | 11,5  |
| 06/07 | 11,7 | 10,6 | 10,1 | 9,9  | 9,4 | 9,4 | 10,0 | 10,3 | 10,6 | 11,6 | 12,1 | 11,7 | 10,6 | 10,1 | 11,1  |

Tabla 124: Temperaturas medias mensuales SST7[°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta  | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|------|-------|
| 67/68 | 10,3 | 9,6  | 9,0  | 7,9 | 7,1 | 7,1 | 7,7 | 8,0 | 9,4  | 10,1 | 10,3 | 10,2 | 8,9 | 8,5  | 9,3   |
| 68/69 | 9,7  | 8,8  | 8,6  | 8,0 | 7,1 | 6,8 | 7,8 | 8,9 | 9,7  | 10,3 | 10,8 | 10,4 | 8,9 | 8,2  | 9,6   |
| 69/70 | 9,8  | 8,9  | 8,1  | 7,2 | 7,9 | 8,2 | 8,0 | 8,2 | 9,6  | 10,7 | 10,4 | 10,4 | 8,9 | 8,3  | 9,5   |
| 70/71 | 9,7  | 8,9  | 8,3  | 7,6 | 7,4 | 7,1 | 7,5 | 8,3 | 9,1  | 9,6  | 9,4  | 9,5  | 8,5 | 8,2  | 8,9   |
| 71/72 | 9,2  | 8,9  | 9,0  | 8,0 | 7,4 | 7,6 | 7,9 | 8,2 | 9,0  | 10,0 | 10,8 | 10,4 | 8,8 | 8,3  | 9,4   |
| 72/73 | 9,7  | 8,9  | 8,4  | 7,6 | 7,1 | 7,2 | 7,5 | 8,4 | 9,3  | 10,1 | 10,5 | 10,3 | 8,8 | 8,2  | 9,3   |
| 73/74 | 9,3  | 8,4  | 8,2  | 7,5 | 7,2 | 7,4 | 7,8 | 8,4 | 8,6  | 9,5  | 9,9  | 9,9  | 8,5 | 8,0  | 9,0   |
| 74/75 | 9,3  | 8,5  | 8,0  | 7,3 | 6,8 | 7,3 | 7,6 | 8,1 | 9,3  | 10,1 | 10,8 | 10,6 | 8,7 | 7,9  | 9,4   |
| 75/76 | 9,8  | 8,8  | 8,5  | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 7,6 | 8,2 | 8,4  | 9,4  | 9,9  | 9,6  | 8,5 | 8,3  | 8,8   |
| 76/77 | 9,2  | 8,9  | 8,2  | 7,6 | 6,8 | 7,5 | 7,8 | 8,6 | 10,0 | 10,5 | 10,9 | 10,6 | 8,9 | 8,0  | 9,7   |
| 77/78 | 9,4  | 8,8  | 8,3  | 7,7 | 7,3 | 7,2 | 7,9 | 8,7 | 9,2  | 10,2 | 10,6 | 10,6 | 8,8 | 8,1  | 9,5   |
| 78/79 | 9,8  | 9,2  | 8,8  | 7,9 | 7,2 | 7,4 | 8,0 | 8,2 | 9,0  | 10,3 | 10,8 | 10,6 | 8,9 | 8,4  | 9,5   |
| 79/80 | 10,0 | 9,2  | 8,9  | 8,3 | 8,0 | 7,5 | 7,5 | 8,3 | 9,7  | 10,7 | 11,1 | 10,8 | 9,1 | 8,6  | 9,7   |
| 80/81 | 9,6  | 9,0  | 8,8  | 8,2 | 7,8 | 7,7 | 7,9 | 8,4 | 9,3  | 10,3 | 10,7 | 10,3 | 9,0 | 8,5  | 9,5   |
| 81/82 | 10,2 | 9,3  | 8,8  | 8,5 | 8,1 | 8,0 | 7,9 | 8,3 | 9,6  | 10,8 | 10,7 | 10,3 | 9,2 | 8,8  | 9,6   |
| 82/83 | 9,6  | 9,3  | 8,8  | 8,2 | 7,8 | 8,0 | 8,7 | 9,2 | 10,1 | 11,0 | 11,0 | 10,6 | 9,4 | 8,6  | 10,1  |
| 83/84 | 10,1 | 9,5  | 8,8  | 7,8 | 7,6 | 7,8 | 8,5 | 8,9 | 10,0 | 10,5 | 10,6 | 10,7 | 9,2 | 8,6  | 9,9   |
| 84/85 | 10,1 | 9,2  | 8,4  | 7,8 | 7,7 | 8,0 | 8,3 | 9,1 | 10,2 | 11,7 | 11,7 | 10,7 | 9,4 | 8,5  | 10,3  |
| 85/86 | 9,9  | 9,3  | 8,9  | 8,2 | 8,0 | 8,3 | 8,7 | 9,2 | 9,8  | 10,6 | 10,5 | 10,3 | 9,3 | 8,8  | 9,8   |
| 86/87 | 9,7  | 9,2  | 8,6  | 8,0 | 7,8 | 7,7 | 8,1 | 8,6 | 9,1  | 10,1 | 10,8 | 10,9 | 9,1 | 8,5  | 9,6   |
| 87/88 | 10,3 | 9,6  | 8,9  | 8,2 | 8,0 | 8,3 | 8,6 | 9,3 | 9,9  | 10,4 | 10,9 | 10,8 | 9,4 | 8,9  | 10,0  |
| 88/89 | 10,1 | 9,4  | 9,1  | 8,3 | 8,0 | 8,1 | 8,1 | 8,6 | 9,1  | 10,2 | 10,6 | 10,6 | 9,2 | 8,8  | 9,5   |
| 89/90 | 10,0 | 9,3  | 8,6  | 8,2 | 7,9 | 7,7 | 8,0 | 9,0 | 9,9  | 10,8 | 11,2 | 11,0 | 9,3 | 8,6  | 10,0  |
| 90/91 | 10,1 | 9,0  | 8,1  | 7,7 | 7,8 | 7,5 | 8,0 | 8,2 | 9,2  | 10,2 | 10,5 | 10,1 | 8,9 | 8,4  | 9,4   |
| 91/92 | 9,5  | 8,9  | 8,6  | 8,1 | 7,8 | 8,0 | 8,1 | 8,2 | 9,0  | 10,3 | 10,8 | 10,8 | 9,0 | 8,5  | 9,5   |
| 92/93 | 9,9  | 8,7  | 8,2  | 7,6 | 7,5 | 7,6 | 7,8 | 8,7 | 9,7  | 10,7 | 10,9 | 10,8 | 9,0 | 8,2  | 9,7   |
| 93/94 | 9,9  | 9,2  | 8,5  | 7,9 | 7,8 | 7,8 | 8,3 | 9,0 | 9,6  | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 9,1 | 8,5  | 9,8   |
| 94/95 | 10,1 | 9,2  | 8,7  | 8,4 | 7,8 | 7,9 | 8,1 | 8,9 | 10,1 | 11,1 | 11,2 | 10,9 | 9,4 | 8,7  | 10,1  |
| 95/96 | 9,9  | 9,4  | 8,6  | 7,9 | 7,2 | 7,2 | 7,7 | 8,6 | 9,6  | 10,3 | 10,4 | 10,2 | 8,9 | 8,4  | 9,5   |
| 96/97 | 9,7  | 9,1  | 8,4  | 8,2 | 7,8 | 7,9 | 8,2 | 8,5 | 9,3  | 9,8  | 10,2 | 10,4 | 8,9 | 8,5  | 9,4   |
| 97/98 | 10,0 | 9,1  | 8,8  | 8,4 | 8,1 | 8,3 | 8,8 | 9,0 | 10,0 | 10,9 | 11,4 | 11,7 | 9,5 | 8,8  | 10,3  |
| 98/99 | 11,4 | 10,7 | 10,2 | 9,3 | 8,6 | 8,1 | 7,9 | 8,4 | 9,1  | 10,0 | 10,1 | 10,0 | 9,5 | 9,7  | 9,2   |
| 99/00 | 9,8  | 8,9  | 8,6  | 8,1 | 8,0 | 8,1 | 8,8 | 9,1 | 9,3  | 9,8  | 10,3 | 10,4 | 9,1 | 8,6  | 9,6   |
| 00/01 | 9,9  | 9,1  | 8,6  | 8,1 | 7,9 | 7,7 | 7,7 | 8,7 | 9,2  | 10,0 | 10,1 | 9,6  | 8,9 | 8,5  | 9,2   |
| 01/02 | 9,0  | 8,5  | 8,1  | 7,7 | 7,6 | 7,7 | 7,9 | 8,2 | 8,8  | 9,7  | 9,9  | 9,6  | 8,6 | 8,1  | 9,0   |
| 02/03 | 9,3  | 8,6  | 8,0  | 7,5 | 7,4 | 7,7 | 8,2 | 8,7 | 9,5  | 10,1 | 10,3 | 10,4 | 8,8 | 8,1  | 9,5   |
| 03/04 | 9,8  | 9,5  | 9,1  | 8,5 | 8,1 | 8,0 | 8,3 | 8,7 | 9,5  | 10,1 | 10,6 | 10,3 | 9,2 | 8,8  | 9,6   |
| 04/05 | 9,9  | 9,0  | 8,4  | 8,0 | 7,8 | 8,1 | 8,6 | 9,1 | 10,1 | 10,4 | 10,8 | 10,7 | 9,2 | 8,5  | 9,9   |
| 05/06 | 9,9  | 9,0  | 8,3  | 7,8 | 7,7 | 7,5 | 8,0 | 8,8 | 9,6  | 10,6 | 11,2 | 11,1 | 9,1 | 8,4  | 9,9   |
| 06/07 | 10,3 | 9,3  | 8,9  | 8,6 | 8,2 | 8,1 | 8,6 | 8,8 | 9,0  | 9,8  | 10,3 | 10,1 | 9,2 | 8,9  | 9,4   |

Tabla 125: Temperaturas medias mensuales SST 8[°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdesh |
|-------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| 67/68 | 10,6 | 10,0 | 9,2  | 8,1 | 7,4 | 7,4 | 8,0 | 8,6 | 9,8  | 10,6 | 10,8 | 10,7 | 9,2  | 8,8  | 9,7   |
| 68/69 | 9,9  | 9,0  | 9,0  | 8,4 | 7,7 | 7,2 | 8,1 | 9,4 | 10,1 | 10,8 | 11,2 | 10,7 | 9,3  | 8,5  | 10,0  |
| 69/70 | 10,1 | 9,2  | 8,5  | 7,7 | 8,1 | 8,6 | 8,3 | 8,6 | 10,0 | 10,9 | 10,9 | 10,8 | 9,3  | 8,7  | 9,9   |
| 70/71 | 10,0 | 9,2  | 8,6  | 8,1 | 7,9 | 7,5 | 8,0 | 8,8 | 9,6  | 10,0 | 9,9  | 10,0 | 9,0  | 8,6  | 9,4   |
| 71/72 | 9,7  | 9,2  | 9,3  | 8,4 | 7,8 | 8,1 | 8,6 | 8,8 | 9,5  | 10,5 | 11,2 | 10,6 | 9,3  | 8,8  | 9,9   |
| 72/73 | 10,1 | 9,3  | 8,9  | 8,1 | 7,5 | 7,6 | 8,1 | 9,0 | 9,8  | 10,6 | 11,0 | 11,0 | 9,3  | 8,6  | 9,9   |
| 73/74 | 9,9  | 8,9  | 8,7  | 7,8 | 7,5 | 7,7 | 8,2 | 8,8 | 9,1  | 10,0 | 10,4 | 10,4 | 8,9  | 8,4  | 9,5   |
| 74/75 | 9,8  | 9,1  | 8,6  | 7,9 | 7,3 | 7,7 | 8,1 | 8,6 | 9,7  | 10,5 | 11,4 | 11,2 | 9,2  | 8,4  | 9,9   |
| 75/76 | 10,4 | 9,4  | 9,3  | 8,2 | 7,9 | 7,9 | 8,2 | 8,9 | 9,0  | 10,0 | 10,5 | 10,2 | 9,2  | 8,9  | 9,5   |
| 76/77 | 9,6  | 9,3  | 8,5  | 7,9 | 7,2 | 7,9 | 8,4 | 9,2 | 10,7 | 11,2 | 11,5 | 11,1 | 9,4  | 8,4  | 10,3  |
| 77/78 | 10,0 | 9,4  | 8,9  | 8,3 | 7,9 | 7,7 | 8,5 | 9,2 | 9,8  | 10,7 | 11,3 | 11,1 | 9,4  | 8,7  | 10,1  |
| 78/79 | 10,2 | 9,7  | 9,3  | 8,5 | 7,8 | 7,9 | 8,7 | 8,9 | 9,7  | 10,9 | 11,4 | 11,1 | 9,5  | 8,9  | 10,1  |
| 79/80 | 10,5 | 9,5  | 9,2  | 8,7 | 8,4 | 7,9 | 8,0 | 8,9 | 10,3 | 11,1 | 11,6 | 11,3 | 9,6  | 9,0  | 10,2  |
| 80/81 | 10,1 | 9,5  | 9,2  | 8,5 | 8,1 | 8,0 | 8,4 | 8,8 | 9,6  | 10,6 | 11,1 | 10,7 | 9,4  | 8,9  | 9,9   |
| 81/82 | 10,7 | 9,9  | 9,2  | 9,0 | 8,6 | 8,7 | 8,5 | 8,9 | 10,0 | 11,1 | 11,1 | 10,9 | 9,7  | 9,3  | 10,1  |
| 82/83 | 10,2 | 9,9  | 9,4  | 8,7 | 8,4 | 8,5 | 9,2 | 9,6 | 10,6 | 11,7 | 11,6 | 11,1 | 9,9  | 9,2  | 10,6  |
| 83/84 | 10,6 | 9,9  | 9,1  | 8,1 | 8,0 | 8,2 | 8,9 | 9,4 | 10,5 | 11,2 | 11,0 | 11,1 | 9,7  | 9,0  | 10,3  |
| 84/85 | 10,7 | 9,6  | 8,7  | 8,3 | 8,1 | 8,3 | 8,8 | 9,7 | 10,6 | 12,2 | 12,4 | 11,4 | 9,9  | 8,9  | 10,8  |
| 85/86 | 10,4 | 9,8  | 9,4  | 8,8 | 8,5 | 8,7 | 9,2 | 9,8 | 10,4 | 11,1 | 11,0 | 10,6 | 9,8  | 9,3  | 10,3  |
| 86/87 | 10,1 | 9,7  | 9,2  | 8,5 | 8,3 | 8,2 | 8,7 | 9,1 | 9,6  | 10,6 | 11,2 | 11,3 | 9,5  | 9,0  | 10,1  |
| 87/88 | 10,6 | 10,0 | 9,2  | 8,6 | 8,4 | 8,7 | 9,0 | 9,8 | 10,3 | 10,8 | 11,3 | 11,4 | 9,8  | 9,2  | 10,4  |
| 88/89 | 10,6 | 9,8  | 9,3  | 8,8 | 8,4 | 8,4 | 8,6 | 9,0 | 9,5  | 10,7 | 11,0 | 11,1 | 9,6  | 9,2  | 10,0  |
| 89/90 | 10,5 | 9,8  | 9,0  | 8,6 | 8,5 | 8,3 | 8,6 | 9,5 | 10,4 | 11,3 | 11,7 | 11,5 | 9,8  | 9,1  | 10,5  |
| 90/91 | 10,5 | 9,5  | 8,5  | 8,1 | 8,2 | 8,1 | 8,5 | 8,8 | 9,7  | 10,7 | 10,9 | 10,6 | 9,4  | 8,8  | 9,9   |
| 91/92 | 10,1 | 9,6  | 9,1  | 8,4 | 8,3 | 8,5 | 8,6 | 8,6 | 9,5  | 10,8 | 11,3 | 11,3 | 9,5  | 9,0  | 10,0  |
| 92/93 | 10,3 | 9,1  | 8,6  | 7,9 | 7,8 | 8,0 | 8,3 | 9,1 | 10,2 | 11,3 | 11,3 | 11,2 | 9,4  | 8,6  | 10,2  |
| 93/94 | 10,3 | 9,5  | 8,8  | 8,3 | 8,1 | 8,2 | 8,8 | 9,5 | 10,0 | 11,0 | 11,1 | 11,1 | 9,5  | 8,9  | 10,2  |
| 94/95 | 10,6 | 9,6  | 9,1  | 8,8 | 8,2 | 8,4 | 8,6 | 9,4 | 10,5 | 11,4 | 11,7 | 11,3 | 9,8  | 9,1  | 10,5  |
| 95/96 | 10,3 | 9,7  | 9,0  | 8,3 | 7,6 | 7,6 | 8,2 | 9,2 | 9,9  | 10,8 | 11,0 | 10,8 | 9,3  | 8,7  | 10,0  |
| 96/97 | 10,2 | 9,5  | 8,7  | 8,5 | 8,3 | 8,3 | 8,7 | 9,1 | 9,8  | 10,4 | 10,8 | 11,0 | 9,4  | 8,9  | 10,0  |
| 97/98 | 10,5 | 9,8  | 9,3  | 8,8 | 8,5 | 8,6 | 9,2 | 9,5 | 10,5 | 11,3 | 11,7 | 12,1 | 10,0 | 9,3  | 10,7  |
| 98/99 | 11,6 | 11,0 | 10,6 | 9,7 | 9,0 | 8,5 | 8,5 | 8,8 | 9,5  | 10,4 | 10,7 | 10,7 | 9,9  | 10,1 | 9,8   |
| 99/00 | 10,4 | 9,4  | 9,1  | 8,8 | 8,5 | 8,7 | 9,3 | 9,6 | 9,9  | 10,5 | 10,9 | 10,8 | 9,7  | 9,1  | 10,2  |
| 00/01 | 10,4 | 9,6  | 9,2  | 8,5 | 8,3 | 8,2 | 8,2 | 9,2 | 9,7  | 10,5 | 10,6 | 10,2 | 9,4  | 9,0  | 9,7   |
| 01/02 | 9,7  | 9,0  | 8,7  | 8,3 | 8,0 | 8,1 | 8,4 | 8,8 | 9,3  | 10,4 | 10,5 | 10,2 | 9,1  | 8,6  | 9,6   |
| 02/03 | 9,9  | 9,1  | 8,4  | 7,9 | 7,8 | 8,2 | 8,7 | 9,2 | 10,1 | 10,7 | 10,9 | 11,0 | 9,3  | 8,6  | 10,1  |
| 03/04 | 10,2 | 9,8  | 9,5  | 8,9 | 8,3 | 8,2 | 8,8 | 9,3 | 10,0 | 10,6 | 11,2 | 10,8 | 9,6  | 9,2  | 10,1  |
| 04/05 | 10,4 | 9,4  | 8,8  | 8,4 | 8,1 | 8,5 | 9,0 | 9,6 | 10,5 | 10,9 | 11,4 | 11,1 | 9,7  | 8,9  | 10,4  |
| 05/06 | 10,2 | 9,3  | 8,7  | 8,3 | 8,1 | 7,9 | 8,3 | 9,1 | 10,0 | 10,9 | 11,5 | 11,5 | 9,5  | 8,8  | 10,2  |
| 06/07 | 10,5 | 9,6  | 9,2  | 9,1 | 8,6 | 8,6 | 9,0 | 9,2 | 9,4  | 10,2 | 10,7 | 10,4 | 9,5  | 9,3  | 9,8   |

Tabla 126: Temperaturas medias mensuales SST9 [°C]

| ANO   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP | OCT | NOV  | DIC  | ENE  | FEB  | MAR  | Ta   | Tplu | Tdes h |
|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 67/68 | 10,8 | 10,2 | 9,3  | 8,3  | 7,6 | 7,7 | 8,2 | 9,1  | 10,1 | 11,0 | 11,1 | 10,9 | 9,5  | 9,0  | 10,1   |
| 68/69 | 10,0 | 9,2  | 9,3  | 8,8  | 8,2 | 7,5 | 8,3 | 9,8  | 10,4 | 11,2 | 11,4 | 10,9 | 9,6  | 8,8  | 10,3   |
| 69/70 | 10,4 | 9,4  | 8,8  | 8,0  | 8,3 | 8,7 | 8,4 | 8,9  | 10,2 | 11,1 | 11,1 | 11,2 | 9,5  | 8,9  | 10,2   |
| 70/71 | 10,3 | 9,4  | 8,9  | 8,5  | 8,2 | 7,9 | 8,4 | 9,2  | 9,9  | 10,3 | 10,2 | 10,3 | 9,3  | 8,9  | 9,7    |
| 71/72 | 10,0 | 9,4  | 9,5  | 8,6  | 8,1 | 8,4 | 9,0 | 9,1  | 9,7  | 10,8 | 11,4 | 10,7 | 9,6  | 9,0  | 10,1   |
| 72/73 | 10,3 | 9,6  | 9,2  | 8,4  | 7,8 | 7,8 | 8,5 | 9,3  | 10,1 | 10,9 | 11,4 | 11,3 | 9,5  | 8,8  | 10,3   |
| 73/74 | 10,2 | 9,2  | 8,9  | 8,0  | 7,7 | 7,9 | 8,5 | 9,1  | 9,5  | 10,3 | 10,7 | 10,8 | 9,2  | 8,6  | 9,8    |
| 74/75 | 10,2 | 9,5  | 8,9  | 8,3  | 7,6 | 7,8 | 8,4 | 8,9  | 9,9  | 10,7 | 11,8 | 11,6 | 9,5  | 8,7  | 10,2   |
| 75/76 | 10,8 | 9,8  | 9,8  | 8,6  | 8,2 | 8,2 | 8,5 | 9,3  | 9,5  | 10,4 | 11,0 | 10,6 | 9,5  | 9,2  | 9,9    |
| 76/77 | 9,8  | 9,4  | 8,6  | 8,0  | 7,4 | 8,1 | 8,7 | 9,6  | 11,0 | 11,6 | 11,8 | 11,3 | 9,6  | 8,6  | 10,7   |
| 77/78 | 10,3 | 9,7  | 9,2  | 8,6  | 8,2 | 8,0 | 8,7 | 9,4  | 10,1 | 11,1 | 11,6 | 11,3 | 9,7  | 9,0  | 10,4   |
| 78/79 | 10,4 | 9,9  | 9,6  | 8,8  | 8,1 | 8,1 | 9,1 | 9,3  | 10,1 | 11,2 | 11,6 | 11,4 | 9,8  | 9,1  | 10,5   |
| 79/80 | 10,7 | 9,7  | 9,4  | 8,8  | 8,6 | 8,1 | 8,3 | 9,3  | 10,6 | 11,4 | 11,8 | 11,6 | 9,8  | 9,2  | 10,5   |
| 80/81 | 10,3 | 9,8  | 9,5  | 8,7  | 8,3 | 8,2 | 8,7 | 9,1  | 9,9  | 10,8 | 11,2 | 10,9 | 9,6  | 9,1  | 10,1   |
| 81/82 | 10,9 | 10,2 | 9,4  | 9,1  | 8,8 | 9,0 | 8,8 | 9,2  | 10,1 | 11,3 | 11,2 | 11,3 | 9,9  | 9,6  | 10,3   |
| 82/83 | 10,5 | 10,2 | 9,8  | 8,9  | 8,6 | 8,8 | 9,4 | 9,9  | 10,9 | 12,0 | 11,9 | 11,3 | 10,2 | 9,5  | 10,9   |
| 83/84 | 10,8 | 10,2 | 9,3  | 8,3  | 8,2 | 8,4 | 9,0 | 9,7  | 10,8 | 11,5 | 11,3 | 11,3 | 9,9  | 9,2  | 10,6   |
| 84/85 | 11,0 | 9,8  | 8,9  | 8,6  | 8,2 | 8,4 | 9,0 | 10,0 | 10,9 | 12,5 | 12,7 | 11,7 | 10,1 | 9,1  | 11,1   |
| 85/86 | 10,7 | 10,1 | 9,7  | 9,1  | 8,7 | 9,0 | 9,5 | 10,1 | 10,7 | 11,4 | 11,2 | 10,9 | 10,1 | 9,5  | 10,6   |
| 86/87 | 10,4 | 10,0 | 9,5  | 8,8  | 8,5 | 8,5 | 9,0 | 9,4  | 9,8  | 10,9 | 11,5 | 11,5 | 9,8  | 9,3  | 10,4   |
| 87/88 | 10,8 | 10,2 | 9,3  | 8,8  | 8,6 | 8,8 | 9,2 | 10,1 | 10,6 | 11,0 | 11,5 | 11,7 | 10,0 | 9,4  | 10,7   |
| 88/89 | 10,8 | 10,0 | 9,4  | 8,9  | 8,6 | 8,5 | 8,8 | 9,1  | 9,7  | 11,0 | 11,1 | 11,3 | 9,8  | 9,4  | 10,2   |
| 89/90 | 10,7 | 10,0 | 9,2  | 8,8  | 8,8 | 8,5 | 8,9 | 9,8  | 10,6 | 11,4 | 11,8 | 11,6 | 10,0 | 9,3  | 10,7   |
| 90/91 | 10,7 | 9,7  | 8,6  | 8,3  | 8,4 | 8,4 | 8,8 | 9,2  | 10,0 | 11,0 | 11,1 | 10,9 | 9,6  | 9,0  | 10,1   |
| 91/92 | 10,3 | 9,9  | 9,3  | 8,6  | 8,5 | 8,7 | 8,8 | 8,8  | 9,8  | 11,0 | 11,5 | 11,5 | 9,7  | 9,2  | 10,2   |
| 92/93 | 10,4 | 9,3  | 8,7  | 8,0  | 7,9 | 8,1 | 8,5 | 9,2  | 10,4 | 11,6 | 11,6 | 11,4 | 9,6  | 8,7  | 10,5   |
| 93/94 | 10,5 | 9,6  | 9,0  | 8,4  | 8,3 | 8,3 | 9,0 | 9,8  | 10,2 | 11,2 | 11,3 | 11,5 | 9,8  | 9,0  | 10,5   |
| 94/95 | 10,8 | 9,9  | 9,3  | 9,0  | 8,3 | 8,7 | 8,9 | 9,6  | 10,6 | 11,6 | 11,9 | 11,5 | 10,0 | 9,3  | 10,7   |
| 95/96 | 10,5 | 9,8  | 9,1  | 8,5  | 7,8 | 7,9 | 8,4 | 9,6  | 10,2 | 11,0 | 11,3 | 11,1 | 9,6  | 8,9  | 10,3   |
| 96/97 | 10,6 | 9,7  | 8,9  | 8,6  | 8,5 | 8,5 | 9,0 | 9,4  | 10,1 | 10,8 | 11,2 | 11,3 | 9,7  | 9,1  | 10,3   |
| 97/98 | 10,9 | 10,1 | 9,6  | 9,1  | 8,7 | 8,8 | 9,4 | 9,8  | 10,8 | 11,6 | 11,9 | 12,3 | 10,3 | 9,5  | 11,0   |
| 98/99 | 11,8 | 11,2 | 10,8 | 10,0 | 9,2 | 8,7 | 8,8 | 9,2  | 9,9  | 10,7 | 11,1 | 11,1 | 10,2 | 10,3 | 10,1   |
| 99/00 | 10,8 | 9,7  | 9,4  | 9,1  | 8,8 | 9,0 | 9,6 | 9,9  | 10,3 | 10,8 | 11,2 | 11,0 | 10,0 | 9,5  | 10,5   |
| 00/01 | 10,7 | 9,9  | 9,6  | 8,7  | 8,5 | 8,4 | 8,5 | 9,5  | 9,9  | 10,8 | 11,0 | 10,5 | 9,7  | 9,3  | 10,0   |
| 01/02 | 10,1 | 9,3  | 9,0  | 8,6  | 8,3 | 8,4 | 8,8 | 9,1  | 9,7  | 10,9 | 10,9 | 10,6 | 9,5  | 8,9  | 10,0   |
| 02/03 | 10,2 | 9,4  | 8,7  | 8,2  | 8,1 | 8,5 | 9,0 | 9,5  | 10,5 | 11,0 | 11,2 | 11,4 | 9,6  | 8,8  | 10,4   |
| 03/04 | 10,4 | 9,9  | 9,7  | 9,1  | 8,5 | 8,3 | 9,0 | 9,6  | 10,4 | 10,9 | 11,5 | 11,1 | 9,9  | 9,3  | 10,4   |
| 04/05 | 10,7 | 9,7  | 9,0  | 8,5  | 8,3 | 8,7 | 9,3 | 9,9  | 10,7 | 11,3 | 11,7 | 11,3 | 9,9  | 9,1  | 10,7   |
| 05/06 | 10,4 | 9,5  | 8,9  | 8,5  | 8,4 | 8,1 | 8,5 | 9,3  | 10,2 | 11,0 | 11,7 | 11,7 | 9,7  | 9,0  | 10,4   |
| 06/07 | 10,6 | 9,8  | 9,4  | 9,3  | 8,8 | 8,8 | 9,2 | 9,4  | 9,6  | 10,4 | 10,9 | 10,6 | 9,7  | 9,4  | 10,0   |