



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LAS CUENCAS DE LA PARTE SUR DE LA MACROZONA AUSTRAL E ISLA DE PASCUA

ANEXOS

REALIZADO POR:

UNIVERSIDAD DE CHILE

SIT N°444

SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2019

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Civil Industrial, Sr. Alfredo Moreno Charme

Director General de Aguas
Ingeniero Comercial, Sr. Óscar Cristi Marfil

Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil, M.Sc. Sr. Mauricio Lorca Miranda

Inspector Fiscal
Ingeniera Agrícola, M.Sc. Pamela García Serrano

Inspector Fiscal (s)
Geógrafo, Sr. Guillermo Tapia

UNIVERSIDAD DE CHILE

JEFA DE PROYECTO

Ingeniera Civil, Sra. Ximena Vargas

Coordinador Técnico y especialista en SIG

Ingeniero Civil, M.Sc. Miguel Lagos

ESPECIALISTAS

Especialista en Hidrología

Ingeniero Civil, Ph.D. Sr. Pablo Mendoza

Especialista en Meteorología

Ing. Civil Químico, Ph.D. en Ciencias Atmosféricas, Sr. Roberto Rondanelli

Especialista en Variabilidad Climática

Físico, Ph.D. en Ciencias Climáticas Sr. Juan Pablo Boisier

Especialista en Glaciología

Físico, Doctor of Sciences, Sr. Marius Schaefer

Especialista en Hidrogeología

Geóloga, Ph.D. Sra. Dolorinda Daniele

UNIVERSIDAD DE CHILE

EQUIPO DE PROFESIONALES

Ingeniero Civil, Dimitri Dionizis

Ingeniero Civil, Eduardo Muñoz

Físico, Sr. Duilio Fonseca

Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Sr. Alberto Jopia

Licenciado en Cs. De la Ingeniería, Mención Civil, Sr. Diego Hernández

EQUIPO DE ASESORES

Asesores en Hidrología

Ingeniera Civil, Ph.D. Camila Álvarez

Ingeniero Civil, MSc., Javier Cepeda

Ingeniero Civil, MSc., Nicolás Vásquez

Asesor en Meteorología

Ingeniero Civil, Sr. Tomás Gómez

Agradecimientos

Powered@NLHPC: Esta investigación fue parcialmente apoyada por la infraestructura de supercómputo del NLHPC (ECM-02)

CONTENIDO

A. Anexo A: Manual de Usuario Herramienta Balance Hídrico	A.1
A.1. Descripción del lenguaje de programación R.....	A.1
A.2. Comandos básicos.....	A.1
A.3. Descripción y forma de uso de la herramienta	A.1
B. Anexo B: Modelo Hidrológico VIC	B.1
B.1 Modelo Variable Infiltration Capacity (VIC)	B.1
B.1.1. Descripción Modelo VIC.....	B.1
B.1.2. Procesamiento de variables de entrada asociadas al tipo y uso de suelo	B.8
B.2. Generación de la información necesaria para la incorporación del riego en la modelación	B.12
B.3. Criterios de Eficiencia utilizados en la Calibración	B.15
C. Anexo C: Detalles Recopilación de Antecedentes	C.1
C.1. Revisión de Antecedentes: Documentos DGA	C.1
Balance Glaciológico del Glaciar Nef, campo de Hielo Norte, y catastro de glaciares de algunas cuencas de la zona central y sur del país.....	C.1
Variaciones recientes de glaciares en Chile, según principales zonas glaciológicas	C.2
Variaciones recientes de glaciares en respuesta al cambio climático características glaciológicas de los glaciares san Rafael, Nef y Colonia, campo de hielo norte	C.3
Implementación Nivel 2 Estrategia Nacional de Glaciares: Mediciones Glaciológicas Terrestres en Chile Central, Zona Sur y Patagonia	C.5
Redefinición de la clasificación red hidrográfica a nivel Nacional	C.6
Análisis y Modelación Hidrológica del río Palena	C.7
Análisis y modelación hidrológica cuenca del Río Cisnes.....	C.8
Análisis efecto en el régimen hídrico por cambio en patrones meteorológicos	C.9
Atlas del Agua. Chile 2016	C.12
Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile	C.13
Caracterización Hidrogeológica de la Isla de Pascua	C.14
C.2. Detalles revisión de artículos científicos recomendados	C.15
Annual glacier elevation change rate raster dataset, South American Andes 2000 and 2011-2015.....	C.15
Ice elevation and areal changes of glaciers from the Northern Patagonia Icefield, Chile	C.16
Temperature index melt modelling in mountain areas	C.17
Physical basis for the temperature-based melt-index model	C.18
Hydrological regime of remote catchments with extreme gradients under accelerated change: the baker basin in patagonia	C.19
Global-scale Hydrological response to future glacier mass loss	C.20
D. Anexo D: Hidrogeología	D.1
D.1. Río Cuervo en Desembocadura.....	D.1
D.2. Río Ñirehuao en Villa Mañihuales.....	D.4
D.3. Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales	D.8
D.4. Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson	D.12
D.5. Río Huemules Frente Cerro Galera	D.16
D.6. Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo	D.20

D.7. Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro.....	D.24
D.8. Río Blanco Antes Junta Huemules.....	D.28
D.9. Río Pollux Antes Junta Simpson	D.32
D.10. Río Claro en Piscicultura	D.36
D.11. Río Coyhaique en Tejas Verdes.....	D.40
D.12. Río Simpson Bajo Junta Coyhaique	D.44
D.13. Río Blanco en Desagüe Lago Caro	D.48
D.14. Río Blanco Antes Junta Río Aysén	D.52
D.15. Río Aysén en Puerto Aysén	D.56
D.16. Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor.....	D.60
D.17. Río Ibáñez Antes Junta Cajón	D.64
D.18. Río Claro Antes Junta Río Ibáñez	D.67
D.19. Río Ibáñez en Desembocadura	D.71
D.20. Río Murta en Desembocadura	D.75
D.21. Río Jeinimeni en Chile Chico	D.79
D.22. Río El Baño en Chile Chico.....	D.82
D.23. Río Baker en Desagüe Lago Bertrand.....	D.86
D.24. Río Nef Antes Junta Estero El Revalse.....	D.90
D.25. Río Cochrane en Cochrane.....	D.94
D.26. Río Baker en Angostura Chacabuco	D.98
D.27. Río Baker en Colonia	D.102
D.28. Río Baker Bajo Nadis	D.106
D.29. Río Mayer en Desembocadura.....	D.110
D.30. Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins.....	D.114
D.31. Río Pascua Ante Junta Río Quetru	D.118
D.32. Río Paine en Parque Nacional N°2	D.122
D.33. Río Baguales en Cerro Guido	D.126
D.34. Río Vizcachas en Cerro Guido	D.130
D.35. Río Don Guillermo en Cerro Castillo	D.134
D.36. Río Las Chinas en Cerro Guido	D.138
D.37. Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro.....	D.142
D.38. Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9.....	D.146
D.39. Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro.....	D.150
D.40. Río Rincón en Ruta Y-290.....	D.154
D.41. Río Grey Antes Junta Serrano	D.157
D.42. Río Geikie en Desembocadura.....	D.161
D.43. Río Tindall en Desembocadura	D.164
D.44. Río Cañadón N°1 en Desembocadura	D.167
D.45. Río Serrano en Desembocadura	D.170
D.46. Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro.....	D.174
D.47. Río Serrano Antes Junta Grey	D.178
D.48. Río Prat en Desembocadura	D.182
D.49. Río Tranquilo en Ruta N°9.....	D.186
D.50. Río Hollemberg en Desembocadura	D.190
D.51. Río Grande en Isla Riesco.....	D.193
D.52. Río Pérez en Desembocadura	D.197

D.53. Río Grande en Seno Otway	D.200
D.54. Río Calete en Seno Otway	D.204
D.55. Río San Juan en Desembocadura	D.208
D.56. Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos	D.212
D.57. Río Leñadura Antes Bt. Sendos	D.216
D.58. Río Las Minas en Bt. Sendos	D.219
D.59. Río Rubens en Ruta N°9	D.223
D.60. Río Penitente en Morro Chico	D.227
D.61. Río Chaike Antes Frontera	D.231
D.62. Río Side en Cerro Sombrero	D.235
D.63. Río Óscar en Bahía San Felipe	D.239
D.64. Río Oro en Bahía San Felipe	D.243
D.65. Río Caleta en Tierra Del Fuego	D.247
D.66. Río Azopardo en Desembocadura	D.251
D.67. Río Cullen en Frontera	D.254
D.68. Río San Martín en San Sebastián	D.258
D.69. Río Chico en Ruta Y-895	D.261
D.70. Río Herminita en Ruta Y-895	D.264
D.71. Río Grande en Tierra Del Fuego	D.268
D.72. Río Catalina en Pampa Guanacos	D.272
D.73. Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)	D.275
D.74. Río Róbaló en Puerto Williams	D.279
E. Anexo E: modelación Hidrológica de Rapa Nui	E.1
E.1. Antecedentes Generales	E.1
E.2. Parámetros de Suelo y Vegetación	E.2
E.3. Temperatura Mensual	E.5
E.4. Precipitación Mensual	E.6
E.5. Distribución de Forzantes a escala temporal diaria	E.7
E.6. Resultados Modelación Hidrológica	E.8
E.7. Referencias	E.10
F. Anexo F: Estimación de los aportes glaciares	F.1
G. Anexo G: Cambio climático	G.1
H. Anexo H: Resultados del proceso de Calibración	H.1
I. Anexo I: Atlas de Mapas	I.1

Nota: Los Anexos F, G, H e I, se encuentran disponibles en formato digital, dejándose en este documento sólo una breve descripción de los contenidos que se encuentran disponibles en cada uno.

A. ANEXO A: MANUAL DE USUARIO HERRAMIENTA BALANCE HÍDRICO

El presente anexo presenta la herramienta de consulta realizada por la Universidad de Chile, con el fin de simplificar la obtención de resultados asociados al proyecto de la actualización del balance hídrico nacional. Esta herramienta fue desarrollada en el entorno y lenguaje de programación R. A continuación, se presenta una descripción del lenguaje de programación, comandos básicos, descripción y forma de uso de la herramienta.

A.1. DESCRIPCIÓN DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN R

R es un entorno de lenguaje de programación gratuito ampliamente utilizado a nivel mundial para investigación científica. Cuenta con la factibilidad de cargar diferentes bibliotecas o paquetes con funcionalidades de cálculo y generación de gráficos, ya que forma parte de un proyecto colaborativo y abierto. Sus usuarios pueden publicar paquetes que extienden su configuración básica (<https://web.archive.org/web/20101221001753/http://cran.r-project.org/web/packages/>).

Para simplificar la visualización de mapas, variables y consola, se utiliza el software RStudio, el cual se acopla de manera automática R.

Link de descarga de R: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>

Link de descarga de RStudio: <https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/>

A.2. COMANDOS BÁSICOS

En el presente acápite se presentan los comandos básicos para poder ejecutar la herramienta entregada. Para una mejor comprensión del lenguaje de programación R, ver el Manual de R para principiantes (https://cran.r-project.org/doc/contrib/rdebuts_es.pdf).

- `install.packages('Nombre_paquete')`: instala paquetes disponibles en el repositorio cran en el pc. Este proceso se debe realizar una única vez.
- `library(Nombre_paquete)`: Carga un paquete instalado previamente en el pc.
- `setwd('directorio')`: Define el directorio de trabajo. Es importante destacar que en R se utiliza "/" en vez de "\" para los directorios.
- **Seleccionar todo**: Para seleccionar todo un comando, basta con apretar Ctrl+A
- **Correr seleccionado**: Para correr todas las líneas seleccionadas de un comando, se debe apretar Ctrl+Enter.

Debido a las características del lenguaje de programación, los acentos, ñ y otras características representan complicaciones, por lo que es altamente recomendable evitarlas.

A.3. DESCRIPCIÓN Y FORMA DE USO DE LA HERRAMIENTA

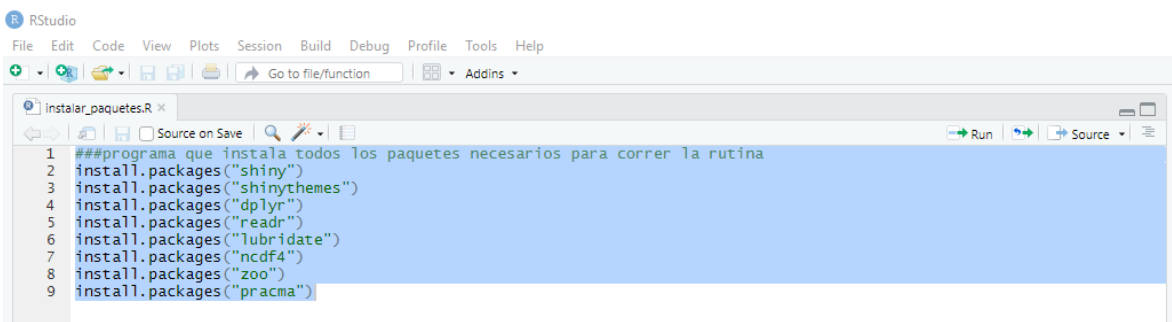
Los resultados presentados en el contexto del proyecto de Actualización del Balance Hídrico Nacional, en sus distintas etapas, corresponde a matrices en 3 dimensiones (latitud, longitud, tiempo) presentadas en archivos con formato netcdf, lo que representa una barrera importante asociada a su uso, ya que no todos

los usuarios cuentan con la base de programación necesaria para obtener información a partir de esta base de datos. Por este motivo fue elaborada una herramienta de consulta creada en R, con el fin de obtener series de tiempo sencillas a partir de la información compleja. Esta información se presenta en forma gráfica, y permite al usuario realizar la descarga de archivos formato csv (similar a Excel) sencillos.

La base de la herramienta consiste en archivos de máscaras asociadas a distintas zonas de estudio (cuencas, comunas, regiones) y las matrices en tres dimensiones de distintas variables hidrometeorológicas (precipitación, caudal, etc). Toda la información necesaria se encuentra en la carpeta Capacitacion_Balance, donde todos archivos y carpetas encontrados al interior cumplen un rol importante **y es fundamental no cambiar el nombre de dichos archivos.**

A continuación, se detallan los pasos necesarios para correr la herramienta.

1. Tener instalado en su pc los softwares señalados en el capítulo 2 del presente Anexo (R y Rstudio).
2. Tener la carpeta Capacitacion_Balance en su disco duro o en un disco externo que no posean acentos, comas, puntos u otros símbolos (#\$%& u otros).
3. Contar con internet
4. Apretar doble clic en el archivo instalar_paquetes.R, y seleccionar que el medio de apertura sea RStudio. Una vez abierto el archivo en RStudio, seleccionar todo (Ctrl+A) y correr la rutina (Ctrl+Enter). Este paso se debe realizar solo la primera vez que se desee abrir la herramienta, ya que con esta rutina se instalan en su PC los paquetes necesarios. En las Figura A.A.1, Figura A.A.2 y Figura A.A.3 se presenta la secuencia que se presentará una vez seleccionada toda la rutina y el proceso de ejecución de la misma.



```
1 ##programa que instala todos los paquetes necesarios para correr la rutina
2 install.packages("shiny")
3 install.packages("shinythemes")
4 install.packages("dplyr")
5 install.packages("readr")
6 install.packages("lubridate")
7 install.packages("ncdf4")
8 install.packages("zoo")
9 install.packages("pracma")
```

Figura A.A.1: Contenido de la rutina instalar_paquetes. Las líneas en azul representan que todo el archivo fue seleccionado mediante Ctrl+A.

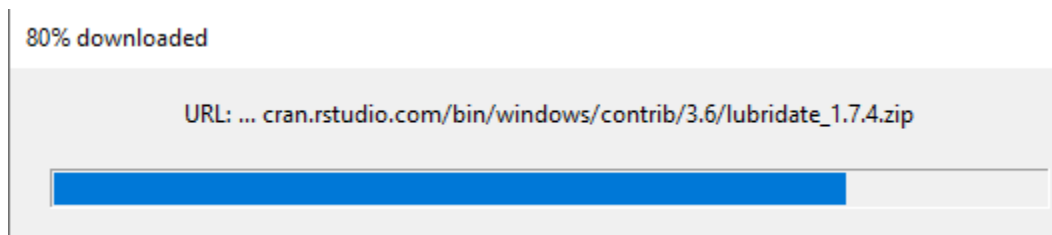


Figura A.A.2: Una vez apretado Ctrl+Enter comenzarán a instalarse los paquetes solicitados.

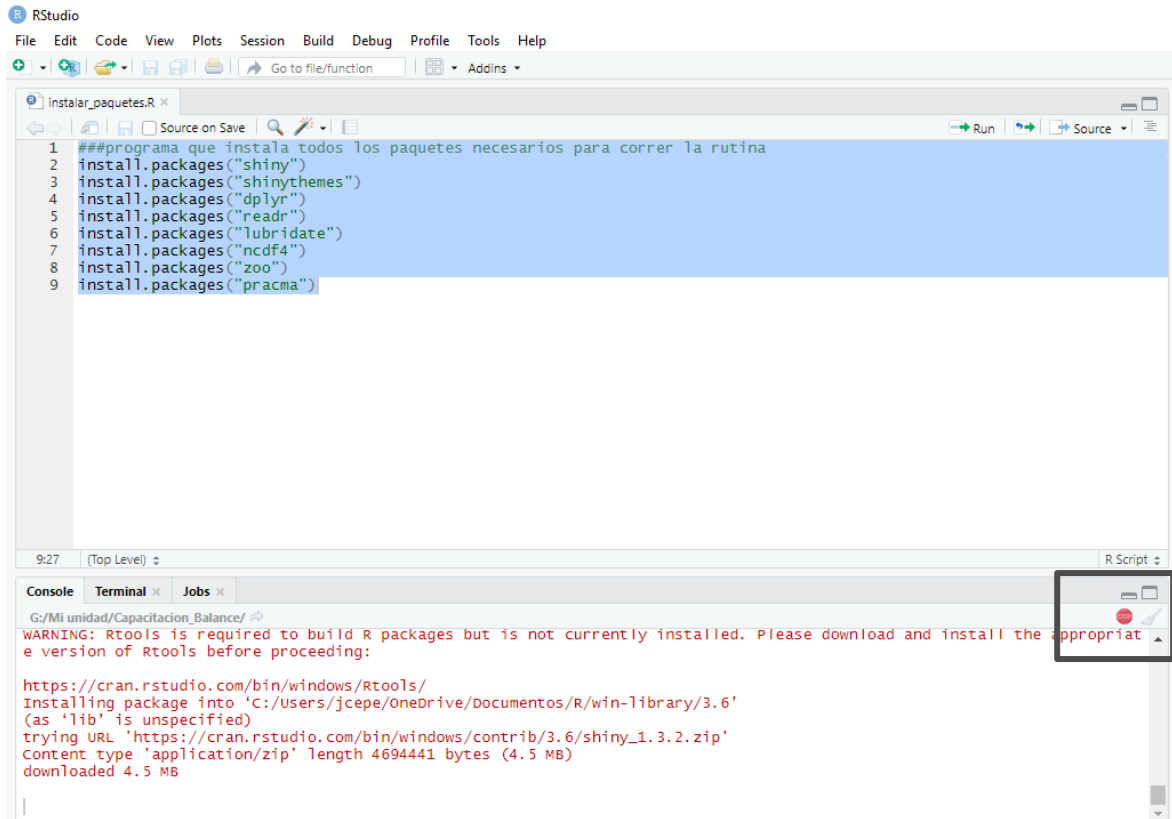


Figura A.A.3: Configuración de la pantalla al instalar los paquetes. EN la parte destacada en verde se aprecia un signo pare, el cual representa que la rutina está corriendo. Cuando esta figura desaparece por más de 10 segundos implica que la rutina ya finalizó.

Una vez finalizada la rutina `instalar_paquetes`, volver a la carpeta `Capacitacion_balance` y apretar doble click en el archivo `capacitación_final`, el que se abrirá en RStudio. En este caso, el usuario debe modificar la línea 2, la que señala en que directorio se está trabajando. Hay que recordar que en R se utiliza `"/` en vez de `"\` para los directorios. El directorio original es `'G:/Mi unidad/Capacitacion_Balance/`, y se debe cambiar por algo similar a `Directorio_usuario/Capacitacion_Balance/`, según el directorio en el que se encuentre la carpeta.

```

1 rm(list = ls())
2 setwd("G:/Mi unidad/Capacitacion_Balance/")##cambiar el directorio al directorio en el que se encuentra guardada la
3 # Load packages
4 library(shiny)
5 library(shinythemes)
6 library(dplyr)
7 library(readr)
8 library(lubridate)
9 library(ncdf4)
10 library(zoo)
11 library(pracma)
12 # Posibles variables a leer
13 forzantes=c("PP","TEMP","WIND","HR")
14 VIC=c("Caudal","SWE","Cobertura_Nival","SM1","SM2","SM3","ET","SUBL")
15 variables=c("Caudal","SWE","Cobertura_Nival","SM1","SM2","SM3","ET","SUBL","PP","TEMP","WIND","HR")
16
17 periodo=c("Historico_obs","CCSM","CSIRO","IPSL","MIROC","Promedio_entre_GCMS")
18 escala_temporal=c("Mensual","Anual")
19 zona_estudio<-read_csv('zona_estudio.csv')
20 region_trabajo<-read_csv("region_trabajo_v2.csv")
21 dir_original<-getwd()
22 unidades<-c('[m3/s]','[mm]','[%]','[mm]','[mm]','[mm]','[mm/dia]','[mm/dia]','[mm]','[c]','[m/s]','[frac]','[w/m]')
23
24

```

Figura A.A.4: Se debe modificar la línea 2 de la rutina capacitación_final

- Se debe seleccionar toda la rutina apretando Ctrl+A y posteriormente ejecutarla mediante Ctrl+Enter. Después de aproximadamente 10-15 segundos, se desplegará una ventana como la presentada en la Figura A.A.5.



Figura A.A.5: Ventana desplegada al ejecutar la rutina capacitación_final.

Una vez realizados los pasos mencionados previamente, el usuario puede utilizar la herramienta elaborada. A continuación se realiza una descripción de cada una de las pestañas presentadas, donde el usuario tiene la opción de seleccionar cada una de las alternativas.

1. Escala Espacial

- Cuencas Camels: Asociadas a las estaciones fluviométricas
- Cuencas DARH: Delimitadas por CIREN. Actualización de cuencas BNA
- Region: 16 regiones de Chile
- Comuna: 346 comunas de Chile.

Al seleccionar una de las alternativas se desplegará toda la información asociada. Por ejemplo, al seleccionar la alternativa Region se presenta el nombre de las regiones de Chile (ver Figura A.A.6). Las alternativas Cuenca (tanto Camels como DARH) entregan el código característico más su nombre.

Analisis informacion Balance Hidrico de Chile

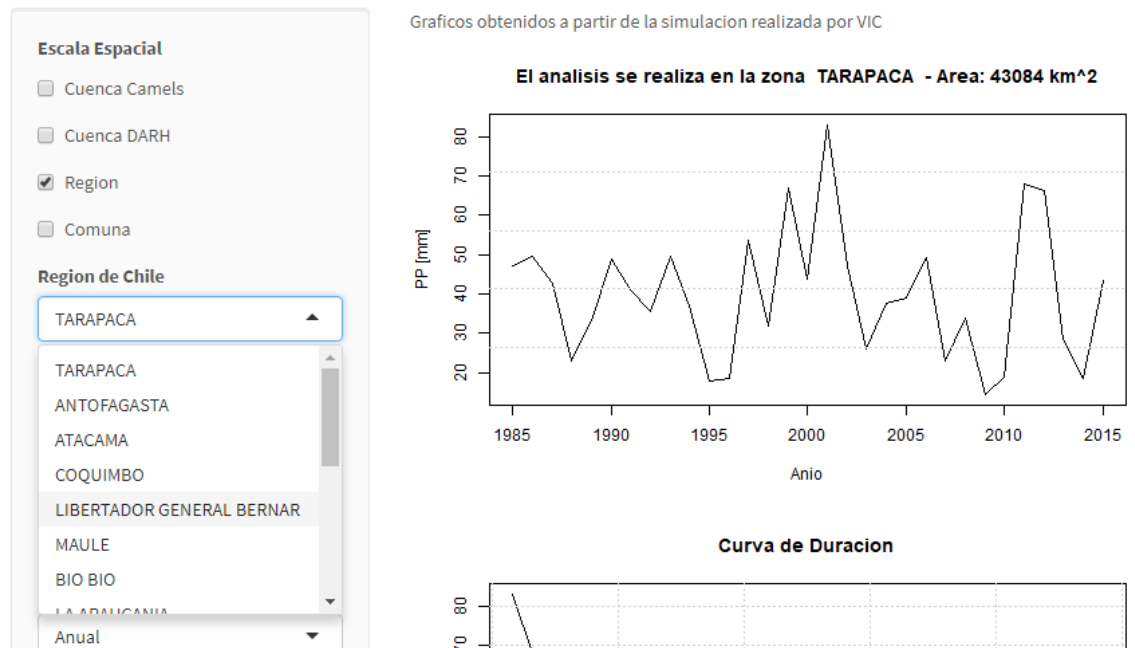


Figura A.A.6: Despliegue de información al seleccionar la escala espacial Region.

2. Período de tiempo

- Histórico (1985-2015)
- Cambio Climático: 4 GCMs + promedio GCMs (1985-2060)

3. Tipo de Variable

- Forzante Meteorológica
 - PP: precipitación acumulada en una ventana temporal (mes o año)
 - TEMP: temperatura media a 2 metros de elevación asociada a una ventana temporal (mes o año)

- WIND: viento a 2 metros de elevación medio asociada a una ventana temporal (mes o año)
- HR: Humedad relativa en fracción (valores entre 0 y 1) a 2 metros asociada a una ventana temporal (mes o año)
- Salida de modelación: este tipo de variable solo se despliega si se selecciona la escala espacial de Cuenca.
 - Caudal: caudal medio modelado mediante VIC en distintas ventanas temporales (mes o año)
 - SWE: equivalente en agua de nieve (Snow Water Equivalent) promedio en la cuenca y en la ventana temporal (mes o año)
 - Cobertura nival: Fracción del área en la que existe nieve, a nivel promedio en la ventana temporal (mes o año)
 - SM1: humedad del suelo en la primera capa de suelo, a nivel promedio en la cuenca
 - SM2: humedad del suelo en la segunda capa de suelo, a nivel promedio en la cuenca
 - SM3: humedad del suelo en la tercera capa de suelo, a nivel promedio en la cuenca

4. Agregación Temporal

- Mensual y Anual

Si se selecciona la escala anual se presenta la información de Serie de tiempo y curva de duración, mientras que si se selecciona la escala mensual se adiciona la curva de variación estacional.

5. Año inicio y Año fin

6. Exportar

- Formato de exportación: CSV

B. ANEXO B: MODELO HIDROLÓGICO VIC

B.1 MODELO VARIABLE INFILTRATION CAPACITY (VIC)

B.1.1. DESCRIPCIÓN MODELO VIC

El modelo "Variable Infiltration Capacity" (VIC) es semi-distribuido, de base física y está diseñado para grandes zonas representadas mediante píxeles de tamaño mucho mayor a un kilómetro. Como en zonas de gran heterogeneidad esto puede ser insuficiente, es posible incluir "n" tipos de vegetación (o usos de suelo) en cada píxel, además de crear bandas de elevación para incluir el efecto topográfico sobre las forzantes (precipitación y temperatura).

Cada tipo de uso de suelo, en cada píxel, es representado mediante su índice de área foliar (LAI, por sus siglas en inglés), por la resistencia del follaje y por el porcentaje de raíces que cada uso de suelo tiene en las distintas capas del mismo. A pesar de que existen muchos procesos representados en VIC, los principales corresponden a la evapotranspiración, acumulación y derretimiento de nieve, infiltración y generación de flujo base y escorrentía superficial. Adicionalmente, se estima un balance de energía donde la incógnita es la temperatura del suelo, y para cada paso de tiempo ésta se debe iterar para cerrar dicho balance.

En la Figura A.1 se muestran los procesos de evaporación desde suelo desnudo (E_1), evaporación de agua interceptada en el follaje (E_c), transpiración (E_t), precipitación (P), escorrentía producto de la precipitación en exceso (Q_d), flujo base (Q_b) y el traspaso de agua entre las distintas capas del suelo (Q_{12}). Además, se muestra la representación de los usos de suelo en cada píxel.

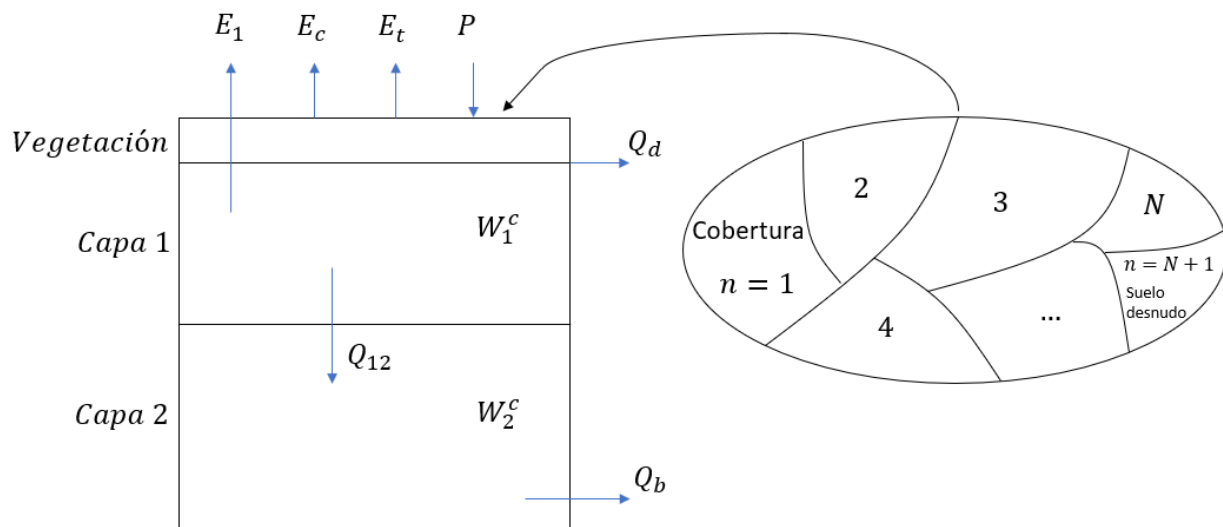


Figura A.1: Representación de los principales procesos físicos modelados por VIC. Modificado de Liang *et al.* (1994).

B.1.1.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN

El modelo considera tres tipos de evaporación: (1) evaporación desde el follaje debido a la intercepción de precipitación, (2) la transpiración de la vegetación y (3) la evaporación desde el suelo desnudo. La evapotranspiración (ET) de cada pixel corresponde a la suma proporcional por área de E_c , E_t y E_1 .

La máxima evaporación de agua interceptada en el follaje está dada por la Ecuación A.1.

$$E_c^*[n] = \left(\frac{W_i[n]}{W_{im}[n]} \right)^{2/3} \cdot E_p[n] \cdot \frac{r_w[n]}{r_w[n] + r_0[n]} \quad \text{A.1}$$

Donde n hace referencia al índice de uso de suelo, $W_i[n]$ es el agua interceptada por el follaje y $W_{im}[n]$ es la máxima cantidad de agua que el follaje puede interceptar. $E_p[n]$ es la evaporación potencial según Penman-Monteith con una resistencia del follaje igual a cero. $r_0[n]$ es la resistencia debido a la variación del gradiente de humedad específica entre las hojas y el aire sobre el follaje. $r_w[n]$ es la resistencia aerodinámica producto de la transferencia de agua. La máxima cantidad de agua que puede ser interceptada por el follaje está dada por la Ecuación A.2.

$$W_{im}[n] = K_L \cdot LAI[n, m] \quad \text{A.2}$$

Donde $LAI[n, m]$ corresponde al índice de área foliar para el uso de suelo n y mes m y K_L es una constante igual a 0.2 [mm].

La resistencia aerodinámica de la transferencia de agua se calcula según la Ecuación A.3.

$$r_w[n] = \frac{1}{C_w[n] u_n(z_2)} \quad \text{A.3}$$

Con $u_n(z_2)$ el viento en el uso de suelo n a una altura z_2 y C_w el coeficiente de transferencia de agua que se estima considerando la estabilidad atmosférica según la Ecuación A.4.

$$C_w[n] = 1,351 \cdot a^2[n] \cdot F_w[n] \quad \text{A.4}$$

Donde

$$a^2[n] = \frac{K^2}{\left[\ln \left(\frac{z_2[n] - d_0[n]}{z_0[n]} \right) \right]^2} \quad \text{A.5}$$

Es el coeficiente de arrastre para el caso de una estabilidad semi-neutra, K es la constante de Von Karman (igual a 0,4), $d_0[n]$ es la altura de desplazamiento plano y z_0 es la rugosidad. $F_w[n]$ se define como

$$F_w[n] = 1 - \frac{9,4 Ri_B[n]}{1 + c \cdot |Ri_B[n]|^2} \quad Ri_B[n] < 0 \quad \text{A.6}$$

$$F_w[n] = \frac{9,4 Ri_B[n]}{(1 + 4,7 \cdot Ri_B[n])^2} \quad 0 \leq Ri_B[n] \leq 0,2 \quad \text{A.7}$$

Donde $Ri_B[n]$ es el número de Richardson y c se expresa como

$$c = 49,82 \cdot \alpha^2[n] \cdot \left(\frac{z_2[n] - d_0[n]}{z_0[n]} \right)^{1/2} \quad \text{A.8}$$

Por otra parte, la transpiración se puede estimar según la Ecuación A.9

$$E_t[n] = \left[1 - \left(\frac{W_i[n]}{W_{im}[n]} \right)^2 \right] \cdot E_p \cdot \frac{r_w[n]}{r_w[n] + r_0[n] + r_c[n]} \quad \text{A.9}$$

Donde $r_c[n]$ es la resistencia del follaje dada por la Ecuación A.10

$$r_c[n] = \frac{r_{0c}[n]g_{sm}[n]}{LAI[n, m]} \quad \text{A.10}$$

En la Ecuación A.11 $r_{0c}[n]$ corresponde a la resistencia mínima del follaje, $g_{sm}[n]$ es un factor que integra el estrés debido a la humedad del suelo y que depende de la cantidad de agua disponible en la capa de raíces. Los valores que toman son

$$\begin{aligned} g_{sm}^{-1} &= 1 & W_j &\geq W_j^{cr} \\ g_{sm}^{-1} &= \frac{W_j[n] - W_j^*}{W_j^{cr} - W_j^*} W_j^w \leq W_j[n] \leq W_j^{cr} & \text{A.11} \\ g_{sm}^{-1} &= 0 & W_j[n] &< W_j^w \end{aligned}$$

Donde $W_j[n]$ es la humedad del suelo en la capa j , $j = 1, 2, \dots, W_j^{cr}$ es la humedad crítica tal que si la humedad es mayor, E_t no se ve afectada por el estrés hídrico y W_j^w es la humedad del suelo equivalente a la capacidad de campo. El agua puede extraerse desde las capas del suelo según la proporción de raíces que cada capa tenga: $f_j[n]$.

Se considera que no existe estrés ($g_{sm}[n] = 1$) si (i) $W_2[n]$ es mayor o igual a W_2^{cr} y $f_2[n] > 0,5$ ó (ii) $W_1[n]$ es mayor o igual a W_1^{cr} y $f_1[n] > 0,5$. En caso de que ocurra (i), la transpiración es alimentada desde la segunda capa, es decir, $E_t[n] = E_2^t[n]$ (sin importar la cantidad de agua que tiene la capa 1). En caso que ocurra (ii), la transpiración toma agua desde la capa 1, es decir, $E_t[n] = E_1^t[n]$. En cualquier otro caso, la transpiración se estima según la Ecuación A.12

$$E_t[n] = f_1[n] \cdot E_1^t[n] + f_2[n] \cdot E_2^t[n] \quad \text{A.12}$$

Donde $E_1^t[n]$ y $E_2^t[n]$ son la transpiración desde las capas 1 y 2 respectivamente, que se calculan usando la Ecuación A.9.

En caso que ocurra un evento de precipitación con una intensidad menor a la tasa de evaporación desde el follaje, ésta se debe considerar para alimentar la demanda en cada paso de tiempo. En este caso, la evaporación desde el follaje ($E_c[n]$) es

$$E_c[n] = f[n] \cdot E_c^*[n] \quad \text{A.13}$$

Donde $f[n]$ es la fracción de tiempo requerido para que la evaporación desde el follaje consuma toda el agua interceptada, y está dada por la Ecuación A.14

$$f[n] = \min\left(1, \frac{W_t[n] + P \cdot \Delta t}{E_c^*[n] \cdot \Delta t}\right) \quad \text{A.14}$$

Donde P es la tasa de precipitación y dt es el paso de tiempo. Luego, la transpiración durante el paso de tiempo se obtiene según la Ecuación A.15

$$E_t[n] = (1 - f[n]) \cdot E_p[n] \cdot \frac{r_w[n]}{r_w[n] + r_o[n] + r_c[n]} + f[n] \left[1 - \left(\frac{W_i[n]}{W_{im}[n]} \right)^{\frac{2}{3}} \right] E_p[n] \frac{r_w[n]}{r_w[n] + r_o[n] + r_c[n]} \quad \text{A.15}$$

La evaporación desde el suelo desnudo extrae agua solamente desde la primera capa de suelo. Cuando la primera capa está saturada, la evaporación es igual a la evaporación potencial $E_p[N + 1]$, donde $N + 1$ hace referencia al número que identifica el suelo desnudo. En consecuencia, se tiene $E_1 = E_p[N + 1]$. Cuando la primera capa no está saturada, la tasa de evaporación E_1 varía dentro del área desnuda debido a la heterogeneidad en infiltración, topografía y características del suelo. En este caso, E_1 se calcula considerando que la capacidad de infiltración varía dentro de un área según la Ecuación A.16

$$i = i_m [1 - (1 - A)^{1/b_i}] \quad \text{A.16}$$

Donde i e i_m corresponden a la capacidad de infiltración y la capacidad máxima de infiltración respectivamente, A es la fracción de área donde la infiltración es menor a la tasa i y b_i es un parámetro de forma. Si A_s es el área que se encuentra saturada e i_0 la tasa de infiltración de dicha área, entonces la tasa de infiltración E_1 se obtiene según la Ecuación A.17

$$E_1 = E_p[N + 1] \left[\int_0^{A_s} dA + \int_{A_s}^1 \frac{i_0}{i_m (1 - (1 - A))^{1/b_i}} dA \right] \quad \text{A.17}$$

La Ecuación A.16 se ve mejor representada en la Figura A.2.

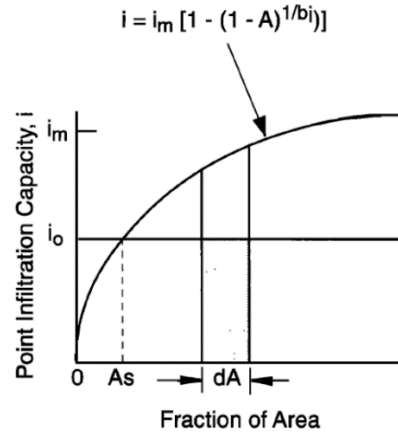


Figura A.2: Representación del cálculo de la evaporación desde suelos desnudos. Extraído de Liang *et al.* (1994).

Como no existe una expresión analítica para la segunda integral, ésta se debe estimar mediante una expansión de series, tal como se muestra en la Ecuación A.18

$$E_1 = E_p[N + 1] \left\{ A_s + \frac{i_0}{i_m} (1 - A_s) \left[1 + \frac{b_i}{1 + b_i} (1 - A_s)^{1/b_i} + \frac{b_i}{2 + b_i} (1 - A_s)^{2/b_i} + \frac{b_i}{3 + b_i} (1 - A_s)^{3/b_i} + \dots \right] \right\} \quad \text{A.18}$$

B.1.1.2. BALANCE EN EL FOLLAJE

El balance en la capa que intercepta agua se describe según la Ecuación A.19

$$\frac{dW_i[n]}{dt} = P - E_c[n] - P_t[n] , \quad 0 \leq W_i[n] \leq W_{im}[n] \quad \text{A.19}$$

Donde $P_t[n]$ es la el agua que traspasa el follaje cuando $W_{im}[n]$ se excede.

A.1.1.3. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL DESDE EL SUELO DESNUDO

La escorrentía se calcula usando la Ecuación A.16. La máxima capacidad de la primera capa del suelo, W_1^c , está relacionada con las variables i_m y b_i según la expresión $W_1^c = i_m / (1 + b_i)$. El modelo supone que la escorrentía es generada en aquellas zonas donde la precipitación, sumada al almacenamiento en el suelo en el paso de tiempo anterior, excede la capacidad del suelo. La escorrentía directa en estas áreas es $Q_d[N + 1]$, donde $N + 1$ indica el suelo desnudo. Luego, $Q_d[N + 1]$ se obtiene mediante la Ecuación A.20.

$$Q_d[N + 1] \cdot \Delta t = P \cdot \Delta t - W_1^c + W_1^-[N + 1] \quad , \quad i_0 + P \cdot \Delta t \geq i_m$$

A.20

$$Q_d[N + 1] \cdot \Delta t = P \cdot \Delta t - W_1^c + W_1^-[N + 1] + W_1^c \left[1 - \frac{i_0 + P \cdot \Delta t}{i_m} \right]^{1+b_1} \quad , \quad i_0 + P \cdot \Delta t \leq i_m$$

Donde $W_1^-[N + 1]$ es el contenido de agua en la capa 1 al inicio del paso de tiempo. Luego, el balance en la primera capa de suelo es

$$W_1^+[N + 1] = W_1^-[N + 1] + (P - Q_d[N + 1] - Q_{12}[N + 1] - E_1) \cdot \Delta t \quad \text{A.21}$$

Donde $W_1^+[N + 1]$ es el contenido de agua en la primera capa de suelo al final del paso de tiempo y $Q_{12}[N + 1]$ es el drenaje desde la primera a la segunda capa de suelo debido a la gravedad, la cual se estima según la Ecuación A.22

$$Q_{12}[N + 1] = K_s \left(\frac{W_1[N + 1] - \theta_r}{W_1^c - \theta_r} \right)^{\frac{2}{B_p} + 3} \quad \text{A.22}$$

Con K_s la conductividad hidráulica saturada, θ_r el contenido de humedad residual y B_p el índice de distribución de tamaño de poros.

A.1.1.1 D.1.1.4. ESCORRENTÍA SUBSUPERFICIAL DESDE EL SUELO DESNUDO

Estas ecuaciones aplican sólo a la capa más profunda del suelo, donde se produce el “flujo base”, el cual se obtiene mediante la Ecuación A.23

$$Q_b[N + 1] = \frac{D_s D_m}{W_s W_2^c} \cdot W_2^-[N + 1] \quad , \quad 0 \leq W_2^-[N + 1] \leq W_s W_2^c$$

$$Q_b[N + 1] = \frac{D_s D_m}{W_s W_2^c} \cdot W_2^-[N + 1] + \left(D_m - \frac{D_s D_m}{W_s} \right) \left(\frac{W_2^-[N + 1] - W_s W_2^c}{W_2^c - W_s W_2^c} \right)^2 \quad , \quad W_2^-[N + 1] \geq W_s W_2^c \quad \text{A.23}$$

Donde $Q_b[N + 1]$ es la escorrentía subsuperficial, D_m es el máximo flujo subsuperficial, D_s es una fracción de D_m , W_2^c es la máxima cantidad que puede almacenar el estrato 2 del suelo, W_s es una fracción de W_2^c , con $D_s \leq W_s$ y $W_2^-[N + 1]$ es el contenido de agua al inicio del paso temporal. La Ecuación A.23 propone una relación lineal bajo un valor crítico y una relación no lineal para valores mayores, tal como se muestra en la Figura A.3

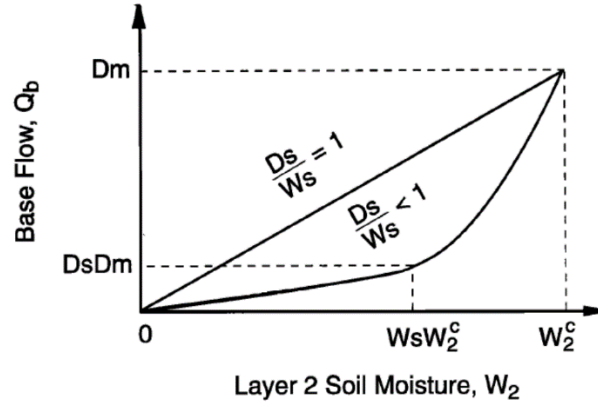


Figura A.3: Representación del flujo base no lineal. Extraído de Liang *et al.* (1994).

B.1.1.5. FLUJO SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL DESDE EL SUELO CON COBERTURA VEGETACIONAL

Las ecuaciones para el flujo superficial y subsuperficial en cada capa son las mismas, con la excepción que los valores de P , E_1 y E_2 cambian a $P_t[n]$, $E_1^t[n]$ y $E_2^t[n]$. La evapotranspiración total y la escorrentía se expresan según las ecuaciones A.24 y A.25

$$E = \sum_{n=1}^N C_v[n] \cdot (E_c[n] + E_t[n]) + C_v[N+1] \cdot E_1 \quad \text{A.24}$$

$$Q = \sum_{n=1}^{N+1} C_v[n] \cdot (Q_d[n] + Q_b[n]) \quad \text{A.25}$$

Donde $C_v[n]$ es la fracción de área cubierta por el tipo de vegetación n y $C_v[N+1]$ es la fracción de área para suelo desnudo. En consecuencia, se debe cumplir que $\sum_{n=1}^{N+1} C_v[n] = 1$.

B.1.2. PROCESAMIENTO DE VARIABLES DE ENTRADA ASOCIADAS AL TIPO Y USO DE SUELO

Para generar y utilizar las variables de fracción de vegetación y distribución espacial del espesor de las capas de suelo, se necesitan, en primer lugar, imágenes satelitales asociadas al índice de vegetación mejorado (EVI) y de índice de área foliar (LAI). Para ello, se descargaron imágenes de los productos MOD13A2 (Índices vegetacionales) y MOD15A2 (índice de área foliar y fracción de la radiación fotosintéticamente activa) para los nueve polígonos que abarcan el área de Chile continental en el periodo de tiempo 2000-2015 cada 8 días. El formato de descarga (hdf, archivos en formato jerárquicos por sus siglas en inglés) hace que para cada tesela en cada día descargado exista más de un archivo disponible (el requerido, y otro como por ejemplo ráster que contienen la calidad de cada uno de los píxeles), de modo que se debe seleccionar el deseado para después, por el día que corresponda, generar un mosaico entre cada una de las imágenes descargadas.

No obstante, la proyección espacial de los archivos es elipsoidal, y debe ser convertida a sinusoidal para ser utilizada como uno de los inputs requeridos por VIC. La conversión se hace pasando el mosaico de imágenes a proyección WGS84 en latitud/longitud.

El proceso se repite para cada uno de los periodos de tiempo requeridos. Finalmente se generan para cada variable 772 imágenes en formato tif que son utilizadas como base en el desarrollo de las variables asociadas a fracción de vegetación y espesor de capas de suelo.

Debido a las diferencias en las resoluciones espaciales de los productos satelitales utilizados y la resolución de la modelación (ver Tabla A.1), es necesario realizar un procesamiento (escalamiento) de la información.

Tabla A.1: Resoluciones espaciales de los distintos productos satelitales utilizados para construir el modelo VIC en las cuencas piloto Chilenas

Tipo	Resolución espacial
LAI	1000 m
EVI	1000 m
Uso de Suelo	30 m
Espesor Capa de Suelo	90 m
Modelo	0.05 °

Dicho proceso consiste en analizar qué píxeles (o fracción de ellos) de resolución menor a la del modelo están contenidos en las celdas del modelo, con el fin de agrupar la información. En la Figura A.4 se ilustra dicho procedimiento.



Figura A.4 Ilustración de la agrupación de información a partir de píxeles de menor resolución, a las celdas del modelo.

A continuación se detallan los pasos realizados para la obtención de la información asociada al tipo y uso de suelo para cada pixel del modelo.

1. Fracción de vegetación: La vegetación total de una celda está compuesta por la fracción de los 12 tipos de cobertura vegetal (11 más el suelo desnudo). En cada celda se suma el área de los diferentes usos de suelo, asignando la fracción correspondiente.
2. Distribución espacial del espesor de las capas de suelo: Se obtiene la distribución espacial de las capas de suelo en base a información de un modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés) de resolución espacial de 90x90 metros, obtenido del satélite Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), en base a la Ecuación B26.

$$h(i, j) = F \left[h_{min} + (h_{max} - h_{min}) \left(\left(w_{slope} * \left(1 - \frac{slope(i, j)}{max_{slope}} \right)^{p_{slo}} \right) + \left(w_{elev} * \left(1 - \frac{dem(i, j)}{max_{elev}} \right)^{p_{elev}} \right) \right) \right] \quad A.26$$

Donde

h_{min} =Altura mínima del espesor de la capa de suelo. En este caso se consideró de 0.5 metros.

h_{max} = Altura máxima del espesor de la capa de suelo. En este caso se consideró de 4 metros.

w_{slope} = Factor entre 0 y 1 que representa el peso que tiene la pendiente en el cálculo del espesor del suelo. En este caso se consideró igual a 0,7.

w_{elev} = Factor entre 0 y 1 que representa el peso que tiene la elevación en el cálculo del espesor del suelo. La suma con w_{slope} debe ser 1, por lo que en este caso se consideró igual a 0,3.

max_{slope} = Representa el valor máximo de pendiente sobre el cual la pendiente no afecta a la profundidad del suelo. En este caso se considera 50°.

max_{elev} = Representa el valor máximo elevación sobre el cual elevación no afecta a la profundidad del suelo. En este caso se considera 4500 msnm.

p_{slo} = factor al cual se eleva la pendiente relativa. En este caso se consideró igual a 0,25.

p_{elev} = factor al cual se eleva la pendiente relativa. En este caso se consideró igual a 0,75.

$dem(i, j)$ = Elevación en metros. Si es mayor a max_{elev} , ésta adquiere dicho valor.

$slope(i, j)$ = Pendiente en grados [°] obtenida a partir de un dem. Si la pendiente es mayor a max_{slope} , ésta adquiere dicho valor.

Una vez obtenida la matriz de espesor de suelo con resolución 90x90 metros, se procede a promediar dicha información para llevarla al tamaño de la celda de modelación.

3. Bandas de Elevación: VIC permite trabajar en bandas de elevación, discretizando el área, elevación y precipitación asociada a cada píxel para representar la heterogeneidad de la celda, logrando caracterizar de mejor forma cada píxel. En este caso se consideran 10 bandas de elevación, las que presentan igual área y porcentaje de precipitación. Para analizar cuáles celdas se modelan con bandas de elevación, se utiliza la elevación media de cada píxel, en base a información histórica de la línea de nieves.
4. LAI: Se calcula el LAI asociado a cada tipo de vegetación para cada celda del modelo, en base a los archivos medios mensuales generados para Chile (Ver Capítulo 5). El primer paso consiste en obtener la fracción de vegetación para cada píxel del ráster con información del producto LAI. Posteriormente se analizan los píxeles LAI que poseen una fracción de vegetación dominante, considerando que ellos son representativos de ese tipo de vegetación. Finalmente el valor del LAI para cada tipo de vegetación en cada celda de modelación corresponde al valor promedio de los píxeles representativos del tipo de vegetación pertenecientes a la celda a modelar, y en caso de no existir, el valor promedio de los píxeles representativos del tipo de vegetación pertenecientes a toda la cuenca.
5. Fracción parcial de cobertura vegetal: Representa la fracción real de píxel cubierto por vegetación. Se obtiene en base a los archivos medios mensuales de EVI generados para Chile (Ver Capítulo 5), en base a la Ecuación A.27

$$F_{v_{i,j,k}} = \frac{(EVI_{max_{i,j}} - EVI_{i,j,k})}{(EVI_{max_{i,j}} - EVI_{min_{i,j}})}$$

Donde

$F_{v_{i,j,k}}$ = Fracción parcial de cobertura vegetal para el píxel i,j en el mes k.

$EVI_{i,j}$ = Valor promedio mensual de EVI para el píxel i,j en el mes k.

$EVI_{max_{i,j}}$ = Valor promedio mensual máximo de EVI para el píxel i,j.

$EVI_{min_{i,j}}$ = Valor promedio mensual mínimo de EVI para el píxel i,j.

B.2. GENERACIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA INCORPORACIÓN DEL RIEGO EN LA MODELACIÓN

Para conocer los aspectos generales y las consideraciones que se tendrán en el modelo para la incorporación de la demanda por riego, por favor revisar la sección 5 del capítulo 5 del presente informe. Para revisar en detalle el algoritmo mediante el cual se asigna el agua necesaria para cumplir la demanda evapotranspirativa potencial de los cultivos en el modelo, por favor revisar el capítulo 7 del mismo.

Para la incorporación del riego en el balance hídrico, es necesaria una representación de la demanda de los cultivos en el modelo VIC. Dado que la asignación de agua por concepto de riego se hace de forma distribuida (por celda) y directamente a partir de los outputs calculados con el modelo, se necesita conocer la fracción de área que es ocupada por cada una de las clases de cultivo en cada celda. Para determinar esta información, se requiere conocer la distribución espacial de los cultivos en las cuencas en estudio a una resolución que permita asignar la fracción de cobertura de cultivos en ellas.

Para obtener esta información, se combinó la información de los siguientes productos:

- Ráster de 30 metros de resolución espacial que abarca todo Chile continental proporcionado por el Laboratorio de Geomática y Ecología del Paisaje (GEP) de la Universidad de Chile para uso público. El ráster posee 3 niveles, con 10 clases en el primer nivel, 30 clases en el segundo nivel y 35 clases en el tercer nivel. Las clases del primer nivel corresponden a: cultivos, bosques, pastizales, matorrales, humedales, cuerpos de agua, superficies impermeables, tierras desnudas, hielo y nieves y finalmente nubes.
- Mapoteca de Odepa. Esta es una serie de archivos .shp con los polígonos correspondientes a los distritos censales definidos para el Censo Agropecuario realizado el año 2007 para todo Chile. Existen 9 archivos .shp con información de cultivos. Particularmente, cada polígono posee como atributo el área, en m², de cultivo por cada distrito censal. Los tipos de cultivos considerados en el Censo Agropecuario fueron:
 1. Cultivos anuales - cereales
 2. Cultivos anuales - industriales
 3. Cultivos anuales - leguminosas y tubérculos
 4. Forrajeras anuales
 5. Forrajeras permanentes
 6. Hortalizas
 7. Plantaciones frutales mayores
 8. Plantaciones frutales menores
 9. Viñas y parronales

Estos 9 tipos de cultivos se sintetizaron en cuatro:

1. Cultivos anuales: a partir de los archivos 1, 2, 3, 4 y 5 de la lista anterior

2. Hortalizas: a partir del archivo 6 de la lista anterior
3. Frutales: a partir de los archivos 7 y 8 de la lista anterior
4. Viñas y parronales: a partir del archivo 9 de la lista anterior

De esta forma se obtuvo el área correspondiente a cada una de estas 4 de clases de cultivo para cada distrito censal.

Luego, mediante herramientas SIG, se “rasterizó” la información usando la siguiente metodología:

1. Usando algoritmos de pertenencia de la herramienta SIG se contabilizó el número de píxeles, asignados como cultivos, en el ráster del GEP dentro de cada polígono (distrito censal) del Censo Agropecuario.
2. Contabilizados la cantidad de píxeles por distrito censal, se conocía el área total correspondiente a cultivos en cada uno de estos, siendo ésta el área de cada pixel (900 m²) por el número de píxeles contabilizados.
3. Dado que no se conocía la distribución espacial, dentro de cada distrito censal, de cada una de las cuatro clases de cultivos, lo que se procedió a hacer fue distribuir el área total correspondiente a cada una de las cuatro clases dentro de cada distrito de manera uniforme en todos los píxeles definidos como cultivo en el ráster que estuvieran dentro de ese distrito.

De esta manera se generaron 4 archivos ráster, donde en cada uno de ellos, en cada píxel clasificado en el producto ráster del GEP como cultivo, existe un valor entero entre 0 y 900 correspondiente al área en m² del tipo de cultivo correspondiente al ráster en cuestión. Para aquellos píxeles donde el producto ráster del GEP especificaba una clase distinta a cultivo, los archivos ráster finales poseen un valor de píxel asignado como *NoData*.

Las especificaciones de los archivos generados se especifican en las Tablas A.2 y A.3.

Tabla A.2: Archivos ráster generados con la distribución de cultivos. Resolución: 30 metros

Clase de cultivo	Nombre archivo	Tamaño del archivo
Cultivos anuales	anuales_int.tif	177 Mb
Frutales	frutales_int.tif	176 Mb
Hortalizas	hortalizas_int.tif	178Mb
Viñas y parronales	vyp_int.tif	173 Mb

Tabla A.3: Propiedades de los archivos ráster generados con la información de cultivos

Parámetro	Valor
Sistema de referencia	WGS84 UTM 19s
Tamaño del pixel	30 m
Formato	GeoTIF comprimido con método LZW
Tipo de dato	Entero de 16 bits

B.3. CRITERIOS DE EFICIENCIA UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

El proceso de calibración se realiza modificando parámetros de suelo y nieve, mediante el algoritmo de calibración global SCE-UA, considerando como función objetivo el criterio de Kling-Gupta (KGE , ver Ecuación (A.39) (Gupta *et al.*, 2009; Kling *et al.*, 2012), donde $KGE=1$ representa un ajuste perfecto. En este proceso se guardan las 10 mejores iteraciones en base a la función objetivo, pues a ellas se les calcula el criterio de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE , ver Ecuación (A.29)) (Nash y Sutcliffe, 1970) y diversos indicadores hidrológicos, lo que hace que el proceso de calibración sea lo más exhaustivo posible, ya que el set de parámetros seleccionados es el que maximiza de manera conjunta los distintos criterios de eficiencia considerados.

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\gamma - 1)^2} \quad (\text{A.39})$$

$$\beta = \frac{\mu_s}{\mu_o} \quad \gamma = \frac{Cv_s}{Cv_o} = \frac{\sigma_s/\mu_s}{\sigma_o/\mu_o}$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_k [X_{s_k} - X_{o_k}]^2}{\sum_k [X_{o_k} - \bar{X}_o]^2} \quad (\text{A.40})$$

Donde

- KGE = Criterio de eficiencia Kling-Gupta.
- r =Coeficiente de correlación entre la simulación y la observación.
- β = Bias, proporción entre promedios simulados y observados.
- γ =Proporción entre coeficientes de variación simulados y observados
- C_v = coeficiente de variación, razón entre la desviación estándar y el promedio
- μ =promedio. "S" significa simulación y "O" observación
- σ = desviación estándar. "S" significa simulación y "O" observación.
- NSE = Criterio de eficiencia Nash-Sutcliffe.

Con X_{s_k} la variable simulada para el día k, X_{o_k} la variable observada para el día k, y \bar{X}_o el promedio de la variable observada.

Además de los índices KGE y NSE , se considera el uso de indicadores hidrológicos para obtener un mayor nivel de información acerca de los procesos modelados. De todos los indicadores hidrológicos, se consideran las siguientes (Yilmaz *et al.*, 2008):

- Coeficiente de escorrentía:

$$BiasRR = 100 \cdot \frac{\sum_{t=1}^N (QS_t - QO_t)}{\sum_{t=1}^N QO_t} \quad (A.41)$$

Donde QO corresponde al caudal observado y QS al simulado.

- Pendiente de la sección media de la curva de duración:

$$BiasFMS = 100 \cdot \frac{[\log(QS_{m1}) - \log(QS_{m2})] - [\log(QO_{m1}) - \log(QO_{m2})]}{[\log(QO_{m1}) - \log(QO_{m2})]} \quad (A.42)$$

Con $m1$ y $m2$ la parte más baja y alta de la curva de duración (0,2 y 0,7 respectivamente).

- Volumen para caudales altos:

$$BiasFHV = 100 \cdot \frac{\sum_{h=1}^H [QS_h - QO_h]}{\sum_{h=1}^H QO_h} \quad (A.43)$$

Con $h = 1, 2, 3, \dots, H$ corresponden a los índices inferiores a una probabilidad de excedencia igual a 0,02.

- Volumen para caudales bajos:

$$BiasFLV = -100 \cdot \frac{\sum_{l=1}^L [\log(QS_l) - \log(QS_L)] - [\log(QO_l) - \log(QO_L)]}{[\log(QO_l) - \log(QO_L)]} \quad (A.44)$$

Donde $l = 1, 2, 3, \dots, L$ son los índices entre las probabilidades 0,7 y 1,0, con L el índice del mínimo caudal ($p_{exc} = 1$).

- Diferencia en valores medios en escala logarítmica:

$$BiasFMM = \frac{\log(QS_{med}) - \log(QO_{med})}{\log(QO_{med})} \quad (A.45)$$

Donde med representa el valor medio, es decir, la mediana del registro.

C. ANEXO C: DETALLES RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

C.1. REVISIÓN DE ANTECEDENTES: DOCUMENTOS DGA

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	BALANCE GLACIOLÓGICO DEL GLACIAR NEF, CAMPO DE HIELO NORTE, Y CATASTRO DE GLACIARES DE ALGUNAS CUENCAS DE LA ZONA CENTRAL Y SUR DEL PAÍS		
Año	2008	Código ID	DGA 2
Autores	Departamento de Hidrología, Unidad de Glaciología y Nieves. DGA.		
Elaborado por	Centro de Estudios Científicos, CECs		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia	Cuenca(s)
	Aysén	General Carrera	Glaciar Nef
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Glaciar, Balance de Masa, Campo de hielo norte		
Objetivos(s) de la información			
Estimar la variación de masa del glaciar Nef, perteneciente a los Campos de Hielo Norte (CHN) y su relación con la disponibilidad del recurso hídrico.			
Temática y resultados de interés			
<p>El estudio y la modelación hidro-climática de la zona austral de Chile están fuertemente limitados por la escasa disponibilidad de datos. Por este motivo, se realizaron mediciones laser para estimar elevaciones los días 27 de mayo y 13 de octubre del 2008, y así poder determinar la variación en la altura de nieve en dicho período. Adicionalmente, se realizaron instalaciones de 5 balizas en la zona de ablación y 4 mediciones de densidad de nieve mediante monte rosa en la parte alta del glaciar, para validar los valores obtenidos a partir del balance de masa geodésico utilizado. En base a toda la información recopilada, se obtuvo que en la zona baja del glaciar (entre el frente y los 960 m) hubo un engrosamiento promedio de +3,4 m, equivalente a 3,11 m.e.a, mientras que en la zona sobre los 960m se obtuvo un engrosamiento promedio de 3,2m, equivalente a 1,6 m.e.a, considerando densidades de 900 y 507 kg/m³ respectivamente (valores provenientes de la información de monte rosa). De esta forma, el promedio de todo el glaciar (considerando un total de 165.678 puntos entre el frente y los 1712 m.s.n.m) el balance de masa es de 2,4 m.e.a.</p> <p>El estudio hidrológico consideró la estimación del caudal del río Nef en una estación fluviométrica ubicada 12 km aguas abajo del frente del glaciar, la cual fue visitada el día 5 de noviembre del 2008, donde se observó que se robaron el panel solar, la batería y los sensores de humedad relativa y temperatura, no pudiendo obtener los registros desde enero del 2008. Para obtener el balance hídrico del área glaciar, se separa el caudal originado en el área glaciar y en el área no glaciar, donde éste último se obtiene de la multiplicación de la precipitación, la superficie y un coeficiente de escurrimiento. Dados los problemas con las estaciones planteados anteriormente, se utiliza un caudal reconstruido en base a información de estaciones fluviométricas del río Baker en Desagüe Lago Bertrand y río Baker en Angostura Chacabuco, e información de precipitación de la estación el Balseo y temperatura proveniente del reanálisis NCEP/NCAR. La modelación se realiza mediante HYDRA de manera mensual y escala espacial de 0.5°.</p>			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	VARIACIONES RECIENTES DE GLACIARES EN CHILE, SEGÚN PRINCIPALES ZONAS GLACIOLÓGICAS		
Año	2011	Código ID	DGA 3
Autores	Departamento de Hidrología, Estudios Hidrológicos. DGA.		
Elaborado por	Centro de Estudios Científicos, CECs		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia	Cuenca(s)
	Todo Chile		
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Glaciar, retroceso, imagen satelital		
Objetivos(s) de la información			
Sintetizar la variación de más de 147 glaciares de Chile durante la segunda mitad del siglo XX y primera década del siglo XXI mediante percepción remota, en cuanto a variaciones frontales y de área.			
Temática y resultados de interés			
<p>Los 147 glaciares estudiados se distribuyen a lo largo de Chile, considerándose como representativos de la heterogeneidad glaciológica del país.</p> <p>La metodología se basa en la razón de bandas de imágenes satelitales ASTER y LANDSAT entre los años 1972 y 2011, seleccionando principalmente imágenes sin presencia de nubes y a fines del período de ablación, correspondiente a los meses de abril y mayo. En base a la metodología utilizada, los errores asociados a los cálculos realizados representan aproximadamente un 20% en cambios de área y un 10% en variación frontal.</p> <p>Se comprueba una tendencia generalizada de retroceso frontal y reducción de áreas glaciares, siendo estas más drásticas en las zonas Sur y Austral. La excepción se da en 3 glaciares que presentan avances, los que se localizan en la zona Austral.</p> <p>A continuación, se presenta un resumen de las variaciones frontales de los glaciares analizados:</p>			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	VARIACIONES RECIENTES DE GLACIARES EN RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO CARACTERÍSTICAS GLACIOLÓGICAS DE LOS GLACIARES SAN RAFAEL, NEF Y COLONIA, CAMPO DE HIELO NORTE		
Año	2012	Código ID	DGA 4
Autores	Departamento de Hidrología, Estudios Hidrológicos. DGA.		
Elaborado por	Centro de Estudios Científicos, CECS		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia	Cuenca(s)
	Aysén		
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Glaciar, Balance de masa y energía, Campos de Hielo Norte, ablación		
Objetivos(s) de la información			
Determinar las condiciones de los glaciares San Rafael, Colonia y Nef, obteniendo la topografía superficial y cambios de elevación, velocidad de flujo de hielo, mapeo superficial de estructura, flujo y morfología, espesor de hielo, ablación y balance de energía superficial y calving, comparando el comportamiento de los glaciares con orientación Este y Oeste.			
Temática y resultados de interés			
<p>El Campo de Hielo Norte (CHN) es la segunda masa de hielo temperado más grande de Sudamérica, compuesto por más de 70 glaciares, con una longitud aproximada de 125 km y entre 40 y 45 km de ancho, con un área aproximada de 3,953 km². Según Rivera et al. (2007), entre 1979 y 2001 CHN perdió una superficie de $3,4 \pm 1,5\%$ ($140 \pm 61\text{km}^2$). Las precipitaciones orográficas que recibe CHN poseen una dirección Oeste-Este, y dado que las mayores elevaciones se dan en el Este, las cuencas glaciares occidentales son más grandes que los glaciares orientales, con líneas de equilibrio más bajas que en el Este. Un aspecto fundamental de CHN es la diferencia entre la exposición continental y marítima de CHN. El único glaciar de CHN que termina en fiordo o laguna mareal, mientras que existen 15 glaciares que terminan en lagos pedemontanos.</p> <p>1: Estructura y Morfología Superficial Análisis del cambio temporal de interpretación y delimitación de geoformas, a partir de imágenes ASTER de febrero de 2002 y 2012 (15 metros de resolución, AST14OTH), observándose claras diferencias en extensión, morfología frontal y calving (análisis de grietas, ojivas y morrenas). Los glaciares estudiados se caracterizan por poseer una superficie fuertemente agrietada y presentar sandrus. A pesar de las diferencias climáticas entre los glaciares ubicados al este y al oeste de CHN, hay evidencias geomorfológicas que indican que su dinámica reciente ha sido muy parecida, señalando que los glaciares comenzaron el retroceso a partir de 1870, acentuándose a partir de 1960.</p> <p>2: Topografía superficial y cambios de elevación Se comparan datos de 7 campañas LIDAR de distintos años con respecto a la elevación señalada por el satélite SRTM. En general, las variaciones de elevación son negativas, siendo las zonas de ablación las que presentan mayores tasas de adelgazamiento. Los mayores cambios de observan en el Glaciar San Rafael y Colonia, con un adelgazamiento mayor a 60m entre 2000 y 2011. En las zonas altas de los glaciares San Rafael y Colonia también se obtuvieron adelgazamientos, aunque de menor magnitud que en la zona frontal.</p>			

3: Velocidades de Flujo de Hielo

Las velocidades fueron obtenidas a partir de seguimiento de patrones satelital (ASTER AST14OTH) y correlación cruzada, fotogrametría terrestre y sistemas de posicionamiento global en balizas. En base a estas metodologías se obtuvieron velocidades máximas de ~ 4 m/día para los glaciares Colonia y Nef, y de ~ 19 m/día para el glaciar San Rafael; $0,2$ m/día para el glaciar Nef y $19 \sim 19$ m/día para San Rafael y velocidades que oscilan entre $\sim 0,2$ y $1,2$ m/día para el glaciar Nef respectivamente. No se detectaron tendencias de cambio significativas al comparar datos recientes con velocidades obtenidas hace algunas décadas en la zona.

4: Espesor de Hielo

Se obtiene el espesor de los glaciares mediante la técnica de radio-eco-sondaje, y mediante la interpolación de la información obtenida, se obtienen los volúmenes glaciares. Para el glaciar San Rafael el espesor máximo, mínimo y medio medidos fueron de 842m , 205m y 501m respectivamente. Para el glaciar Colonia el espesor máximo, mínimo y medio medidos fueron de 726m , 91m y 454m respectivamente. Para el glaciar Nef el espesor máximo, mínimo y medio medidos fueron de 620m , 13m y 429m respectivamente

El volumen de hielo estimado para el glaciar Colonia es de $17,1\text{km}^3$, considerando un área de $52,3\text{ km}^2$, mientras que para el glaciar Nef el volumen de hielo estimado fue de $8,6\text{km}^3$ considerando un área de 33 km^2 .

5: Balance de Energía

Se realiza el balance de energía en los glaciares San Rafael, Nef y en la totalidad de CHN en base a los datos de las estaciones meteorológicas e información del reanálisis NCEP-NCAR, siendo la radiación de onda corta el flujo dominante

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	IMPLEMENTACIÓN NIVEL 2 ESTRATEGIA NACIONAL DE GLACIARES: MEDICIONES GLACIOLÓGICAS TERRESTRES EN CHILE CENTRAL, ZONA SUR Y PATAGONIA		
Año	2013	Código ID	DGA 5
Autores	Departamento de Hidrología, Estudios Hidrológicos. DGA.		
Elaborado por	GEOESTUDIOS LTDA		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia	Cuenca(s)
	Chile Continental		
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Glaciar, Balance de masa, Aporte glaciar		
Objetivos(s) de la información			
Realizar un monitoreo de detalle en glaciares de las zonas centro, sur y austral de Chile, así como la implementación de transmisión de datos meteorológicos en estaciones ubicadas en distintos glaciares.			
Temática y resultados de interés			
<p>Mediciones glaciológicas terrestres basadas en información de balizas, mediciones de la topografía superficial glaciar y estaciones meteorológicas en las zonas centro (glaciares Bello y Yeso), sur (glaciar sureste del volcán Mocho-Choshuenco-desde ahora Mocho) y austral (glaciar Exploradores y Tyndall). Adicionalmente, se realizó un balance energético en los glaciares de la zona centro y austral y un balance geodésico basado en altimetrías LIDAR para los glaciares Yeso y Bello.</p> <p>Para estimar el balance de masa de los glaciares Bello y Yeso se instalaron 12 balizas distribuidas entre las áreas de acumulación y ablación de cada glaciar. La densidad del hielo utilizada es de 0.9 g/cm³, obteniendo una ablación promedio entre el 28 de marzo y 30 de abril del 2013 de 0.2 cm.a/día para el glaciar Bello y 0.1 cm.a./día para el glaciar Yeso, y mediante interpolación por polígonos de Thyessen, se obtiene un balance de masa ende agua equivalente de -196.909 y -67.809 m³ eq. a respectivamente. Por otro lado, al realizar un análisis geodésico entre las imágenes LIDAR de abril del 2012 y marzo y noviembre de 2013, se obtiene un balance de masa de -2.402.721 y -5.640.803 para marzo y noviembre respectivamente en el glaciar Bello, mientras que para el glaciar Yeso solo se realiza la comparación entre abril de 2012 y marzo de 2013, obteniendo un volumen de agua equivalente de -643.428.</p> <p>Con respecto al glaciar Mocho, existen registros de balance de masa glaciológico desde mayo de 2003, primero a cargo del CECs y después por la fundación Huilo-Huilo. El glaciar Mocho tiene un área de 5,1 km², abarcado un 30% de todo el hielo del complejo Mocho-Choshuenco (16,9 km²). Este glaciar contaba con 14 balizas y 2 estaciones meteorológicas, agregándose 1 baliza y 1 estación meteorológica en el contexto de este proyecto, además de una estación fluviométrica. El Balance de masa en este glaciar se calcula mediante el método geodésico entre marzo y octubre del 2013</p>			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	REDEFINICIÓN DE LA CLASIFICACIÓN RED HIDROGRÁFICA A NIVEL NACIONAL		
Año	2014	Código ID	DGA 6
Autor	Dirección General de Aguas		
Elaborado por	Centro de Información de recursos Naturales, CIREN		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia	Cuenca(s)
	Chile continental	Todas	Todas
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Objetivo(s) de la información			
Redefinir la clasificación de la red hidrográfica de Chile.			
Temática y resultados de interés			
<p>Considerando una escala de 1:35.000 y en base al modelo de elevación digital ASTER GDEM V.2, la red de drenaje del IGM e imágenes Landsat 8, se realiza la delimitación de cuencas (101), subcuencas (491) y sub-subcuencas (1.481), para así redefinir y actualizar los límites de la antigua red de drenajes del Banco Nacional de Aguas, DGA 1978.</p> <p>Debido a la mejor resolución espacial utilizada, existen diferencias en la delimitación de cuencas, siendo importante destacar las diferencias en los límites internacionales, existiendo cuencas que hidrográficamente cruzan los límites internacionales.</p> <p>Adicionalmente se realiza una mejora en la codificación de la base de datos.</p>			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	ANÁLISIS Y MODELACIÓN HIDROLÓGICA DEL RÍO PALENA		
Año	2015	Código ID	DGA 7
Autores	MOP-DGA		
Elaborado por	GCF Ingeniería Ltda.		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
	Aysén	Aysén y Coyhaique	Palena
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Modelación hidrológica, caudales mensuales e instantáneos		
Objetivos(s) de la información			
Modelar caudales medios mensuales y caudales máximos instantáneos en la cuenca del río Palena y alguno de sus tributarios			
Temática y resultados de interés			
<p>Este estudio busca modelar caudales medios mensuales y caudales máximos instantáneos en la cuenca del río Palena debido al interés en desarrollar proyectos hidráulicos dentro de la cuenca. Se analizaron cuatro ríos donde se realizaron, en cada uno, 5 aforos, por lo que se estimó curvas de descargas para suplir la falta de información fluviométrica. Además, se analizó el lago Risopatrón, encontrando curvas para el área superficial y el volumen según la cota de la superficie libre de agua. Adicionalmente, en el lago se instalaron sensores para medir el nivel del agua. Esta información cuenta, para el estudio, con alrededor de un año de observaciones. Las estimaciones de caudales medios mensuales se realizaron mediante relaciones lineales, donde se correlacionó el área de cada sub-cuenca, la precipitación media, la pendiente y la altitud media. Cada uno de estos atributos está asociado a un coeficiente, los que son calibrados para ajustar el modelo lineal con las mediciones fluviométricas. La eficiencia de los modelos (que se mide según el índice R^2) es buena para dos de tres cuencas.</p> <p>Para el análisis de caudales máximos instantáneos, no queda claro como se hizo el análisis, pues se habla tanto de caudales máximos instantáneos y caudales medios diarios, confundiendo al lector. No obstante, los caudales máximos instantáneos (o medios diarios) se relacionan con la precipitación diaria, encontrando una correspondencia deficiente.</p> <p>Los resultados son insatisfactorios, pero destaca el sondeo al lago Risopatrón, así como la instalación de sensores de nivel de agua y estimación de curvas de descarga.</p>			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	ANÁLISIS Y MODELACIÓN HIDROLÓGICA CUENCA DEL RÍO CISNES.		
Año	2015	Código ID	DGA 8
Autores	Departamento de Hidrología, Subdepto. Estudios Hidrológicas, DGA.		
Elaborado por	CFC Ingeniería Limitada		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia	Cuenca(s)
			Río Cisnes
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
Puntos clave	Estimación de caudales diarios y mensuales, calibración de modelos para estimar caudales en cuencas no controladas.		
Objetivos(s) de la información			
Caracterizar la cuenca del río Cisnes y algunas de sus subcuencas, por medio de modelación hidrológica y determinar ecuaciones gobernantes de caudales medios mensuales y máximos instantáneos en función de las precipitaciones, para subcuencas donde no se tiene control fluviométrico.			
Temática y resultados de interés			
<p>Realiza una recopilación de antecedentes pluvio y fluviométricos, para el desarrollo de este estudio. Se caracterizó la geometría de la Laguna Escondida con las relaciones nivel del lago, superficie y volumen, lo que es información relevante para el estudio en curso. Con la información reunida, calibran ecuaciones gobernantes de la producción de escorrentía en la cuenca que permiten obtener caudales medios mensuales y máximos instantáneos a partir de la precipitación mensual y diaria, respectivamente, en los puntos donde se tienen estaciones fluviométricas.</p> <p>Sobre la caracterización mensual de las cuencas, se determinó una relación con un buen nivel de ajuste ($r^2 > 0.68$) a nivel general de cuenca, a pesar de que no representa adecuadamente algunos sectores de subcuenca que podrían resultar de interés. Sin embargo, las mantiene dentro de la ecuación desarrollada con el fin de modelar con la información de todas las cuencas ya que tienen distintos procesos de generación de escorrentía.</p> <p>Concluye que es recomendable implementar una estación fluviométrica en el desagüe de la cuenca del Cisnes y un sistema de control de mareas en la localidad de Puerto Cisnes, con el fin de poder realizar un cierre de balance e identificar el efecto de almacenamiento de la Laguna Escondida y otros cuerpos de agua en la subcuenca, lo que permitiría mejorar el método de análisis presentado.</p>			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	ANÁLISIS EFECTO EN EL RÉGIMEN HÍDRICO POR CAMBIO EN PATRONES METEOROLÓGICOS		
Año	2016	Código ID	DGA 9
Autor	Dirección General de Aguas		
Elaborado por	Hídrica Consultores SPA		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia	Cuenca(s)
	Chile continental	Todas	Todas
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Objetivo(s) de la información			
<p>El objetivo principal del estudio fue generar una mirada global de los impactos del cambio en los patrones meteorológicos en los recursos hídricos a nivel de macrozonas (Norte, Centro, Sur y Austral), en cuanto a los posibles cambios en el régimen de escurrimiento de los ríos y en la recarga de los acuíferos, además de los cambios en los patrones de distribución espacial y temporal de lluvias.</p>			
Temática y resultados de interés			
<p>El estudio presenta una importante recopilación y revisión de la información hidrometeorológica, por el cual caracterizar el comportamiento y evolución de las cuencas de las macrozonas definidas en el estudio.</p> <p>A partir de esta información se generó en primer lugar una priorización de cuencas por macrozona, con el objeto de definir cuál de ellas serán posteriormente analizadas, según criterios de decisión técnico-políticos definidos por la DGA (C1), completitud de los registros hidrometeorológicos (C2), Estrés Hídrico Superficial y agotamiento (C3), completitud de los registros de agua subterránea (C4), Estrés Hídrico Subterráneo (C5), acuíferos en restricción o prohibición (C6) e Infraestructura (C7). A partir de la valoración de estos criterios y su correspondiente ponderación, las cuencas priorizadas por el estudio fueron las cuencas de los ríos Loa, Copiapó y Limarí (Macrozona Norte), Aconcagua y Maipo (Macrozona Centro), Bío-Bío e Imperial (Macrozona Sur) y Aysén (Macrozona Austral).</p> <p>A partir de esta priorización, el estudio avanza en el análisis de la evolución de la disponibilidad del recurso en estas cuencas priorizadas, mediante el cruce de entre la oferta de agua, tanto a nivel superficial y subterráneo, y la demanda desde derechos de aprovechamiento otorgados, permitiendo la caracterización de la disponibilidad o escasez de agua en cada una de las cuencas. El estudio continúa con una detallada y exhaustiva revisión de metodologías para el relleno, análisis y caracterización de las variables hidroclimáticas, evapotranspiración, cobertura nival, y recarga de aguas subterráneas, las cuales se aplicaron según la disponibilidad y calidad de información existente en cada cuenca.</p> <p>Mediante estas metodologías, se desarrolla la caracterización de las cuencas priorizadas, en lo que respecta al análisis espacial, topoclimático y temporal de las precipitaciones y temperatura, incluyendo un análisis de sequía, así como análisis de variabilidad y cambios en las probabilidades de excedencia.</p> <p>Como resultado del análisis temporal de las variables hidrometeorológicas, los ciclos encontrados son variados y tienen una influencia con la latitud. En general se reconocen ciclos entre 2 y 7 años para la mayoría de las cuencas. Ciclos particularmente altos son encontrados en la agregación temporal de invierno o verano, dependiendo también de la latitud analizada. En general, para las</p>			

cuencas de la macrozona norte, se espera una influencia con el indicador ENSO (El Niño Oscilación del Sur), por lo que los periodos entre 4 y 7 años son atingentes. Para las macrozona sur y austral, se han encontrado también influencias de periodos decadales, lo que puede significar una relación con los índices PDO (Oscilación Decadal del Pacífico) y la AAO (Oscilación Antártica).

El análisis de tendencias de precipitaciones mostró tendencias neutras o levemente negativas para todo el territorio nacional. Estas tendencias observadas son consistentes con las proyecciones de cambio climático señaladas en otros estudios realizados anteriormente, las cuales indican reducciones de la precipitación en el largo plazo. Los efectos de los últimos años de sequía no fueron directamente observados en las métricas de tendencias analizadas. Esta observación no limita la opción de que en un análisis futuro (con más años de datos) la sequía podría empezar a manifestarse de manera más fuerte en la serie de tiempo. Las tendencias neutras o levemente negativas son un escenario preocupante considerando las proyecciones de cambio climático que sugieren incrementos de temperaturas significativas para todo el territorio nacional. Mediante el test de diferencias de medias se determinó que al comparar el periodo 1960 – 1986 frente al de 1987 – 2014, en la mayoría de las estaciones analizadas se observan aumentos del orden de 0,5 y 1°C en la temperatura media anual. Esto, sumado a las tendencias negativas en precipitación, podría resultar en escenarios de escasez importantes para el futuro, especialmente en aquellos lugares que ya presentan un régimen árido o semi-árido de precipitaciones y que han ido avanzando en latitud sur. El alza de temperaturas y reducción de la precipitación inciden directamente en la hidrología de las cuencas chilenas de un modo mayormente negativo, resultando en un aumento del potencial evapotranspirativo, menor humedad del suelo, acumulación de nieve, y flujo base. Es posible anticipar (aunque esta observación debe ser verificada a través de modelos u observaciones) un aumento de los caudales de fines del verano debido a un mayor derretimiento de glaciares en algunas cuencas (debido a menores precipitaciones y mayores temperaturas), sin embargo, dicho aumento de caudales será probablemente transitorio y no compensará en el largo plazo la menor oferta hídrica.

A nivel regional o de macrozona, se desarrollaron indicadores, los cuales muestran cambios medidos para cada una de las cuencas. Para la precipitación no se observan cambios significativos en la serie histórica generada. La única región que presenta cambios significativos es la cuenca de Aysén, con una reducción de precipitaciones del orden del 10% entre los periodos 1960-1986 y 1987-2014. De acuerdo a la serie histórica observada, la precipitación en Aysén fue particularmente alta durante la década de 1960, por lo que es posible que la tendencia detectada no sea relevante en términos climatológicos, sino que simplemente un resultado particular de la estadística observada. La cuenca de Copiapó muestra cambios importantes en la media (50 mm), con el periodo 1988-2014 presentando una media más alta que el periodo 1960-1986, sin embargo, dicho cambio no es estadísticamente significativo debido a la alta varianza observada en la serie. Cabe destacar que el cambio de variabilidad más importante lo presenta la misma cuenca del río Copiapó, el único estadísticamente significativo atribuido a la presencia del evento extremo del año 1997/98.

Para las temperaturas el panorama es diametralmente opuesto al observado en precipitaciones. Se observan tendencias al alza significativas en las cuencas del Limarí al Imperial a nivel anual, con cambios de promedio importantes (entre 0,1°C y 0,5°C) para los periodos de 1960-1986 vs 1987-2014. Este calentamiento se observa también en las tendencias de Mann-Kendall detectadas, donde casi todas las cuencas presentan tendencias estadísticamente significativas al alza, exceptuando Loa y Copiapó. Estos resultados son consistentes con los resultados de Falvey y Garreaud (2009), donde se evidenciaron alzas de temperaturas medias para las estaciones ubicadas en los valles y pre-cordillera. Las tendencias al alza en temperaturas de verano e invierno

son consistentes con la señal al alza en las temperaturas anuales, presentando el periodo de verano un alza mayor en general al periodo de invierno (0,3-0,4°C vs 0,5-0,8°C), lo que significa que los respectivos veranos definidos para cada uno de los sistemas han aumentado su intensidad. La mayor alza registrada se presenta para la cuenca del Bío-Bío, con una diferencia de temperatura anual de 0,52°C entre los dos periodos analizados y una diferencia de 0,87°C para temperaturas de verano. La misma cuenca es la que además presenta las reducciones más drásticas en términos de variabilidad.

El estudio analiza luego cambios en la probabilidad de excelencia de las precipitaciones (P50), el cual permitió determinar para cada una de las estaciones representativas por cuenca las variaciones porcentuales respecto del primer período de análisis o período 1 como se definió en el capítulo de variabilidad del régimen de precipitaciones.

A nivel anual, los cambios detectados muestran que en la Macrozona Norte los resultados dependen de la cuenca analizada. Para la cuenca del Loa se presenta una disminución del 18%, concentrado en la estación Linzor (cordillera), mientras que el resto permanece invariante.

En el caso de la cuenca del Copiapó, se aprecia un comportamiento disímil. La estación del Desierto de Atacama presenta disminuciones del orden del 36%, mientras que para el valle central y cordillera hay aumentos del orden del 20%.

La cuenca del Limarí presenta un aumento de su variación porcentual en su estación cordillerana "Las Ramadas" (39%), mientras que sus otras dos estaciones presentan reducciones del orden 5%. En el caso de Punitaqui, la reducción es más severa si se analiza el período invernal.

Se debe tener en cuenta que los porcentajes encontrados en verano obedecen a la presencia de eventos puntuales, y los montos asociados son muy bajos, por lo que pequeños cambios reportan diferencias porcentuales grandes. En este caso es recomendable analizar la agregación anual y de invierno solamente.

Para la Macrozona Centro, se observa que en la cuenca del Aconcagua tanto las estaciones de costa como de cordillera presentan una disminución del 7 y 11 % respectivamente, sin embargo, la estación San Felipe (valle central) presenta un aumento del 14%. Este comportamiento es más crítico en invierno, donde la reducción en cordillera es de un 20%. Cabe destacar que, para la agregación de verano, se tienen variaciones porcentuales negativas importantes para todas las estaciones que varían entre un 23 y un 50%.

La cuenca del río Maipo presentó variaciones relevantes. En costa y valle central, se presentan disminuciones a nivel anual (5%) que se respaldan con el comportamiento de las reducciones de verano del 40%. Sin embargo, para la estación de San José de Maipo, se exhiben alzas de un 9%.

Para la Macrozona Sur, la cuenca del Bío-Bío presentó variaciones porcentuales poco significativas, menores al 3%, salvo para la agregación de verano, en donde se encontraron disminuciones entre un 6 y 10% para las estaciones de valle y cordillera, y un aumento para la estación de costa de un 20%.

Finalmente, la Macrozona Austral, representada por la cuenca del río Aysén, presentó variaciones porcentuales mixtas, positivas para las estaciones del valle central (2%), pero negativa para las estaciones de costa y cordillera, representadas por las estaciones de Puerto Aysén y Balmaceda, donde las disminuciones encontradas fueron del 7 y 6% respectivamente. En invierno se observan variaciones porcentuales negativas y neutras, pero el cambio más relevante sucede en verano, en donde existe un aumento consistente entre las tres estaciones, un 10% para las estaciones de costa y valle central, mientras que sólo de un 1% para la estación cordillerana de Balmaceda.

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	ATLAS DEL AGUA. CHILE 2016		
Año	2016	Código ID	DGA 10
Autores	DGA		
Elaborado por	DGA		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
	Todas	Todas	Todas
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Caracterización hidroclimática; antecedentes macrozonas		
Objetivos(s) de la información			
Contar con una idea general acerca de las características hidrológicas, climática y de disponibilidad de agua en la macrozona de estudio.			
Temática y resultados de interés			
<p>Este estudio presentan y describe las cuatro macrozonas en las cuales se divide el territorio continental de acuerdo a la afinidad de características climáticas, hidrográficas y orográficas. Respecto a la macrozona austral precisa sobre la existencia de 20 cuencas de acuerdo al inventario e cuencas hidrográficas de la DGA, presencia de golfos y fiordos (mayor número de lagos y lagunas existente en el territorio nacional, algunos de ellos compartidos con Argentina), un alto monto de precipitación anual (2.963 mm/año) y la mayor escorrentía del territorio nacional (20.258 m³/s, i.e., 69,3% del total país). A su vez se indica que, el aumento de la altitud de la cordillera, en comparación a la Macrozona Sur, permite la existencia de la más grande superficie de hielo de Sudamérica con un total de 16.361 glaciares, cuyo volumen de glaciar alcanza los 3.463 km³.</p> <p>En cuanto a los cursos de agua, se indica que nacen en la vertiente oriental andina, cruzando la cordillera a través de desfiladeros producidos por fracturas del macizo para desembocar en fiordos. La zona presenta ríos caudalosos por lo angosto de la Cordillera de Los Andes, siendo regulados por la presencia de grandes lagos. Posee la cuarta hoya hidrográfica más grande de Chile. Con 20.945 km², la cuenca del Baker se destaca en el extremo sur del continente ya que el río del mismo nombre recorre 175 km de longitud. Nace en el Lago Bertrand y desemboca en la localidad de Tortel. Entre sus afluentes destacan los ríos Nef, Chacabuco, Cochrane, del Salto, Colonia y Ventisqueros. Otros cursos fluviales a mencionar son Río Pascua con un área de 7.590 km² y una longitud de 56 km. Nace en el brazo noroccidental del Lago O'Higgins en una zona rodeada de cerros con profundos cañones cubiertos de hielo. Corre a gran velocidad hasta caer al Lago Chico para seguir su curso y recibir aguas del Río Quiroz. Finalmente, desemboca en el Fiordo Steele.</p>			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL, PROYECCIONES FUTURAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE		
Año	2017	Código ID	DGA 11
Autores	DGA		
Elaborado por	Unión temporal de proveedores Hídrica Consultores SpA y Aquaterra ingenieros Ltda		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
	Todas	Todas	Todas
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			x
Puntos clave	Demanda actual y proyectada de recursos hídricos; calidad de aguas		
Objetivos(s) de la información			
Disponer de estimaciones de demanda actual y proyectada en el periodo 2030-2040 de los recursos hídricos en Chile continental			
Temática y resultados de interés			
<p>Este estudio, desarrollado en el marco de la iniciativa "Análisis para el Desarrollo de Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)", se realizan estimaciones de la demanda actual y proyectada de los recursos hídricos a nivel nacional según diferentes usos, entre los cuales se encuentran el consumo humano, industrial, agrícola, forestal, minero, etc. Del estudio se desprende que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demanda de agua potable rural aumenta entre un 0 y 20, mientras que la demanda de agua potable urbana aproximadamente un 70% en las regiones de interés. • La demanda de consumo agrícola resulta más variable, con valores entre -200% y 50% de cambio hacia 2040 respecto al periodo actual. • En términos de demanda industrial, esa muestra un aumento general entre las regiones de interés, el cual va desde 50% a por sobre el 90% de lo estimado en periodo actual. 			

Tipo de Información	Estudio DGA		
Título	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA ISLA DE PASCUA		
Año	2010	Código ID	DGA 12
Autores	DGA		
Elaborado por	Mauricio Claría Hofer		
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
	Valparaíso	Isla de Pascua	Isla de Pascua
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Estimación de balance hídrico		
Objetivos(s) de la información			
Contar con antecedentes para comparar las estimaciones de balance hídrico			
Temática y resultados de interés			
<p>Este estudio busca recopilar antecedentes hidrogeológicos de Isla de Pascua y realizar, en conjunto con los antecedentes nuevos generados a partir de ensayos y pruebas in situ, caracterizar la hidrogeología de la isla. En línea con la caracterización hidroclimática, se plantea un balance hídrico en base a la precipitación, evapotranspiración real y escorrentía media anual. En base a los registros de la estación climatológica Mataverí en el periodo 1970-2009 se determina que los montos medios de precipitación anual equivalen a 1240 mm, con un aumento de precipitación en función de la altura de 173 mm/m. Utilizando el método empírico de Turc se determina la evapotranspiración real o déficit de escorrentía (D), el cual equivale a 889,6 mm. Finalmente se determina la escorrentía anual despejando el balance, según lo cual se obtiene una escorrentía anual de 350,4 mm. Para estimar la recarga o infiltración del sistema, se aplican porcentajes de infiltración derivados de otros estudios, definidos por el rango 15% y 70%. El porcentaje dependerá de factores como permeabilidad del suelo, vegetación, relieve, intensidad y duración de las lluvias.</p>			

C.2. DETALLES REVISIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS RECOMENDADOS

Tipo de Información	Artículo Científico		
Título	ANNUAL GLACIER ELEVATION CHANGE RATE RASTER DATASET, SOUTH AMERICAN ANDES 2000 AND 2011-2015		
Año	2018	Código ID	Cient 1
Autores	Braun, Matthias Holger; Malz, Philipp; Sommer, Christian; Farias Barahona, David; Sauter, Tobias; Casassa, Gino; Soruco, Alvaro; Skvarca, Pedro; Seehaus, Thorsten		
Elaborado por			
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
	Todas		
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Uso de imágenes satelitales, cálculo de cambios de elevación y masa anual de glaciares en Sudamérica, cobertura de un 85% áreas glaciares en Sudamérica. Producto satelital.		
Objetivos(s) de la información			
Evaluación de productos satelitales, para la validación de los resultados obtenidos a partir del modelo de derretimiento de glaciares de la macrozona estudiada.			
Temática y resultados de interés			
<p>Los resultados presentados por este trabajo son pensados en la calibración y validación para modelos de derretimiento glaciar y modelos de descarga. En este trabajo, el autor calcula las tasas de cambio de elevación para el 79,2% de la superficie glaciar de Patagonia norte, 92,1% de Patagonia sur y el 81,8% de Tierra del fuego, para ello utiliza <i>TanDEM-X</i> y SRTM mediante el método de diferenciación DEM. Los resultados de este estudio indican que los campos de hielo patagónicos presentan las mayores tasas de cambio de elevación glaciar y por ende de masa glaciar, éste es equivalente al 83% de pérdidas presentadas en Sudamérica en el periodo 2000-2015. Siendo de $4,50 \pm 0,46 \text{ Gt año}^{-1}$ para Patagonia norte, $-14,04 \pm 0,56 \text{ Gt año}^{-1}$ para Patagonia sur y $0,96 \pm 0,11 \text{ Gt año}^{-1}$ para tierra del fuego.</p> <p>Para los resultados estimados por Patagonia, estos son similares a los presentados por otros estudios geodésicos en el mismo periodo de observación, presentando una leve sobrestimación respecto a estos, cuyas diferencias pueden ser asociadas a las diferencias metodológicas y temporales. La predominancia de los aportes de masa, de los campos de hielo patagónicos, pueden ser explicados debido a que estos están expuestos a las dinámicas físicas originadas por el agua salada y el desprendimiento de témpanos.</p>			

Tipo de Información	Artículo Científico		
Título	ICE ELEVATION AND AREAL CHANGES OF GLACIERS FROM THE NORTHERN PATAGONIA ICEFIELD, CHILE		
Año	2007	Código ID	Cient 2
Autores	Andrés Rivera, Toby Benham, Gino Casassa, Jonathan Bamber, Julian A. Dowdeswell,		
Elaborado por			
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
	Región de Aysén		
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Uso de imágenes satelitales, cálculo de cambios de elevación de glaciares de campo de Hielo Norte para el periodo (1979-2001), adelgazamiento glaciar, cambios de área glaciar.		
Objetivos(s) de la información			
Contrastar y validar los resultados obtenidos mediante el modelo glaciar modificado.			
Temática y resultados de interés			
En este estudio los autores obtienen las tasas de cambio de área de glaciares de Campos de Hielo Norte para el periodo de 1979 a 2001. Esto permite calcular el área de los mismos glaciares para el año 1979, lo que facilita la obtención de datos para la comparación de datos modelados en este informe.			

Tipo de Información	Artículo científico		
Título	TEMPERATURE INDEX MELT MODELLING IN MOUNTAIN AREAS		
Año	2003	Código ID	Cient 3
Autores	Regine Hock.		
Elaborado por			
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Modelos de índice de temperatura, factor de día grado, modelación de derretimiento y balance de masa glaciar.		
Objetivos(s) de la información			
Estudio de la base teórica y desempeño de los balances de tipo de <i>Grado Día</i> . Fundamentar los factores que proporcionan variaciones de los factores de grado día de hielo y nieve, de los resultados obtenidos por el modelo glaciológico.			
Temática y resultados de interés			
<p>La autora hace un repaso del uso de los modelos de índice de temperatura a lo largo del tiempo y el respaldo físico tras el mismo. Hace hincapié sobre la variabilidad que presentan los factores de día grado para nieve y hielo, especialmente en zonas montañosas o de alta complejidad topográfica. Esta diferencia, genera la intrasmisibilidad de los factores de grado día dentro de una misma región e inclusive dentro de un mismo glaciar.</p> <p>Este tipo de modelo, son ampliamente utilizados en modelos de descarga o escorrentía glaciar, sin embargo, la autora indica que es necesario calibrar el modelo dada esta misma variabilidad local y estacional, mediante datos históricos de descarga para disminuir el error producido por este tipo de modelo. También la autora sugiere, el incluir una variable que ajuste los cambios que sufre los factores de grado día durante un periodo de tiempo. El trabajo destaca, la necesidad de calibración de los factores de día grado como una necesidad, debido a la variabilidad que presentan ambos factores a nivel regional y locales, siendo imposible establecer un valor universal de estos factores.</p>			

Tipo de Información	Artículo Científico		
Título	PHYSICAL BASIS FOR THE TEMPERATURE-BASED MELT-INDEX MODEL		
Año	2000	Código ID	Cient 4
Autores	Atsumu Ohmura		
Elaborado por			
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Modelos de derretimiento, modelos de índice de temperatura.		
Objetivos(s) de la información			
Fundamentar el cambio metodológico propuesto, además de conocer las variables físicas que sustentan el modelo.			
Temática y resultados de interés			
<p>El autor realiza un repaso de la utilización de los modelos de derretimiento basados en el método de <i>grado día</i>. Se describe la base física tras este tipo de modelos, mediante un estudio de las variables físicas predominantes del derretimiento. Estas variables son (de mayor a menor contribución): radiación de onda larga entrante emitida por la atmosfera, la radiación global absorbida y los flujos turbulentos de calor sensible.</p> <p>El autor, describe el comportamiento de las capas atmosféricas “cercanas” a la superficie terrestre (100-2000m), es la capa más cercana la que presenta mayor contribución de radiación de onda larga incidente sobre los glaciares. Además, destaca que una medición de temperatura es capaz de representar este aporte de radiación incidente dado el comportamiento de estas capas cercanas la superficie, al igual denota la dependencia de los flujos turbulentos de calor sensible respecto a la temperatura del aire. También sugiere, que el realizar mediciones de temperatura en la periferia del área glaciar, podría mejorar el rendimiento del modelo, ya que esta temperatura explicaría en parte la radiación global, dado el bajo albedo de este tipo de superficies y en consecuencia el calentamiento generado sobre la capa de aire próxima a la medición. Por último, el autor destaca que la simplicidad de este tipo de modelos conlleva beneficios tales como la simplicidad del cálculo computacional, amplio acceso a base de datos de temperatura y altura reproductibilidad tiempo-espacial de la misma forzante.</p>			

Tipo de Información	Artículo Científico		
Título	HYDROLOGICAL REGIME OF REMOTE CATCHMENTS WITH EXTREME GRADIENTS UNDER ACCELERATED CHANGE: THE BAKER BASIN IN PATAGONIA		
Año	2012	Código ID	Cient 5
Autores	Dussaillant A., Buytaert W., Meier C., Espinoza F.		
Elaborado por			
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
	Región de Aysen		Baker
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Régimen Natural, clasificación de descarga, razón de descarga, cambio climático.		
Objetivos(s) de la información			
Obtener información acerca de estudios previos del aporte del caudal glaciar a la cuenca del Baker.			
Temática y resultados de interés			
Este trabajo busca hacer una caracterización detallada de la cuenca del Baker y del origen de las descargas que contribuyen a el caudal. Sobre la caracterización del régimen, el autor indica posibles fuentes de error dentro de la modelación, entre ellos se encuentra la falta de medición de precipitación, medición de descarga y la contribución de glaciares, añade a esto que generalmente el aporte de glaciares es imposible de cuantificar a esta escala. El autor indica de igual forma que los valores altos e “irreales” de las tasas de descarga en cuencas de contribución glaciar, no pueden ser atribuidas exclusivamente al derretimiento glaciar.			

Tipo de Información	Artículo Científico		
Título	GLOBAL-SCALE HYDROLOGICAL RESPONSE TO FUTURE GLACIER MASS LOSS		
Año	2007	Código ID	Cient 6
Autores	Matthias Huss and Regine Hock		
Elaborado por			
Ámbito Geográfico	Región	Provincia(s)	Cuenca(s)
Tipo de Antecedentes	Demanda y Usos de Agua	Calidad de Aguas	Otros
			X
Puntos clave	Cambio climático, respuesta hidrológica, glaciares y pérdida de masa.		
Objetivos(s) de la información			
Obtener información del comportamiento hidrológico a escala global, frente al cambio climático.			
Temática y resultados de interés			
<p>El trabajo, estudia los cambios de descarga anual y mensual de glaciares, el aporte glaciar a los caudales de las cuencas de gran escala y el <i>peak</i> máximo de descarga para 56 cuencas de aporte glaciar de drenaje a macroescala (>5000Km²) en la tierra.</p> <p>Se espera que la contribución de glaciares a los caudales disminuya progresivamente en respuesta al calentamiento de la atmósfera, este calentamiento provocaría consecuentemente la pérdida de masa de los glaciares.</p> <p>Para el 45% de las cuencas, el <i>peak</i> máximo de aporte glaciar ya ha ocurrido, ahora se espera su disminución progresiva. Se espera al menos una disminución del 22% de las descargas para 2050.</p> <p>De igual modo se prevé un aumento paulatino de descarga, para cada glaciar que aún no ha pasado por este <i>peak</i>. El tiempo que debe o que ha transcurrido respecto al <i>peak</i> de aporte al caudal, está estrechamente relacionado a cada zona y sus variables asociadas.</p> <p>Para la mitad de las cuencas la descarga glaciar (2000-2090 RCP4.5) se proyecta que el aporte glaciar al caudal se reduce a un 5% respecto al caudal total. mientras que 19 de 56 cuencas con aporte glaciar se reduciría en un 10%.</p>			

D. ANEXO D: HIDROGEOLOGÍA

D.1. RÍO CUERVO EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Cuervo en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 702,04 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 98,22 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Puerto Chacabuco" presenta una precipitación promedio anual de 2676,3 mm (Figura D.1).

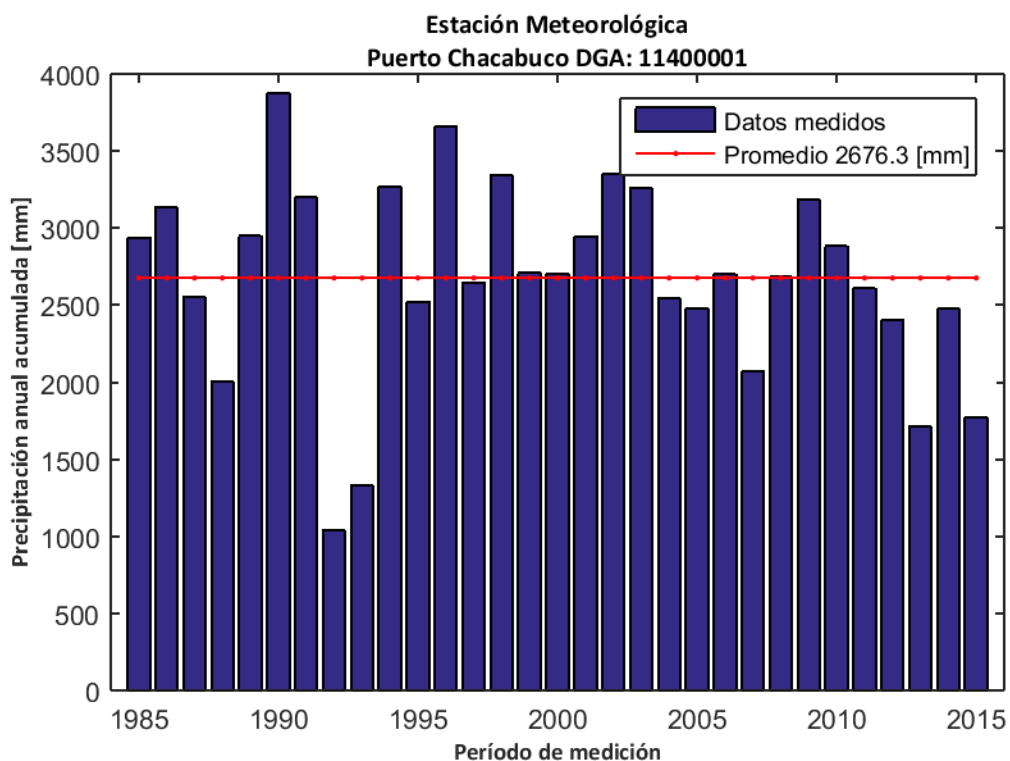


Figura D.1: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Puerto Chacabuco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,73 (Figura D.2), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

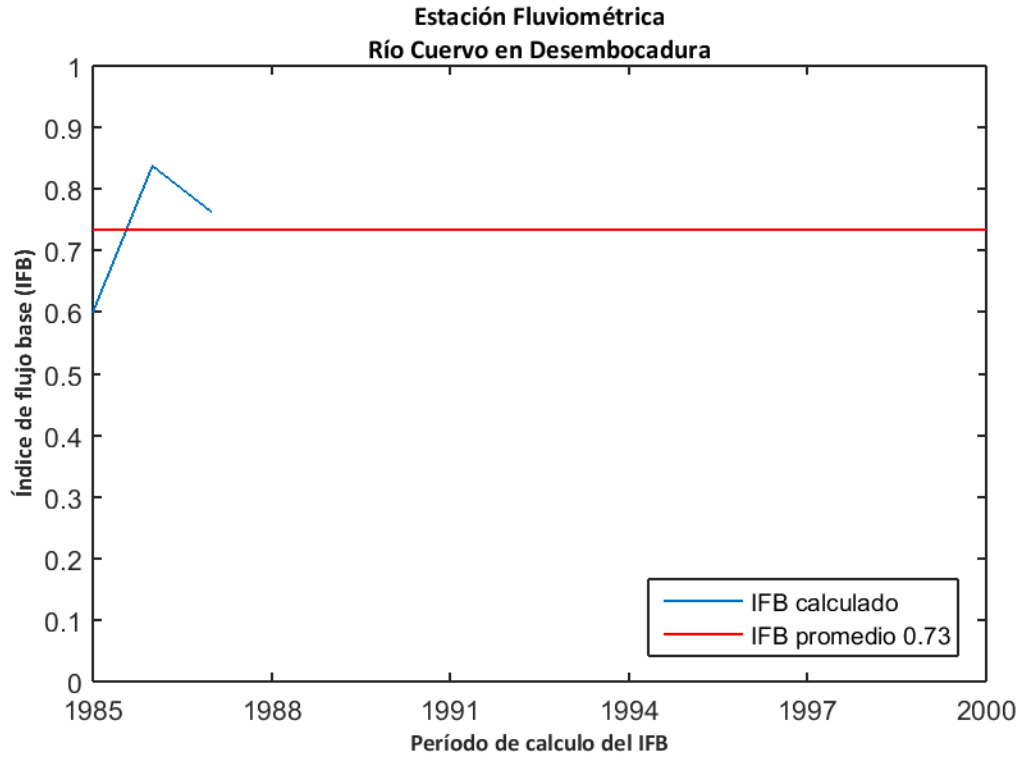


Figura D.2: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Cuervo en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Cuervo en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 2664,2 mm/año (Figura D.3) equivalente a un 99,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Puerto Chacabuco").

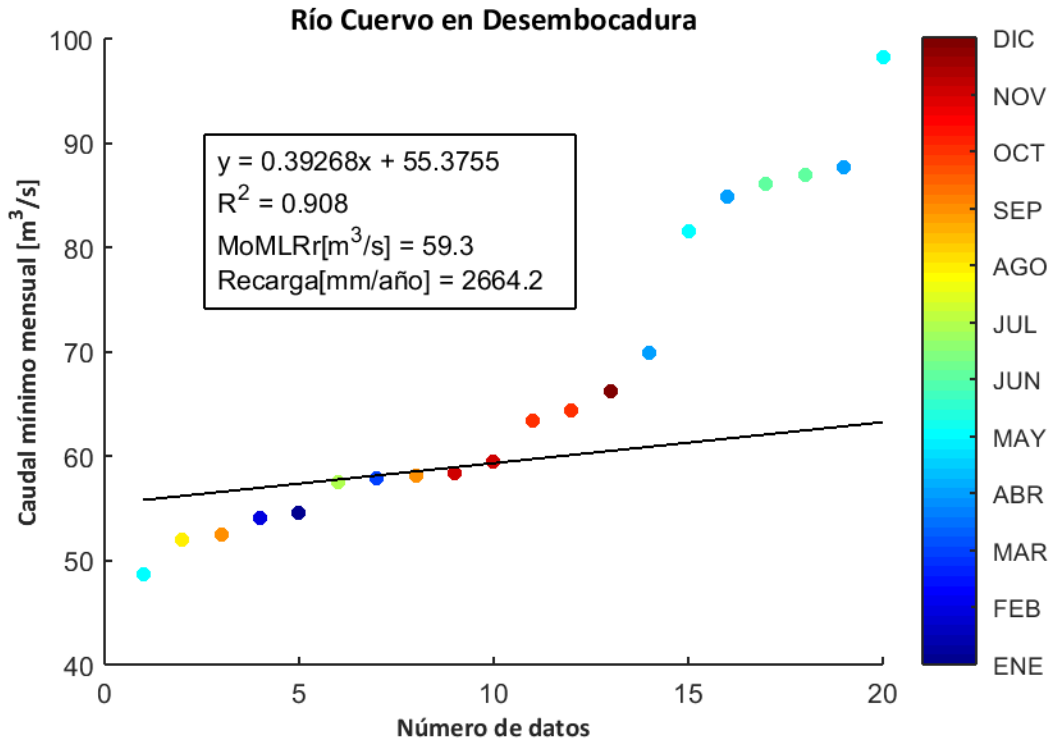


Figura D.3: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Cuervo en Desembocadura".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Cuervo en Desembocadura" durante el período de análisis.

D.2. RÍO ÑIREHUAO EN VILLA MAÑIHUALES

La estación fluviométrica "Río Ñirehuao en Villa Mañihuales" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1789,75 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 35,36 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Villa Mañihuales" presenta una precipitación promedio anual de 1445,1 mm (Figura D.4).

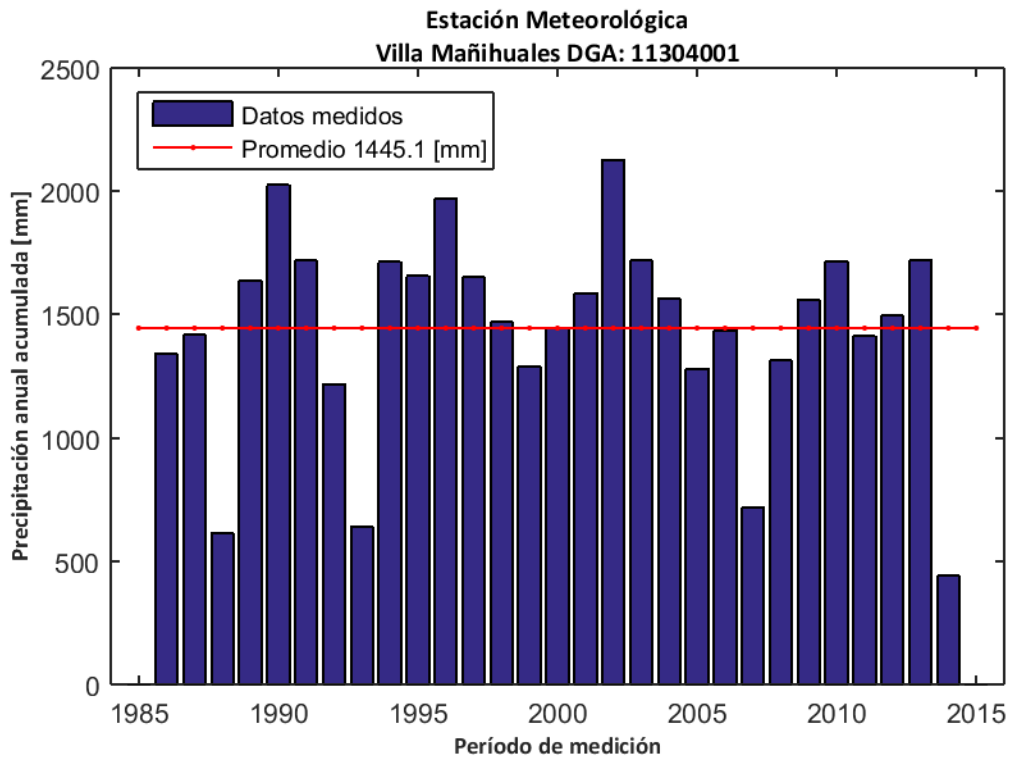


Figura D.4: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Villa Mañihuales".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arroja un promedio de 0,68 (Figura D.5), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

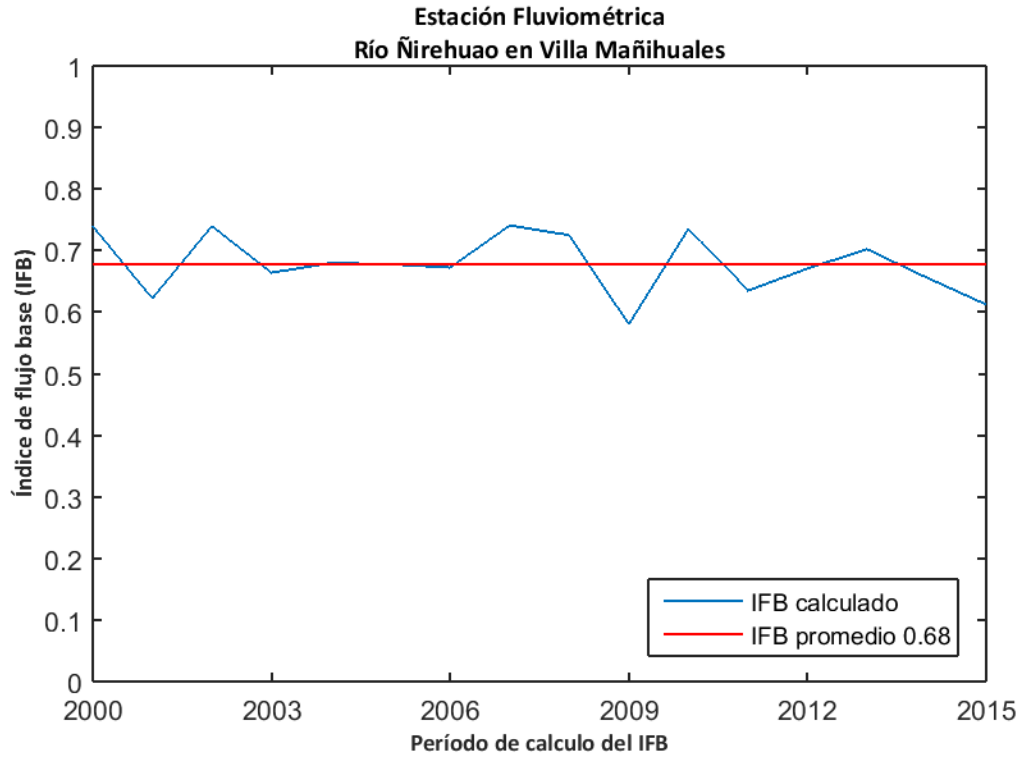


Figura D.5: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Ñirehuao en Villa Mañihuales".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Ñirehuao en Villa Mañihuales" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 248,9 mm/año (Figura D.6) equivalente a un 17,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Villa Mañihuales").

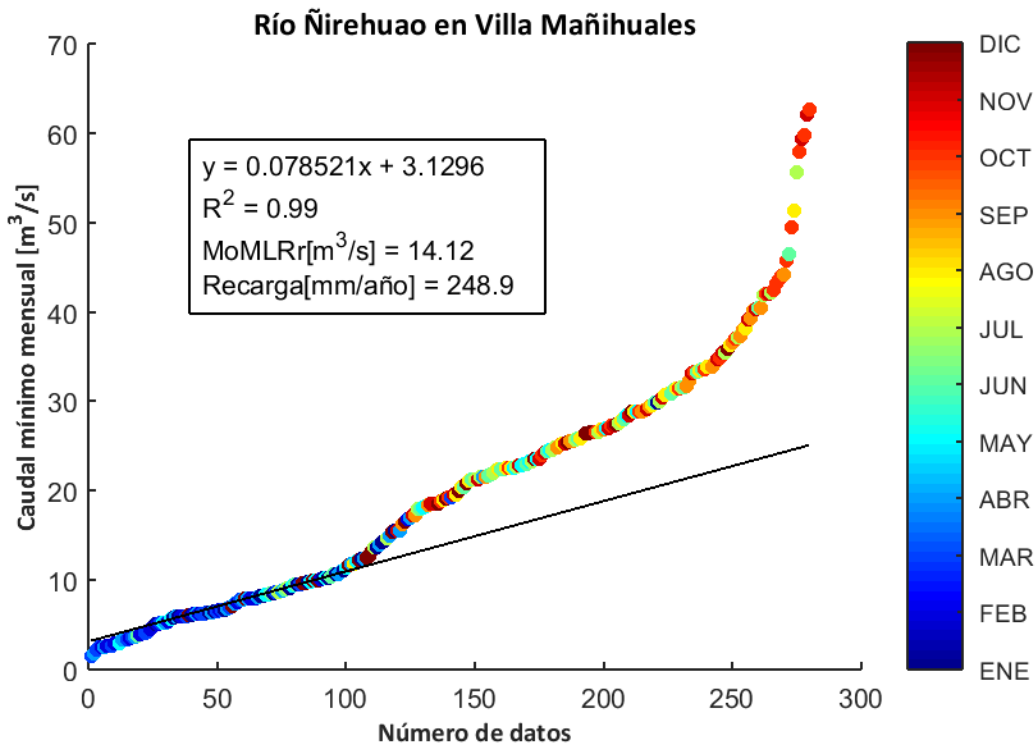


Figura D.6: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Ñirehuao en Villa Mañihuales".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 1, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 1: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Ñirehuao en Villa Mañihuales". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Ñirehuao en Villa Mañihuales	48	23,4	44,4	93,0

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Ñirehuao en Villa Mañihuales" sólo durante los años presentados en la Tabla 2, arrojando un valor promedio de 559,1 mm/año equivalente a un 38,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Villa Mañihuales").

Tabla 2: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Ñirehuao en Villa Mañihuales".

Años	Recarga [in]
1985	25,68
1988	15,49
1996	23,82
1997	23,29
2003	27,06
2005	26,2
2007	14,48
2013	22,73
2014	19,33
Promedio [in]	22,01
Promedio [mm]	559,1

D.3. RÍO EMPERADOR GUILLERMO ANTES JUNTA MAÑIHUALES

La estación fluviométrica "Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 604,78 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 18,81 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Villa Mañihuales" presenta una precipitación promedio anual de 1445,1 mm (Figura D.7).

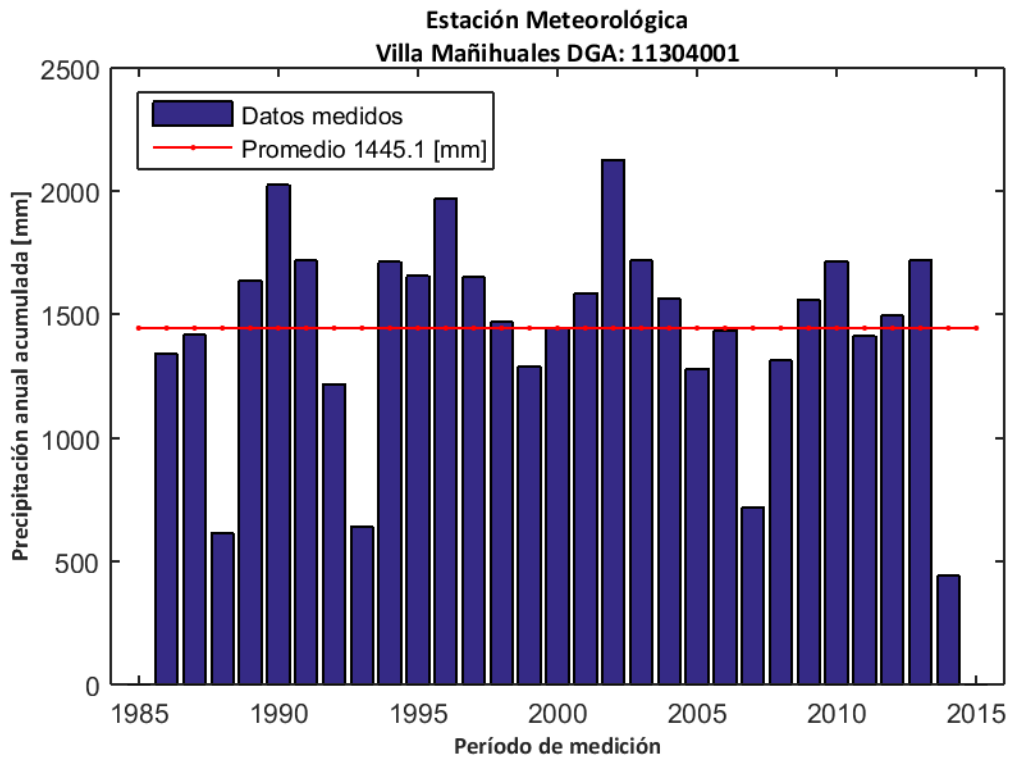


Figura D.7: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Villa Mañihuales".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,62 (Figura D.8Figura D.9), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

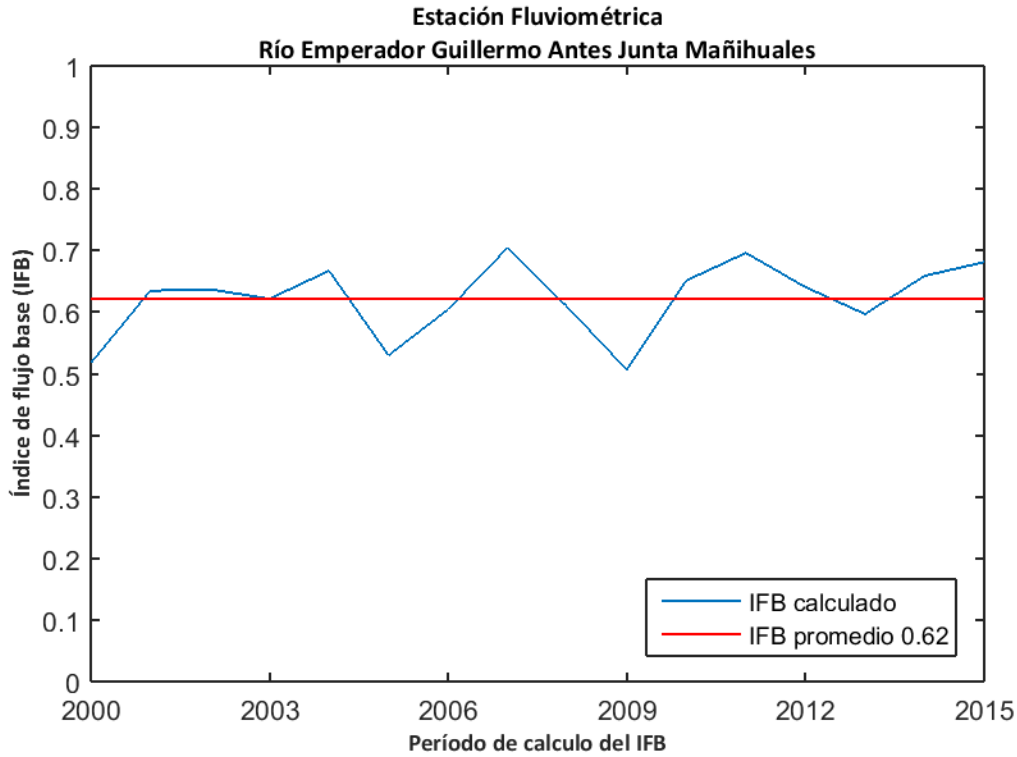


Figura D.8: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 506,4 mm/año (Figura D.9) equivalente a un 35,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Villa Mañihuales").

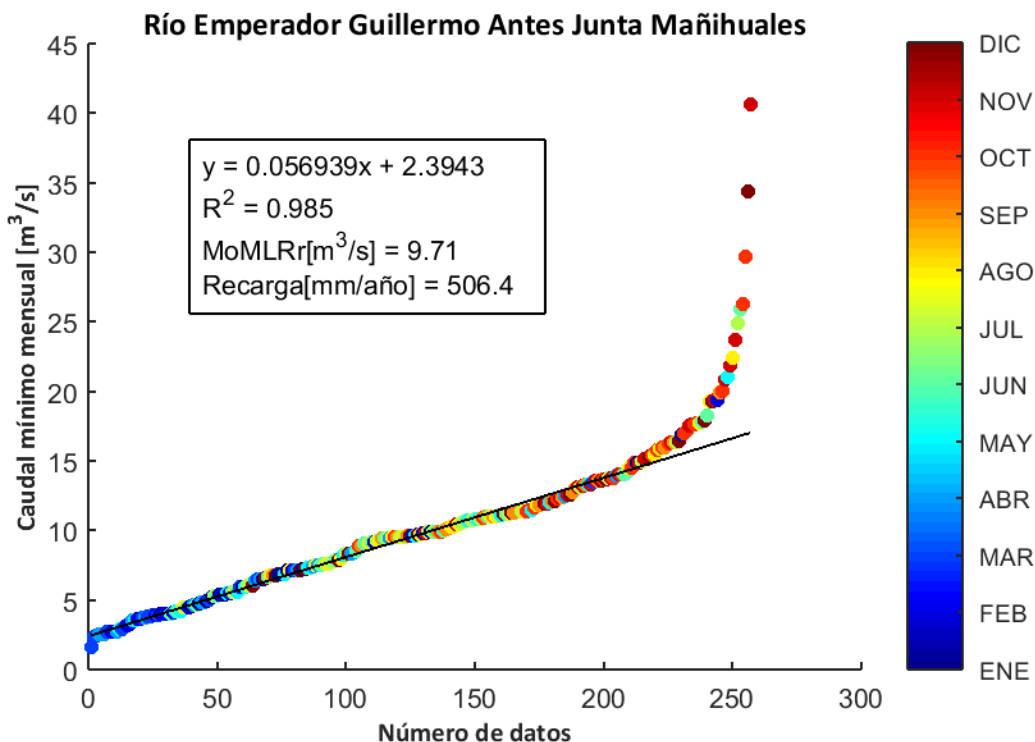


Figura D.9: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 3, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 3: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales	31	21,7	47,5	148,3

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales" sólo durante los años presentados en la Tabla 4, arrojando un valor promedio de 830,0 mm/año equivalente a un 57,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Villa Mañihuales").

Tabla 4: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Emperador Guillermo Antes Junta Mañihuales".

Años	Recarga [in]
1985	35,22
1989	30,33
2004	28,99
2006	32,07
2010	36,64
2012	32,81
Promedio [in]	32,68
Promedio [mm]	830,0

D.4. RÍO MAÑIHUALES ANTES JUNTA RÍO SIMPSON

La estación fluviométrica "Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 4348,55 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 172,79 m³/s. La estación meteorológica más cercana "El Balseo" presenta una precipitación promedio anual de 1664,4 mm (Figura D.10).

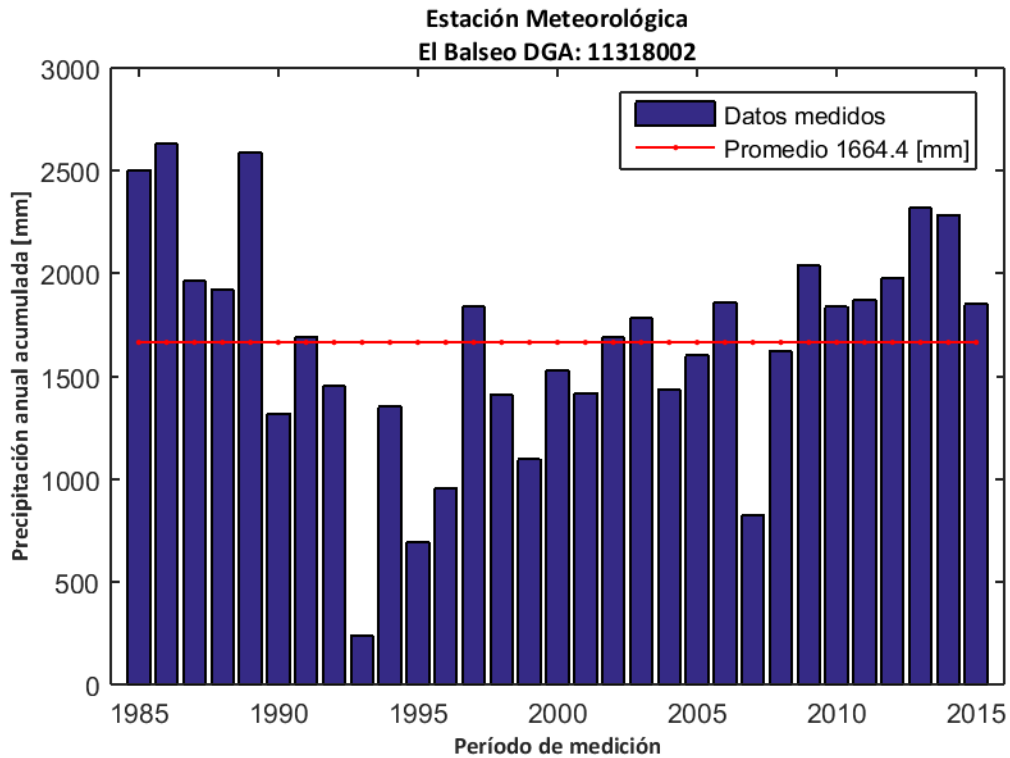


Figura D.10: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "El Balseo".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arroja un promedio de 0,55 (Figura D.11), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

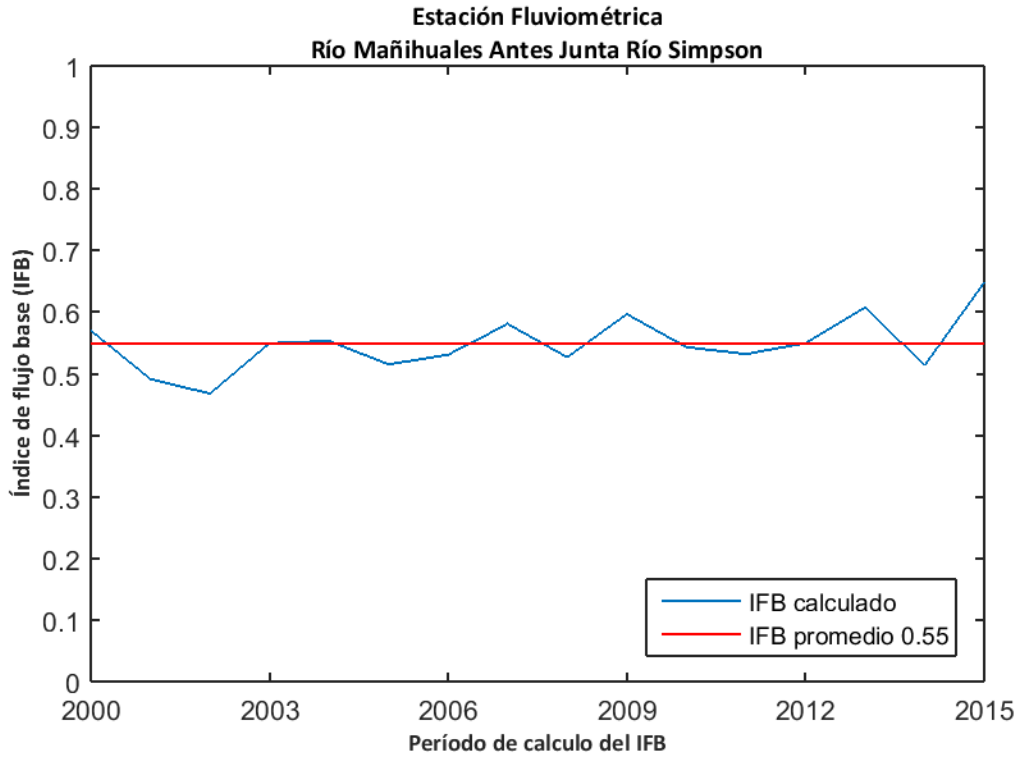


Figura D.11: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 500,7 mm/año (Figura D.12) equivalente a un 30,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("El Balseo").

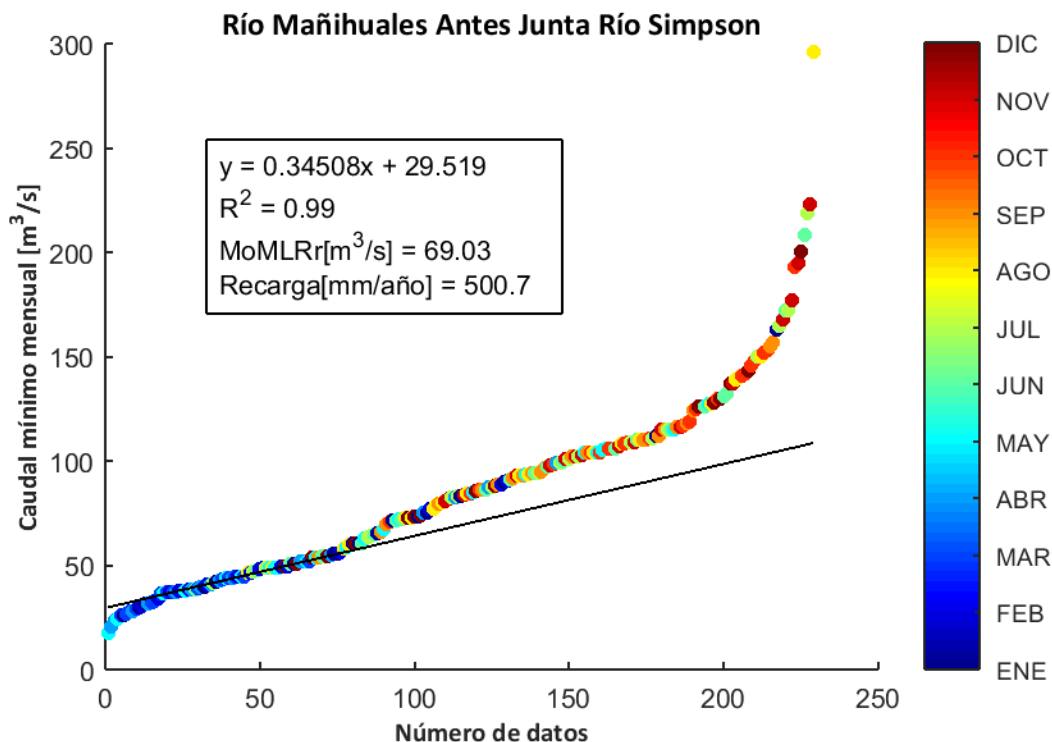


Figura D.12: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 5, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 5: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson	15	26,3	43,9	58,8

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson" sólo durante los años presentados en la Tabla 6, arrojando un valor promedio de 834,4 mm/año equivalente a un 50,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("El Balseo").

Tabla 6: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Mañihuales Antes Junta Río Simpson".

Años	Recarga [in]
2012	39,95
2013	30,83
2015	27,77
Promedio [in]	32,85
Promedio [mm]	834,4

D.5. RÍO HUEMULES FRENTE CERRO GALERA

La estación fluviométrica "Río Huemules Frente Cerro Galera" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1117,60 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 7,92 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro" presenta una precipitación promedio anual de 667,8 mm (Figura D.13).

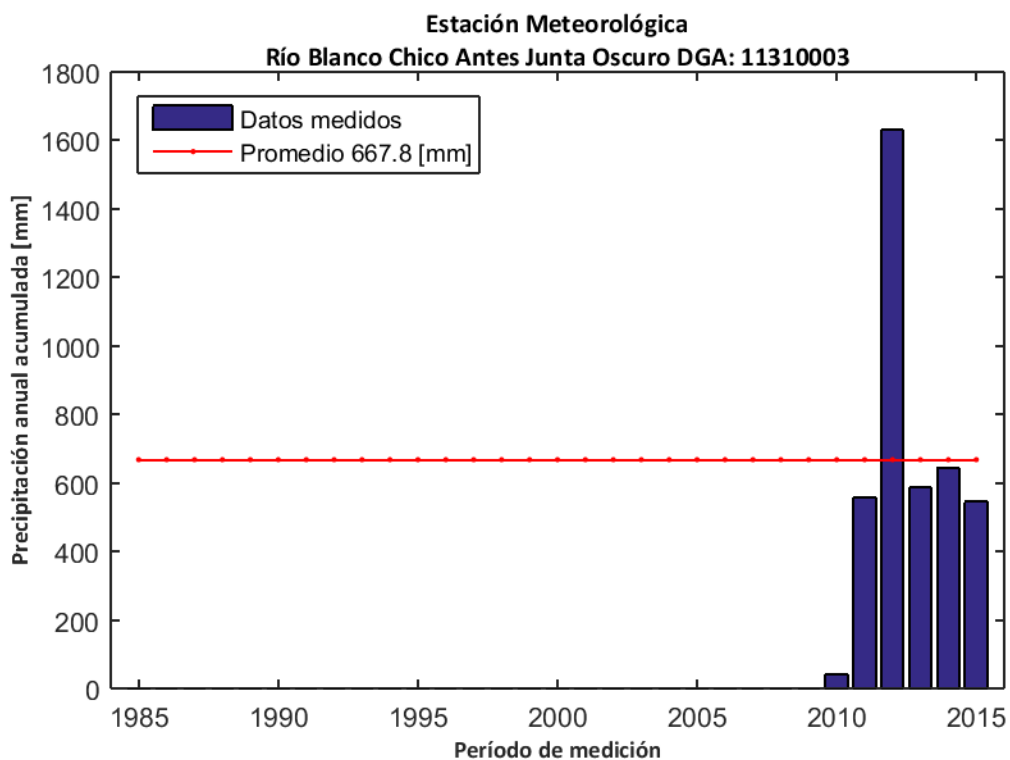


Figura D.13: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,64 (Figura D.14), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

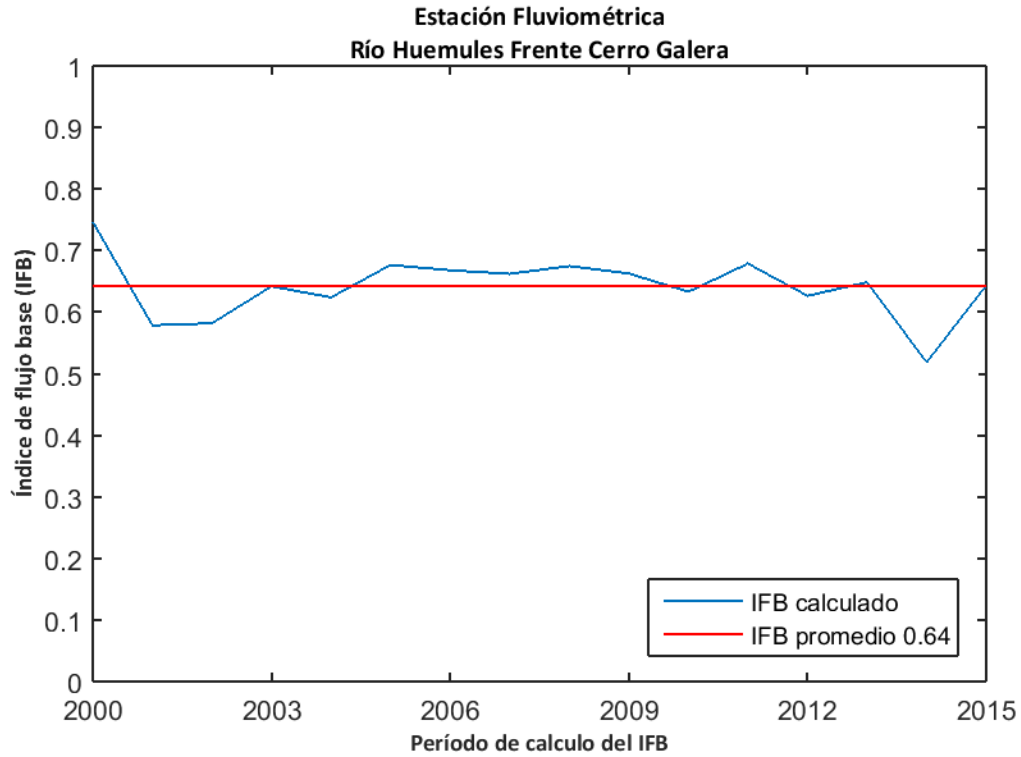


Figura D.14: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Huemules Frente Cerro Galera".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Huemules Frente Cerro Galera" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 79,1 mm/año (Figura D.15) equivalente a un 11,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

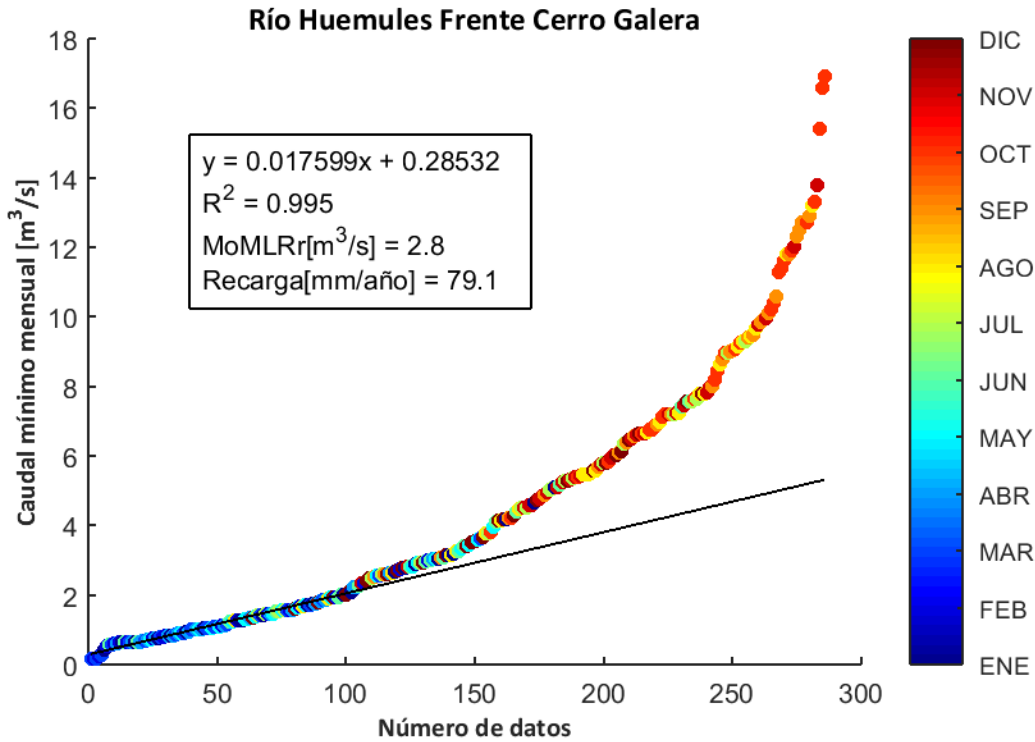


Figura D.15: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Huemules Frente Cerro Galera".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 7, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 7: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Huemules Frente Cerro Galera". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Huemules Frente Cerro Galera	11	27,9	43,2	57,1

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Huemules Frente Cerro Galera" sólo durante los años presentados en la Tabla 8, arrojando un valor promedio de 183,1 mm/año equivalente a un 27,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

Tabla 8: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Huemules Frente Cerro Galera".

Años	Recarga [in]
1987	3,35
1988	2,35
1997	8,31
2000	6,49
2005	10,83
2006	7,75
2009	8,33
2010	10,27
Promedio [in]	7,21
Promedio [mm]	183,1

D.6. RÍO OSCURO EN CAMINO CERRO PORTEZUELO

La estación fluviométrica "Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 105,08 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 2,00 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro" presenta una precipitación promedio anual de 667,8 mm (Figura D.16).

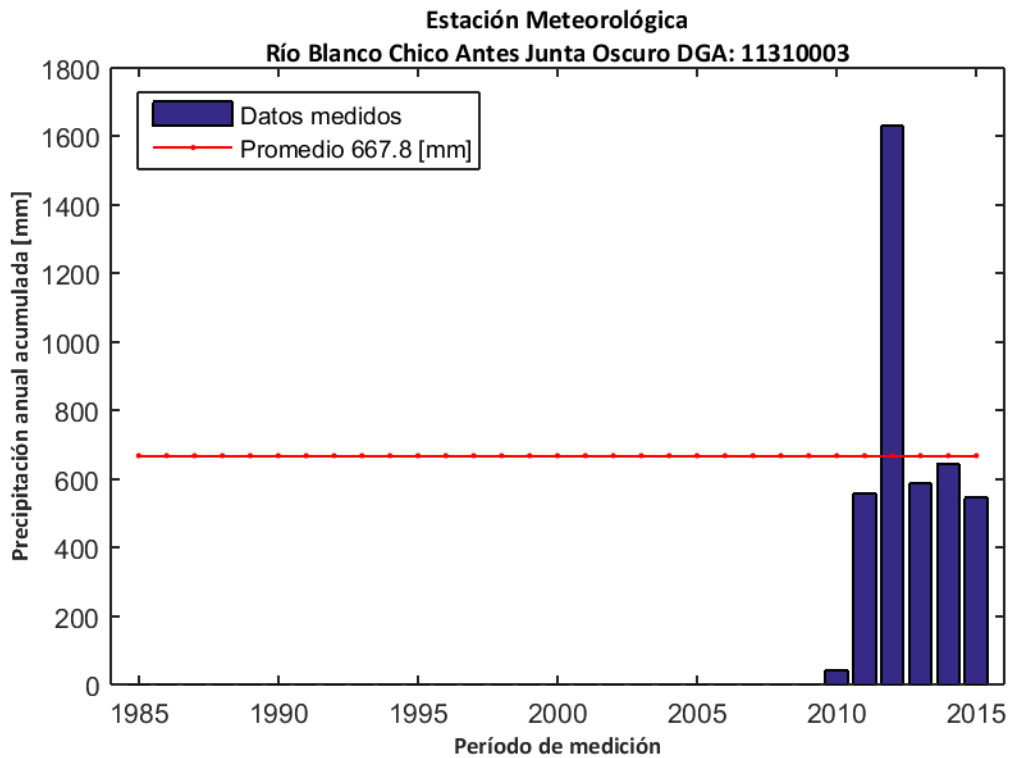


Figura D.16: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,56 (Figura D.17), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

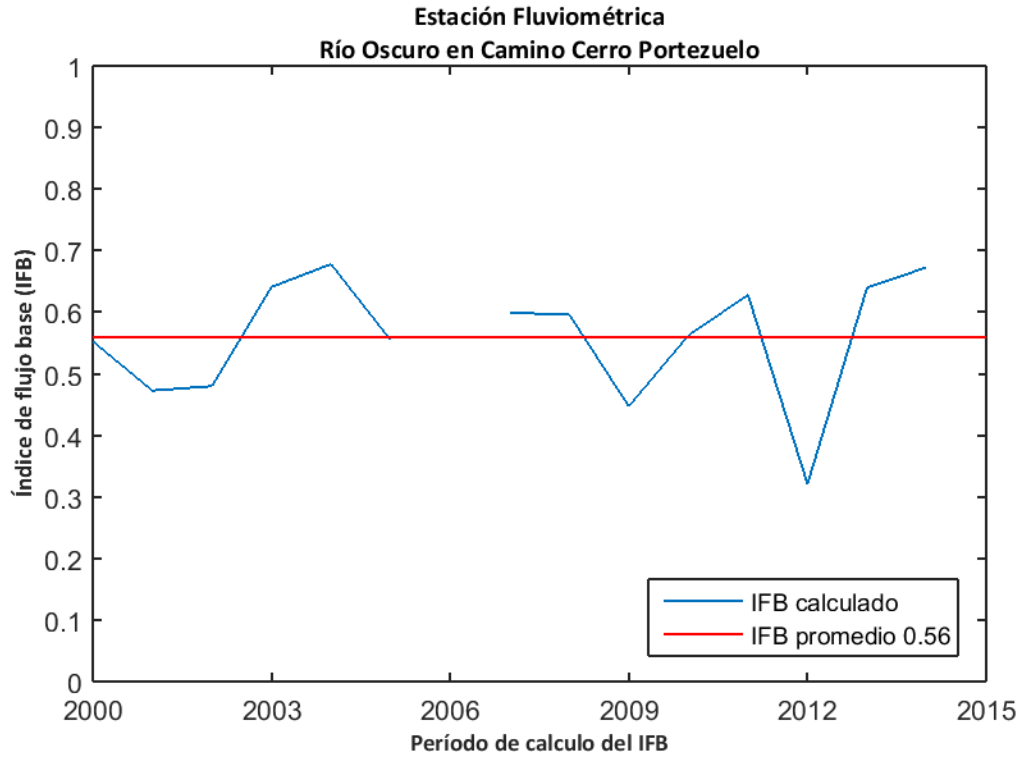


Figura D.17: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 262,6 mm/año (Figura D.18) equivalente a un 39,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

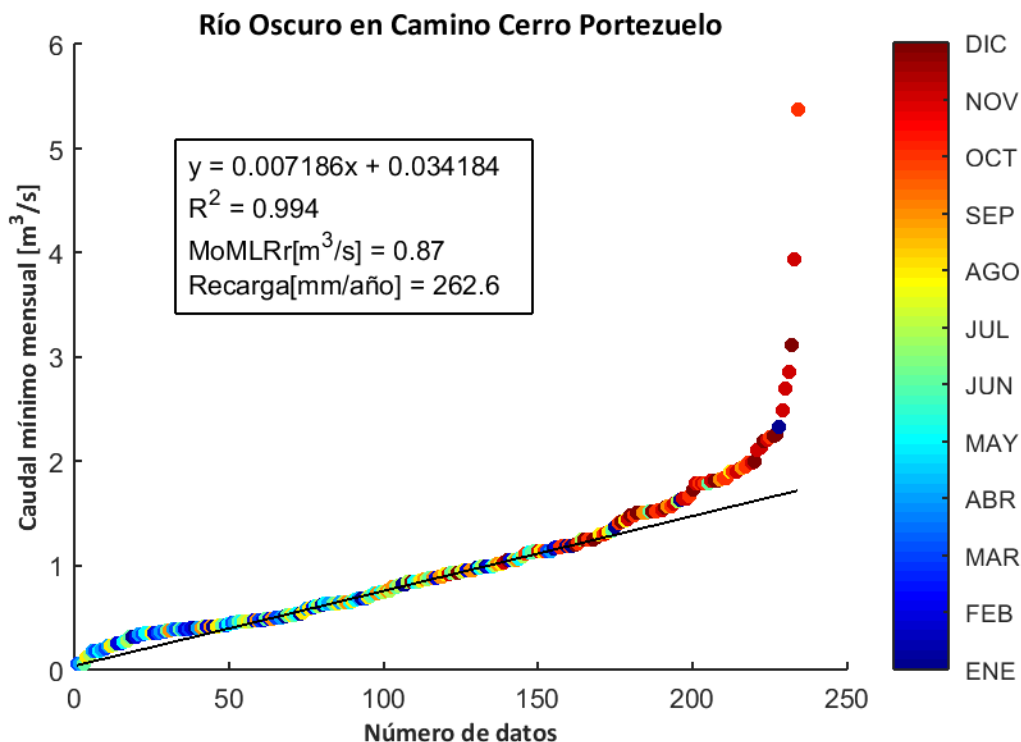


Figura D.18: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 9, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 9: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo	5	11,2	50,5	68,9

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo" sólo durante los años presentados en la Tabla 10, arrojando un valor promedio de 480,3 mm/año equivalente a un 71,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

Tabla 10: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Oscuro en Camino Cerro Portezuelo".

Años	Recarga [in]
1986	19,27
1989	15,24
2004	22,22
Promedio [in]	18,91
Promedio [mm]	480,3

D.7. RÍO BLANCO CHICO ANTES JUNTA OSCURO

La estación fluviométrica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 205,32 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 2,82 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro" presenta una precipitación promedio anual de 667,8 mm (Figura D.19).

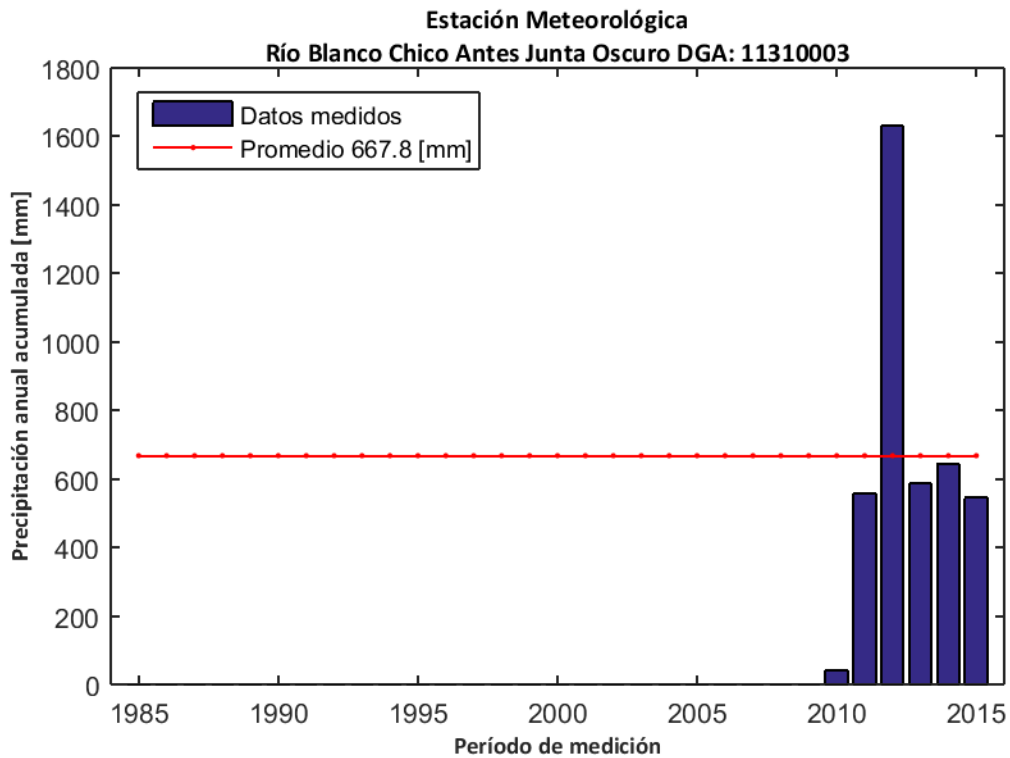


Figura D.19: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,66 (Figura D.20), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

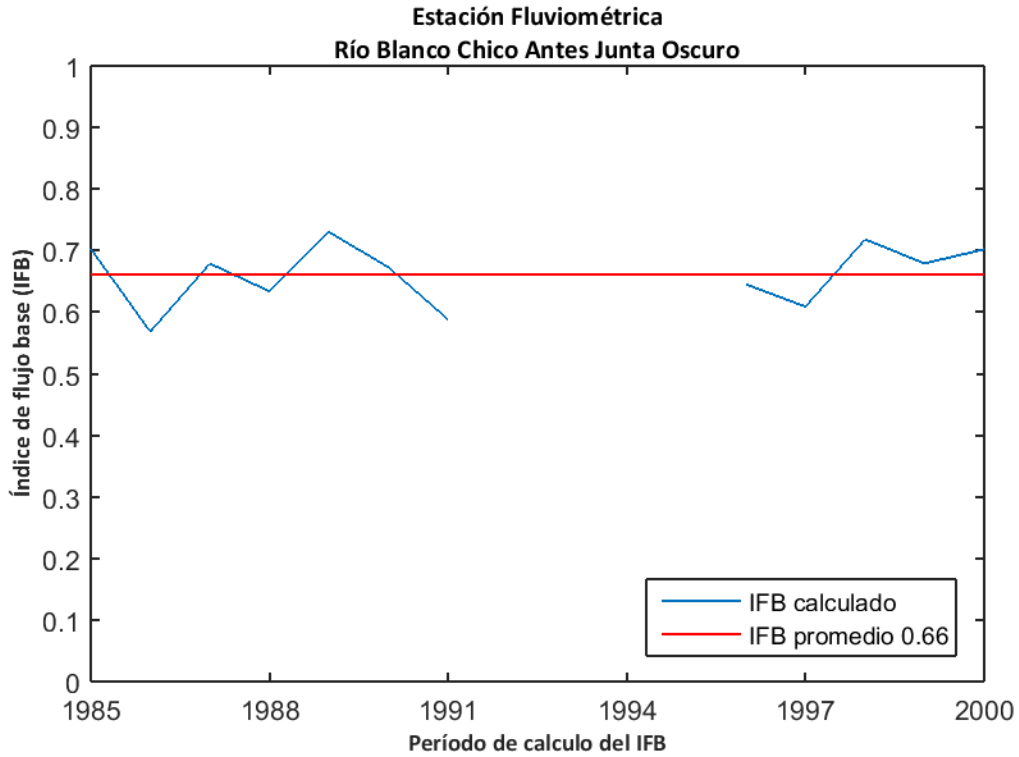


Figura D.20: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 129,3 mm/año (Figura D.21) equivalente a un 19,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

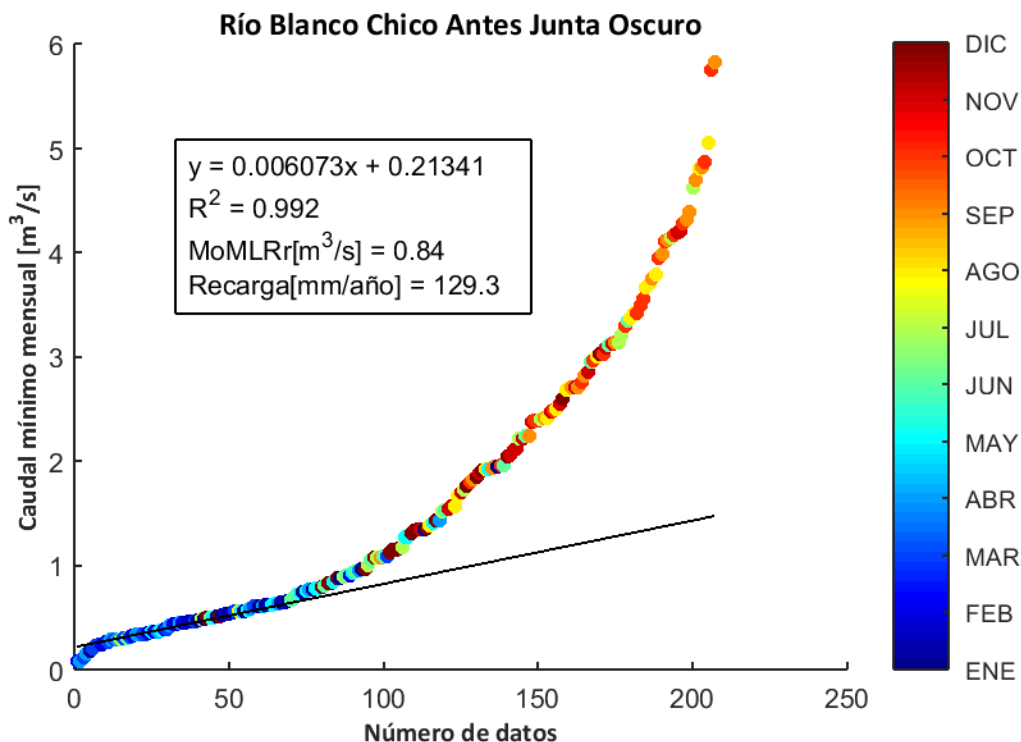


Figura D.21: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 11, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 11: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro	6	33,2	46,0	52,3

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro" sólo durante los años presentados en la Tabla 12, arrojando un valor promedio de 405,0 mm/año equivalente a un 60,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

Tabla 12: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro".

Años	Recarga [in]
1985	17,22
1990	20,38
1998	12,23
2004	15,44
2015	14,46
Promedio [in]	15,95
Promedio [mm]	405,0

D.8. RÍO BLANCO ANTES JUNTA HUEMULES

La estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Huemules" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 376,42 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 11,05 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro" presenta una precipitación promedio anual de 667,8 mm (Figura D.22).

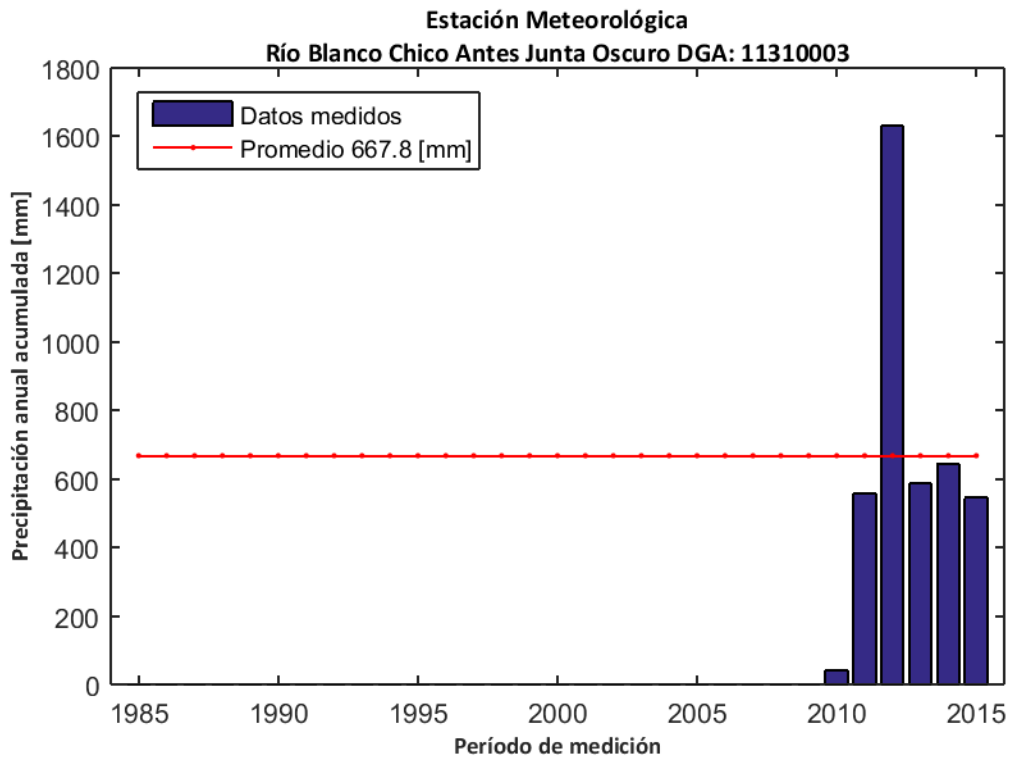


Figura D.22: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,59 (Figura D.23), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

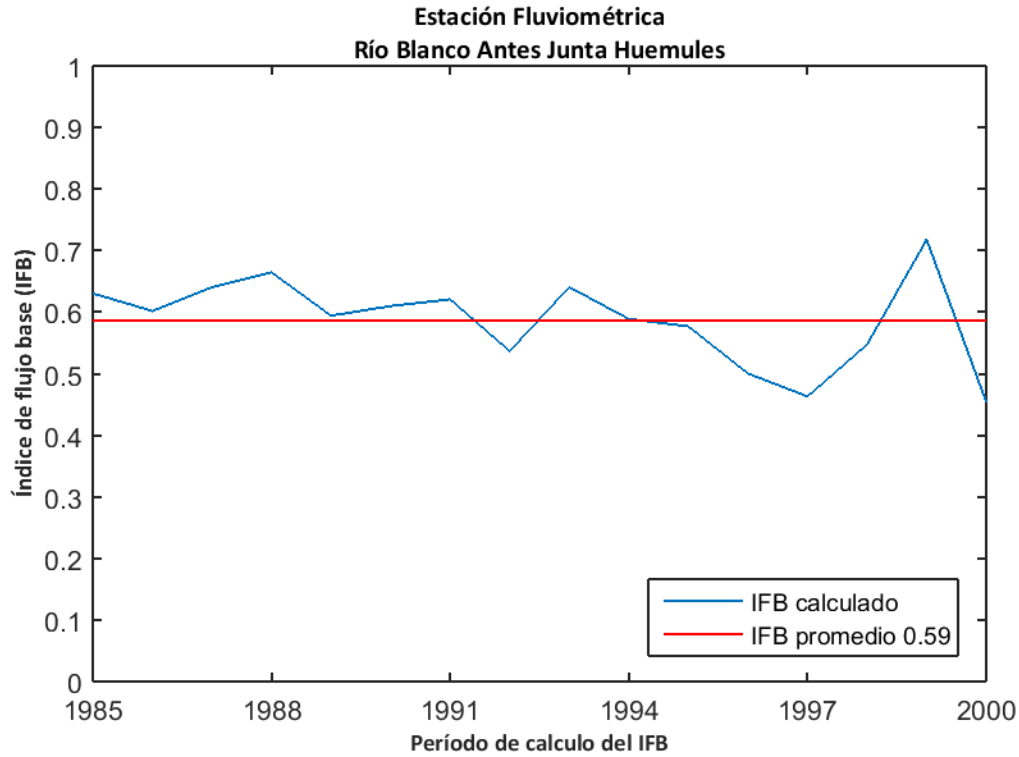


Figura D.23: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Huemules".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Blanco Antes Junta Huemules" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 285,9 mm/año (Figura D.24) equivalente a un 42,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

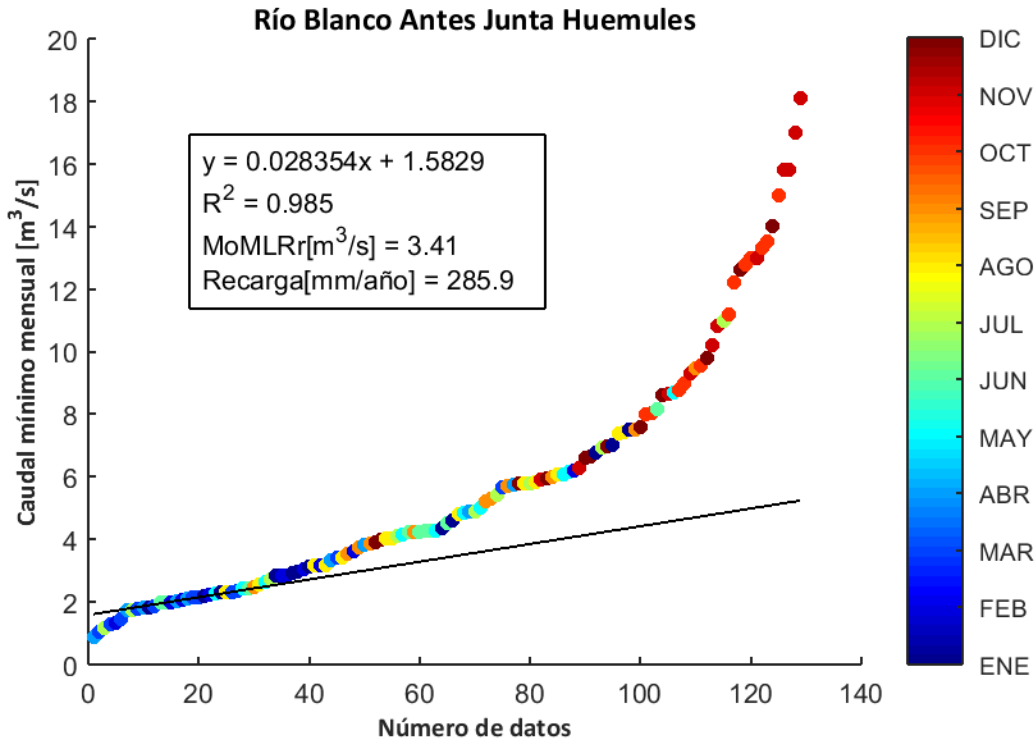


Figura D.24: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Huemules".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 13, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 13: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Huemules". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Blanco Antes Junta Huemules	7	29,5	64,0	78,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Blanco Antes Junta Huemules" sólo durante los años presentados en la Tabla 14, arrojando un valor promedio de 669,0 mm/año equivalente a un 100,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Blanco Chico Antes Junta Oscuro").

Tabla 14: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Huemules".

Años	Recarga [in]
1985	31,74
1986	32,37
1987	20,36
1988	20,4
1999	26,82
Promedio [in]	26,34
Promedio [mm]	669,0

D.9. RÍO POLLUX ANTES JUNTA SIMPSON

La estación fluviométrica "Río Pollux Antes Junta Simpson" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 432,03 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 5,15 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Coyhaique CONAF" presenta una precipitación promedio anual de 881,0 mm (Figura D.25).

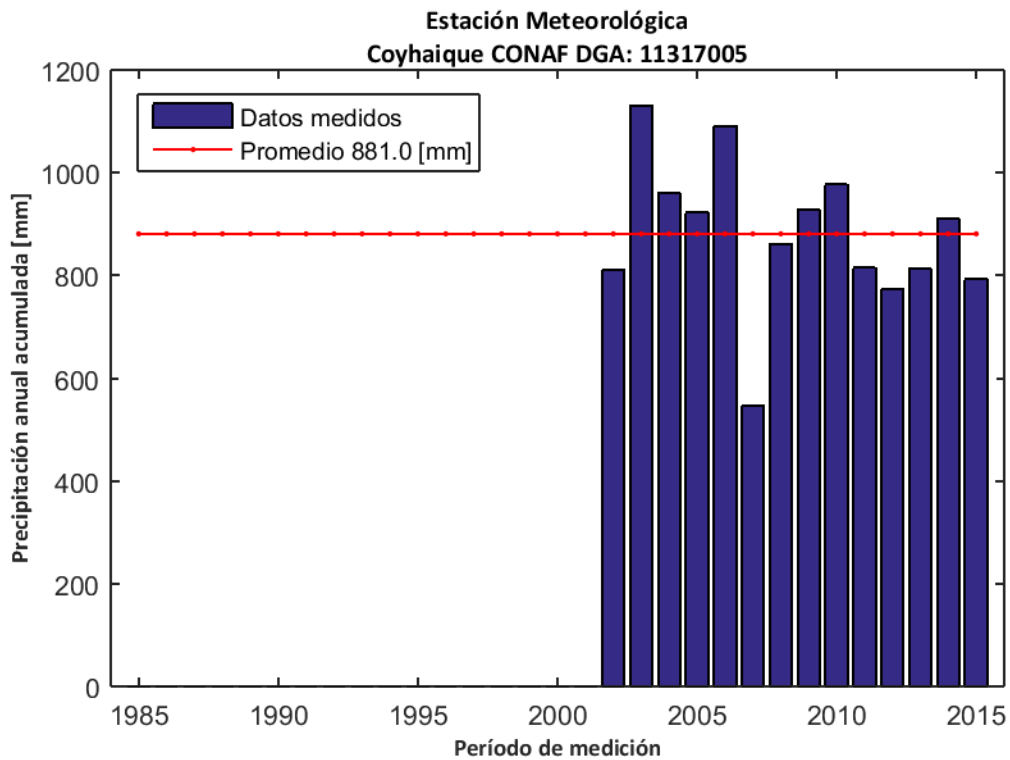


Figura D.25: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Coyhaique CONAF".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,87 (Figura D.26), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

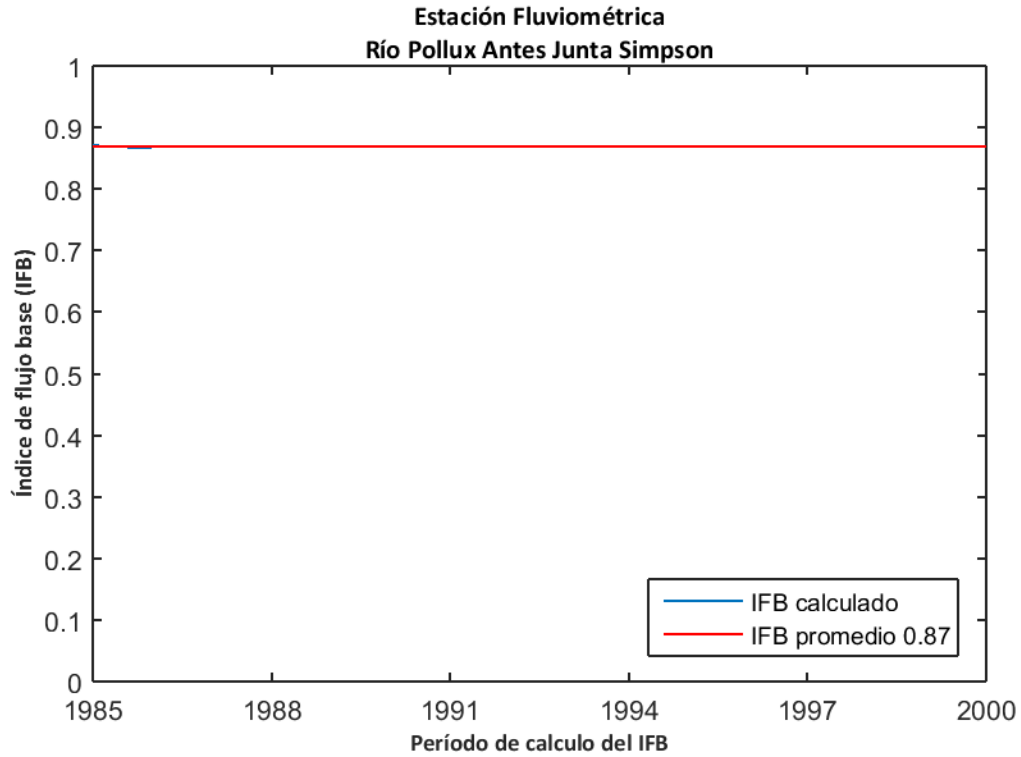


Figura D.26: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Pollux Antes Junta Simpson".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Pollux Antes Junta Simpson" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 60,3 mm/año (Figura D.27) equivalente a un 6,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique CONAF").

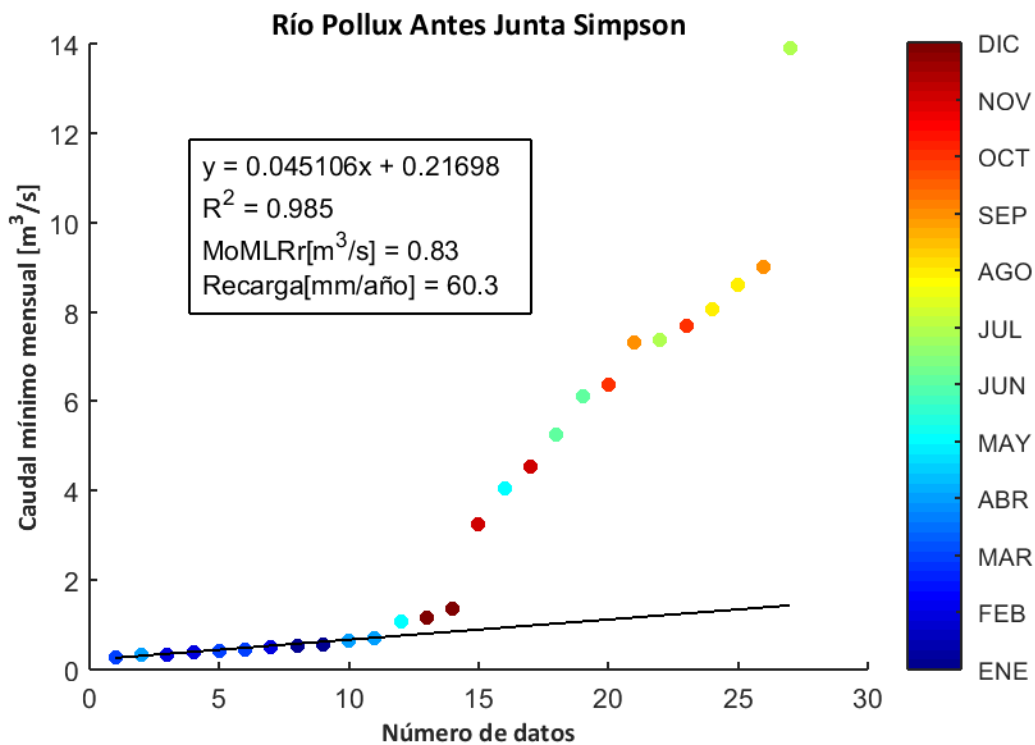


Figura D.27: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Pollux Antes Junta Simpson".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 15, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 15: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Pollux Antes Junta Simpson". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Pollux Antes Junta Simpson	7	45,9	67,0	93,2

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Pollux Antes Junta Simpson" sólo durante los años presentados en la Tabla 16, arrojando un valor promedio de 449,8 mm/año equivalente a un 51,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique CONAF").

Tabla 16: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Pollux Antes Junta Simpson".

Años	Recarga [in]
1985	18,35
1986	17,07
Promedio [in]	17,71
Promedio [mm]	449,8

D.10. RÍO CLARO EN PISICULTURA

La estación fluviométrica "Río Claro en Piscicultura" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 104,93 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 6,25 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Coyhaique CONAF" presenta una precipitación promedio anual de 881,0 mm (Figura D.28).

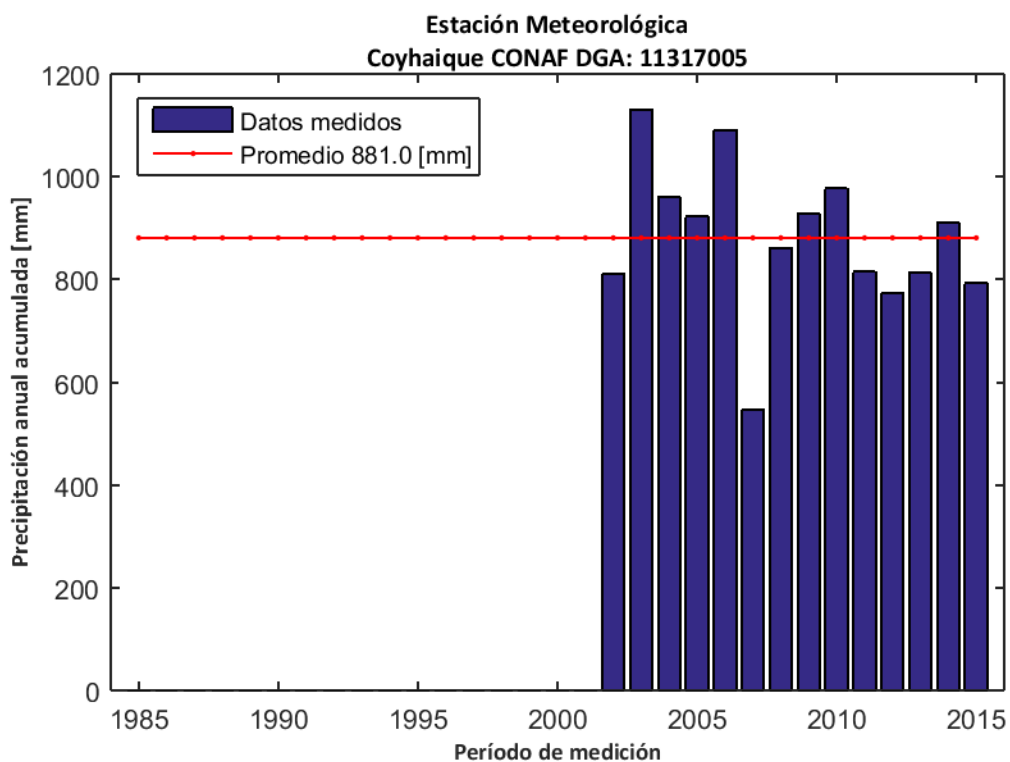


Figura D.28: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Coyhaique CONAF".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,54 (Figura D.29), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

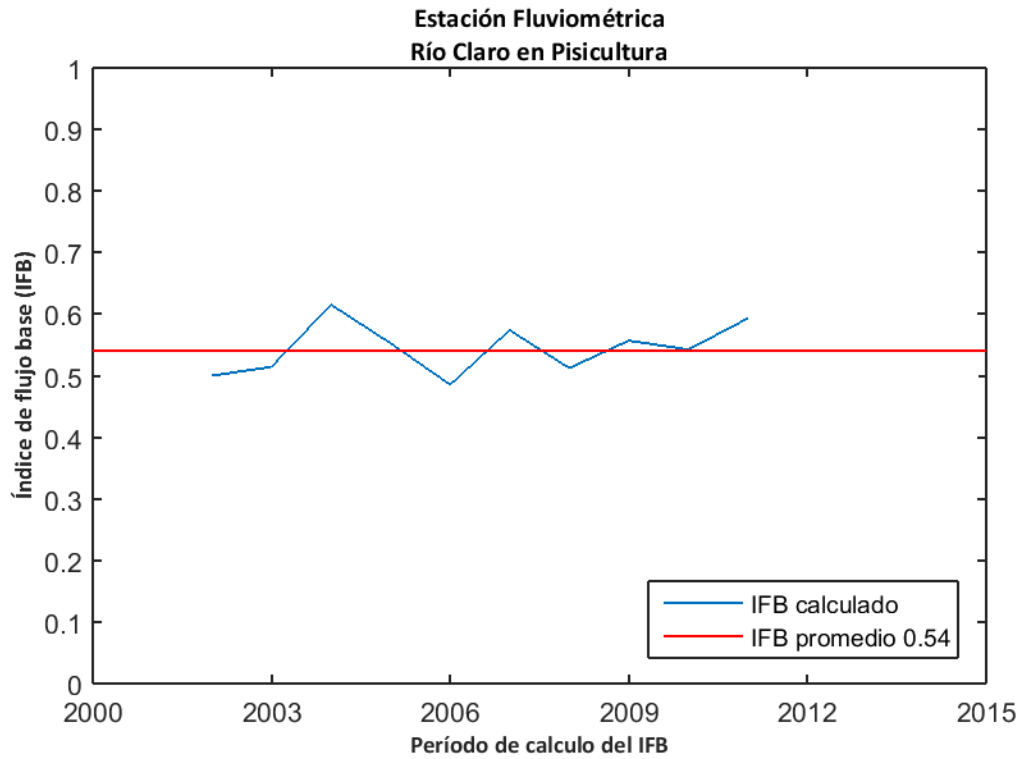


Figura D.29: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Claro en Piscicultura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Claro en Piscicultura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 829,9 mm/año (Figura D.30) equivalente a un 94,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique CONAF").

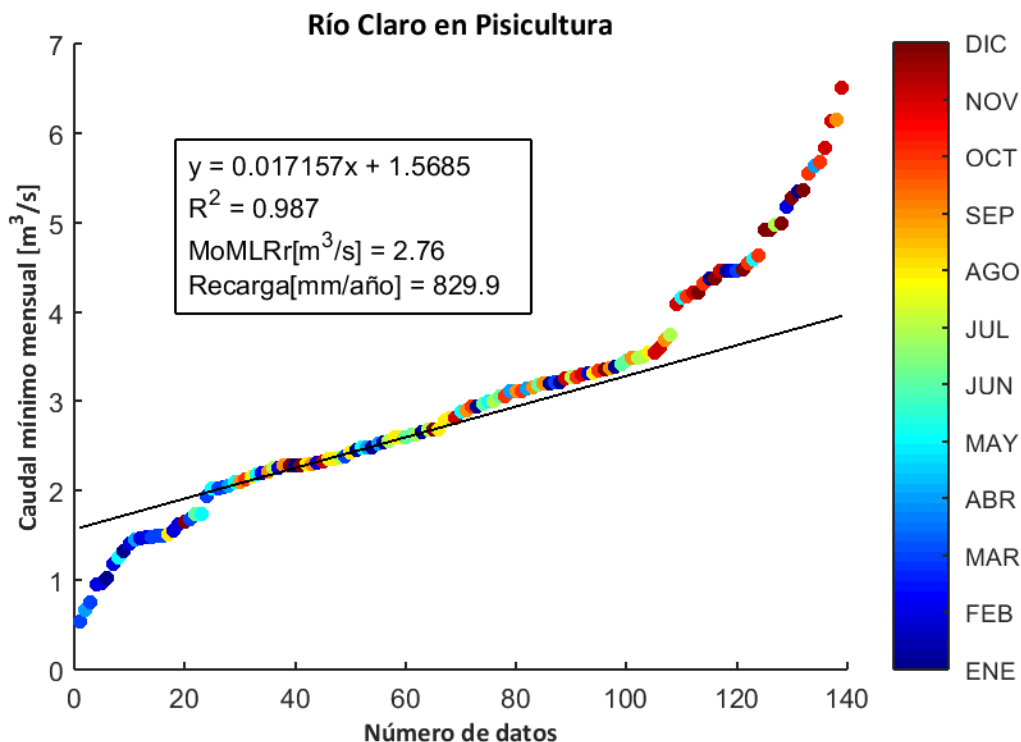


Figura D.30: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Claro en Piscicultura".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 17, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 17: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Claro en Piscicultura". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Claro en Piscicultura	2	36,5	37,1	37,7

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Claro en Piscicultura" sólo durante los años presentados en la Tabla 18, arrojando un valor promedio de 1560,9 mm/año equivalente a un 177,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique CONAF").

Tabla 18: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Claro en Piscicultura".

Años	Recarga [in]
2004	73,34
2005	60,28
2006	65,48
2007	46,53
2009	61,63
Promedio [in]	61,45
Promedio [mm]	1560,9

D.11. RÍO COYHAIQUE EN TEJAS VERDES

La estación fluviométrica "Río Coyhaique en Tejas Verdes" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 596,09 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 6,79 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Coyhaique (Escuela Agrícola)" presenta una precipitación promedio anual de 824,8 mm (Figura D.31).

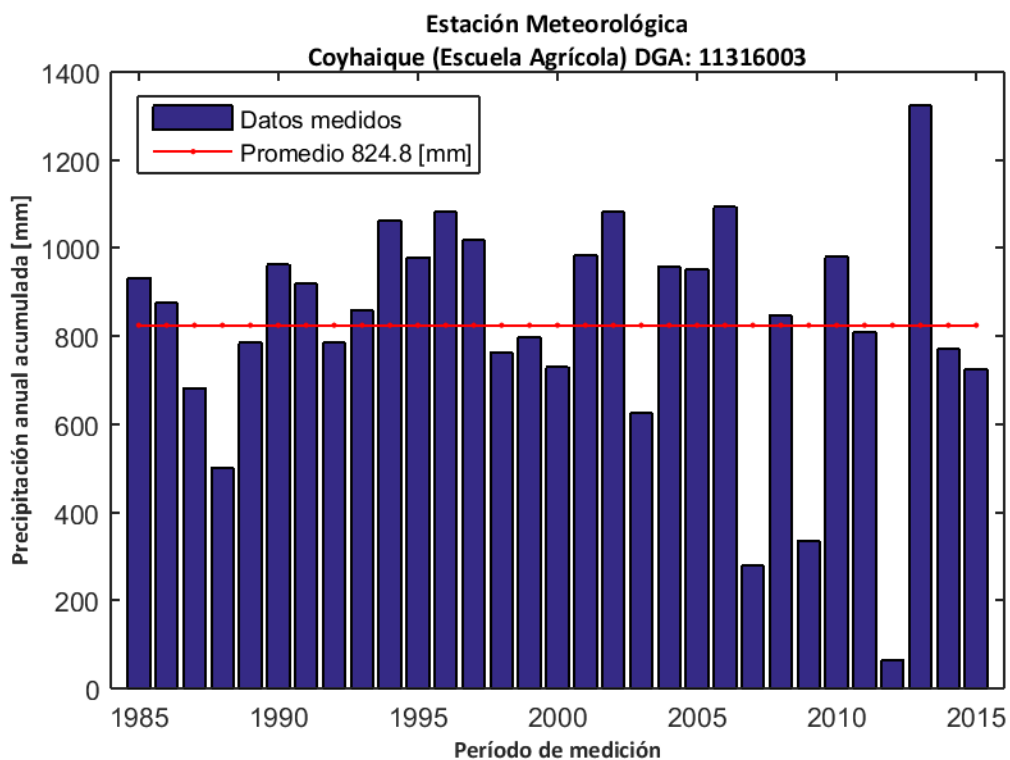


Figura D.31: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Coyhaique (Escuela Agrícola)".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,68 (Figura D.32), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

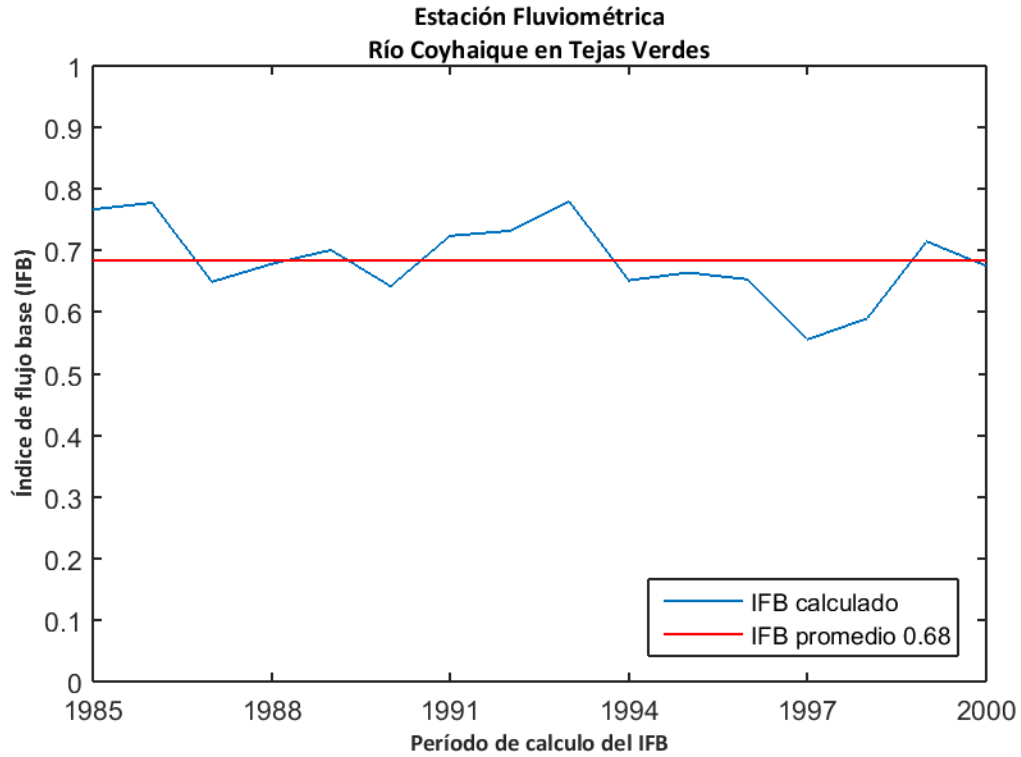


Figura D.32: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Coyhaique en Tejas Verdes".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Coyhaique en Tejas Verdes" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 106,4 mm/año (Figura D.33) equivalente a un 12,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique (Escuela Agrícola)").

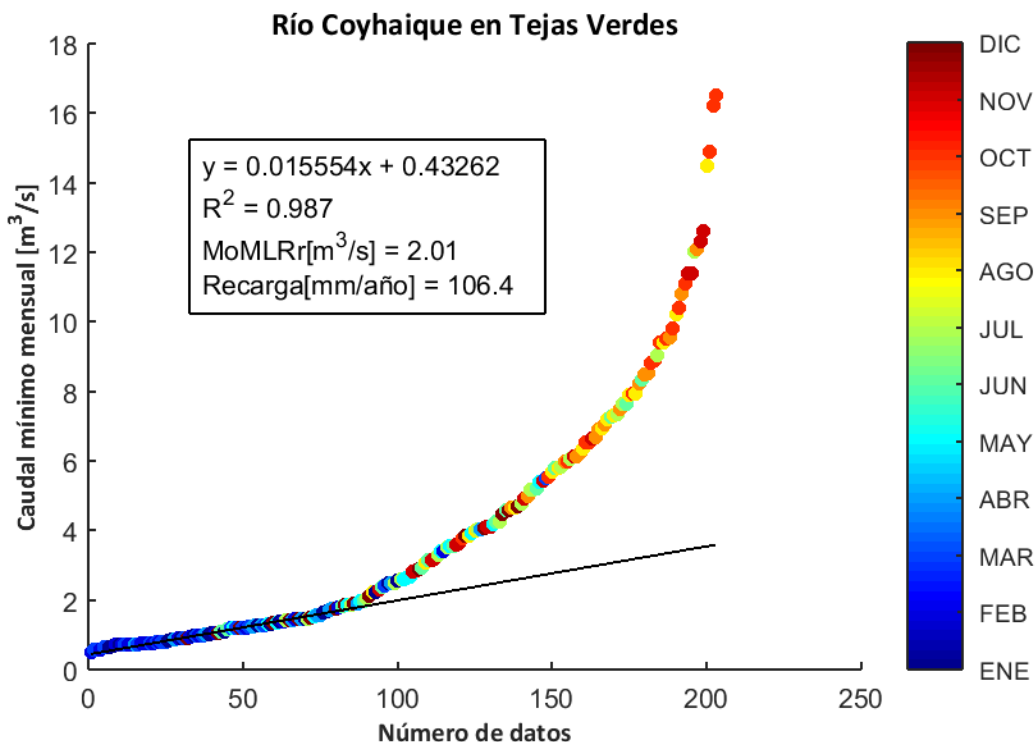


Figura D.33: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Coyhaique en Tejas Verdes".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 19, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 19: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Coyhaique en Tejas Verdes". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Coyhaique en Tejas Verdes	14	29,8	48,1	80,7

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Coyhaique en Tejas Verdes" sólo durante los años presentados en la Tabla 20, arrojando un valor promedio de 364,7 mm/año equivalente a un 44,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique (Escuela Agrícola)").

Tabla 20: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Coyhaique en Tejas Verdes".

Años	Recarga [in]
1985	14,18
1986	14,42
1988	8,21
1992	11,19
2001	19,43
2003	18,71
Promedio [in]	14,36
Promedio [mm]	364,7

D.12. RÍO SIMPSON BAJO JUNTA COYHAIQUE

La estación fluviométrica "Río Simpson Bajo Junta Coyhaique" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1375,79 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 50,11 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Coyhaique CONAF" presenta una precipitación promedio anual de 881,0 mm (Figura D.34).

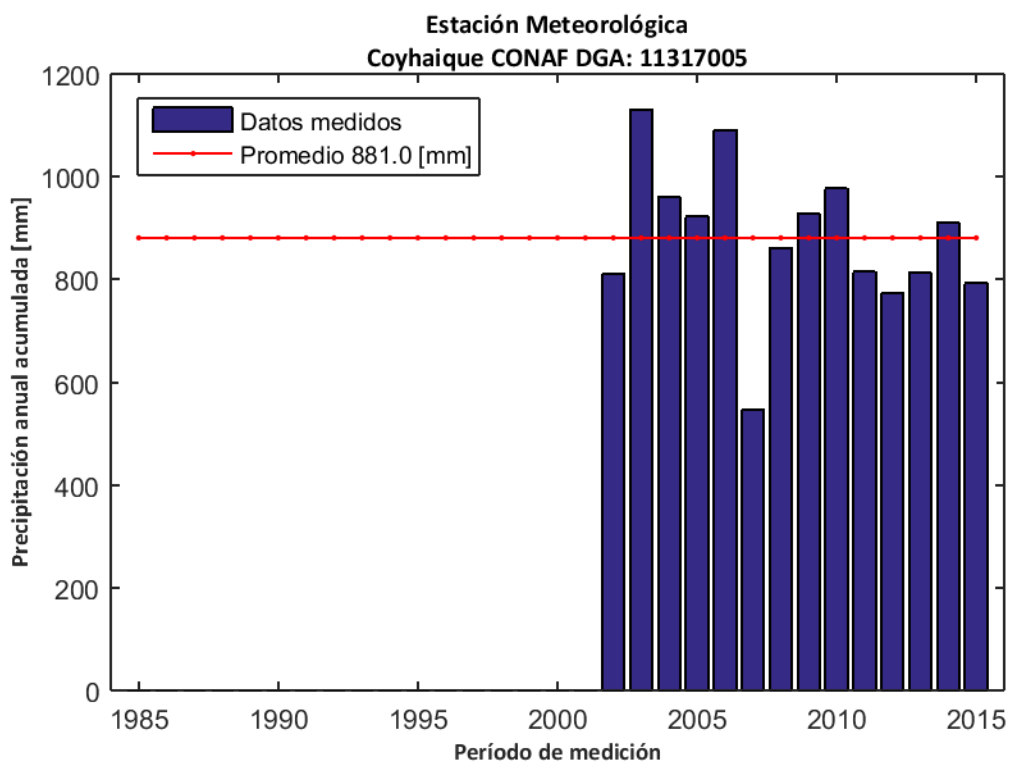


Figura D.34: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Coyhaique CONAF".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,69 (Figura D.35), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

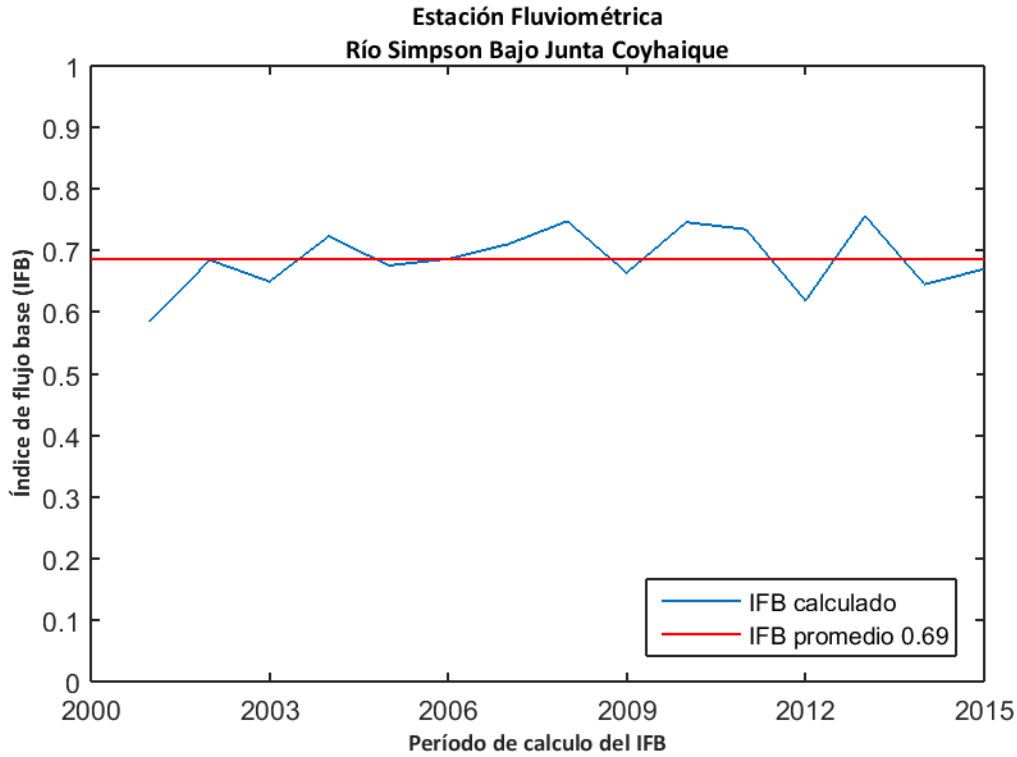


Figura D.35: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Simpson Bajo Junta Coyhaique".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Simpson Bajo Junta Coyhaique" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 521,8 mm/año (Figura D.36) equivalente a un 59,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique CONAF").

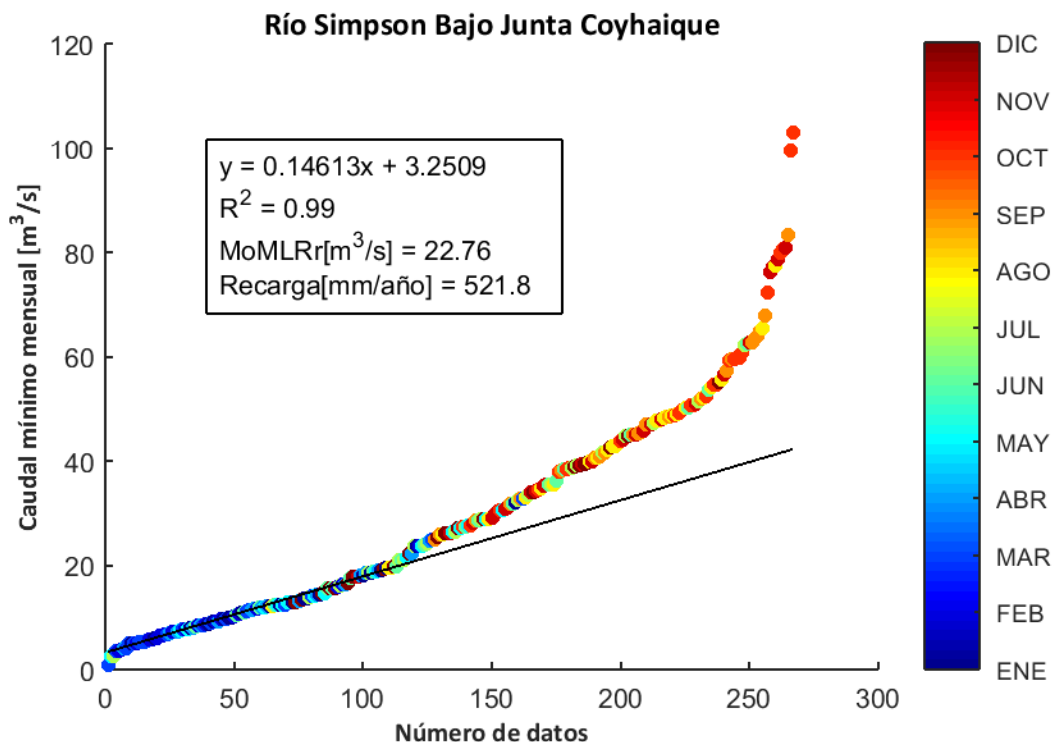


Figura D.36: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Simpson Bajo Junta Coyhaique".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 21, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 21: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Simpson Bajo Junta Coyhaique". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Simpson Bajo Junta Coyhaique	17	32,0	43,4	73,0

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Simpson Bajo Junta Coyhaique" sólo durante los años presentados en la Tabla 22, arrojando un valor promedio de 848,3 mm/año equivalente a un 96,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Coyhaique CONAF").

Tabla 22: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Simpson Bajo Junta Coyhaique".

Años	Recarga [in]
1988	20,87
1989	30,56
1995	41,19
2006	41,03
2007	28,88
2012	32,11
2015	39,14
Promedio [in]	33,40
Promedio [mm]	848,3

D.13. RÍO BLANCO EN DESAGÜE LAGO CARO

La estación fluviométrica "Río Blanco en Desagüe Lago Caro" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 3213,44 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 95,89 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Puerto Chacabuco" presenta una precipitación promedio anual de 2676,3 mm (Figura D.37).

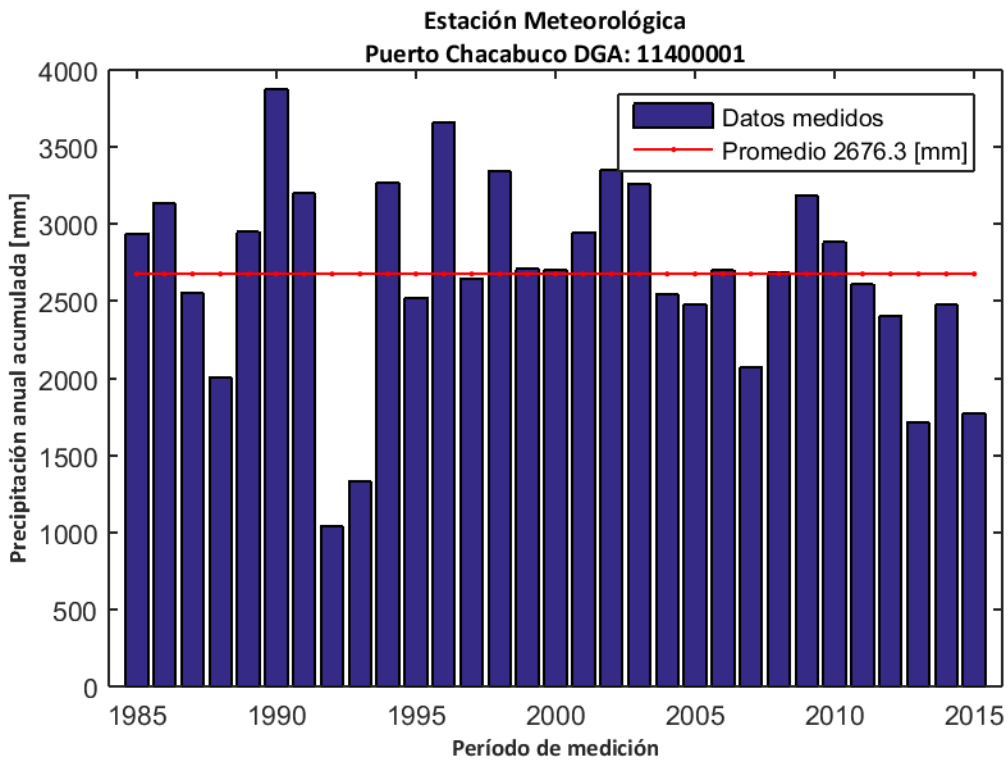


Figura D.37: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Puerto Chacabuco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,77 (Figura D.38), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

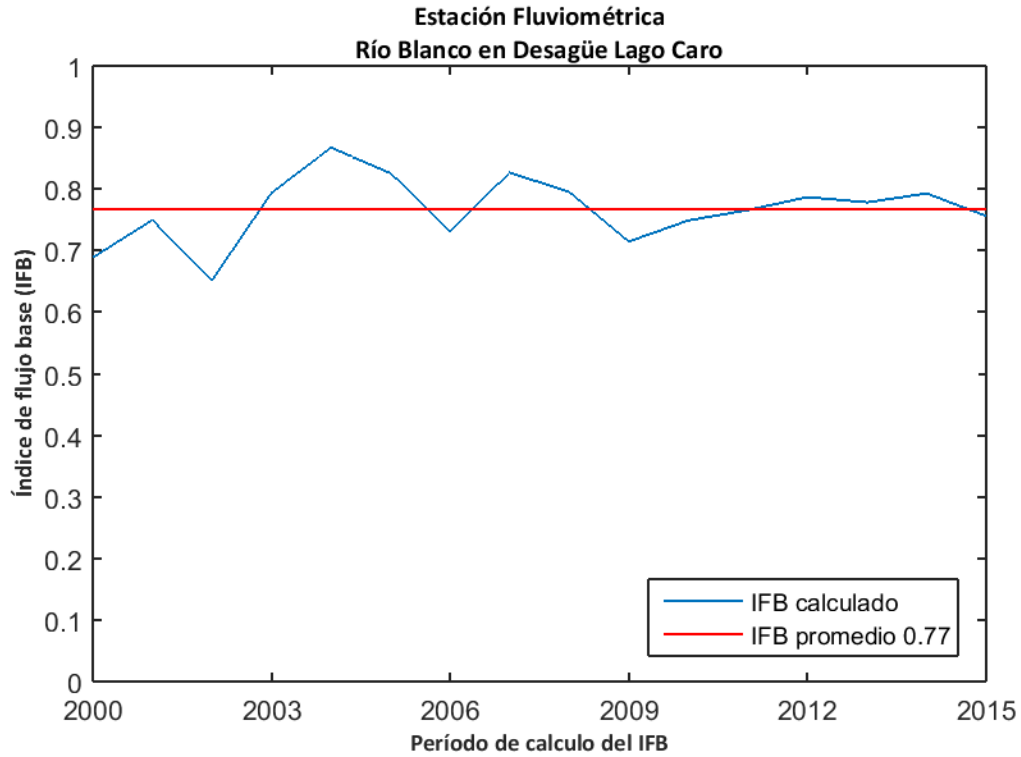


Figura D.38: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Blanco en Desagüe Lago Caro".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Blanco en Desagüe Lago Caro" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 594,7 mm/año (Figura D.39) equivalente a un 22,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Puerto Chacabuco").

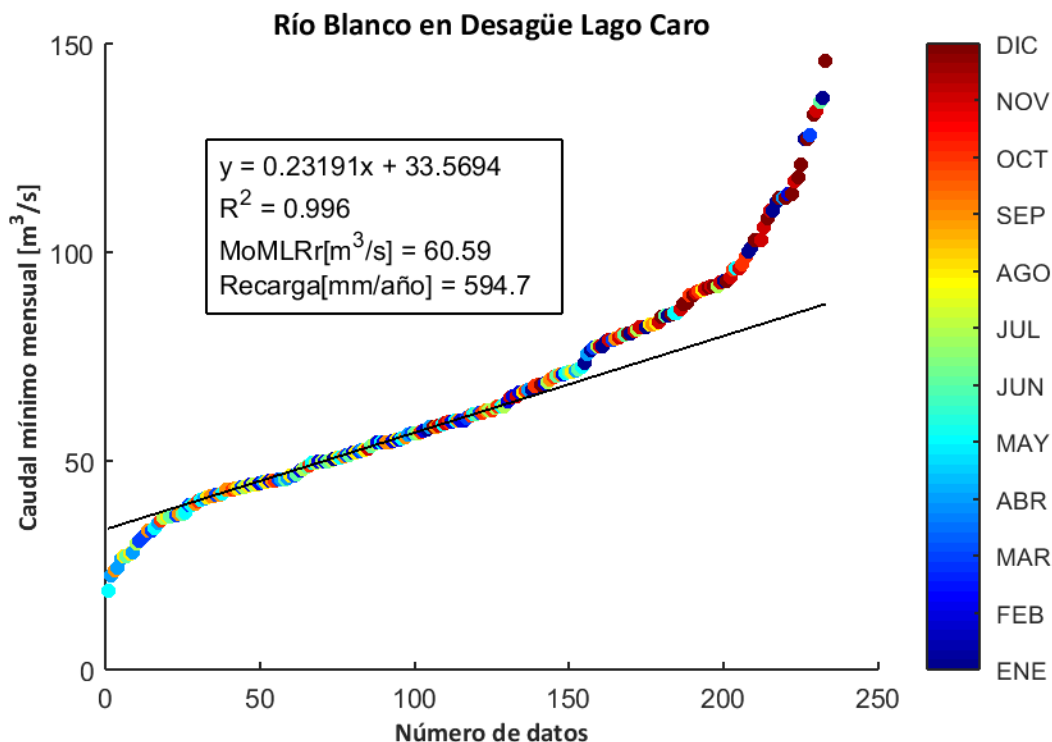


Figura D.39: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Blanco en Desagüe Lago Caro".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 23, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 23: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Blanco en Desagüe Lago Caro". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Blanco en Desagüe Lago Caro	48	28,3	51,6	120,9

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Blanco en Desagüe Lago Caro" sólo durante los años presentados en la Tabla 24, arrojando un valor promedio de 855,8 mm/año equivalente a un 32,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Puerto Chacabuco").

Tabla 24: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Blanco en Desagüe Lago Caro".

Años	Recarga [in]
1986	33,88
1997	30,23
2004	37,21
2012	32,63
2014	34,52
Promedio [in]	33,69
Promedio [mm]	855,8

D.14. RÍO BLANCO ANTES JUNTA RÍO AYSÉN

La estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Río Aysén" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 4783,54 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 265,37 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Aysén en Puerto Aysén" presenta una precipitación promedio anual de 1914,6 mm (Figura D.40).

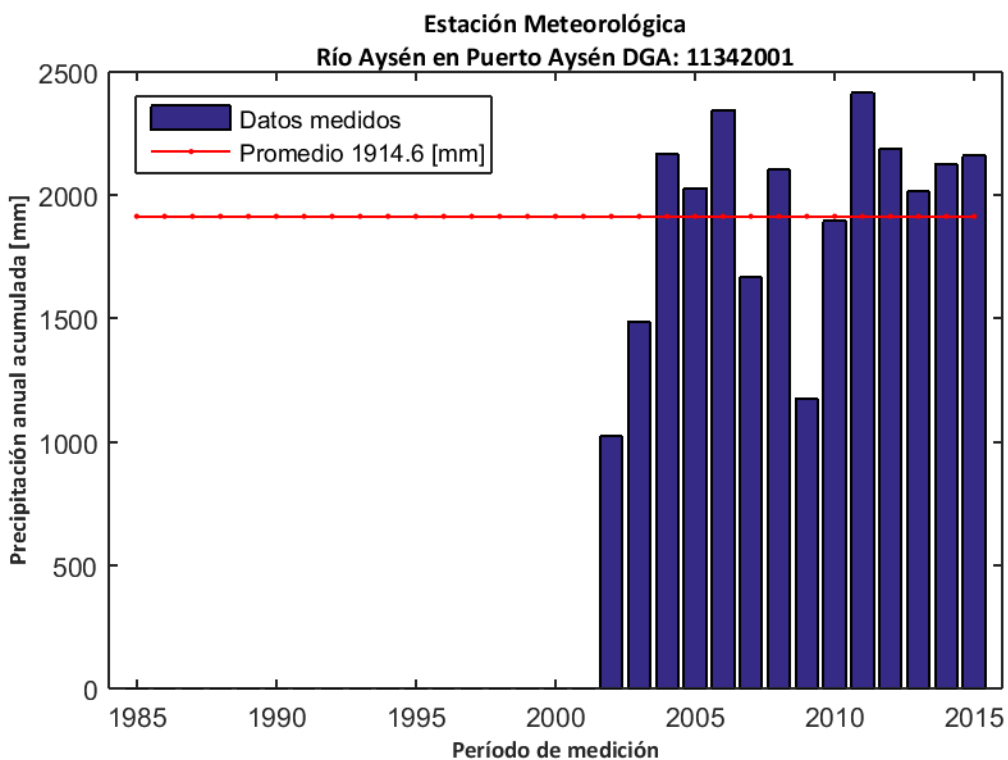


Figura D.40: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Aysén en Puerto Aysén".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,65 (Figura D.41), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

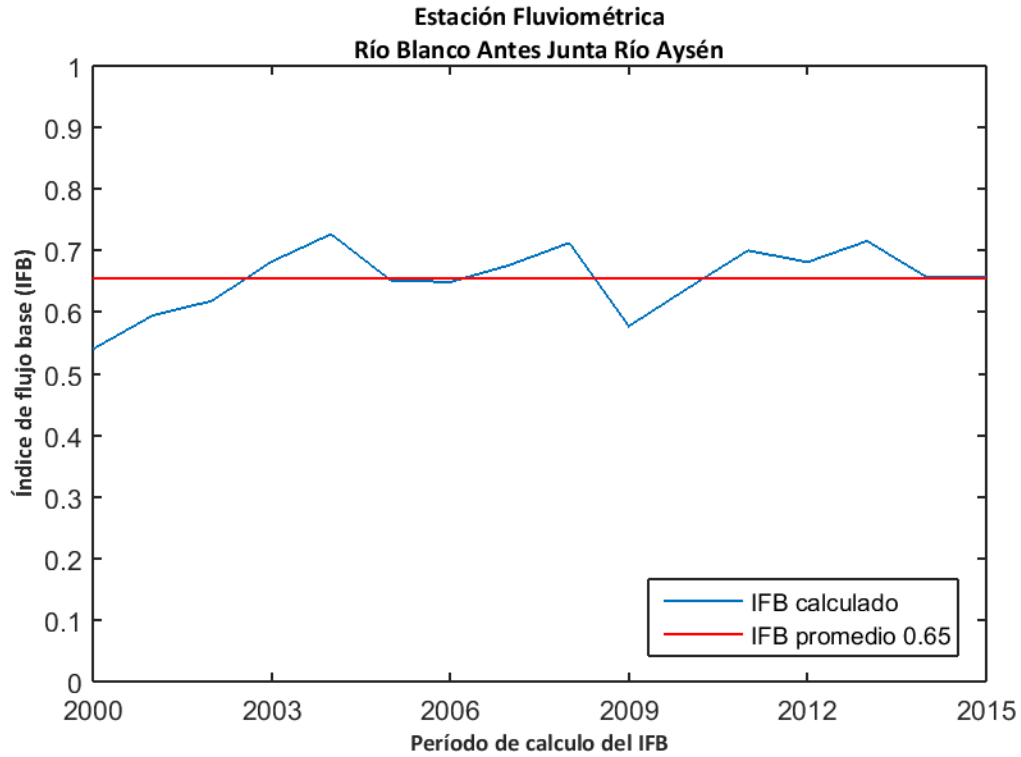


Figura D.41: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Río Aysén".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Blanco Antes Junta Río Aysén" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 989,9 mm/año (Figura D.42) equivalente a un 51,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Aysén en Puerto Aysén").

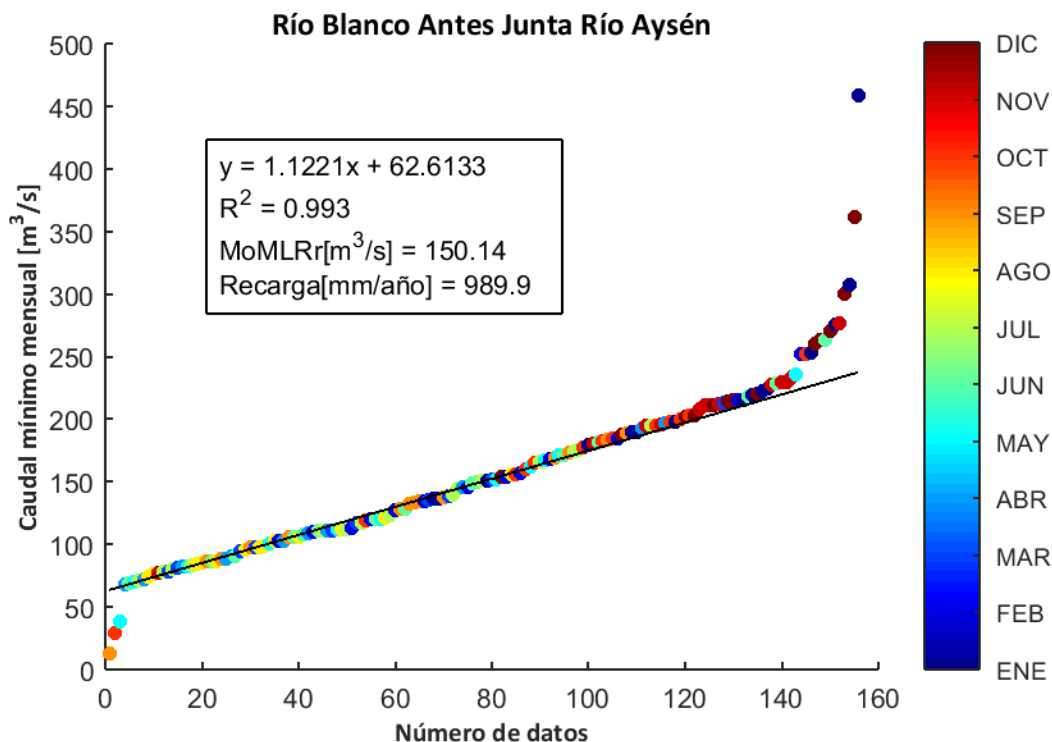


Figura D.42: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Río Aysén".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 25, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 25: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Río Aysén". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Blanco Antes Junta Río Aysén	11	24,9	33,6	48,4

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Blanco Antes Junta Río Aysén" sólo durante los años presentados en la Tabla 26, arrojando un valor promedio de 1109,6 mm/año equivalente a un 58,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Aysén en Puerto Aysén").

Tabla 26: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Blanco Antes Junta Río Aysén".

Años	Recarga [in]
2012	60,56
2013	43,86
2015	26,63
Promedio [in]	43,68
Promedio [mm]	1109,6

D.15. RÍO AYSÉN EN PUERTO AYSÉN

La estación fluviométrica "Río Aysén en Puerto Aysén" está ubicada en la cuenca "Río Aysén" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 11343,36 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 538,81 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Aysén en Puerto Aysén" presenta una precipitación promedio anual de 1914,6 mm (Figura D.43).

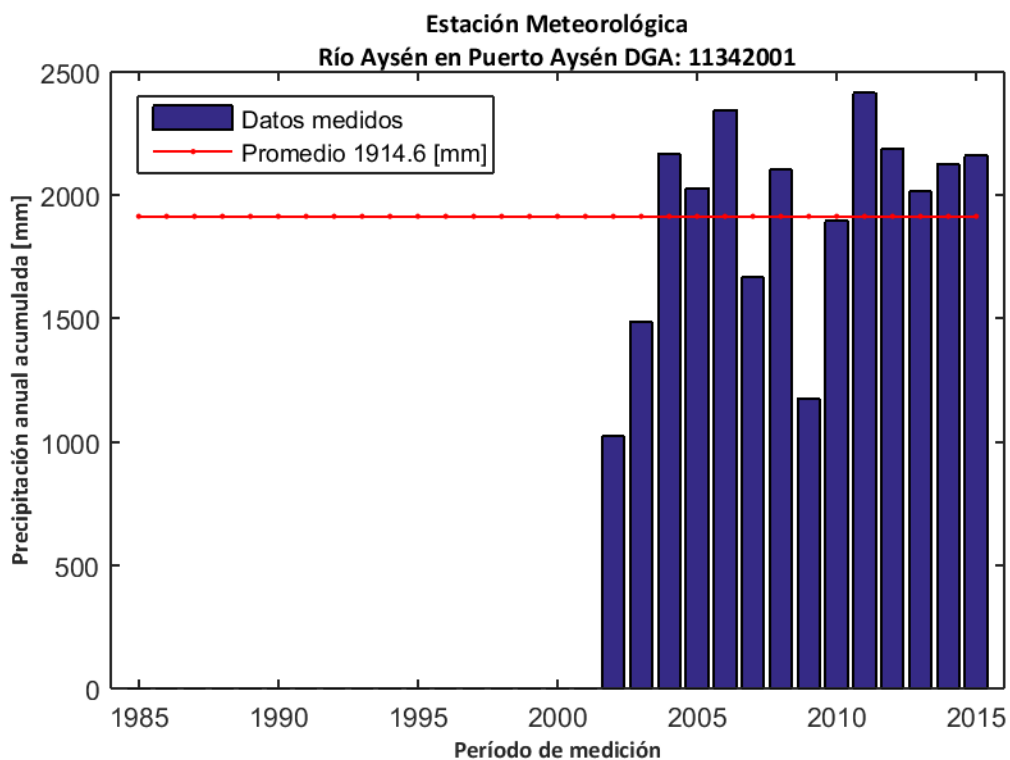


Figura D.43: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Aysén en Puerto Aysén".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,63 (Figura D.44), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

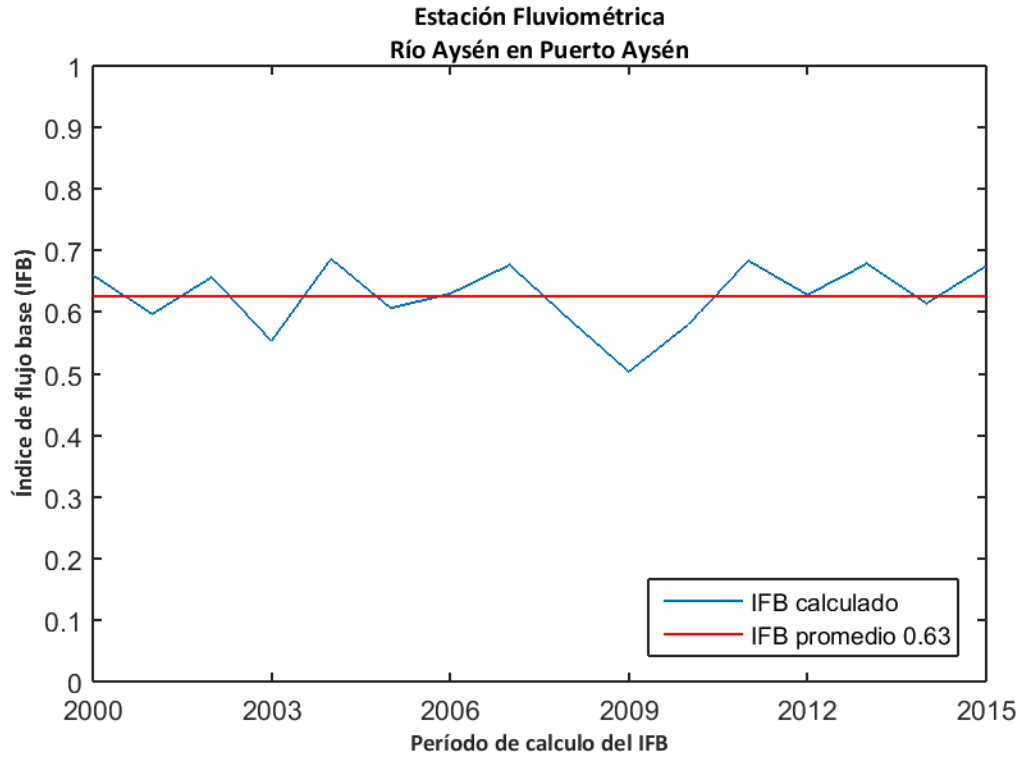


Figura D.44: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Aysén en Puerto Aysén".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Aysén en Puerto Aysén" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 781,1 mm/año (Figura D.45) equivalente a un 40,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Aysén en Puerto Aysén").

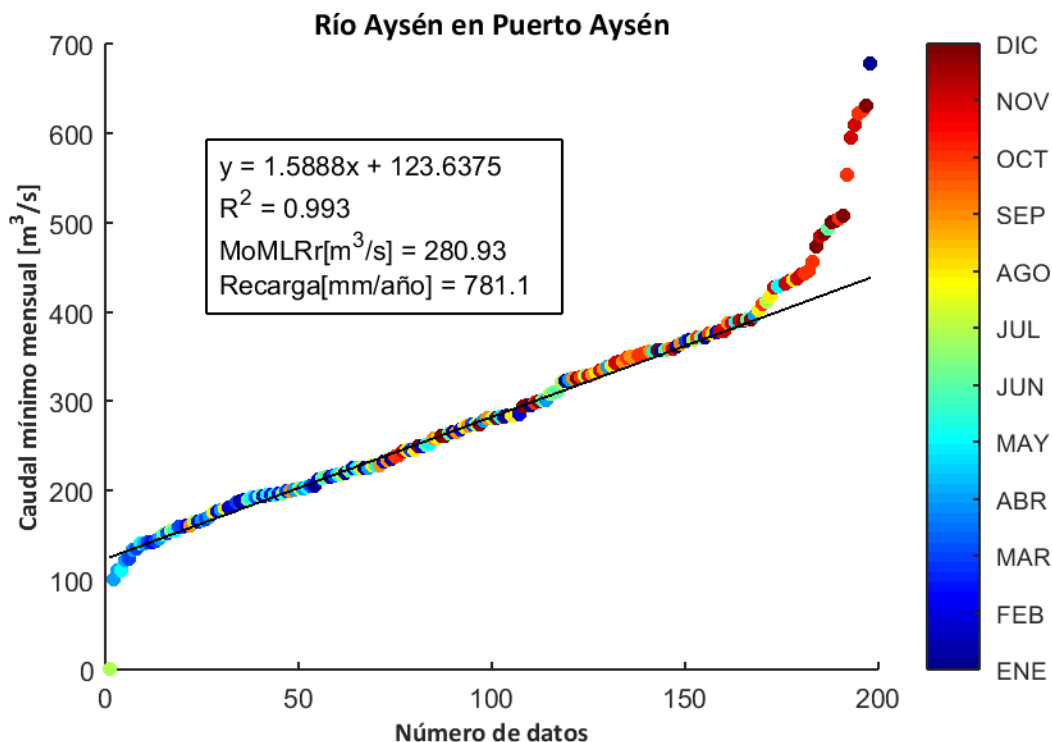


Figura D.45: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Aysén en Puerto Aysén".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 27, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 27: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Aysén en Puerto Aysén". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Aysén en Puerto Aysén	8	26,7	38,4	52,9

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Aysén en Puerto Aysén" sólo durante los años presentados en la Tabla 28, arrojando un valor promedio de 983,0 mm/año equivalente a un 51,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Aysén en Puerto Aysén").

Tabla 28: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Aysén en Puerto Aysén".

Años	Recarga [in]
1996	49,49
1997	43,91
1999	32,8
2000	32,4
2007	31,23
2011	51
2012	40,96
2013	38,49
2015	28,02
Promedio [in]	38,70
Promedio [mm]	983,0

D.16. RÍO LAGUNILLAS EN DESAGÜE LAGO CONDOR

La estación fluviométrica "Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor" está ubicada en las cuencas "Costeras e Islas entre Río Aysén, Río Baker y Canal General Martínez" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 172,43 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 46,02 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Puerto Chacabuco" presenta una precipitación promedio anual de 2676,3 mm (Figura D.46).

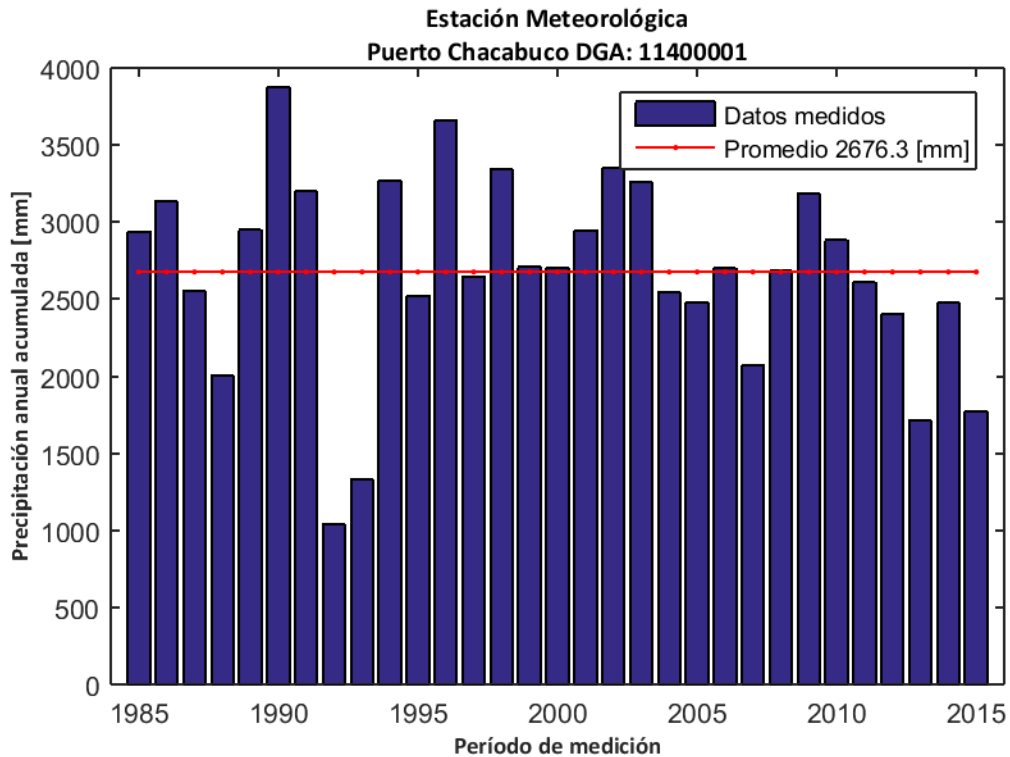


Figura D.46: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Puerto Chacabuco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arroja un promedio de 0,60 (Figura D.47), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

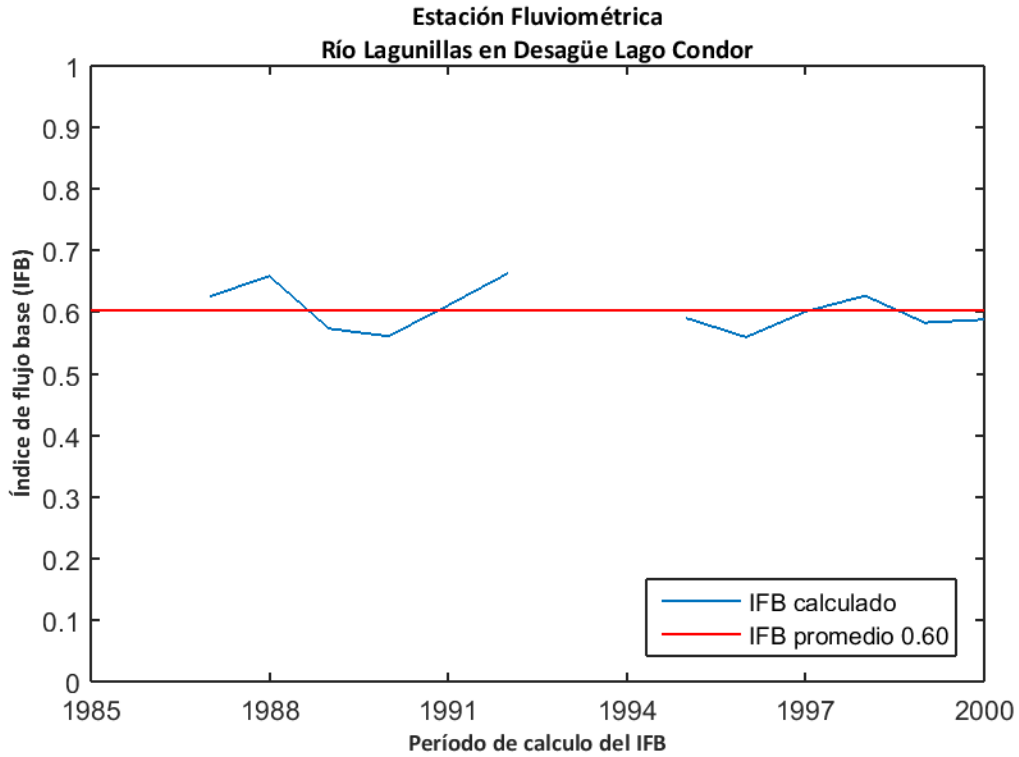


Figura D.47: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 4090,7 mm/año (Figura D.48) equivalente a un 152,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Puerto Chacabuco").

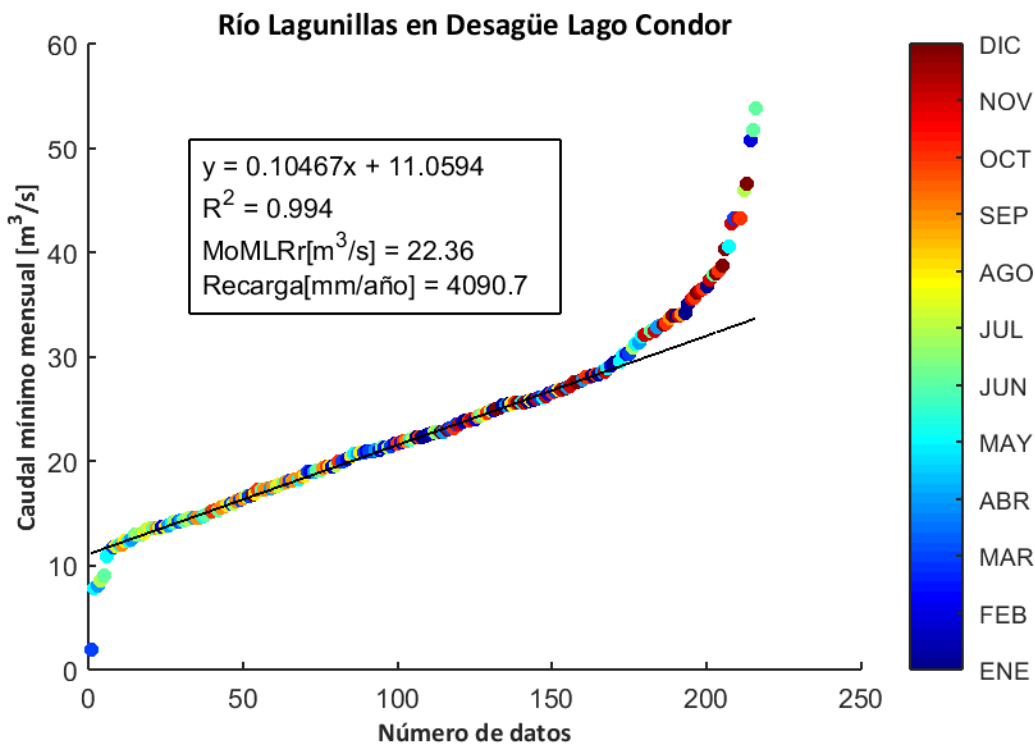


Figura D.48: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 29, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 29: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor	40	12,9	34,9	76,5

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor" sólo durante los años presentados en la Tabla 30, arrojando un valor promedio de 7203,3 mm/año equivalente a un 269,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Puerto Chacabuco").

Tabla 30: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Lagunillas en Desagüe Lago Condor".

Años	Recarga [in]
1987	257,01
1995	261,64
1997	322,31
1998	309,98
1999	238,42
2000	309,27
2001	260,48
2004	309,66
Promedio [in]	283,60
Promedio [mm]	7203,3

D.17. RÍO IBÁÑEZ ANTES JUNTA CAJÓN

La estación fluviométrica "Río Ibáñez Antes Junta Cajón" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 551,98 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 39,27 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Villa Cerro Castillo" presenta una precipitación promedio anual de 523,6 mm (Figura D.49).

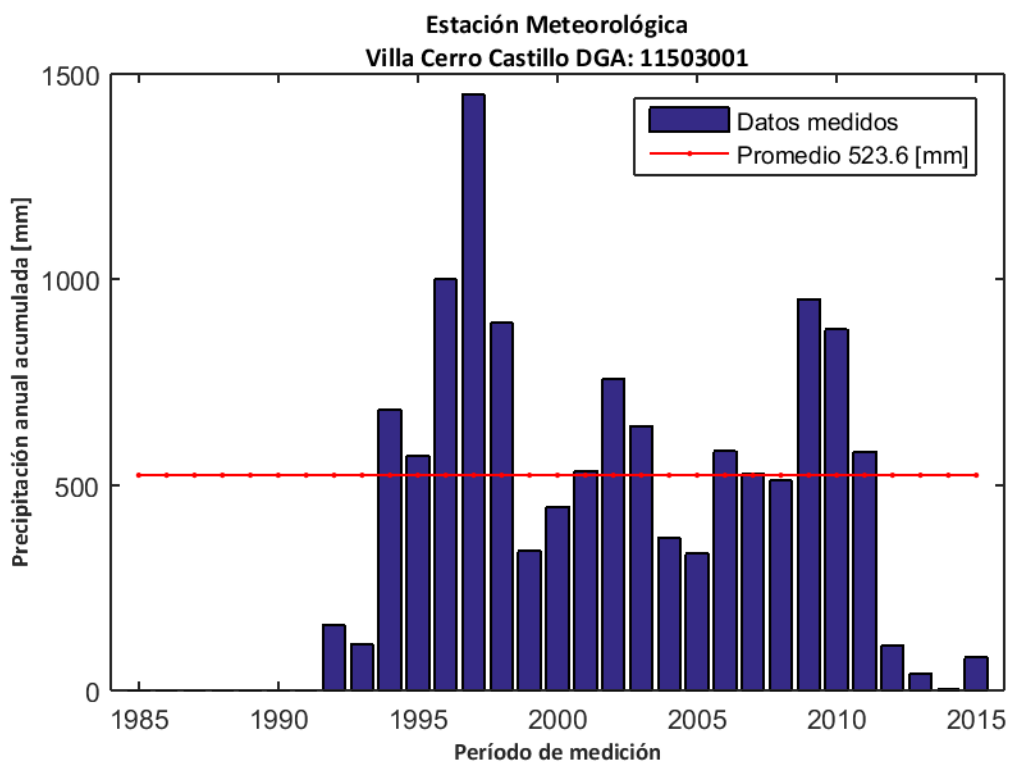


Figura D.49: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Villa Cerro Castillo".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,63 (Figura D.50), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

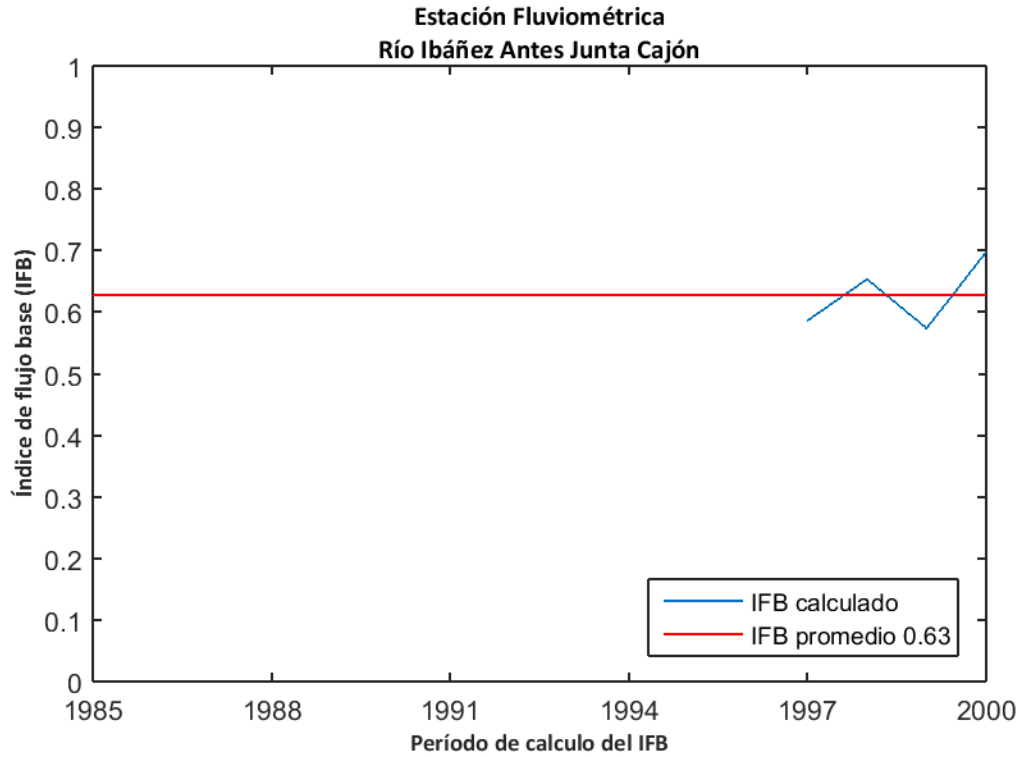


Figura D.50: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Ibáñez Antes Junta Cajón".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Ibáñez Antes Junta Cajón" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 951,3 mm/año (Figura D.51) equivalente a un 181,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Villa Cerro Castillo").

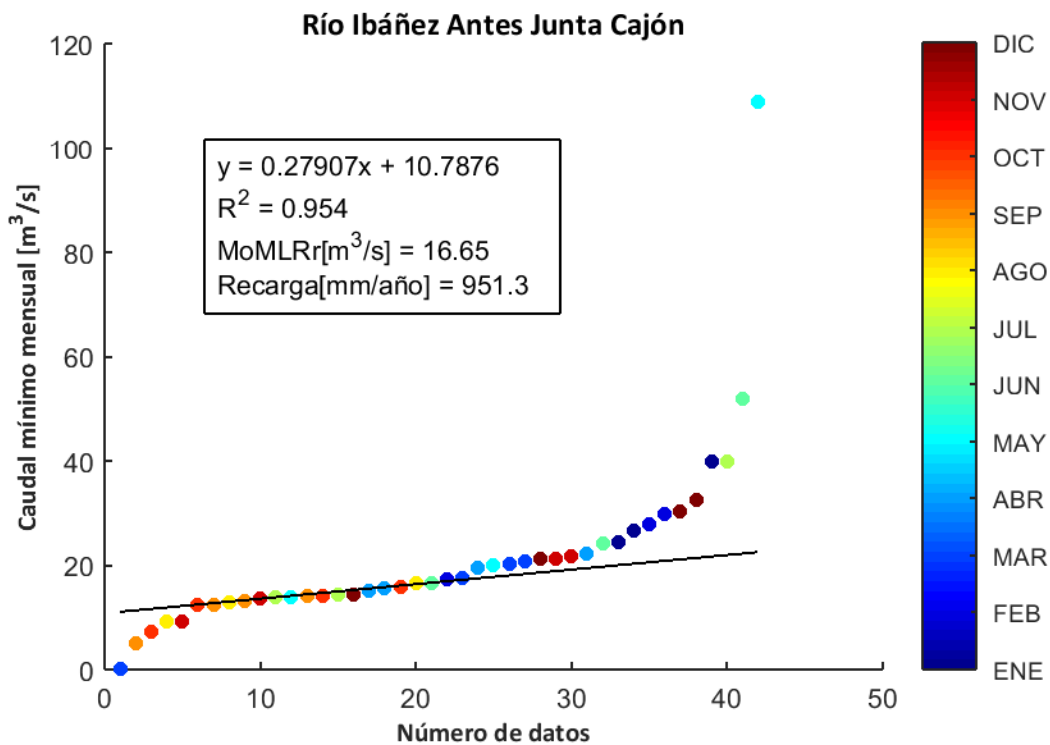


Figura D.51: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Ibáñez Antes Junta Cajón".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Ibáñez Antes Junta Cajón" durante el período de análisis.

D.18. RÍO CLARO ANTES JUNTA RÍO IBÁÑEZ

La estación fluviométrica "Río Claro Antes Junta Río Ibáñez" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 266,57 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 9,97 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Ibáñez en Desembocadura" presenta una precipitación promedio anual de 471,1 mm (Figura D.52).

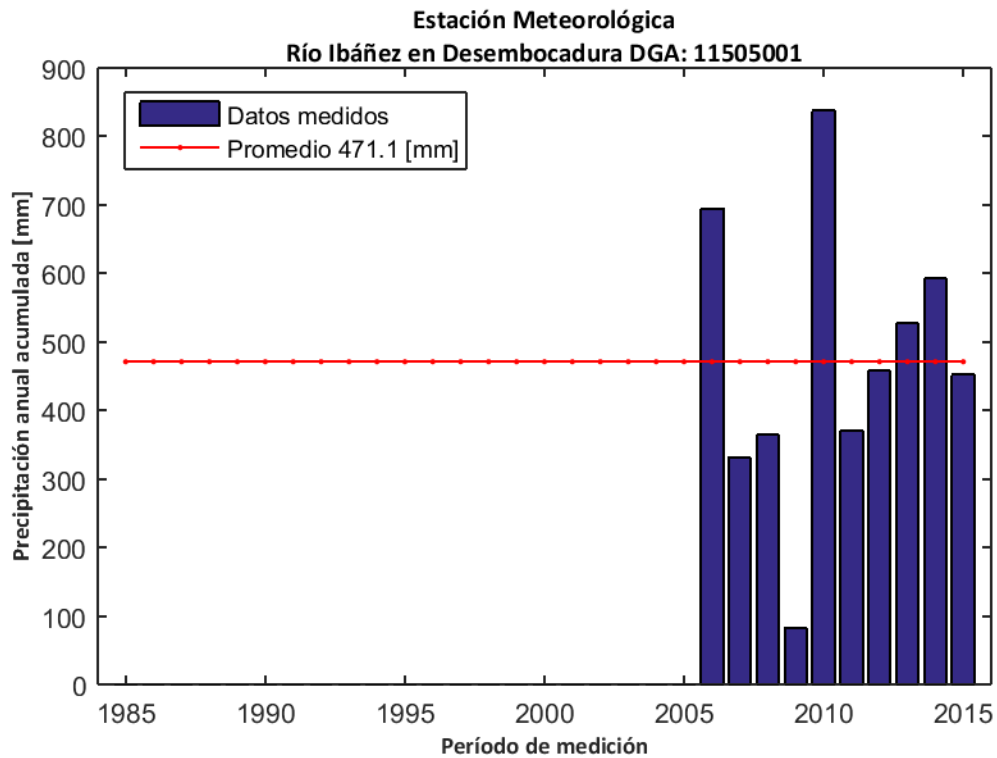


Figura D.52: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Ibáñez en Desembocadura".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,50 (Figura D.53), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

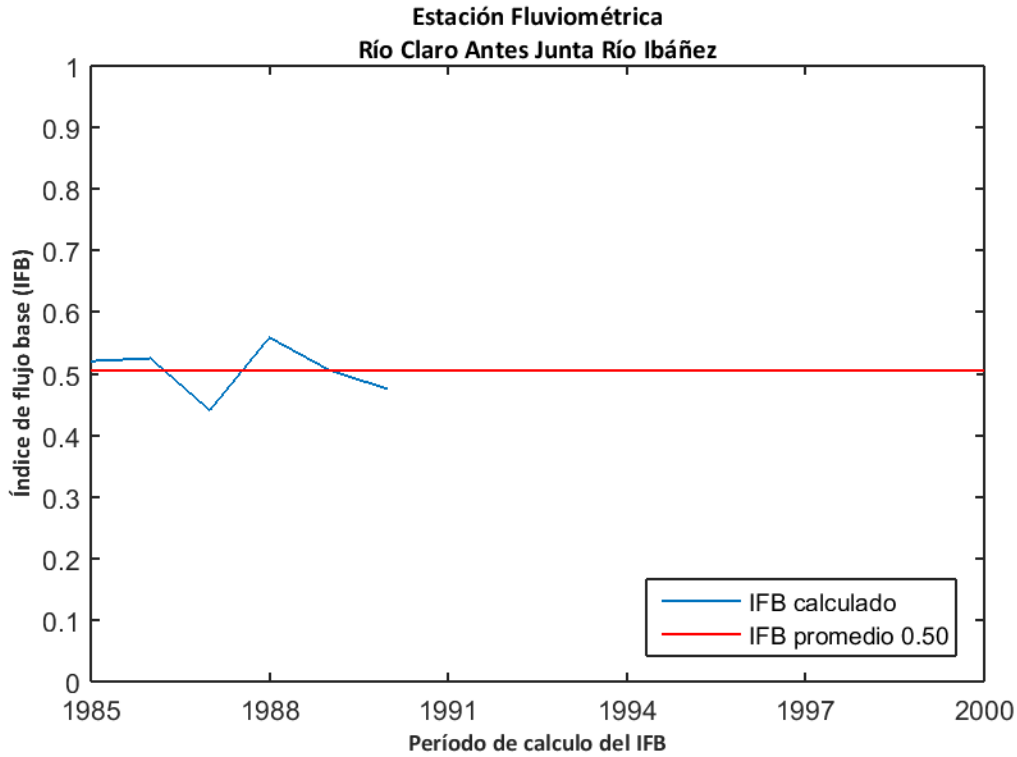


Figura D.53: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Claro Antes Junta Río Ibáñez".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Claro Antes Junta Río Ibáñez" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 461,1 mm/año (Figura D.54) equivalente a un 97,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Ibáñez en Desembocadura").

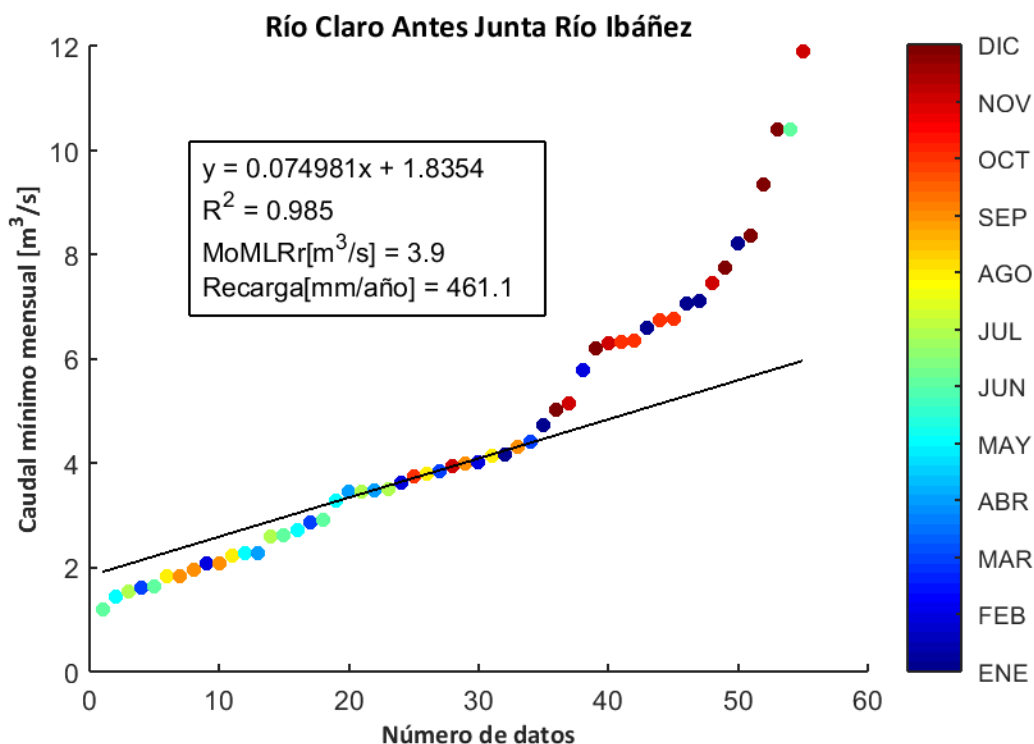


Figura D.54: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Claro Antes Junta Río Ibáñez".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 31, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 31: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Claro Antes Junta Río Ibáñez". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Claro Antes Junta Río Ibáñez	2	23,2	23,4	23,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Claro Antes Junta Río Ibáñez" sólo durante los años presentados en la Tabla 32, arrojando un valor promedio de 978,7 mm/año equivalente a un 207,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Ibáñez en Desembocadura").

Tabla 32: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Claro Antes Junta Río Ibáñez".

Años	Recarga [in]
1989	38,53
Promedio [in]	38,53
Promedio [mm]	978,7

D.19. RÍO IBÁÑEZ EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Ibáñez en Desembocadura" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 2404,65 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 145,93 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Ibáñez en Desembocadura" presenta una precipitación promedio anual de 471,1 mm (Figura D.55).

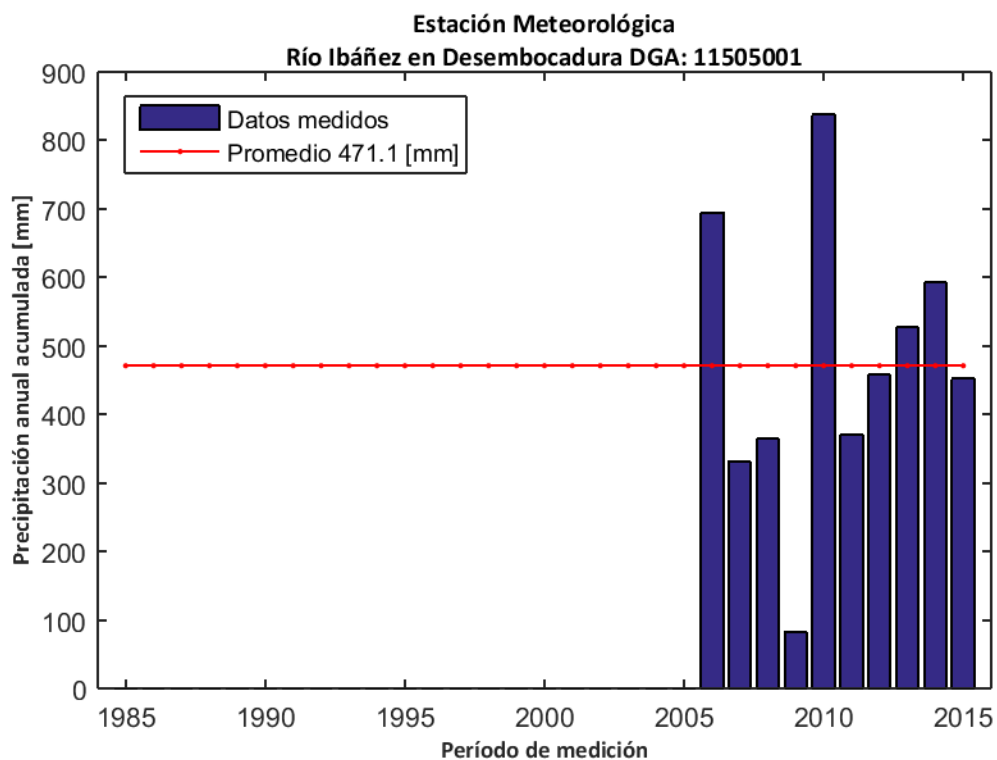


Figura D.55: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Ibáñez en Desembocadura".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,61 (Figura D.56), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

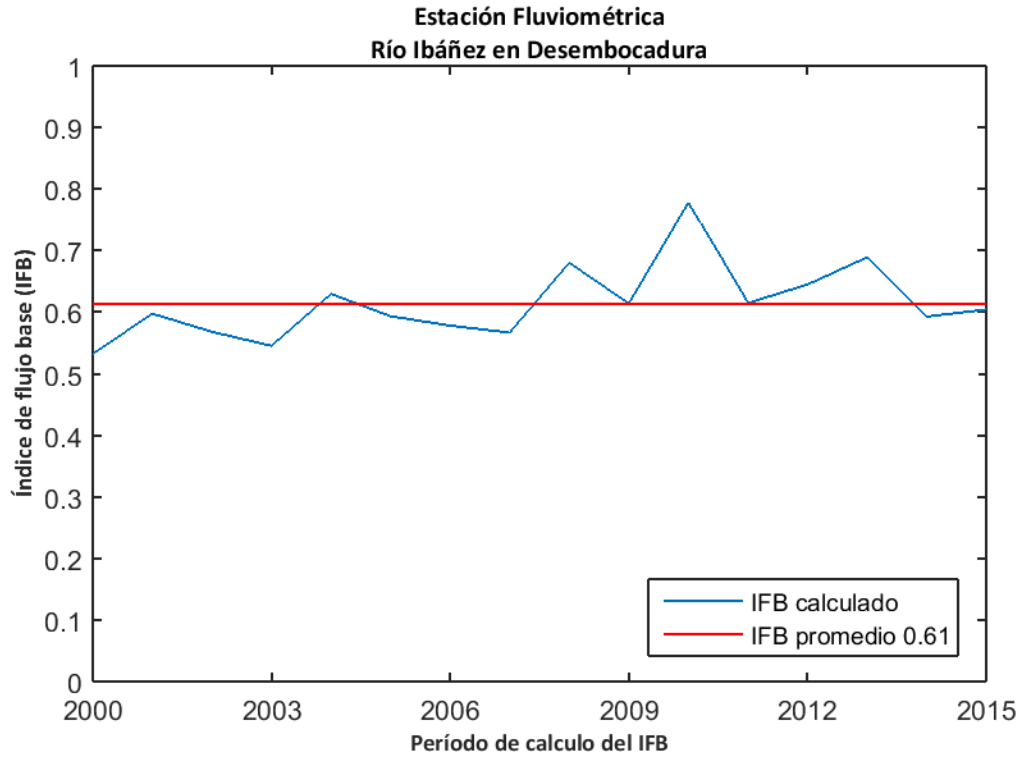


Figura D.56: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Ibáñez en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Ibáñez en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 838,2 mm/año (Figura D.57) equivalente a un 177,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Ibáñez en Desembocadura").

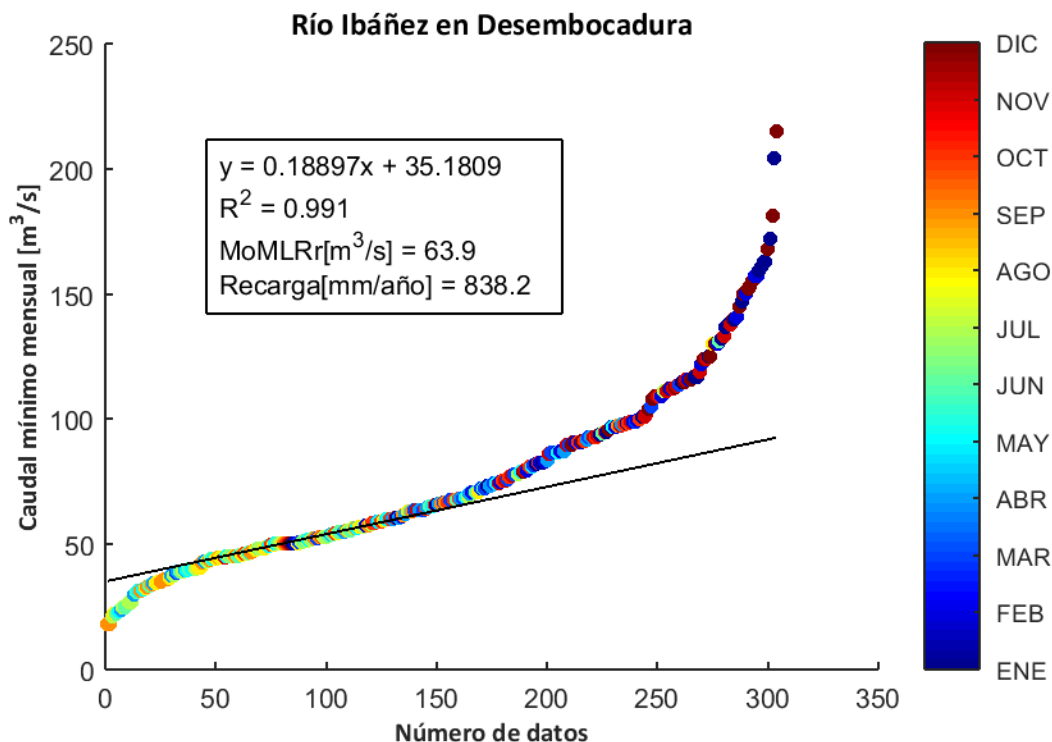


Figura D.57: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Ibáñez en Desembocadura".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 33, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 33: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Ibáñez en Desembocadura". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Ibáñez en Desembocadura	19	16,9	37,2	58,2

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Ibáñez en Desembocadura" sólo durante los años presentados en la Tabla 34, arrojando un valor promedio de 1339,5 mm/año equivalente a un 284,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Ibáñez en Desembocadura").

Tabla 34: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Ibáñez en Desembocadura".

Años	Recarga [in]
1986	47,74
1988	30,96
1996	67,3
1999	47,33
2002	52,53
2003	76,44
2004	66,9
2007	57,71
2008	61,81
2010	28,98
2011	53,61
2013	46,07
2014	54,41
2015	46,5
Promedio [in]	52,74
Promedio [mm]	1339,5

D.20. RÍO MURTA EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Murta en Desembocadura" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 898,50 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 92,45 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Bahía Murta" presenta una precipitación promedio anual de 1174,5 mm (Figura D.58).

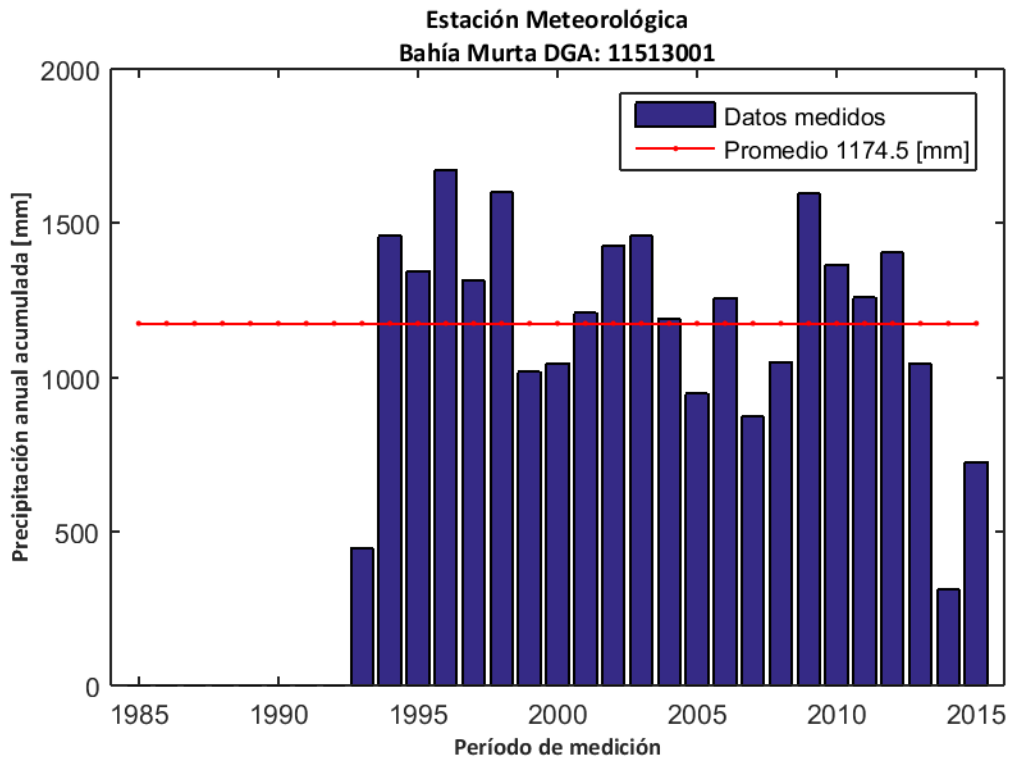


Figura D.58: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Bahía Murta".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,50 (Figura D.59), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

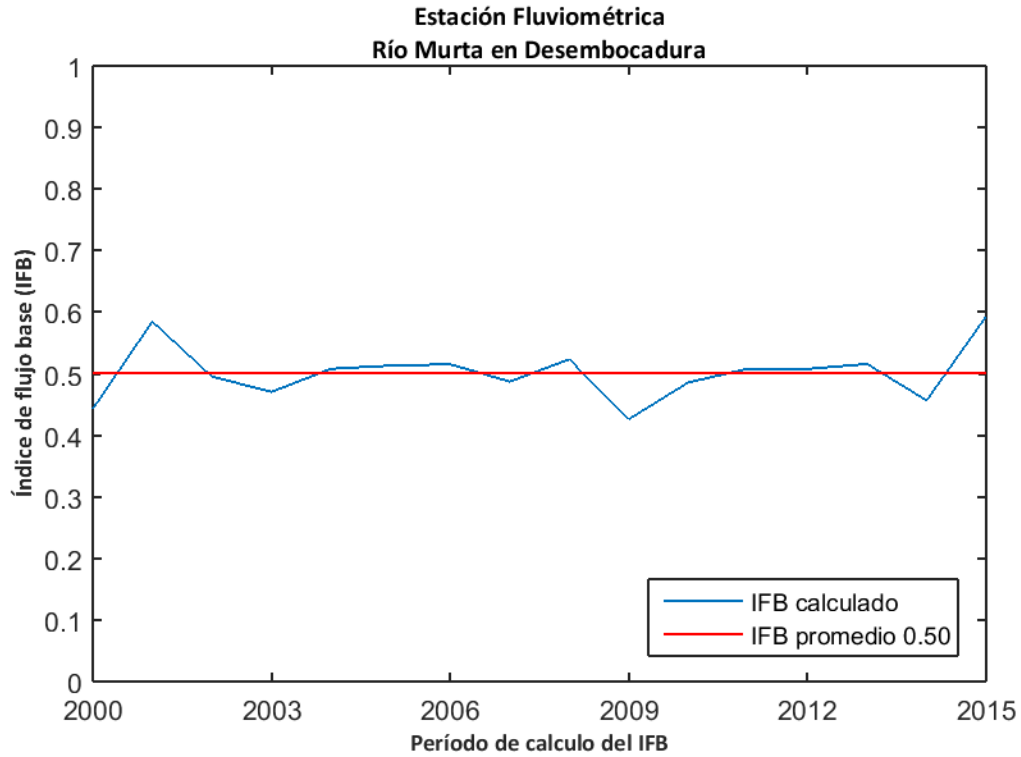


Figura D.59: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Murta en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Murta en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1410,4 mm/año (Figura D.60) equivalente a un 120,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Bahía Murta").

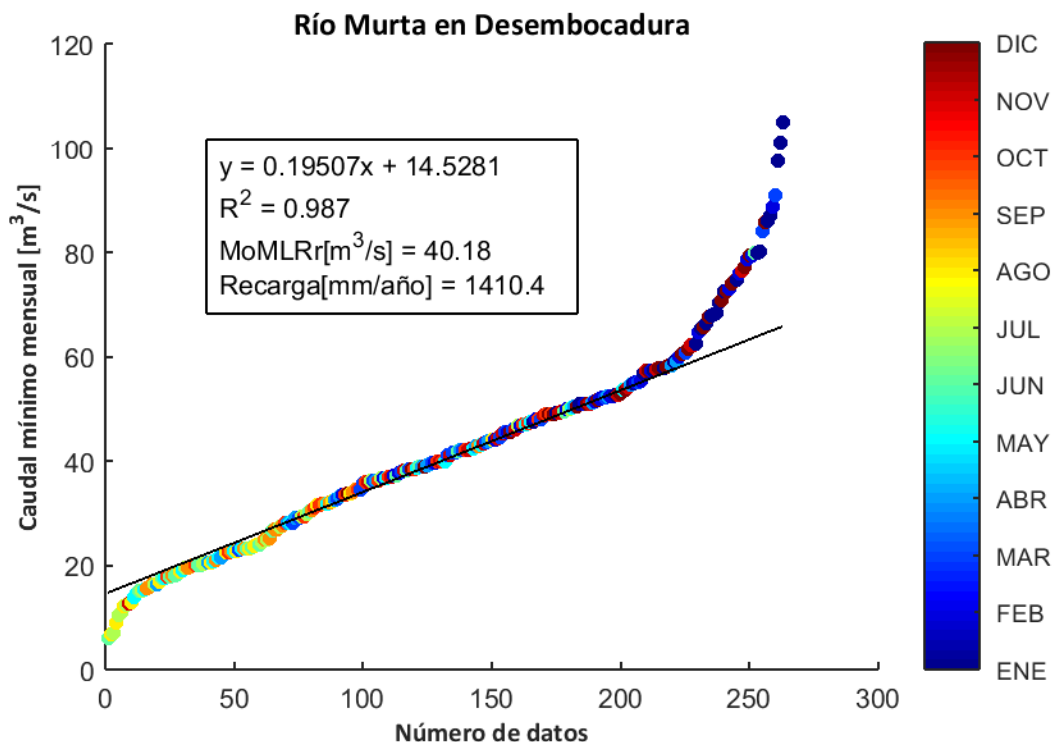


Figura D.60: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Murta en Desembocadura".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 35, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 35: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Murta en Desembocadura". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Murta en Desembocadura	5	19,2	32,7	48,7

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Murta en Desembocadura" sólo durante los años presentados en la Tabla 36, arrojando un valor promedio de 1623,7 mm/año equivalente a un 138,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Bahía Murta").

Tabla 36: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Murta en Desembocadura".

Años	Recarga [in]
1995	44,85
1997	76,15
2009	60,9
2013	55,88
2014	73,87
2015	71,9
Promedio [in]	63,93
Promedio [mm]	1623,7

D.21. RÍO JEINIMENI EN CHILE CHICO

La estación fluviométrica "Río Jeinimeni en Chile Chico" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1385,55 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 27,61 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Chile Chico" presenta una precipitación promedio anual de 266,1 mm (Figura D.61).

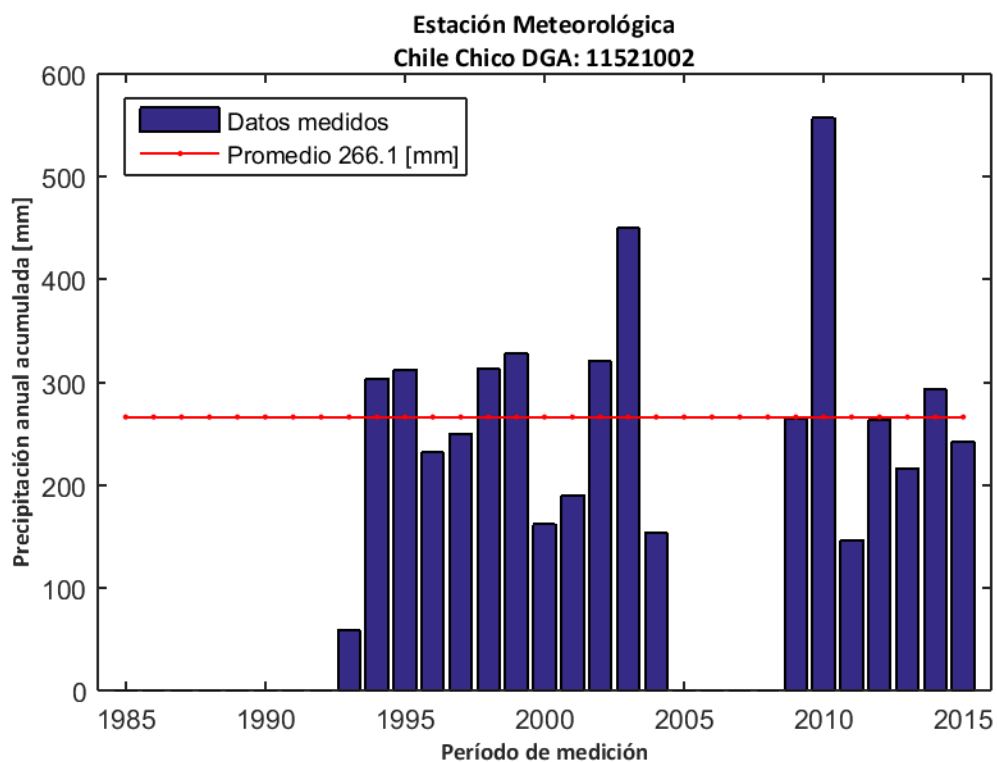


Figura D.61: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Chile Chico".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,61 (Figura D.62), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

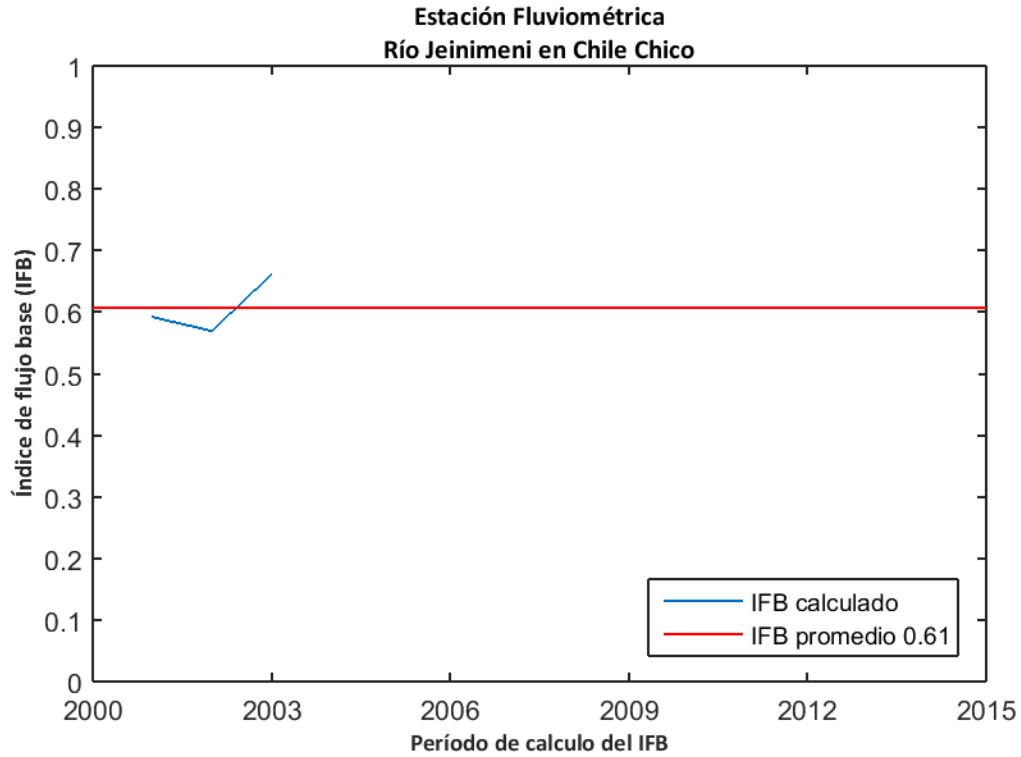


Figura D.62: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Jeinimeni en Chile Chico".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Jeinimeni en Chile Chico" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 158,7 mm/año (Figura D.63) equivalente a un 59,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Chile Chico").

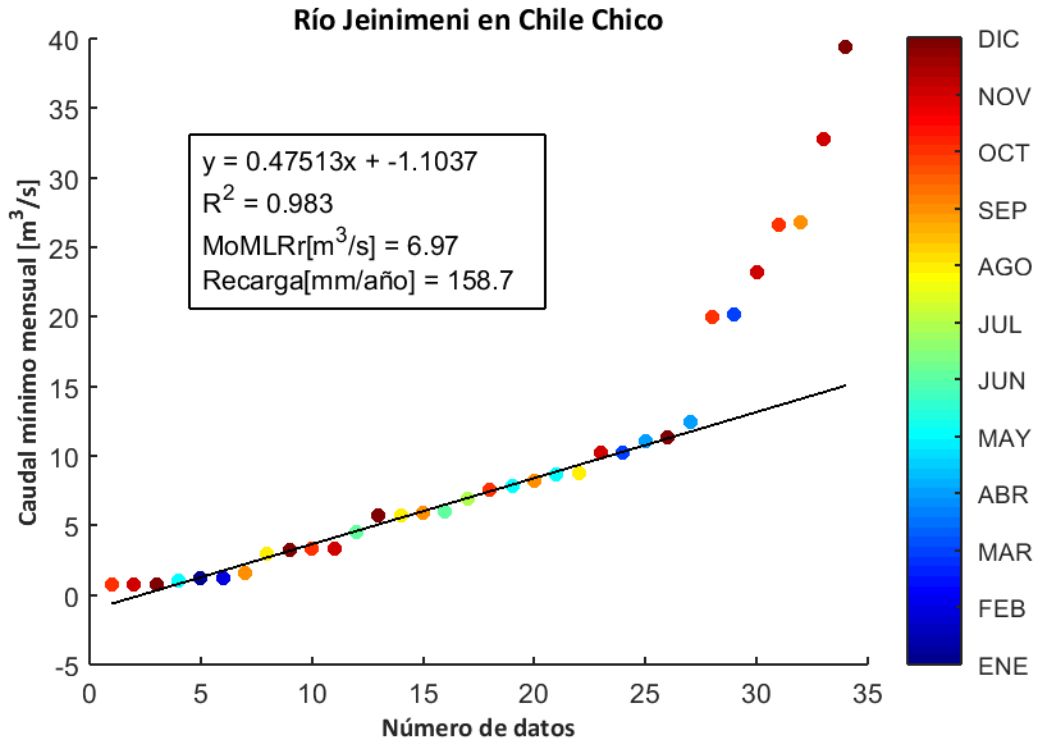


Figura D.63: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Jeinimeni en Chile Chico".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Jeinimeni en Chile Chico" durante el período de análisis.

D.22. RÍO EL BAÑO EN CHILE CHICO

La estación fluviométrica "Río El Baño en Chile Chico" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 90,11 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 1,30 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Chile Chico" presenta una precipitación promedio anual de 266,1 mm (Figura D.64).

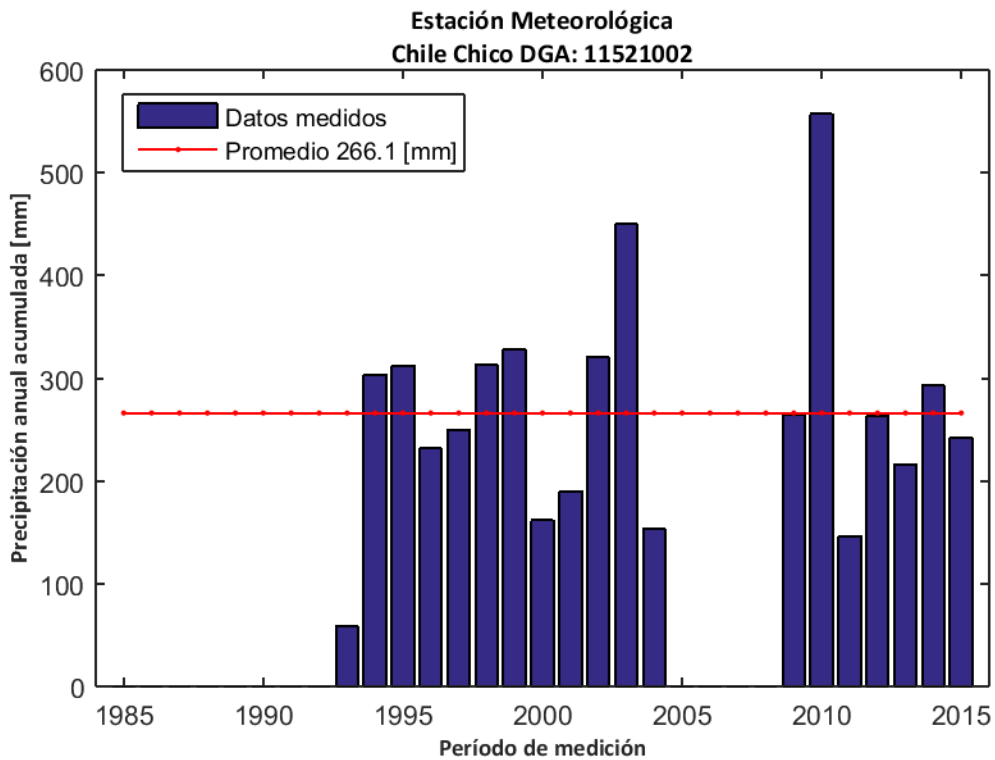


Figura D.64: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Chile Chico".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,66 (Figura D.65), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

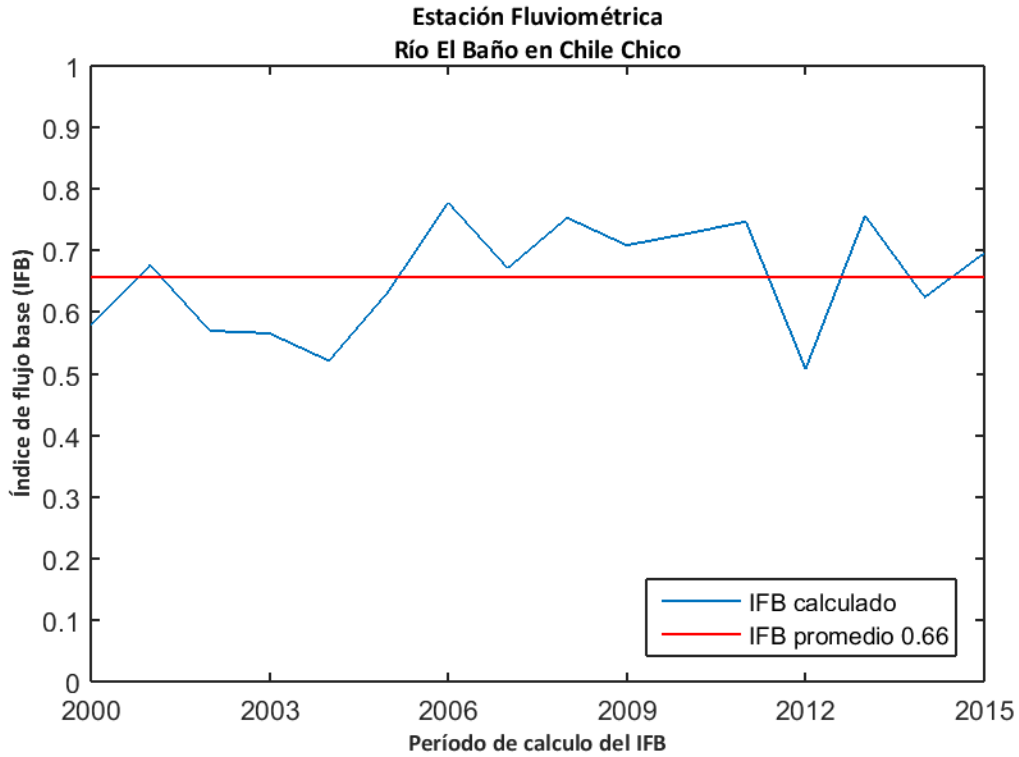


Figura D.65: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río El Baño en Chile Chico".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río El Baño en Chile Chico" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 150,4 mm/año (Figura D.66) equivalente a un 56,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Chile Chico").

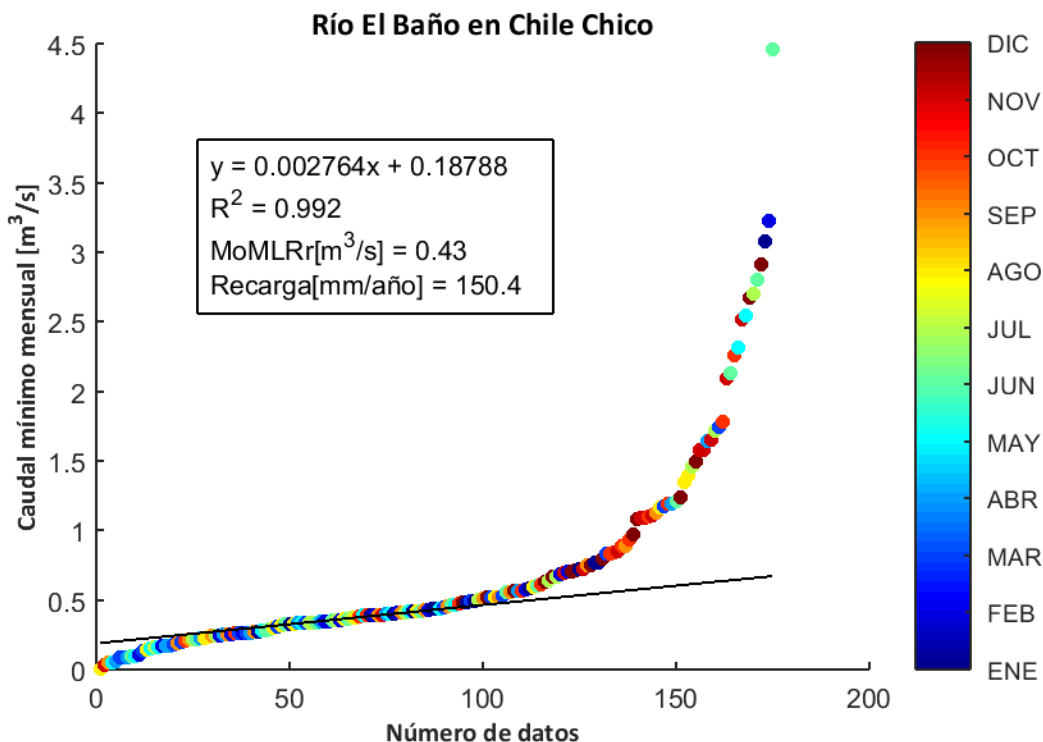


Figura D.66: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluvimétrica "Río El Baño en Chile Chico".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluvimétrica de control se presentan en la Tabla 37, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 37: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluvimétrica "Río El Baño en Chile Chico". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluvimétrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río El Baño en Chile Chico	5	28,2	59,5	88,0

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río El Baño en Chile Chico" sólo durante los años presentados en la Tabla 38, arrojando un valor promedio de 604,5 mm/año equivalente a un 227,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Chile Chico").

Tabla 38: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río El Baño en Chile Chico".

Años	Recarga [in]
1999	10,14
2009	37,05
2010	36,23
2015	11,78
Promedio [in]	23,80
Promedio [mm]	604,5

D.23. RÍO BAKER EN DESAGÜE LAGO BERTRAND

La estación fluviométrica "Río Baker en Desagüe Lago Bertrand" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 16002,68 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 578,63 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Baker en Angostura Chacabuco" presenta una precipitación promedio anual de 764,2 mm (Figura D.67).

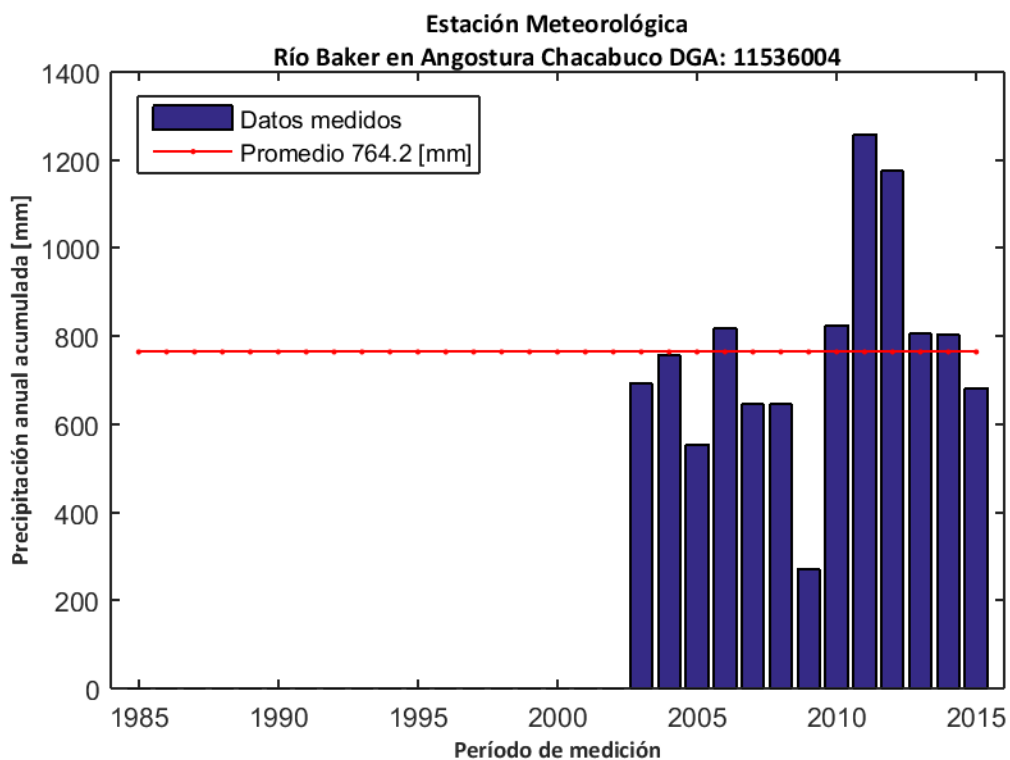


Figura D.67: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Baker en Angostura Chacabuco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,99 (Figura D.68), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

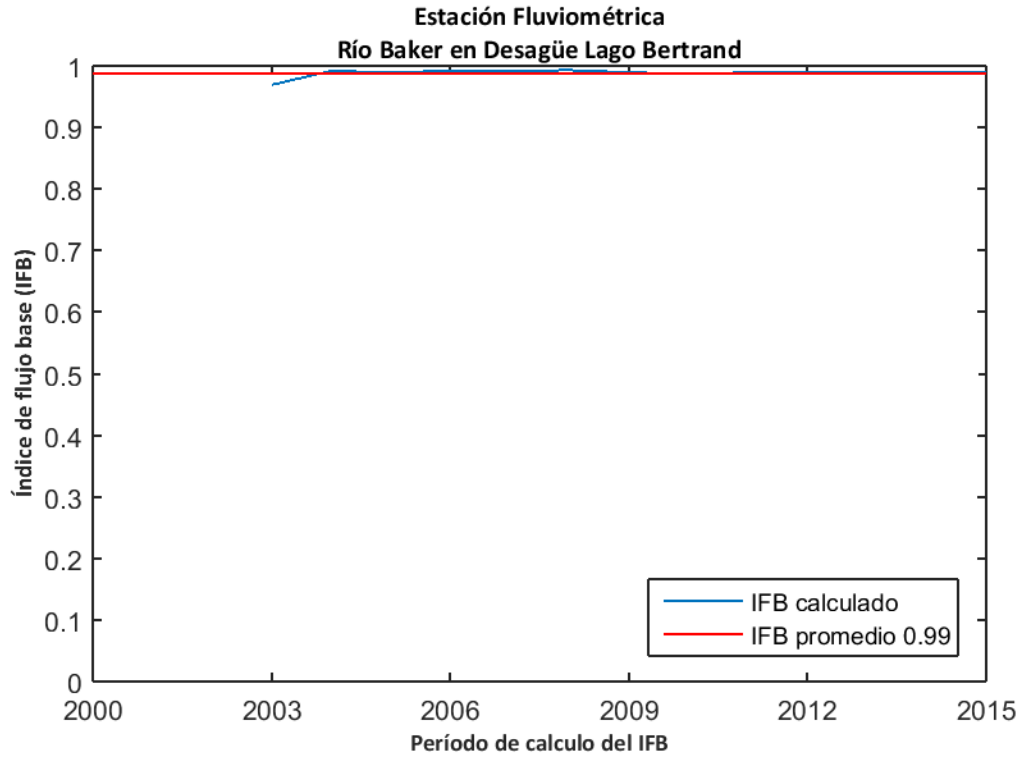


Figura D.68: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Baker en Desagüe Lago Bertrand".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Baker en Desagüe Lago Bertrand" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1005,8 mm/año (Figura D.69) equivalente a un 131,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Baker en Angostura Chacabuco").

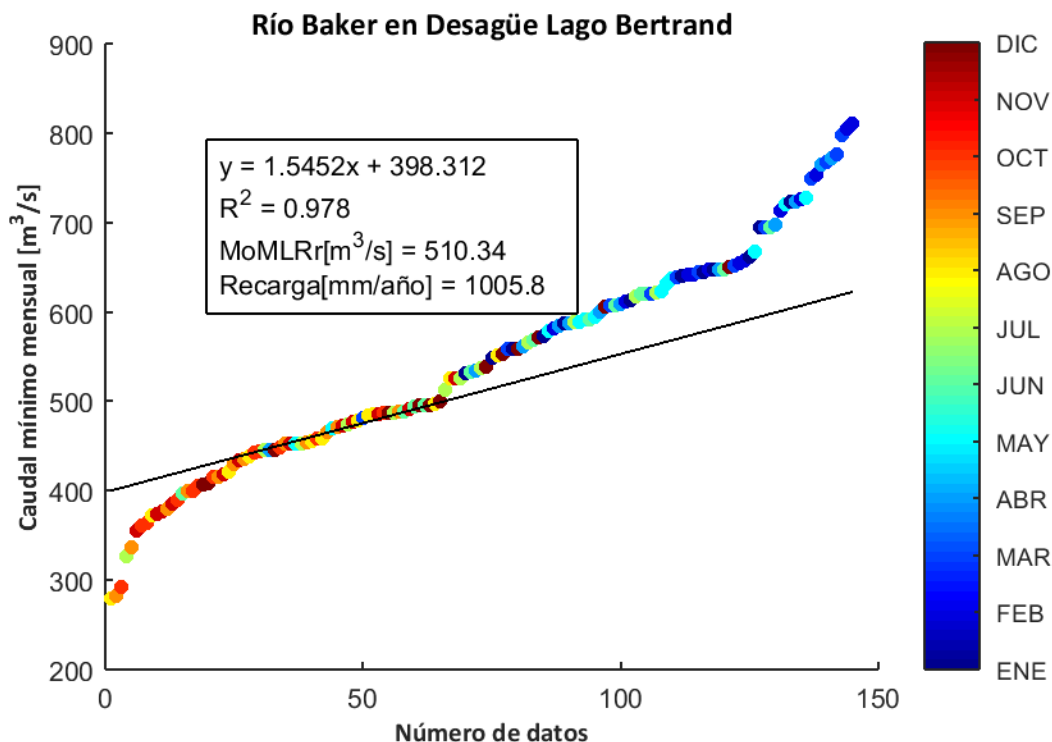


Figura D.69: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Baker en Desagüe Lago Bertrand".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 39, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 39: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Baker en Desagüe Lago Bertrand". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Baker en Desagüe Lago Bertrand	32	210,8	318,7	410,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Baker en Desagüe Lago Bertrand" sólo durante los años presentados en la Tabla 40, arrojando un valor promedio de 1062,5 mm/año equivalente a un 139,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Baker en Angostura Chacabuco").

Tabla 40: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Baker en Desagüe Lago Bertrand".

Años	Recarga [in]
2004	27,39
2005	47,43
2006	36,22
2007	34,62
2008	41,39
2009	43,63
2010	45,75
2011	47,22
2012	49,43
2013	45,02
2014	55,02
2015	28,83
Promedio [in]	41,83
Promedio [mm]	1062,5

D.24. RÍO NEF ANTES JUNTA ESTERO EL REVALSE

La estación fluviométrica "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 202,62 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 52,90 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse" presenta una precipitación promedio anual de 812,7 mm (Figura D.70).

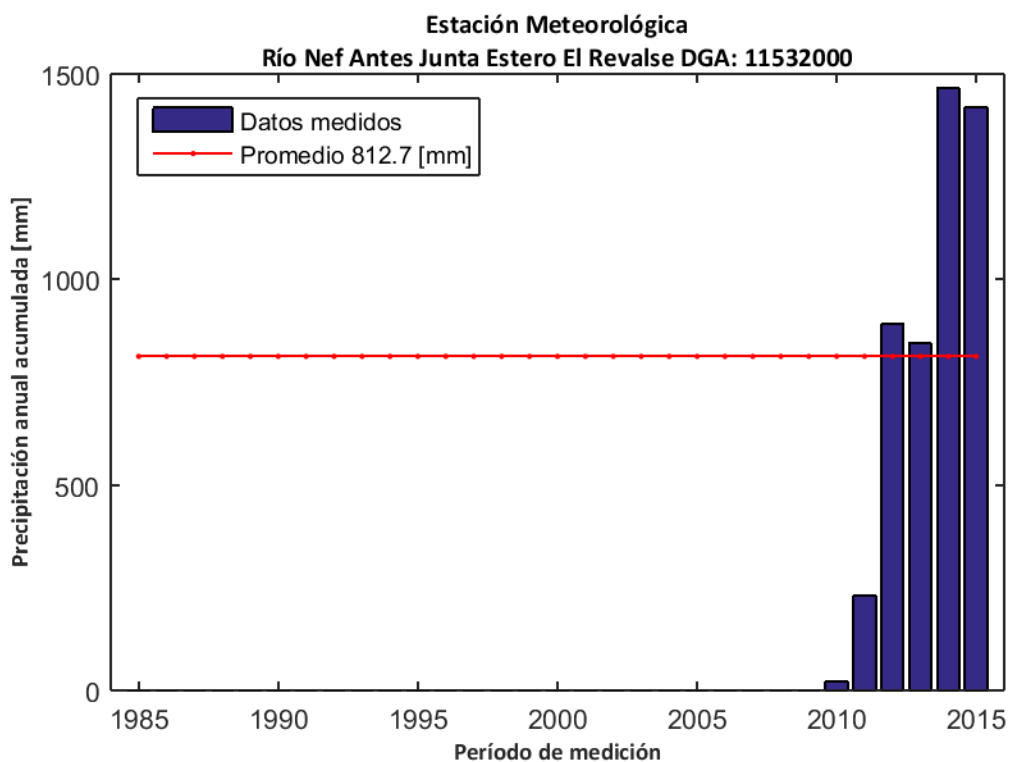


Figura D.70: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,66 (Figura D.71), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

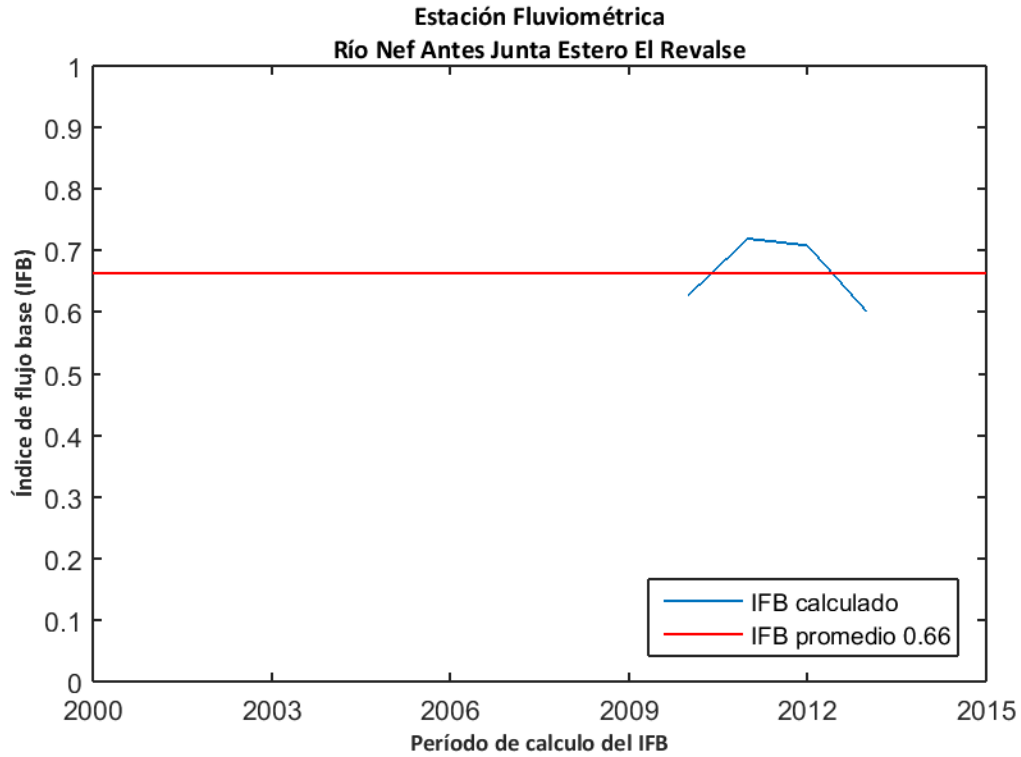


Figura D.71: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 3710,2 mm/año (Figura D.72) equivalente a un 456,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Nef Antes Junta Estero El Revalse").

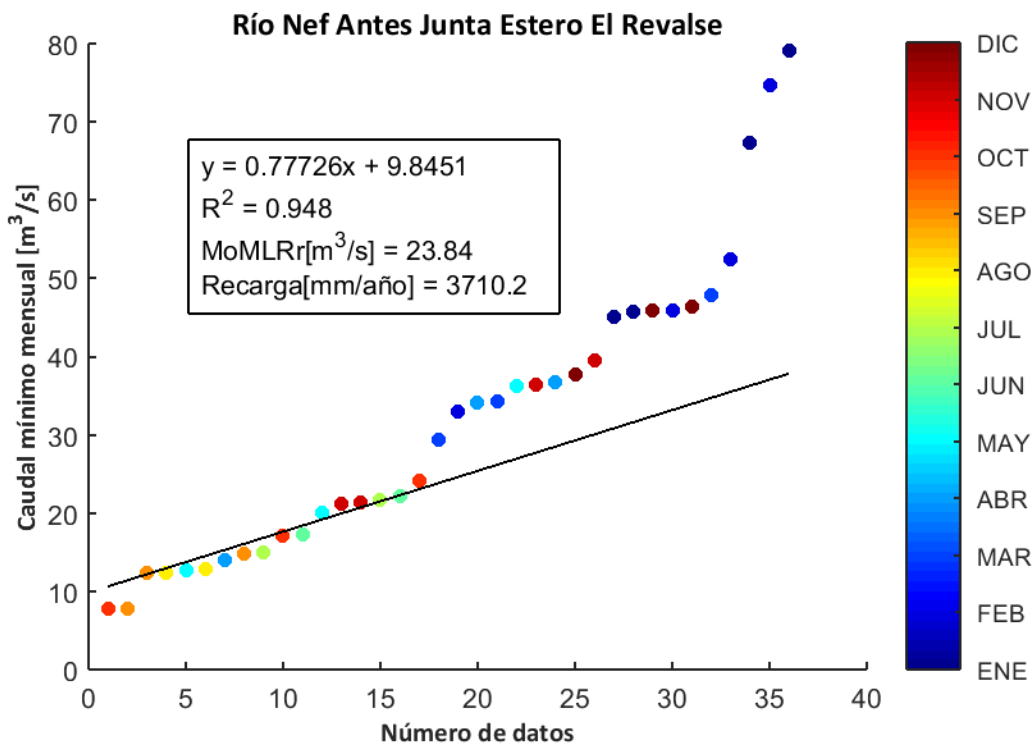


Figura D.72: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 41, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 41: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Nef Antes Junta Estero El Revalse	2	33,9	34,3	34,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse" sólo durante los años presentados en la Tabla 42, arrojando un valor promedio de 7500,9 mm/año equivalente a un 923,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Nef Antes Junta Estero El Revalse").

Tabla 42: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Nef Antes Junta Estero El Revalse".

Años	Recarga [in]
2011	295,31
Promedio [in]	295,31
Promedio [mm]	7500,9

D.25. RÍO COCHRANE EN COCHRANE

La estación fluviométrica "Río Cochrane en Cochrane" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 5083,11 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 16,88 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Cochrane en Cochrane" presenta una precipitación promedio anual de 427,1 mm (Figura D.73).

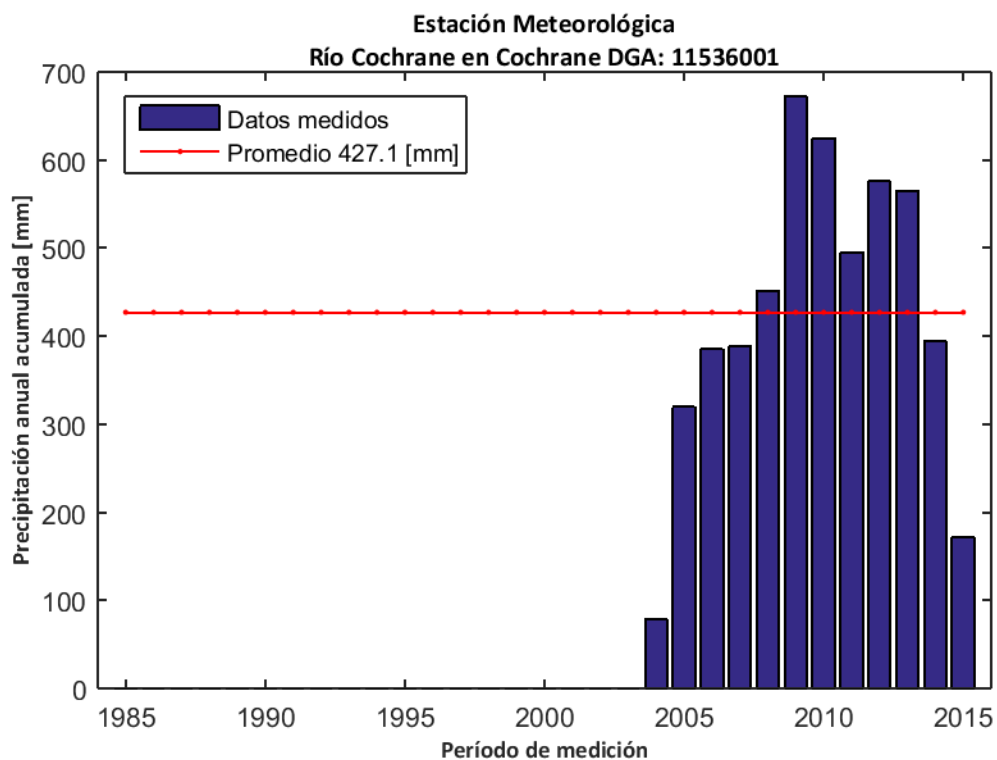


Figura D.73: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Cochrane en Cochrane".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,95 (Figura D.74), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

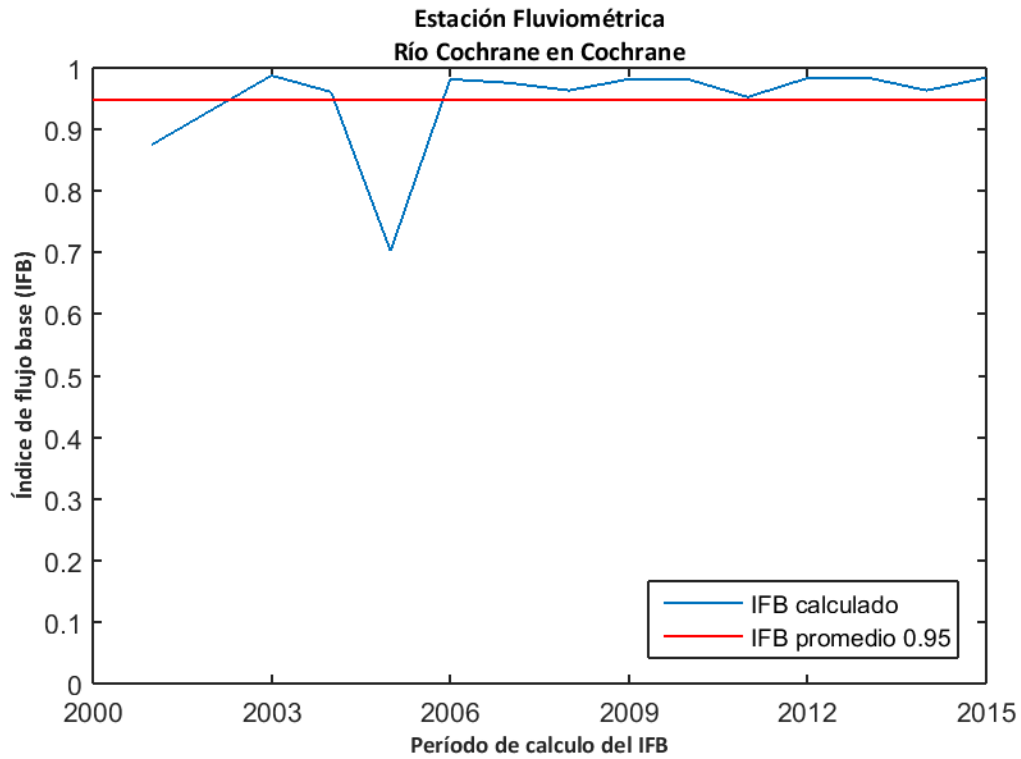


Figura D.74: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Cochrane en Cochrane".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Cochrane en Cochrane" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 92,9 mm/año (Figura D.75) equivalente a un 21,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Cochrane en Cochrane").

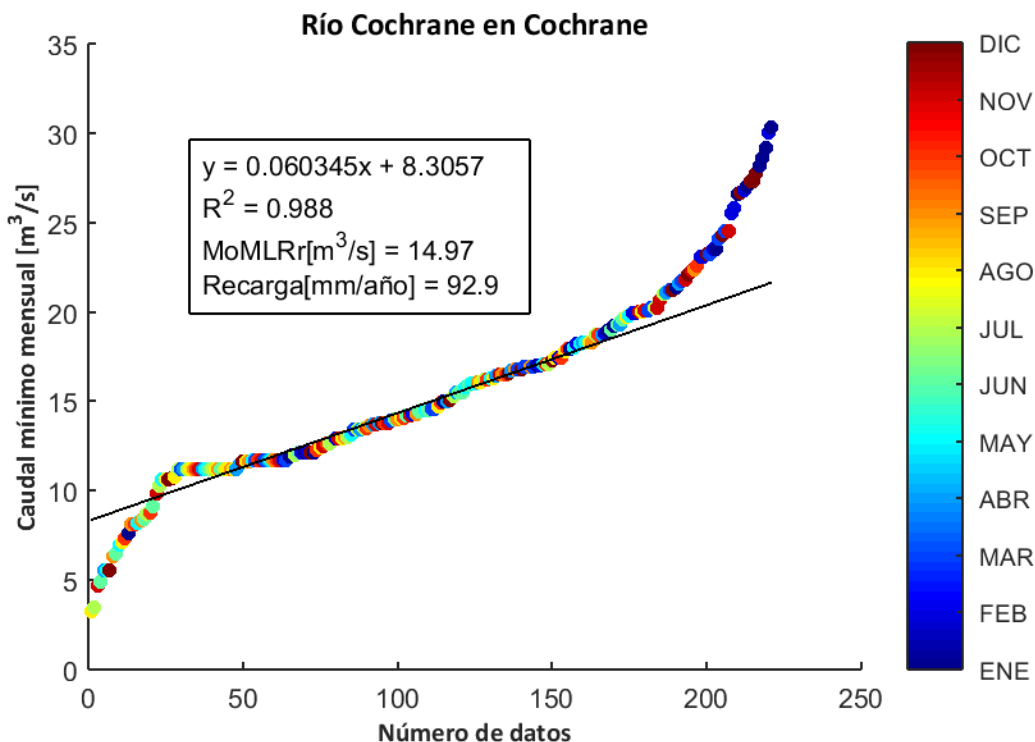


Figura D.75: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Cochrane en Cochrane".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 43, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 43: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Cochrane en Cochrane". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Cochrane en Cochrane	9	158,3	262,9	516,9

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Cochrane en Cochrane" sólo durante los años presentados en la Tabla 44, arrojando un valor promedio de 81,7 mm/año equivalente a un 19,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Cochrane en Cochrane").

Tabla 44: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Cochrane en Cochrane".

Años	Recarga [in]
1997	0,68
2003	2,08
2006	2,92
2007	1,79
2008	3,19
2009	3,59
2010	5,16
2012	3
2013	6,79
2015	2,96
Promedio [in]	3,22
Promedio [mm]	81,7

D.26. RÍO BAKER EN ANGOSTURA CHACABUCO

La estación fluviométrica "Río Baker en Angostura Chacabuco" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 16799,76 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 706,63 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Baker en Angostura Chacabuco" presenta una precipitación promedio anual de 764,2 mm (Figura D.76).

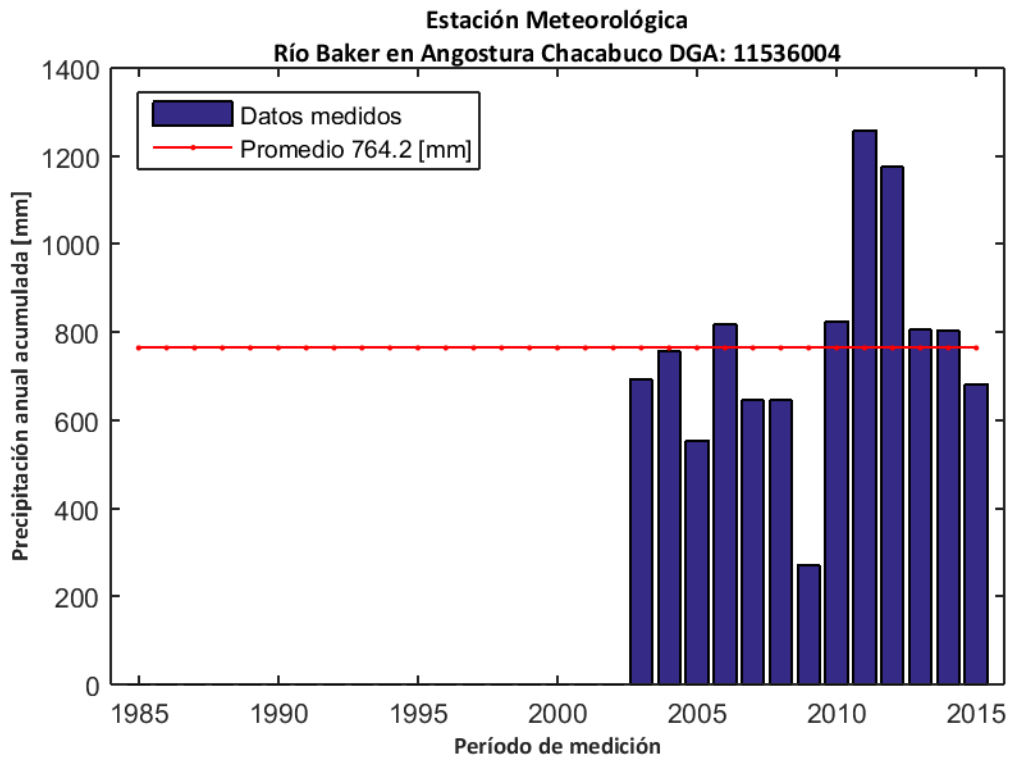


Figura D.76: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Baker en Angostura Chacabuco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,95 (Figura D.77), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

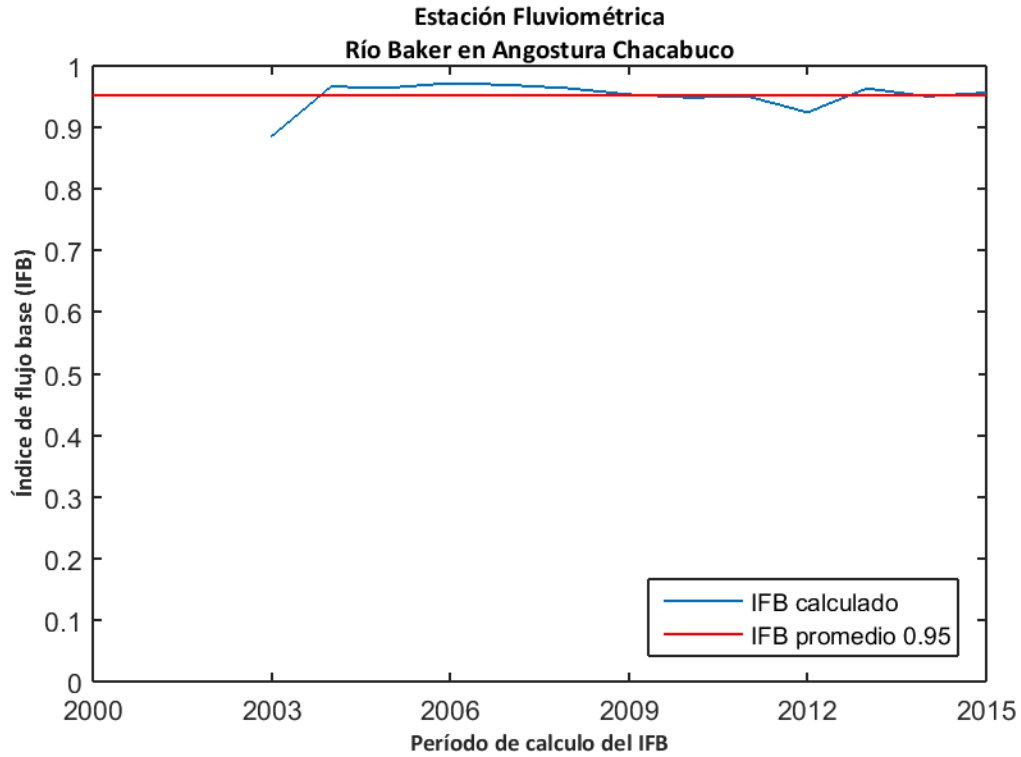


Figura D.77: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Baker en Angostura Chacabuco".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Baker en Angostura Chacabuco" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1166,8 mm/año (Figura D.78) equivalente a un 152,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Baker en Angostura Chacabuco").

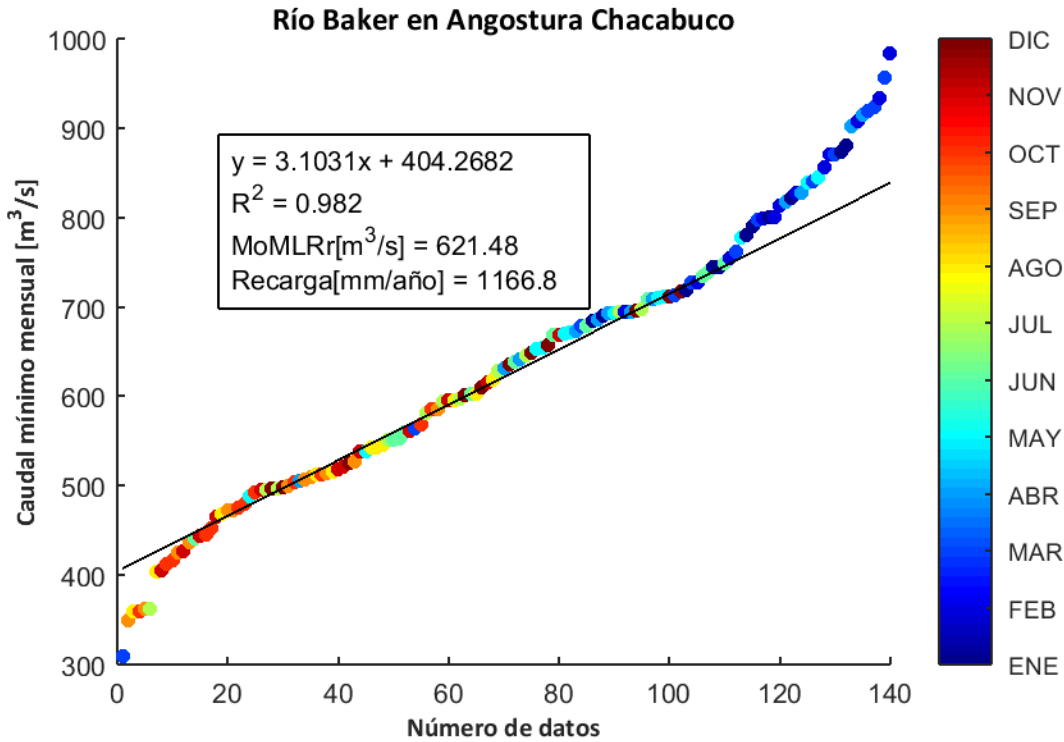


Figura D.78: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Baker en Angostura Chacabuco".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 45, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 45: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Baker en Angostura Chacabuco". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Baker en Angostura Chacabuco	16	168,7	251,9	354,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Baker en Angostura Chacabuco" sólo durante los años presentados en la Tabla 46, arrojando un valor promedio de 1181,3 mm/año equivalente a un 154,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Baker en Angostura Chacabuco").

Tabla 46: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Baker en Angostura Chacabuco".

Años	Recarga [in]
2004	67,57
2005	29,98
2006	39,02
2007	37,83
2008	37,68
2009	62,88
2013	42,49
2014	73,89
2015	27,23
Promedio [in]	46,51
Promedio [mm]	1181,3

D.27. RÍO BAKER EN COLONIA

La estación fluviométrica "Río Baker en Colonia" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 25927,57 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 869,93 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Colonia en Nacimiento" presenta una precipitación promedio anual de 1230,8 mm (Figura D.79).

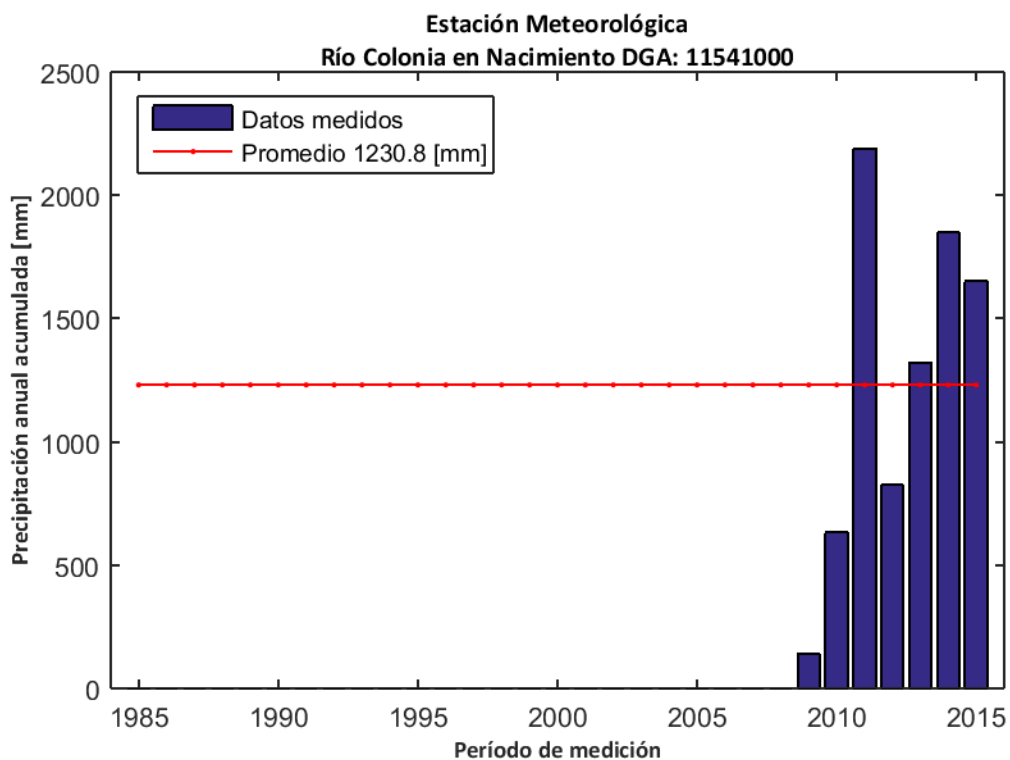


Figura D.79: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Colonia en Nacimiento".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,88 (Figura D.80), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

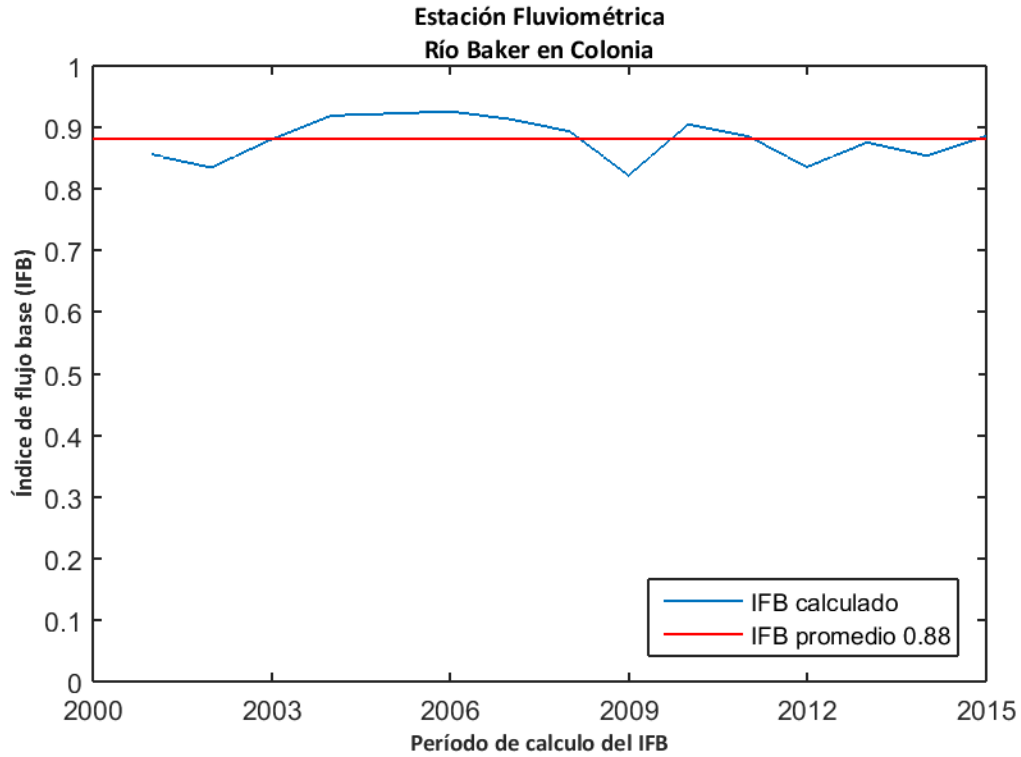


Figura D.80: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Baker en Colonia".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Baker en Colonia" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 820,3 mm/año (Figura D.81) equivalente a un 66,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Colonia en Nacimiento").

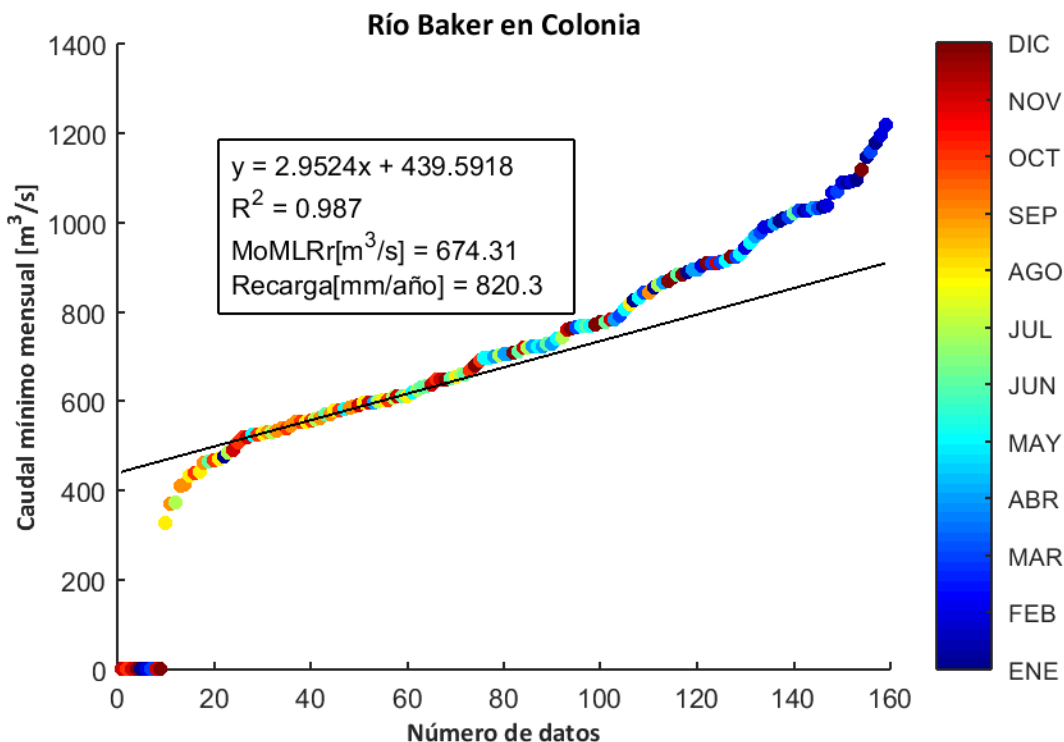


Figura D.81: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Baker en Colonia".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 47, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 47: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Baker en Colonia". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Baker en Colonia	13	79,9	142,4	226,5

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Baker en Colonia" sólo durante los años presentados en la Tabla 48, arrojando un valor promedio de 742,8 mm/año equivalente a un 60,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Colonia en Nacimiento").

Tabla 48: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Baker en Colonia".

Años	Recarga [in]
2004	32,03
2005	22,36
2006	27,66
2007	28,58
2008	28,11
2010	24,56
2011	33,09
2013	20,63
2014	52,25
2015	23,17
Promedio [in]	29,24
Promedio [mm]	742,8

D.28. RÍO BAKER BAJO NADIS

La estación fluviométrica "Río Baker Bajo Nadis" está ubicada en la cuenca "Río Baker" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 27115,72 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 979,78 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Colonia en Nacimiento" presenta una precipitación promedio anual de 1230,8 mm (Figura D.82).

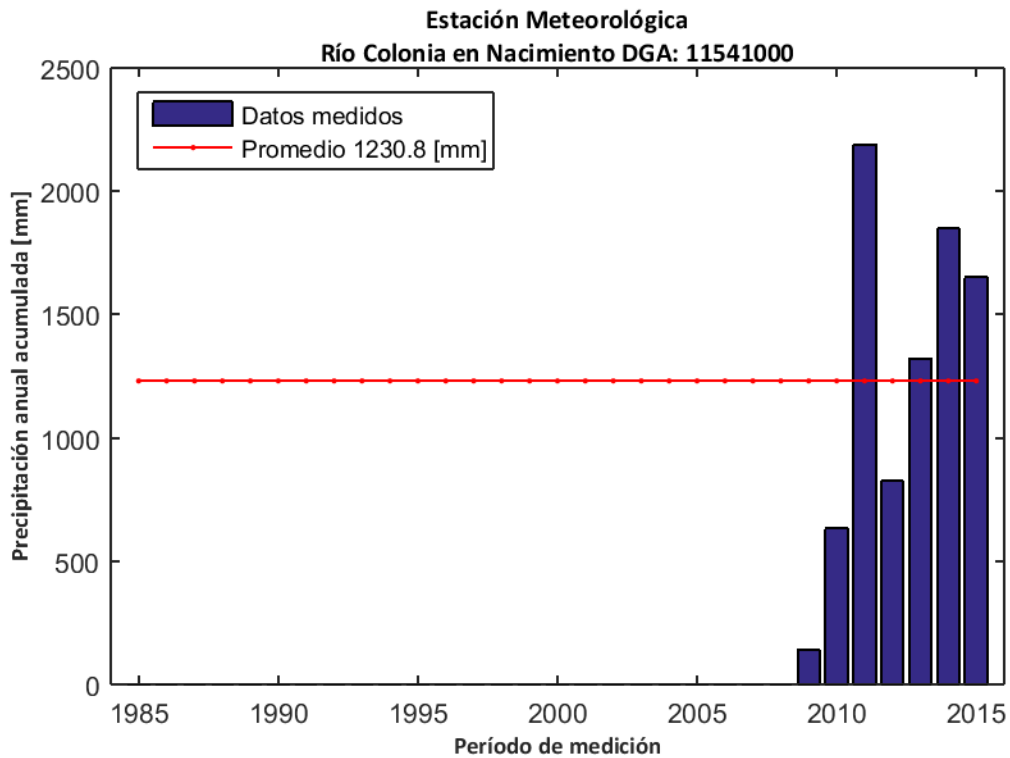


Figura D.82: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Colonia en Nacimiento".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,85 (Figura D.83), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

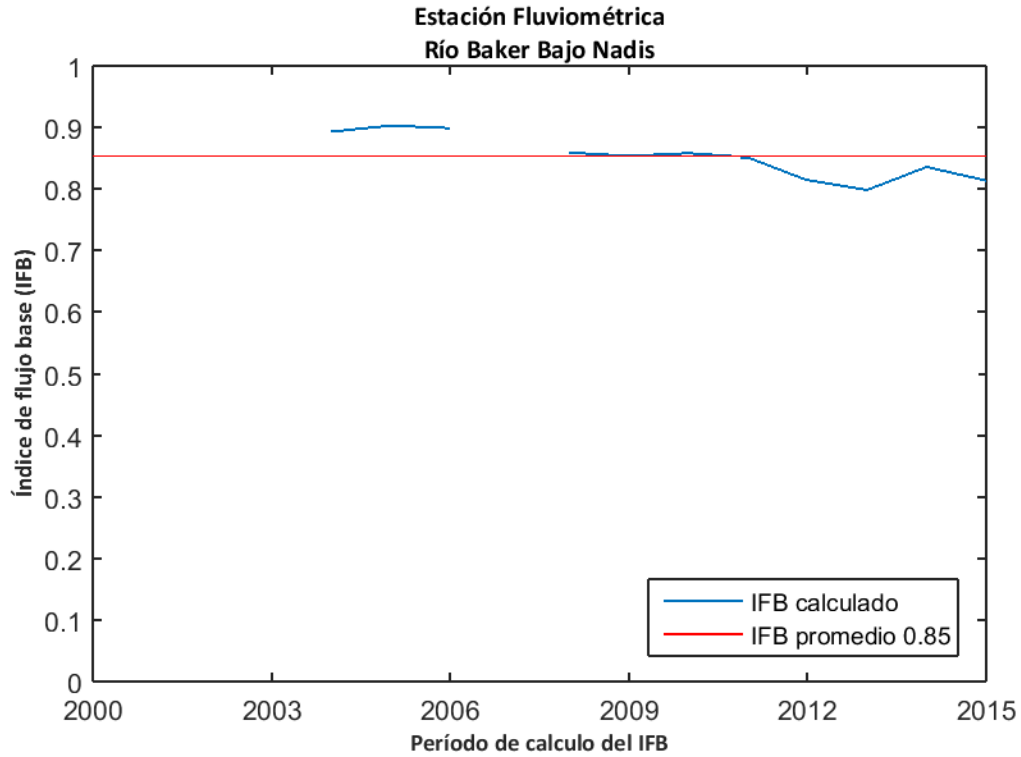


Figura D.83: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Baker Bajo Nadis".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Baker Bajo Nadis" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 872,3 mm/año (Figura D.84) equivalente a un 70,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Colonia en Nacimiento").

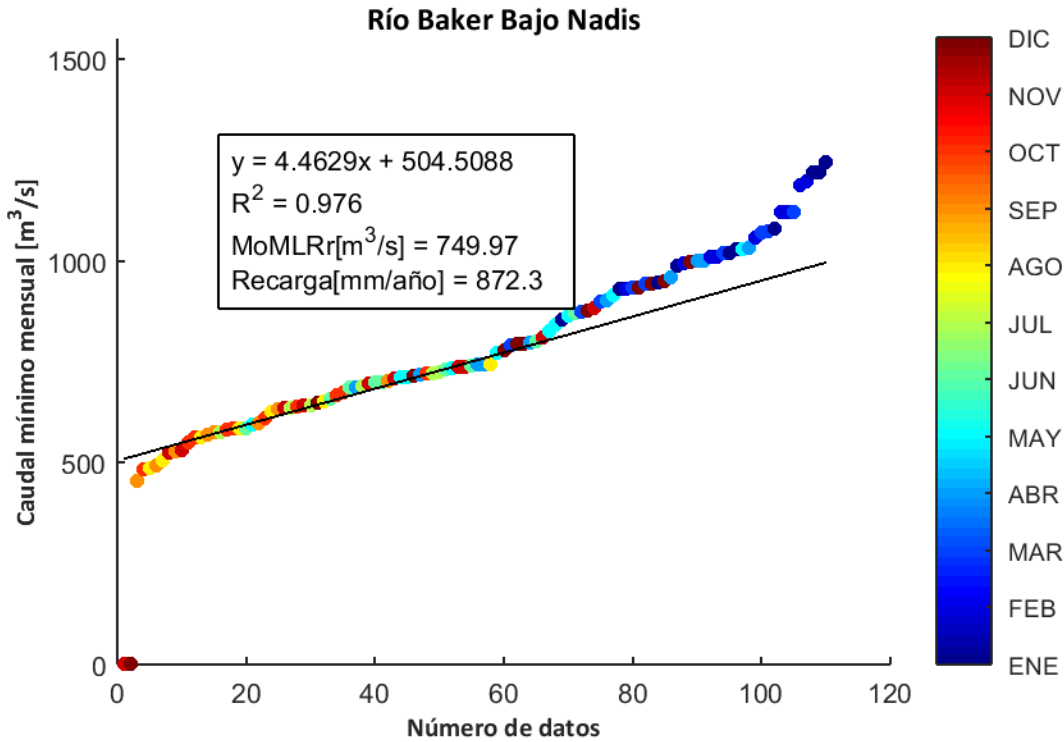


Figura D.84: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Baker Bajo Nadis".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 49, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 49: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Baker Bajo Nadis". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Baker Bajo Nadis	9	44,8	159,4	233,9

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Baker Bajo Nadis" sólo durante los años presentados en la Tabla 50, arrojando un valor promedio de 611,6 mm/año equivalente a un 49,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Colonia en Nacimiento").

Tabla 50: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Baker Bajo Nadis".

Años	Recarga [in]
2004	31,89
2005	21,91
2006	27,57
2015	14,94
Promedio [in]	24,08
Promedio [mm]	611,6

D.29. RÍO MAYER EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Mayer en Desembocadura" está ubicada en la cuenca "Río Pascua" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 5327,01 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 120,24 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Lago O'Higgins en Villa O'Higgins" presenta una precipitación promedio anual de 926,4 mm (Figura D.85).

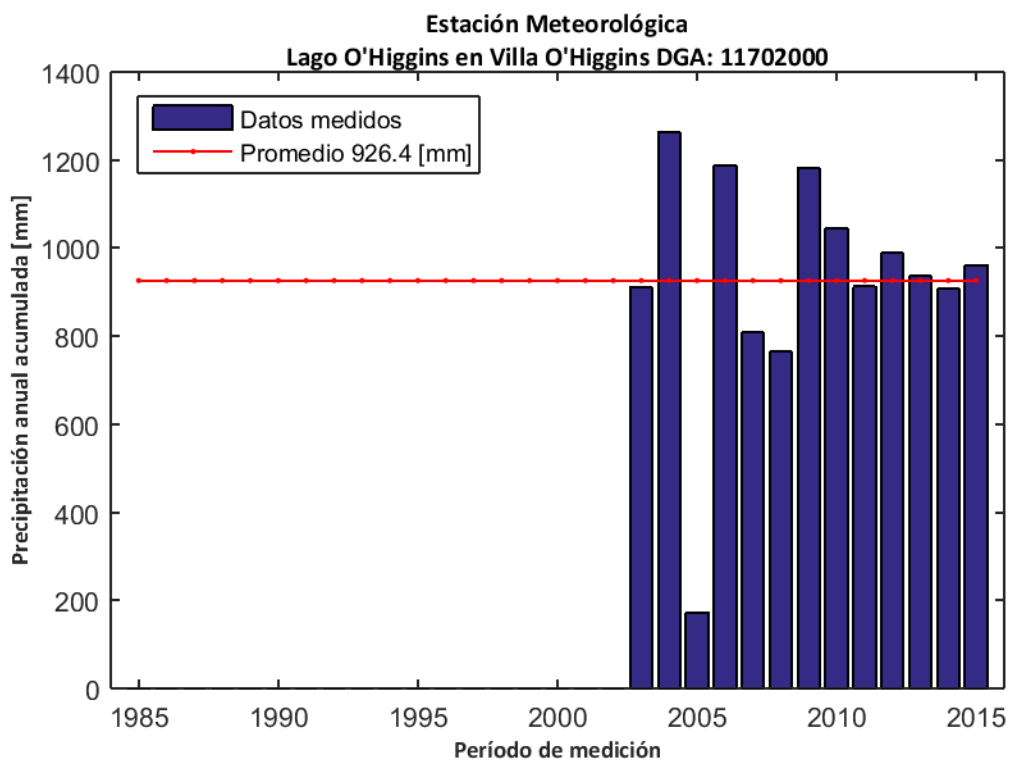


Figura D.85: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Lago O'Higgins en Villa O'Higgins".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,77 (Figura D.86), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

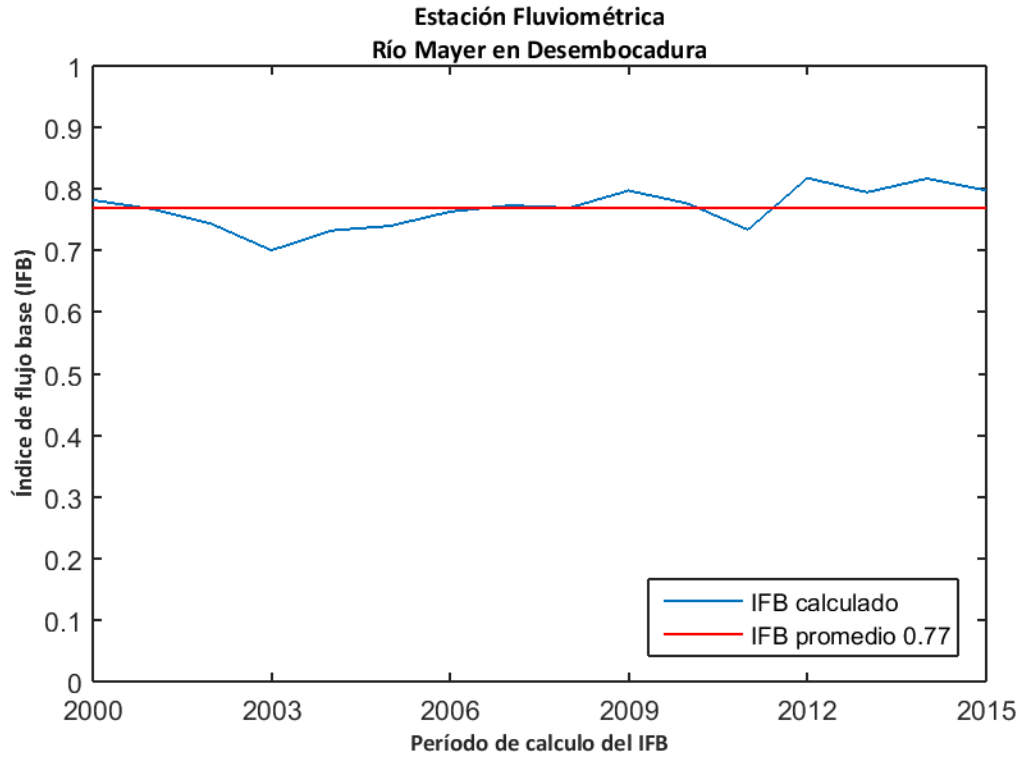


Figura D.86: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Mayer en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Mayer en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 408,6 mm/año (Figura D.87) equivalente a un 44,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Lago O'Higgins en Villa O'Higgins").

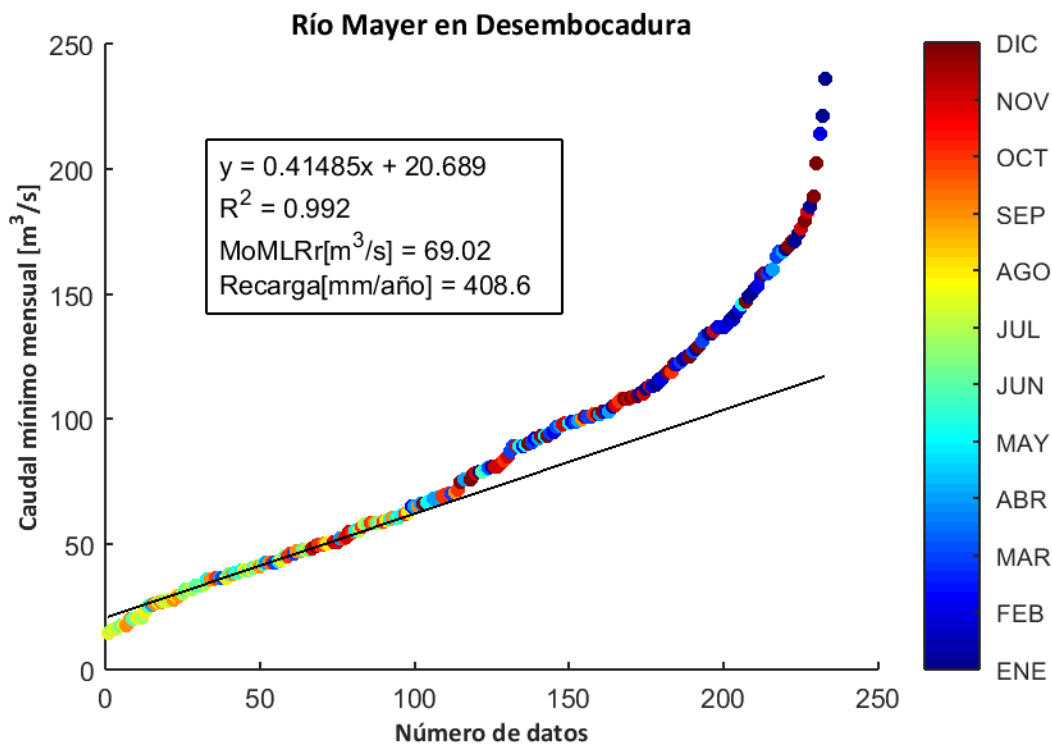


Figura D.87: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Mayer en Desembocadura".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 51, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 51: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Mayer en Desembocadura". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Mayer en Desembocadura	12	38,4	48,0	92,5

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Mayer en Desembocadura" sólo durante los años presentados en la Tabla 52, arrojando un valor promedio de 473,1 mm/año equivalente a un 51,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Lago O'Higgins en Villa O'Higgins").

Tabla 52: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Mayer en Desembocadura".

Años	Recarga [in]
2002	18,68
2005	9,29
2006	18,51
2007	13,12
2009	19,44
2013	16,12
2014	25,22
2015	28,63
Promedio [in]	18,63
Promedio [mm]	473,1

D.30. RÍO PASCUA EN DESAGÜE LAGO O'HIGGINS

La estación fluviométrica "Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins" está ubicada en la cuenca "Río Pascua" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 13778,77 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 610,54 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Pascua Antes Junta Río Quetru" presenta una precipitación promedio anual de 2130,5 mm (Figura D.88).

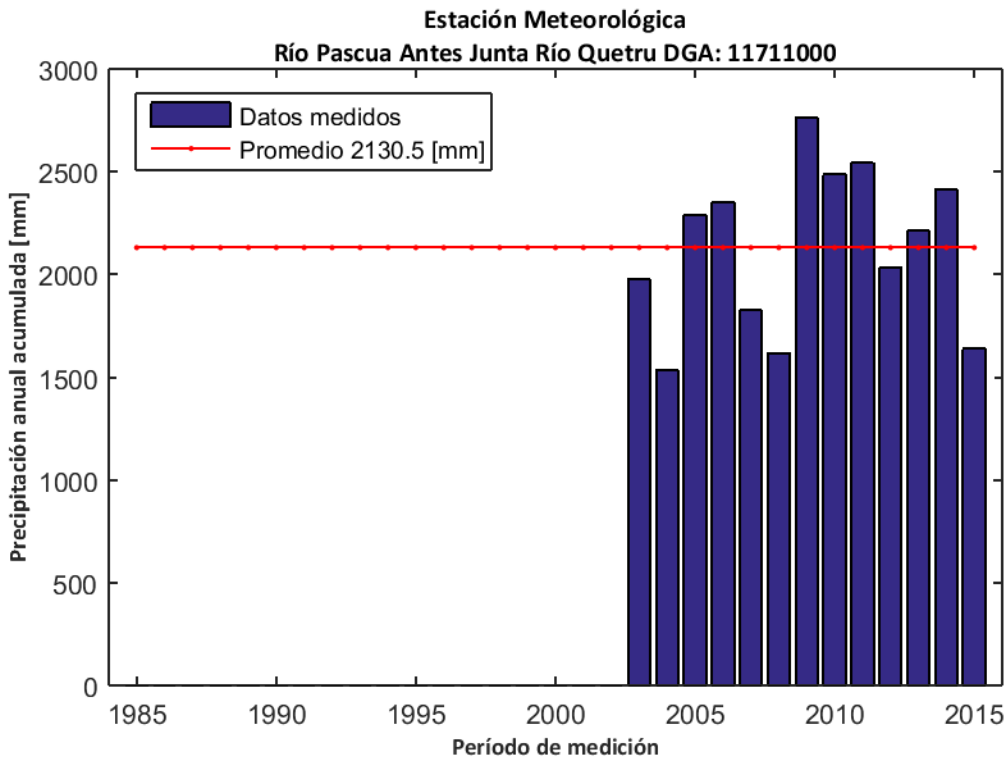


Figura D.88: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Pascua Antes Junta Río Quetru".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,98 (Figura D.89), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

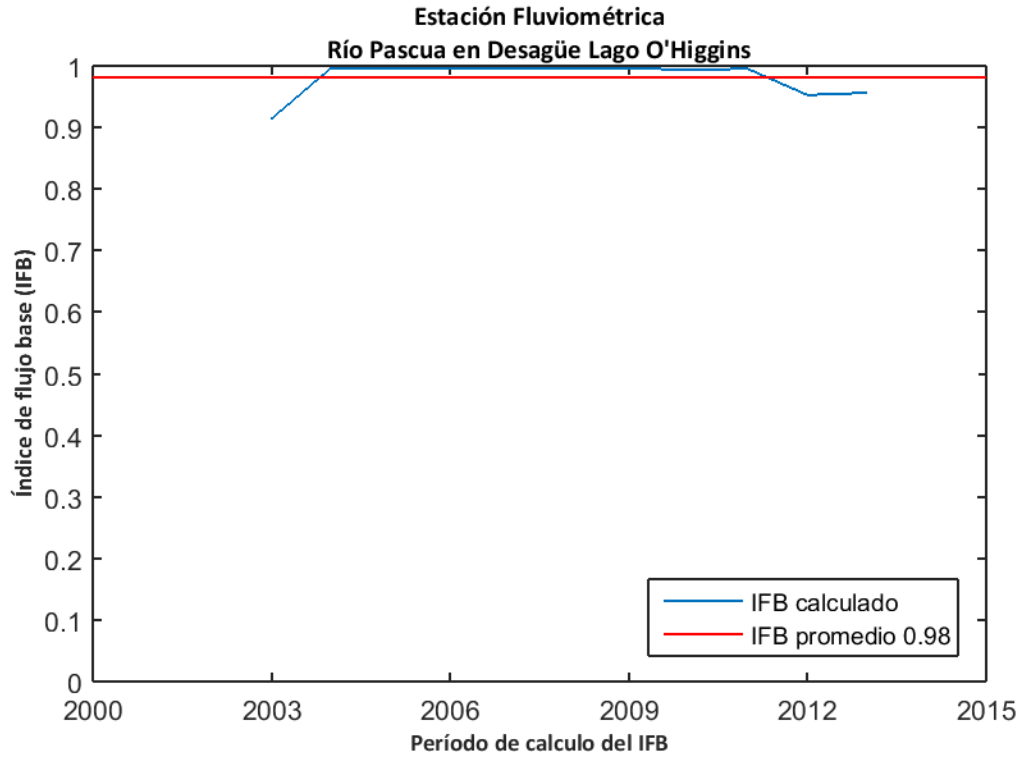


Figura D.89: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 962,7 mm/año (Figura D.90) equivalente a un 45,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Pascua Antes Junta Río Quetru").

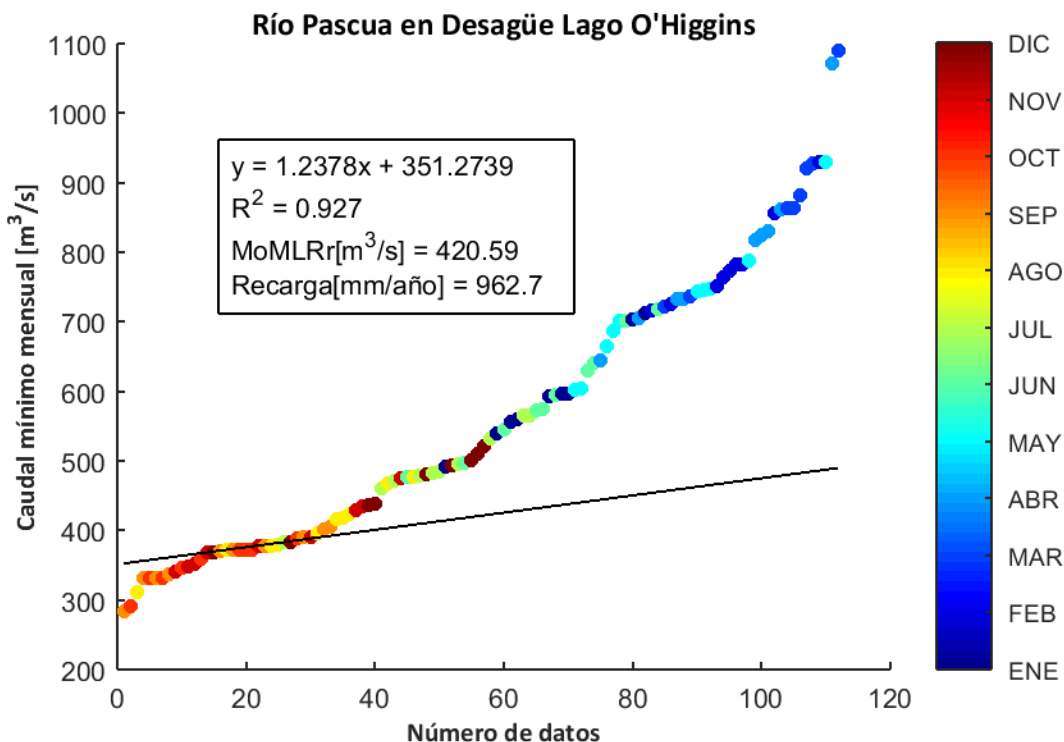


Figura D.90: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 53, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 53: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins	33	200,9	303,8	475,7

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins" sólo durante los años presentados en la Tabla 54, arrojando un valor promedio de 1059,5 mm/año equivalente a un 49,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Pascua Antes Junta Río Quetru").

Tabla 54: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Pascua en Desagüe Lago O'Higgins".

Años	Recarga [in]
2004	15,91
2005	39,36
2006	44,45
2007	40,94
2008	45,76
2009	58,33
2010	43,16
2011	45,79
Promedio [in]	41,71
Promedio [mm]	1059,5

D.31. RÍO PASCUA ANTE JUNTA RÍO QUETRU

La estación fluviométrica "Río Pascua Ante Junta Río Quetru" está ubicada en la cuenca "Río Pascua" de la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 14134,08 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 709,60 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Pascua Antes Junta Río Quetru" presenta una precipitación promedio anual de 2130,5 mm (Figura D.91).

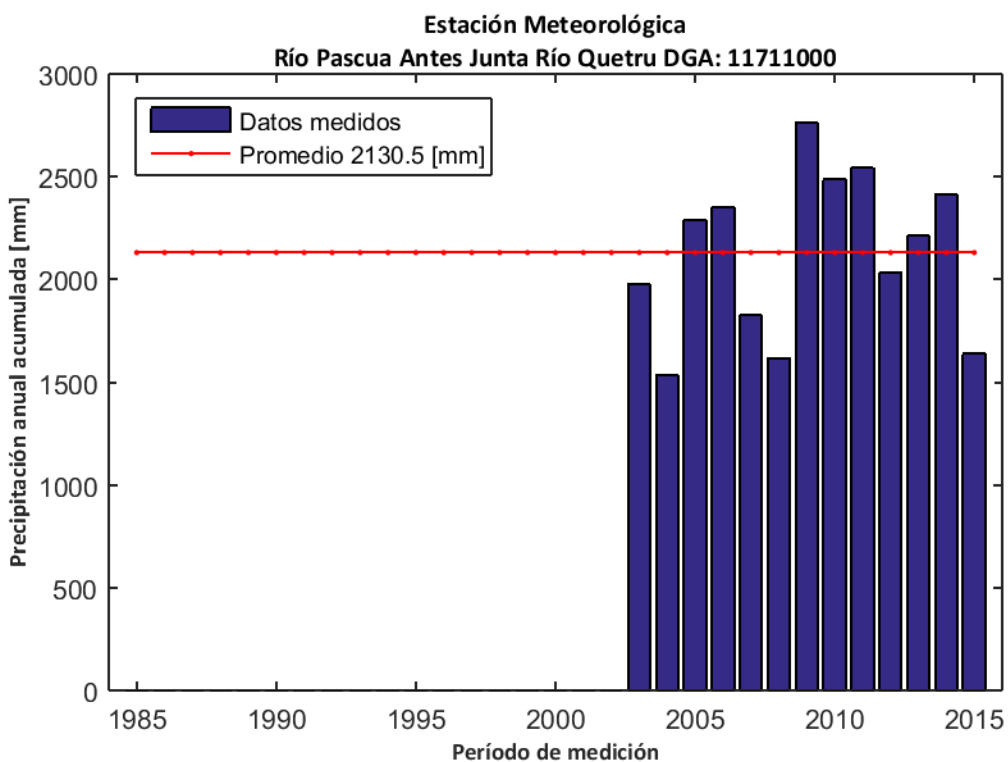


Figura D.91: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Pascua Antes Junta Río Quetru".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,95 (Figura D.92), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

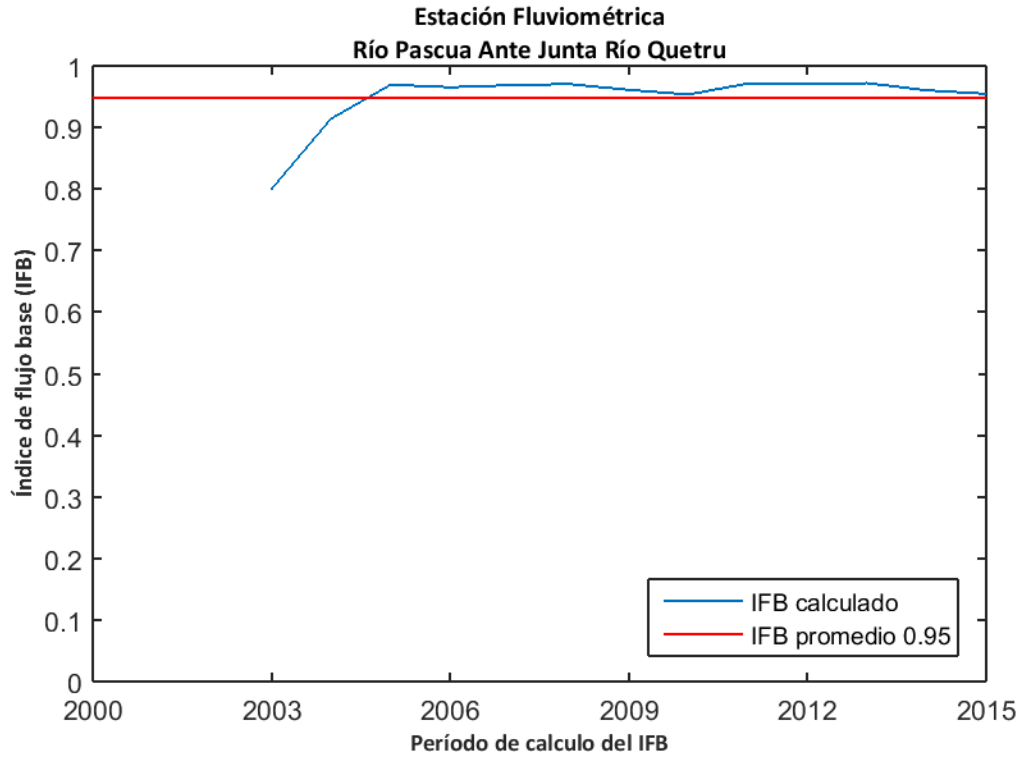


Figura D.92: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Pascua Ante Junta Río Quetru".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Pascua Ante Junta Río Quetru" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1273,6 mm/año (Figura D.93) equivalente a un 59,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Pascua Antes Junta Río Quetru").

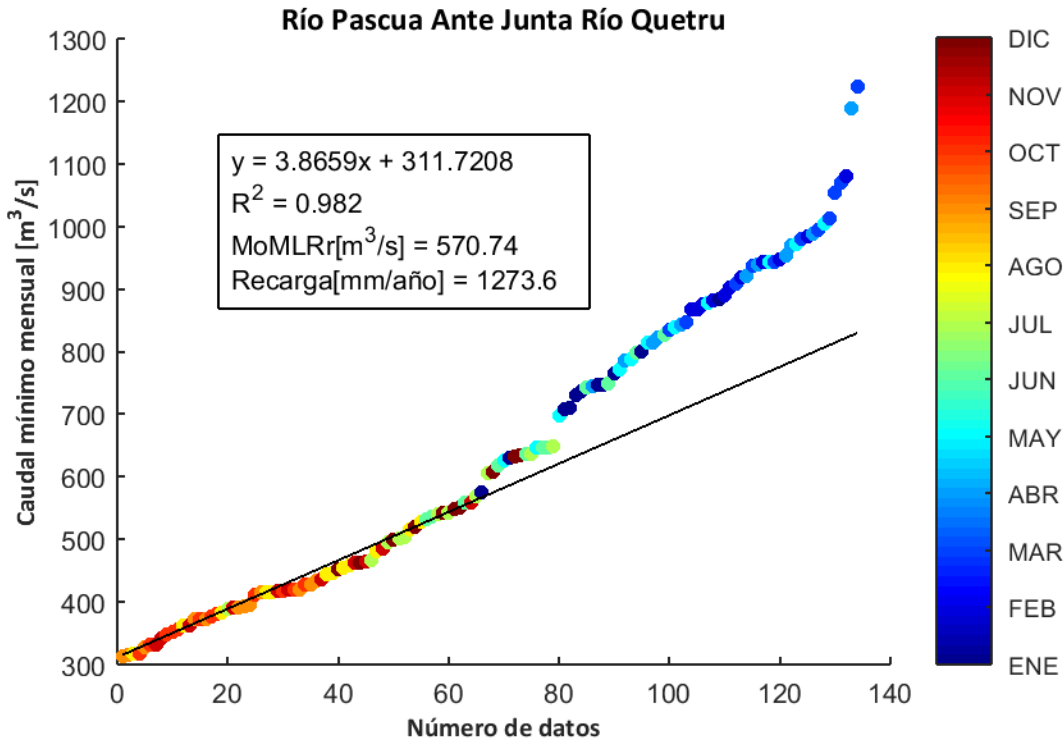


Figura D.93: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Pascua Ante Junta Río Quetru".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 55, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 55: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Pascua Ante Junta Río Quetru". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Pascua Ante Junta Río Quetru	9	180,6	202,6	316,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Pascua Ante Junta Río Quetru" sólo durante los años presentados en la Tabla 56, arrojando un valor promedio de 1212,7 mm/año equivalente a un 56,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Pascua Antes Junta Río Quetru").

Tabla 56: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Pascua Ante Junta Río Quetru".

Años	Recarga [in]
2005	11,95
2006	50,12
2007	33,21
2008	46,01
2010	30,89
2011	71,27
2012	71,82
2013	52,62
2014	61,82
Promedio [in]	47,75
Promedio [mm]	1212,7

D.32. RÍO PAINE EN PARQUE NACIONAL N°2

La estación fluviométrica "Río Paine en Parque Nacional N°2" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 582,48 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 49,41 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Paine en Parque Nacional N°2" presenta una precipitación promedio anual de 674,3 mm (Figura D.94).

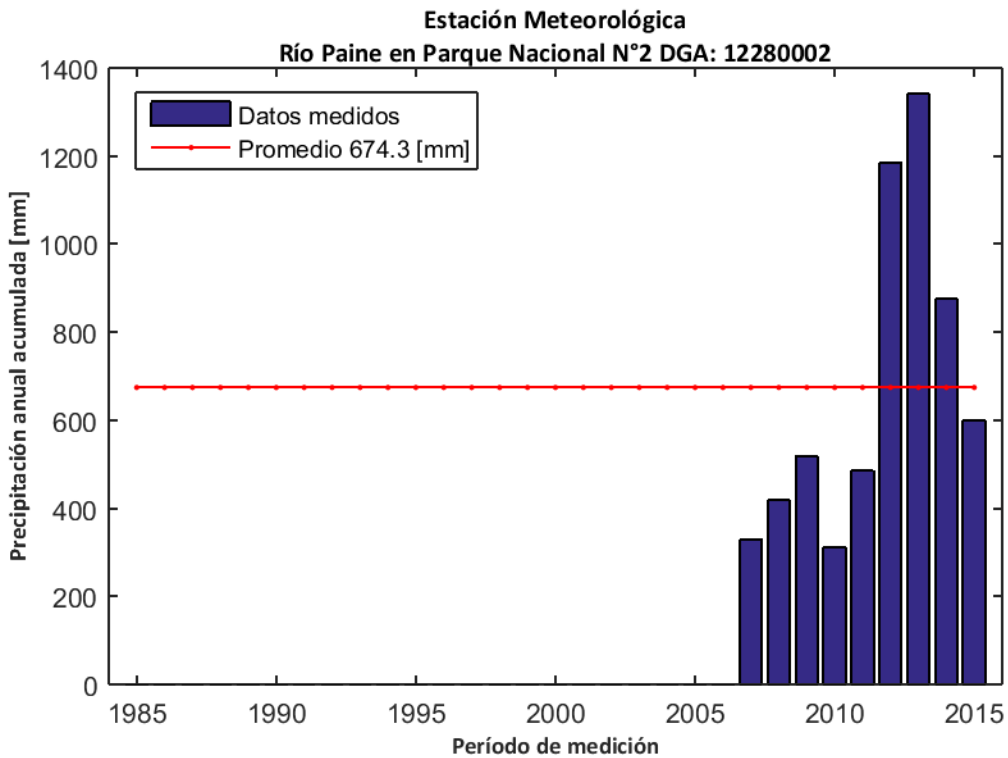


Figura D.94: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Paine en Parque Nacional N°2".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,73 (Figura D.95), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

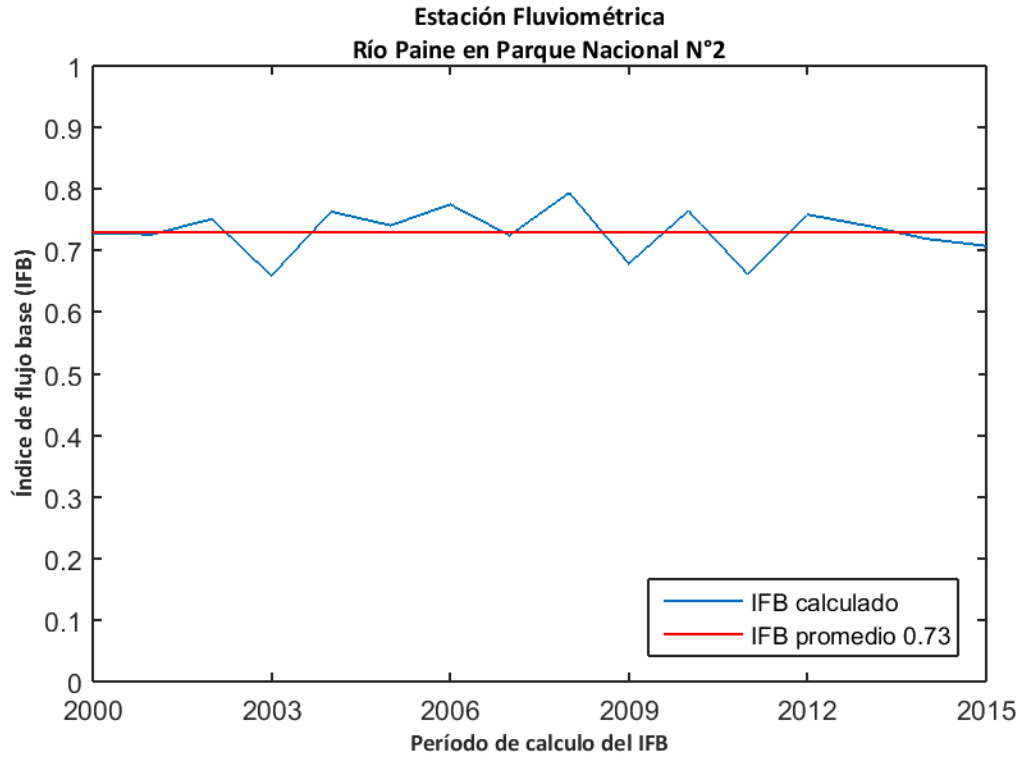


Figura D.95: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Paine en Parque Nacional N°2".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Paine en Parque Nacional N°2" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1381,5 mm/año (Figura D.96) equivalente a un 204,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Paine en Parque Nacional N°2").

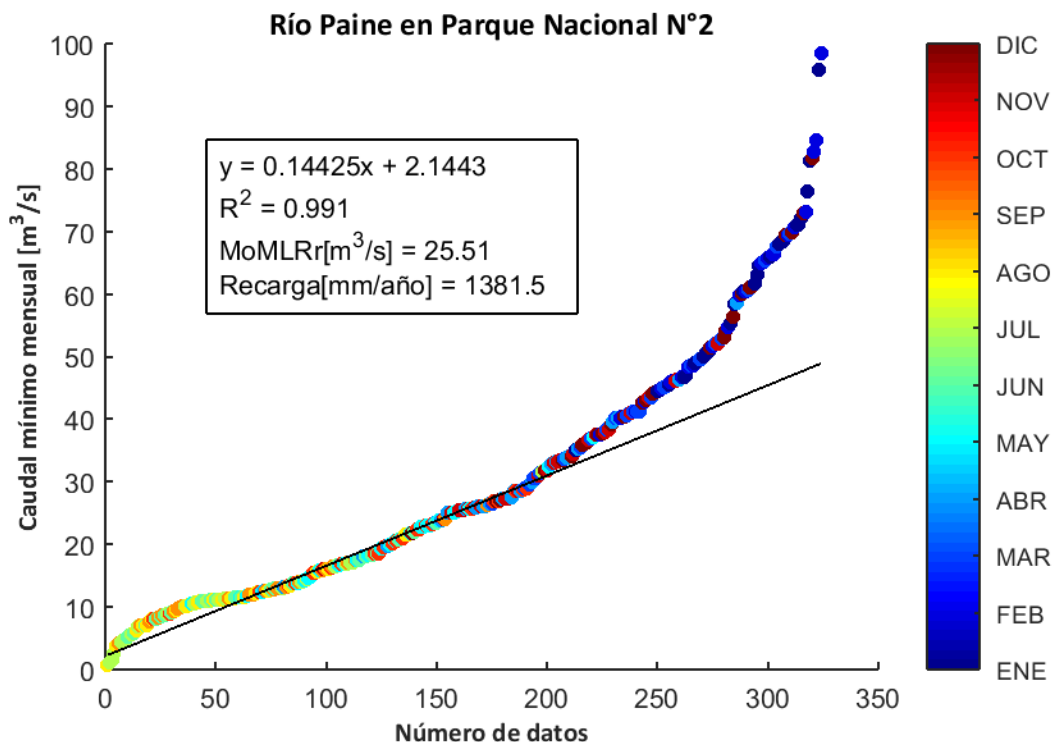


Figura D.96: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Paine en Parque Nacional N°2".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 57, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 57: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Paine en Parque Nacional N°2". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Paine en Parque Nacional N°2	45	16,3	45,4	110,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Paine en Parque Nacional N°2" sólo durante los años presentados en la Tabla 58, arrojando un valor promedio de 2356,3 mm/año equivalente a un 349,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Paine en Parque Nacional N°2").

Tabla 58: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Paine en Parque Nacional N°2".

Años	Recarga [in]
1986	72,43
1990	79,59
1992	61,87
1993	85,03
1996	71,83
1997	73,9
1998	121,19
1999	97
2000	74,74
2001	108,95
2002	68,29
2003	83,44
2004	112,34
2007	92,73
2008	120,74
2009	107,61
2010	97,18
2012	101,4
2013	129,3
2014	98,63
2015	89,97
Promedio [in]	92,77
Promedio [mm]	2356,3

D.33. RÍO BAGUALES EN CERRO GUIDO

La estación fluviométrica "Río Baguales en Cerro Guido" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 564,61 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 3,15 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Las Chinas en Cerro Guido" presenta una precipitación promedio anual de 219,4 mm (Figura D.97).

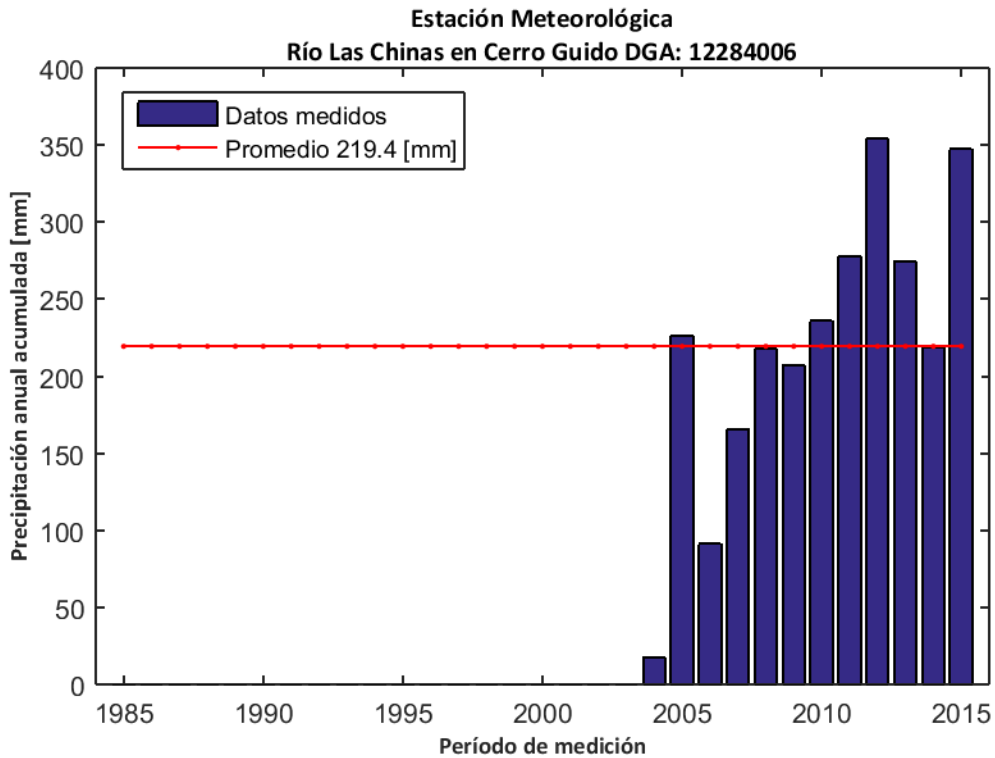


Figura D.97: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Las Chinas en Cerro Guido".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,59 (Figura D.98), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

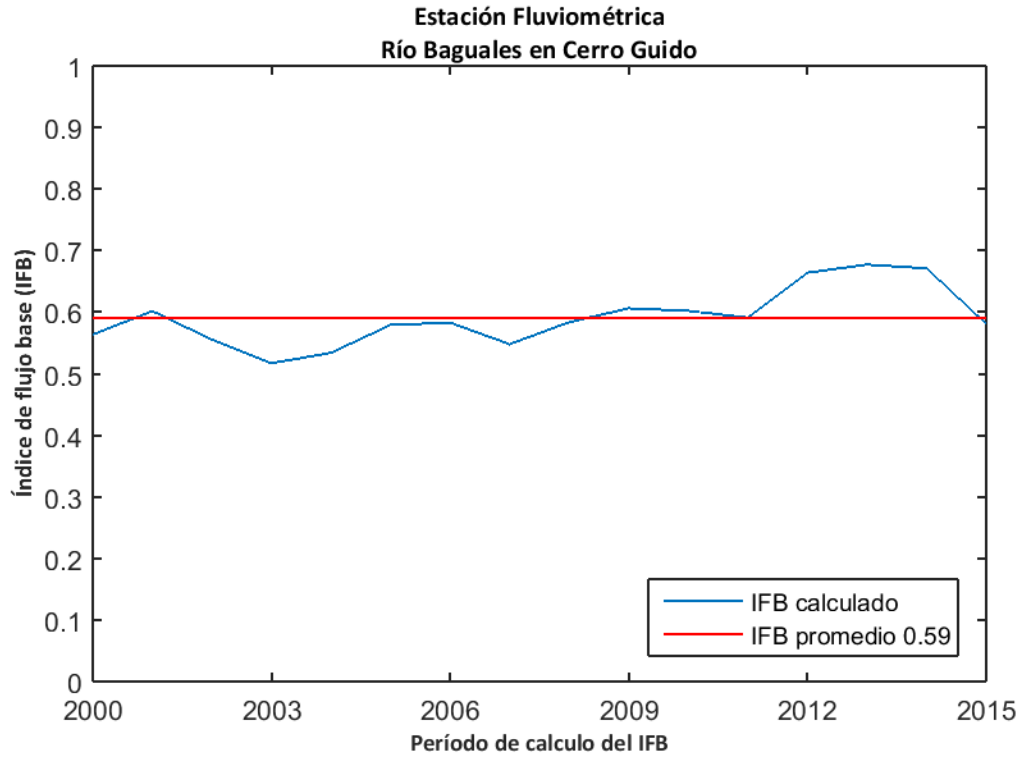


Figura D.98: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Baguales en Cerro Guido".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Baguales en Cerro Guido" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 64,1 mm/año (Figura D.99) equivalente a un 29,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Chinas en Cerro Guido").

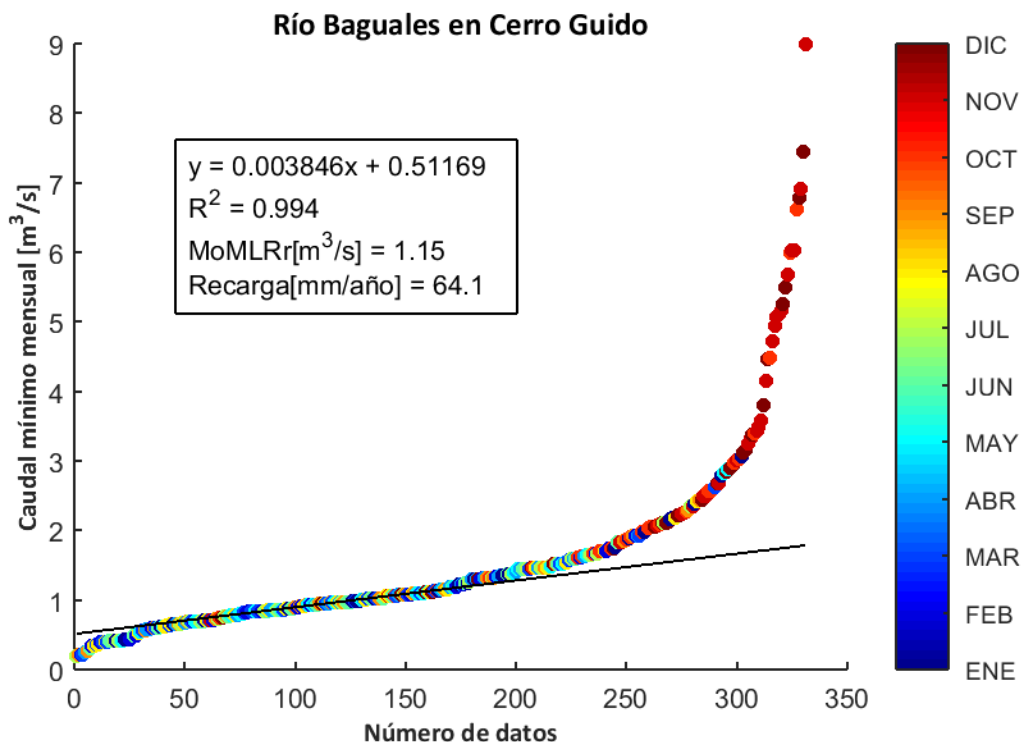


Figura D.99: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Baguales en Cerro Guido".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 59, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 59: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Baguales en Cerro Guido". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Baguales en Cerro Guido	13	15,4	45,1	74,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Baguales en Cerro Guido" sólo durante los años presentados en la Tabla 60, arrojando un valor promedio de 157,8 mm/año equivalente a un 71,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Chinas en Cerro Guido").

Tabla 60: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Baguales en Cerro Guido".

Años	Recarga [in]
1985	5,9
1989	4,55
1991	5,94
1992	7,61
1994	4,79
1997	3,67
1998	9,02
1999	5,08
2000	5,97
2001	6,03
2002	5,2
2003	5,83
2005	5,8
2007	3,93
2008	6,84
2009	6,22
2010	5,96
2012	9,77
2013	9,59
2014	6,54
Promedio [in]	6,21
Promedio [mm]	157,8

D.34. RÍO VIZCACHAS EN CERRO GUIDO

La estación fluviométrica Río Vizcachas en Cerro Guido está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1730,07 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 5,45 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Las Chinas en Cerro Guido" presenta una precipitación promedio anual de 219,4 mm (Figura D.100).

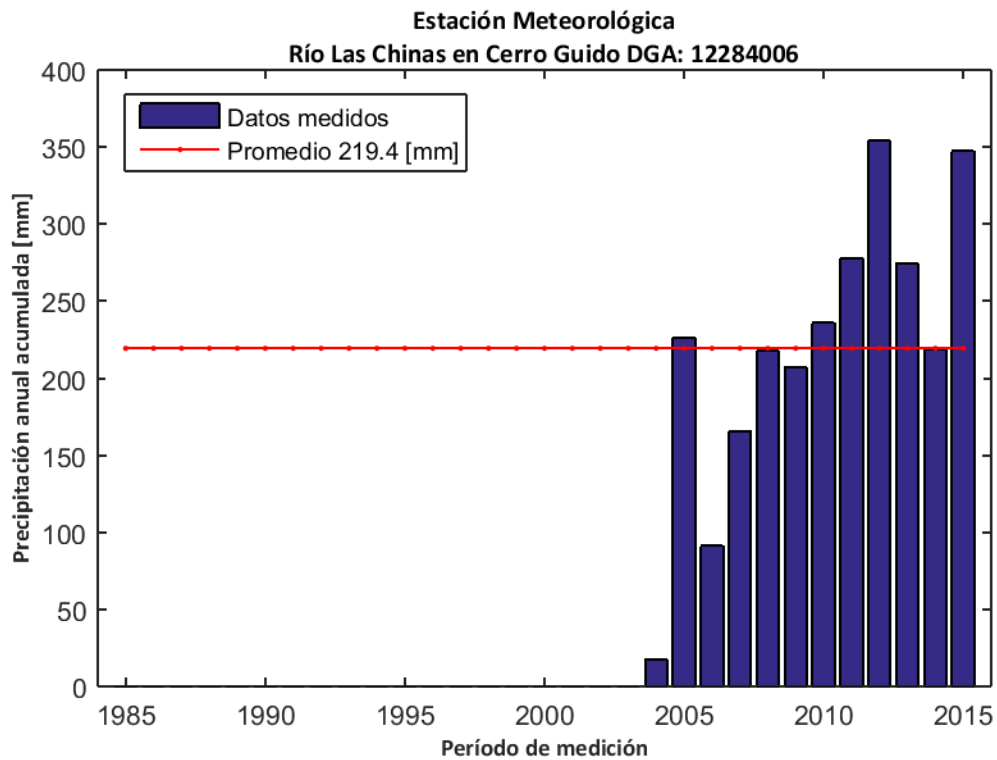


Figura D.100: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Las Chinas en Cerro Guido".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,66 (Figura D.101), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

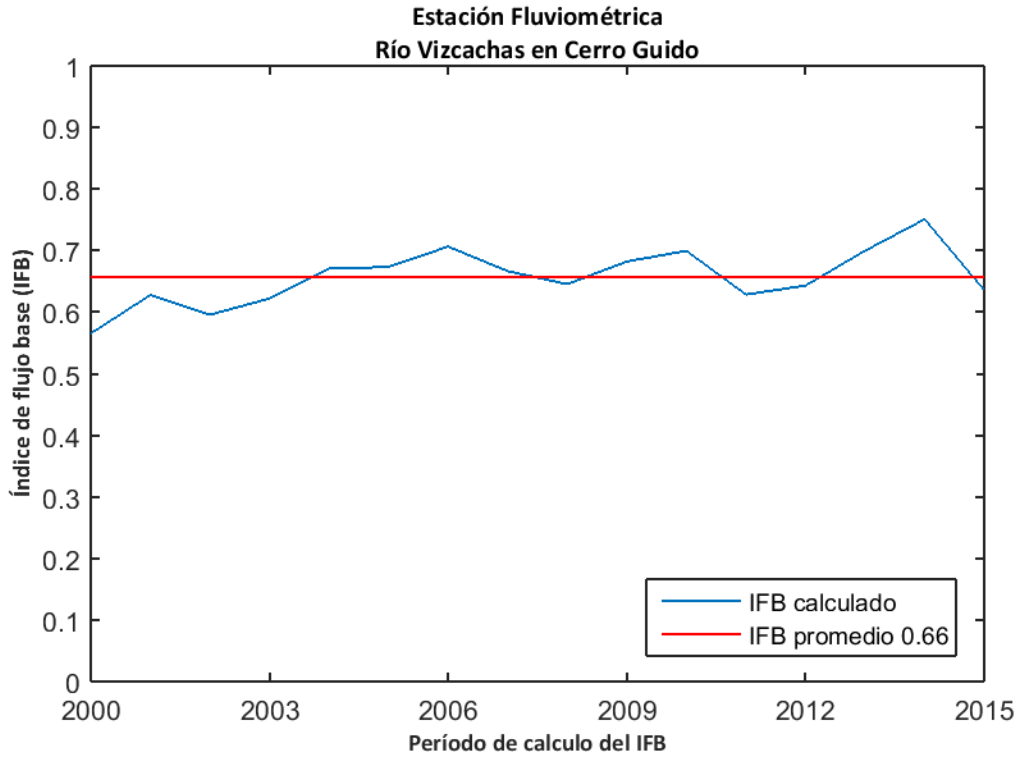


Figura D.101: Índice de flujo base para la estación fluviométrica Río Vizcachas en Cerro Guido.

La recarga de agua subterránea en la estación Río Vizcachas en Cerro Guido durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 44,1 mm/año (Figura D.102) equivalente a un 20,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Chinas en Cerro Guido").

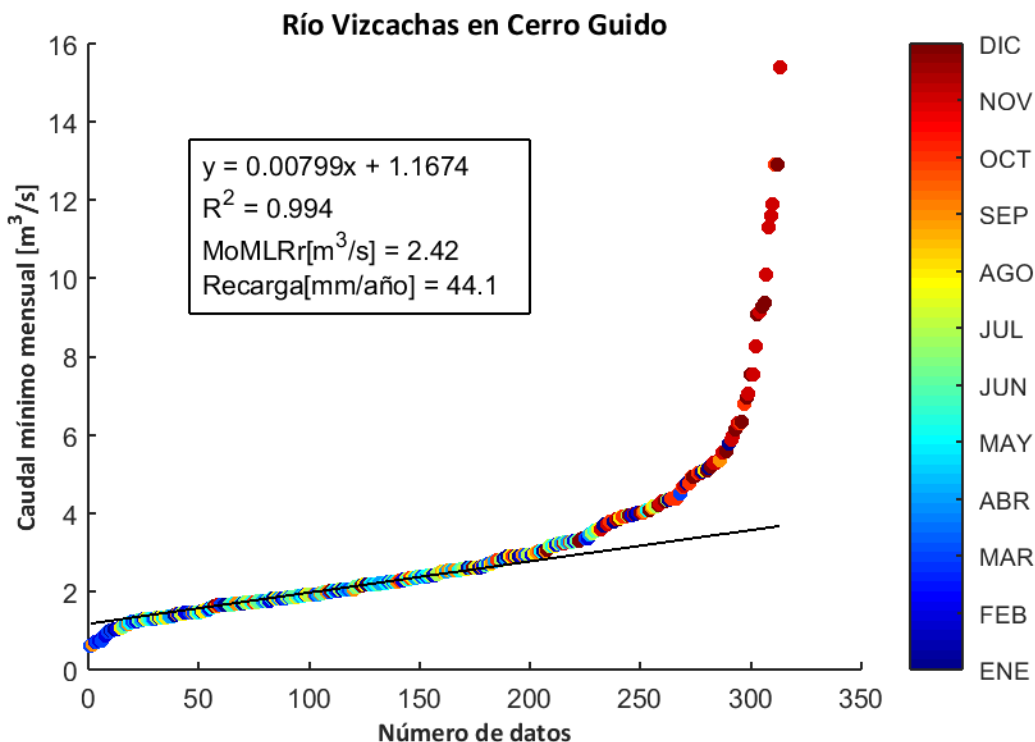


Figura D.102: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica Río Vizcachas en Cerro Guido.

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 61, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 61: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica Río Vizcachas en Cerro Guido. Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Vizcachas en Cerro Guido	14	23,3	48,3	95,1

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación Río Vizcachas en Cerro Guido sólo durante los años presentados en la Tabla 62, arrojando un valor promedio de 80,8 mm/año equivalente a un 36,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Chinas en Cerro Guido").

Tabla 62: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica Río Vizcachas en Cerro Guido.

Años	Recarga [in]
1988	1,71
1989	2,7
1993	1,84
1994	2,73
1996	2,14
1997	2,48
2000	3,71
2002	3,3
2003	3,31
2004	2,35
2005	3,24
2007	2,44
2008	4,09
2009	3,7
2010	3,8
2012	5,34
2013	4,86
2014	3,53
Promedio [in]	3,18
Promedio [mm]	80,8

D.35. RÍO DON GUILLERMO EN CERRO CASTILLO

La estación fluviométrica "Río Don Guillermo en Cerro Castillo" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 500,10 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,61 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Cerro Castillo" presenta una precipitación promedio anual de 319,9 mm (Figura D.103).

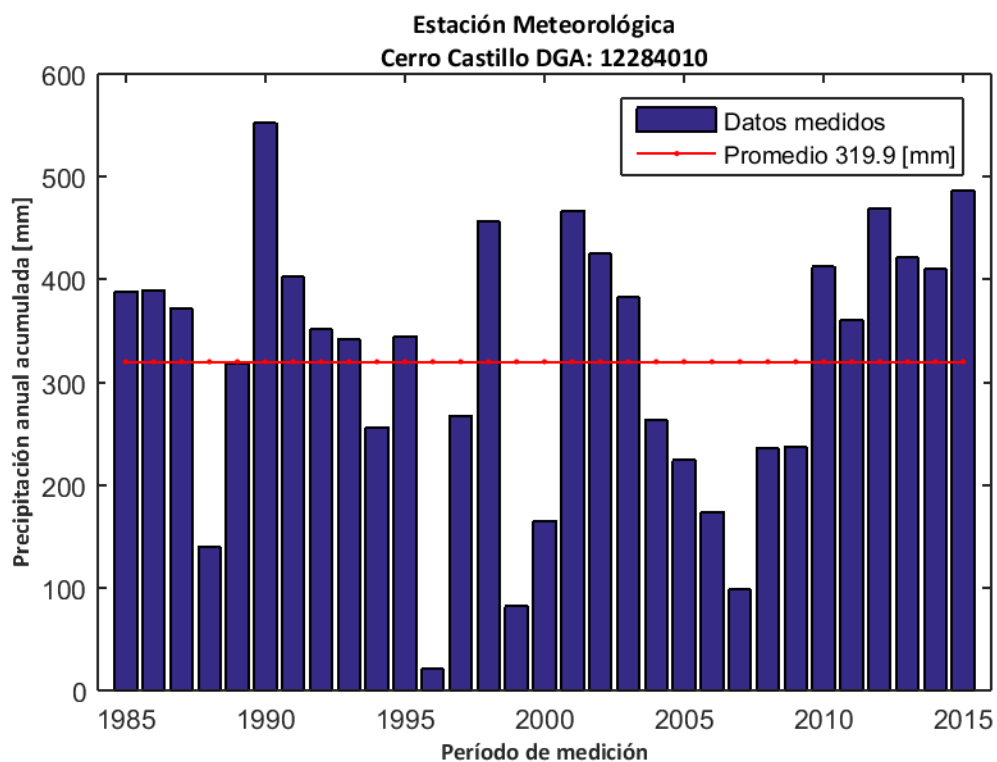


Figura D.103: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Cerro Castillo".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,35 (Figura D.104), lo cual indica que la influencia de agua subterránea en el caudal no es significativa.

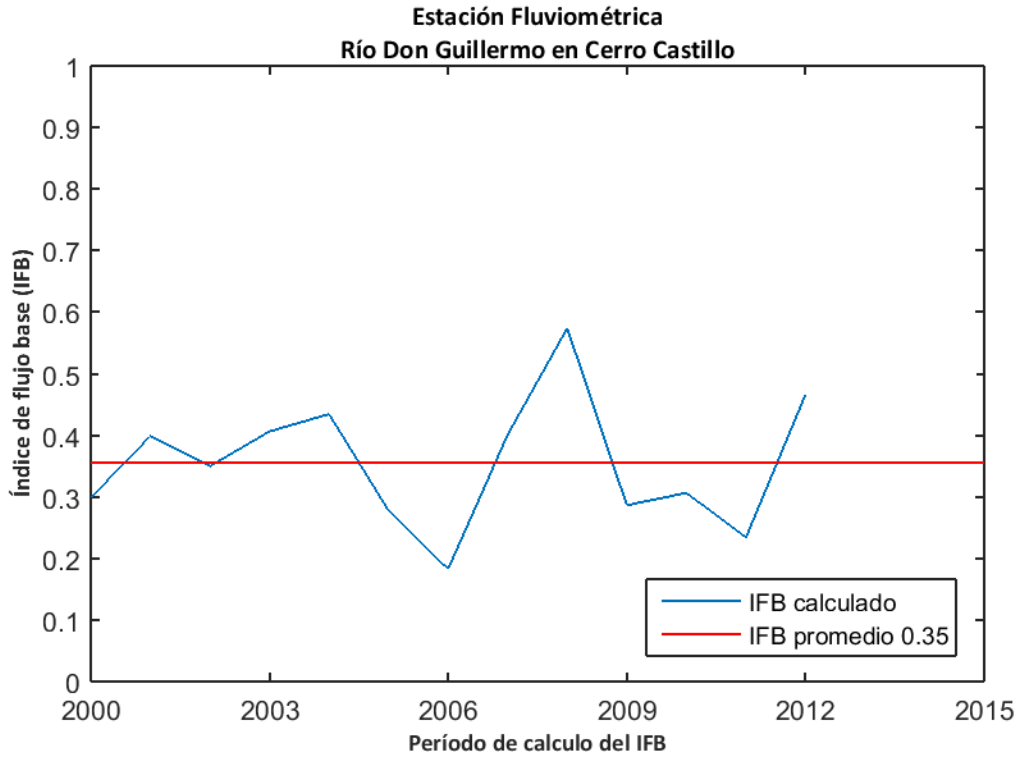


Figura D.104: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Don Guillermo en Cerro Castillo".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Don Guillermo en Cerro Castillo" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 6,3 mm/año (Figura D.105) equivalente a un 2,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Castillo").

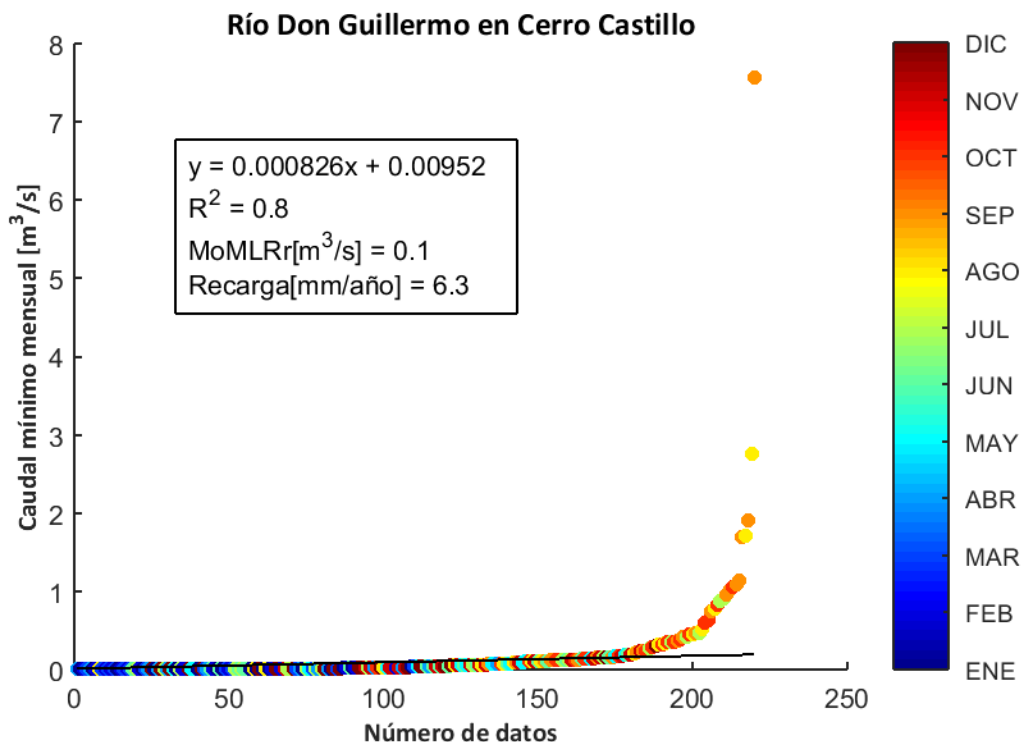


Figura D.105: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Don Guillermo en Cerro Castillo".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 63, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 63: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Don Guillermo en Cerro Castillo". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Don Guillermo en Cerro Castillo	15	10,6	24,1	50,8

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Don Guillermo en Cerro Castillo" sólo durante los años presentados en la Tabla 64, arrojando un valor promedio de 32,4 mm/año equivalente a un 10,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Castillo").

Tabla 64: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Don Guillermo en Cerro Castillo".

Años	Recarga [in]
1992	0,61
1998	2,87
2003	0,76
2004	0,39
2005	1,12
2010	0,85
2012	2,32
Promedio [in]	1,27
Promedio [mm]	32,4

D.36. RÍO LAS CHINAS EN CERRO GUIDO

La estación fluviométrica "Río Las Chinas en Cerro Guido" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 902,38 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,38 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Las Chinas en Cerro Guido" presenta una precipitación promedio anual de 219,4 mm (Figura D.106).

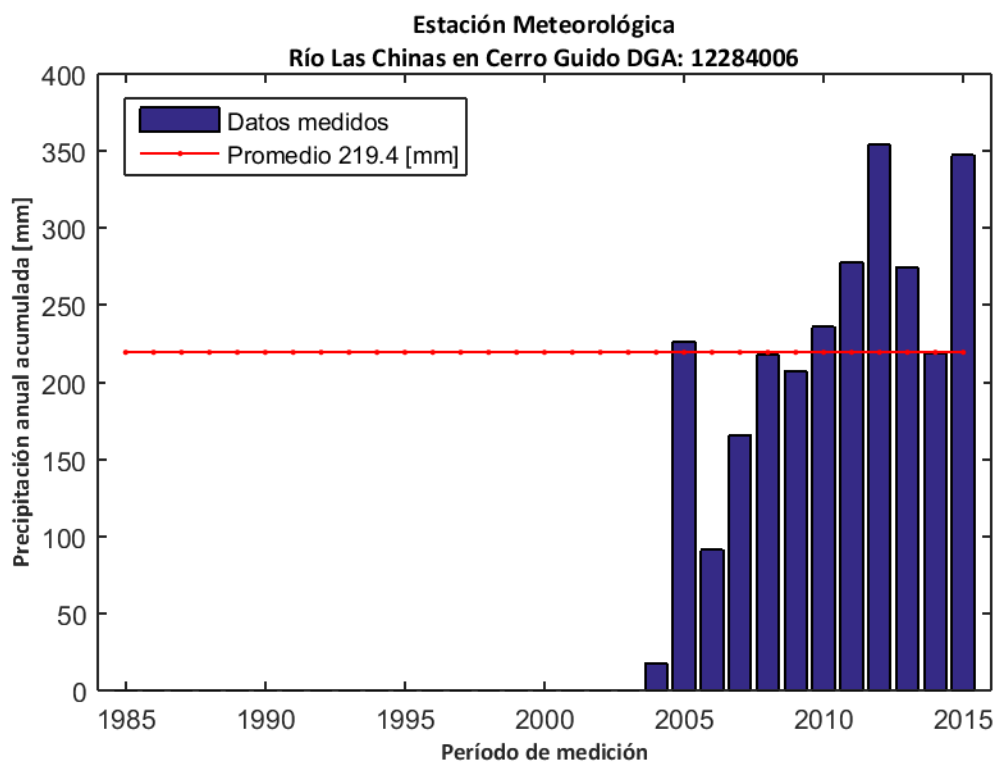


Figura D.106: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Las Chinas en Cerro Guido".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,60 (Figura D.107), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

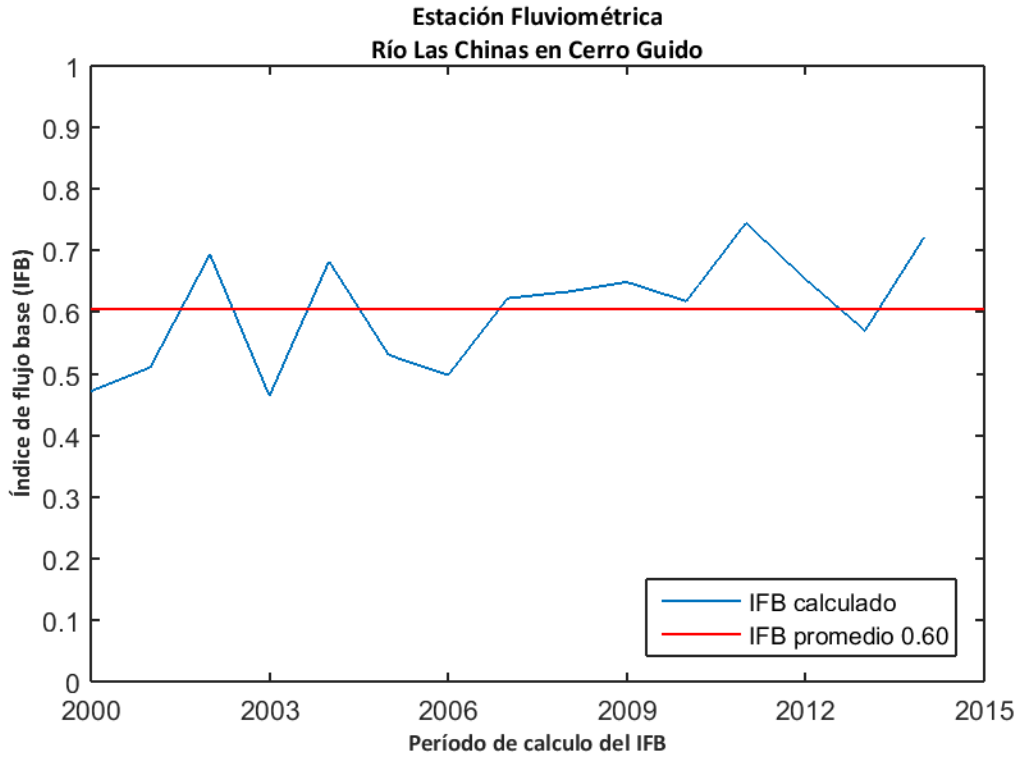


Figura D.107: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Las Chinas en Cerro Guido".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Las Chinas en Cerro Guido" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 2,7 mm/año (Figura D.108) equivalente a un 1,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Chinas en Cerro Guido").

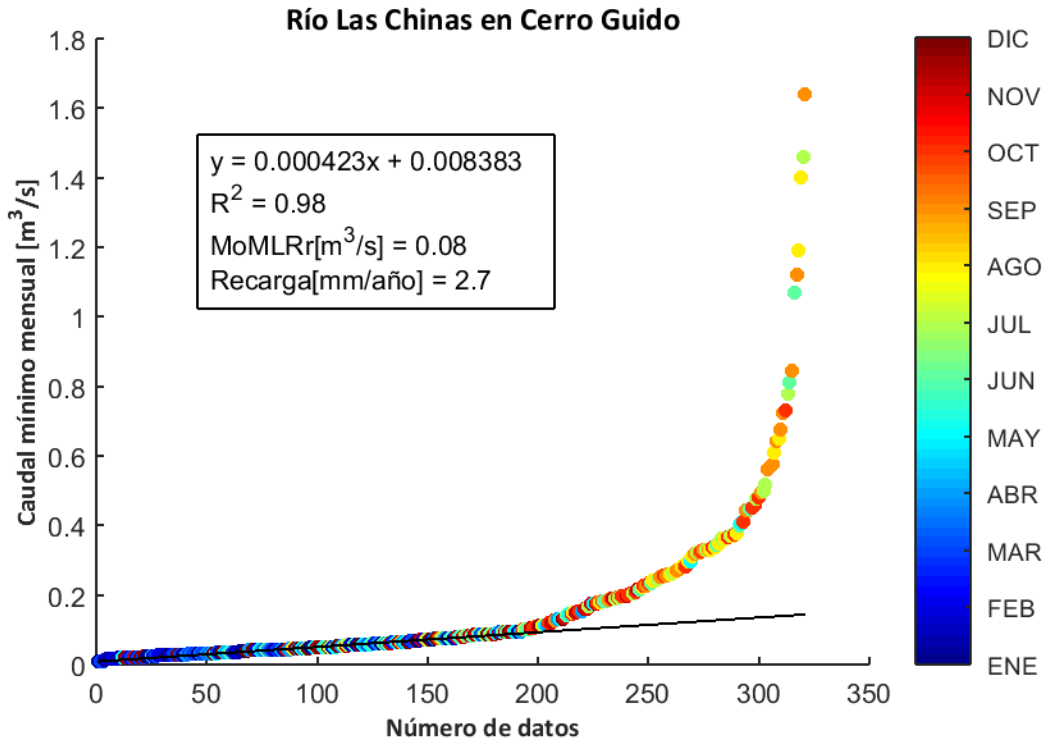


Figura D.108: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Las Chinas en Cerro Guido".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 65, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 65: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Las Chinas en Cerro Guido". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Las Chinas en Cerro Guido	23	29,4	45,8	115,4

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Las Chinas en Cerro Guido" sólo durante los años presentados en la Tabla 66, arrojando un valor promedio de 9,1 mm/año equivalente a un 4,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Chinas en Cerro Guido").

Tabla 66: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Las Chinas en Cerro Guido".

Años	Recarga [in]
1987	0,15
1988	0,2
1990	0,32
1997	0,32
1998	0,49
1999	0,23
2000	0,49
2001	0,3
2002	0,63
2004	0,27
2005	0,32
2006	0,21
2007	0,33
2008	0,42
2009	0,36
2010	0,33
2013	0,7
2014	0,39
Promedio [in]	0,36
Promedio [mm]	9,1

D.37. RÍO LAS CHINAS ANTES DESAGÜE LAGO DEL TORO

La estación fluviométrica "Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 3938,73 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 16,04 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Cerro Castillo" presenta una precipitación promedio anual de 319,9 mm (Figura D.109).

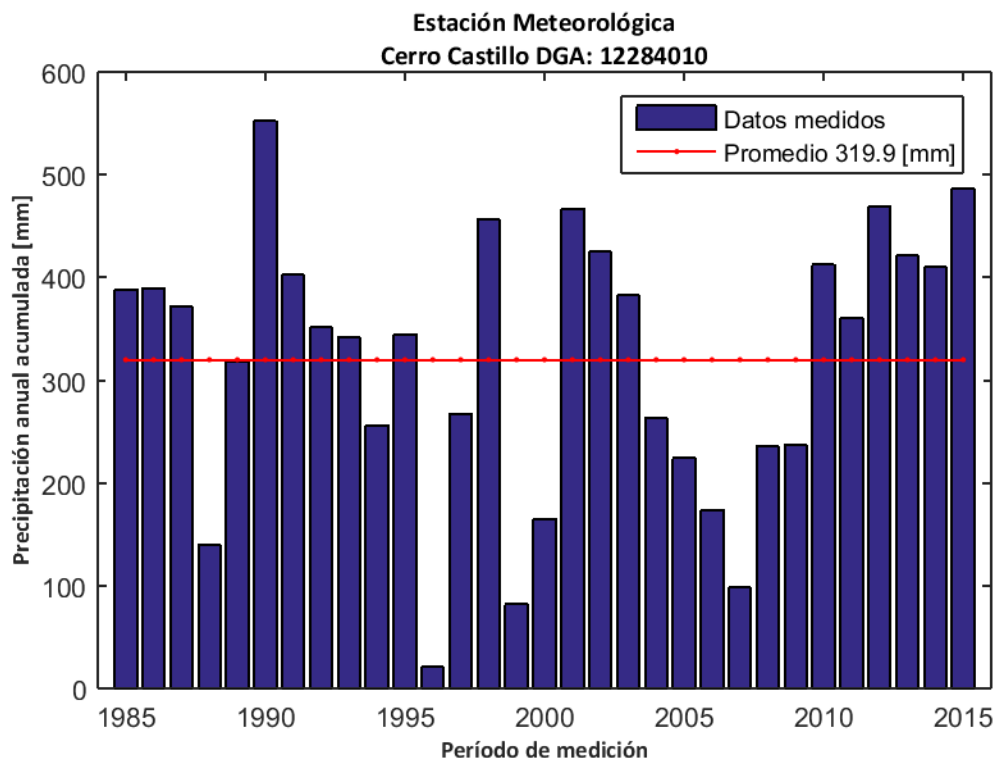


Figura D.109: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Cerro Castillo".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arroja un promedio de 0,59 (Figura D.110), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

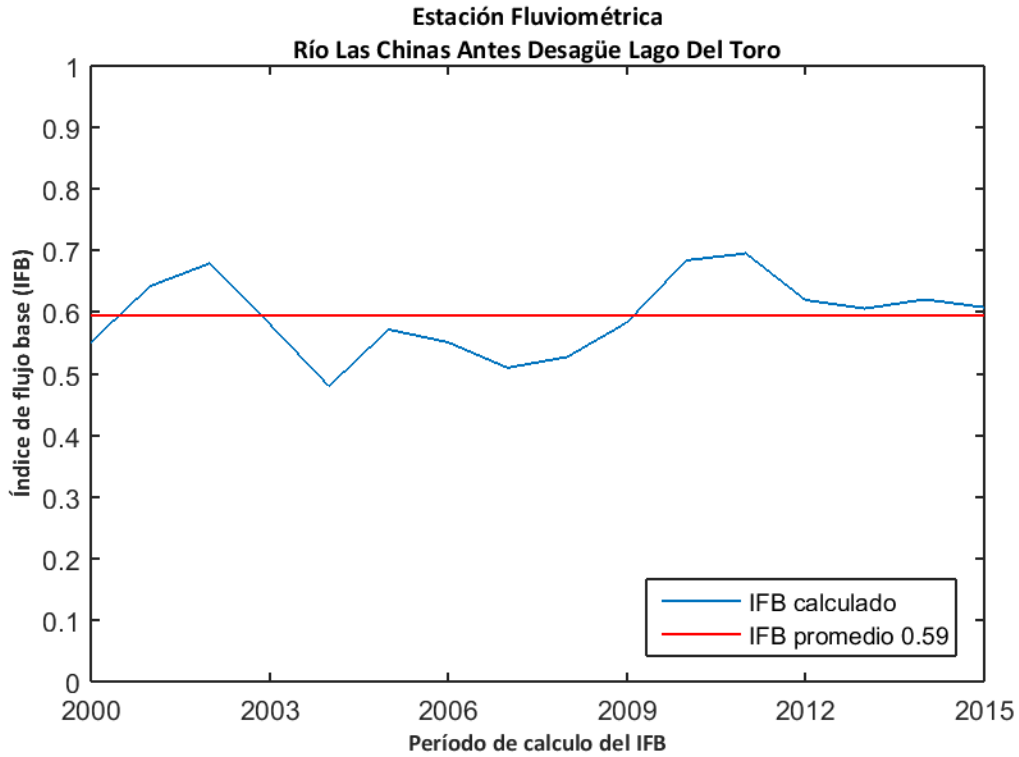


Figura D.110: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 46,7 mm/año (Figura D.111) equivalente a un 14,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Castillo").

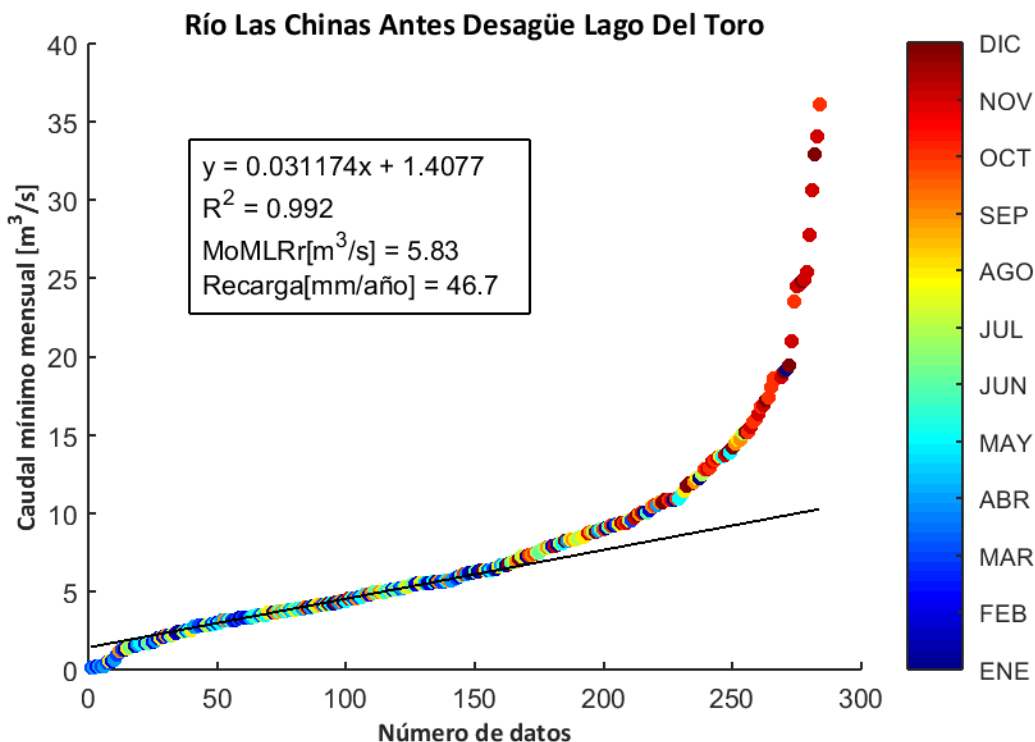


Figura D.111: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 67, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 67: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro".
Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro	8	20,0	38,8	56,3

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro" sólo durante los años presentados en la Tabla 68, arrojando un valor promedio de 96,4 mm/año equivalente a un 30,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Castillo").

Tabla 68: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Las Chinas Antes Desagüe Lago Del Toro".

Años	Recarga [in]
1992	2,82
1995	4,47
1997	2,19
1998	5,82
1999	2,14
2000	3,32
2001	3,82
2002	4,03
2003	3,25
2005	3,62
2007	1,56
2008	3,54
2009	4,62
2010	5,38
2012	5,92
2013	3,67
2014	4,29
2015	3,82
Promedio [in]	3,79
Promedio [mm]	96,4

D.38. RÍO CHORRILLOS TRES PASOS RUTA N°9

La estación fluviométrica "Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 101,19 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,38 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Cerro Castillo" presenta una precipitación promedio anual de 319,9 mm (Figura D.112).

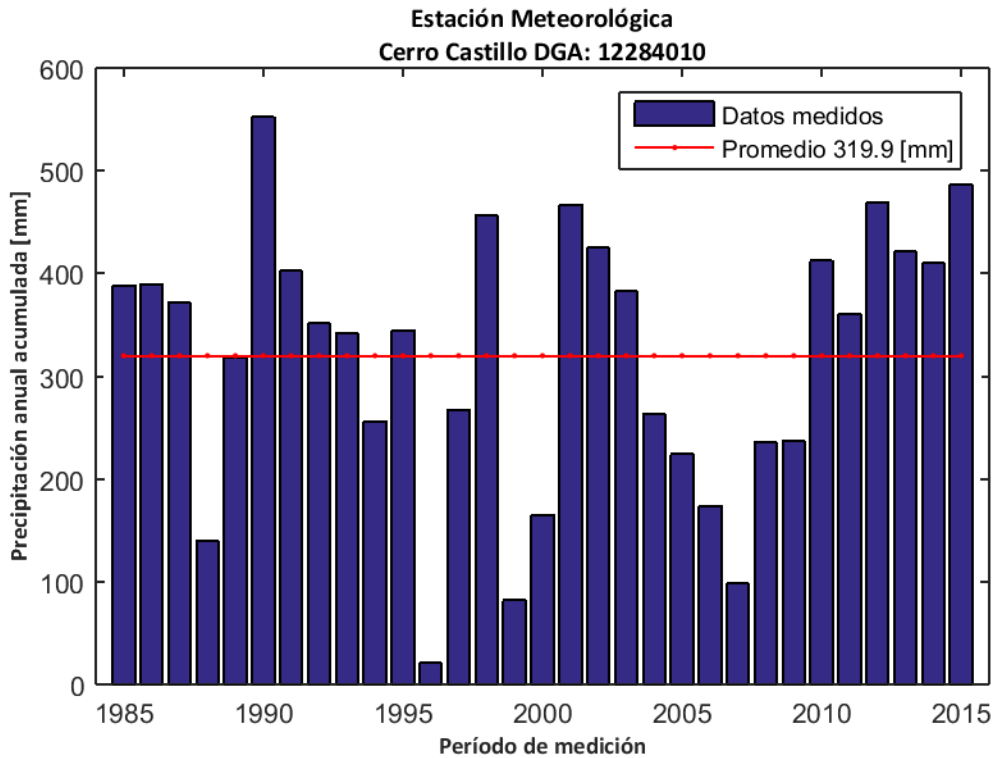


Figura D.112: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Cerro Castillo".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,59 (Figura D.113), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

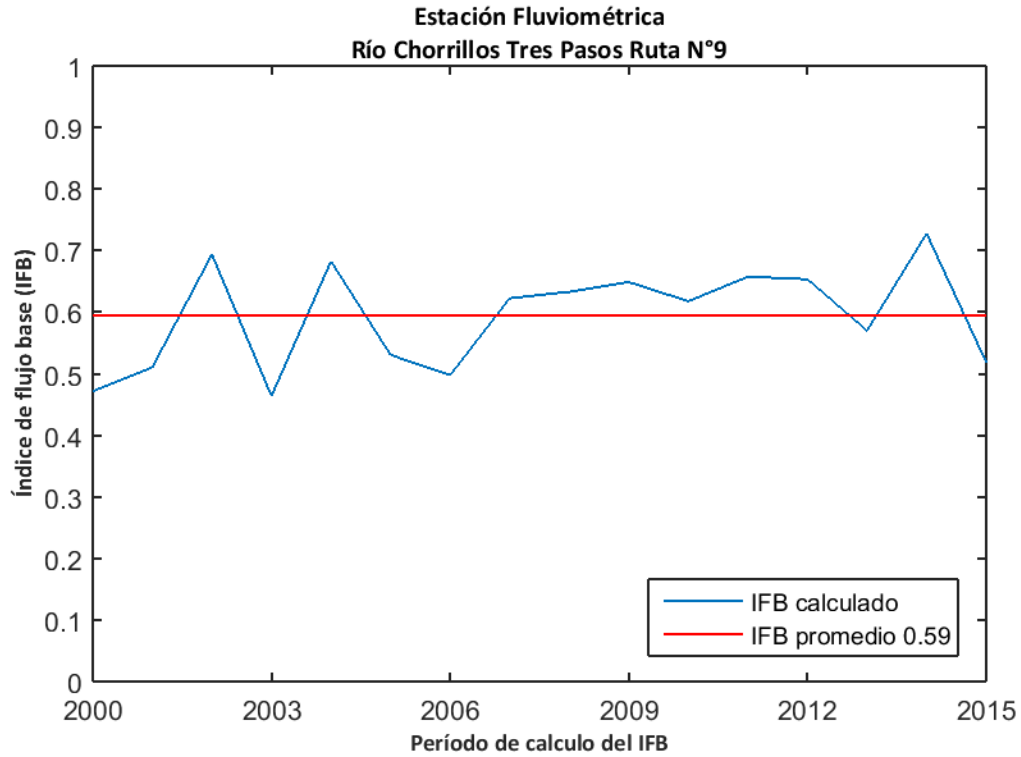


Figura D.113: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 23,3 mm/año (Figura D.114) equivalente a un 7,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Castillo").

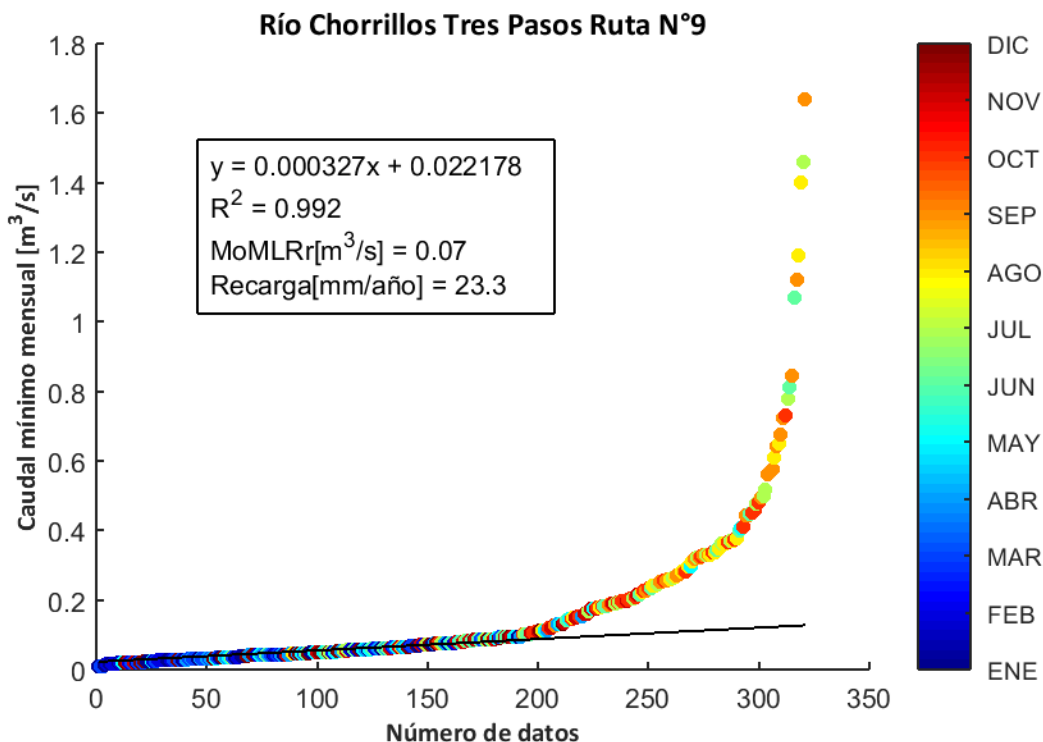


Figura D.114: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 69, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 69: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9	23	28,5	45,8	115,4

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9" sólo durante los años presentados en la Tabla 70, arrojando un valor promedio de 89,0 mm/año equivalente a un 27,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Castillo").

Tabla 70: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Chorrillos Tres Pasos Ruta N°9".

Años	Recarga [in]
1987	1,55
1988	1,87
1990	3,89
1997	3,06
1998	3,97
1999	2,7
2000	4,19
2001	2,61
2002	6,58
2004	2,44
2005	2,94
2006	2,17
2007	2,66
2008	4,39
2009	3,94
2010	3,02
2013	6,97
2014	4,09
Promedio [in]	3,50
Promedio [mm]	89,0

D.39. RÍO TRES PASOS EN DESAGÜE LAGO TORO

La estación fluviométrica "Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 569,12 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 3,59 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Rincón en Ruta Y-290" presenta una precipitación promedio anual de 857,7 mm (Figura D.115).

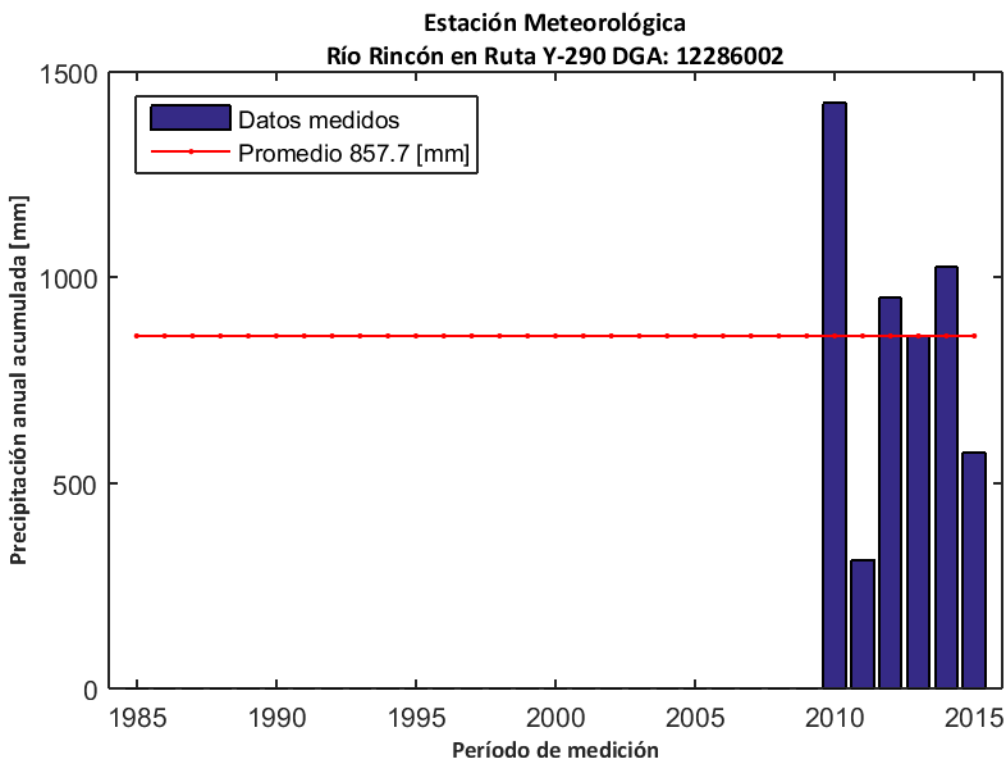


Figura D.115: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Rincón en Ruta Y-290".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,61 (Figura D.116), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

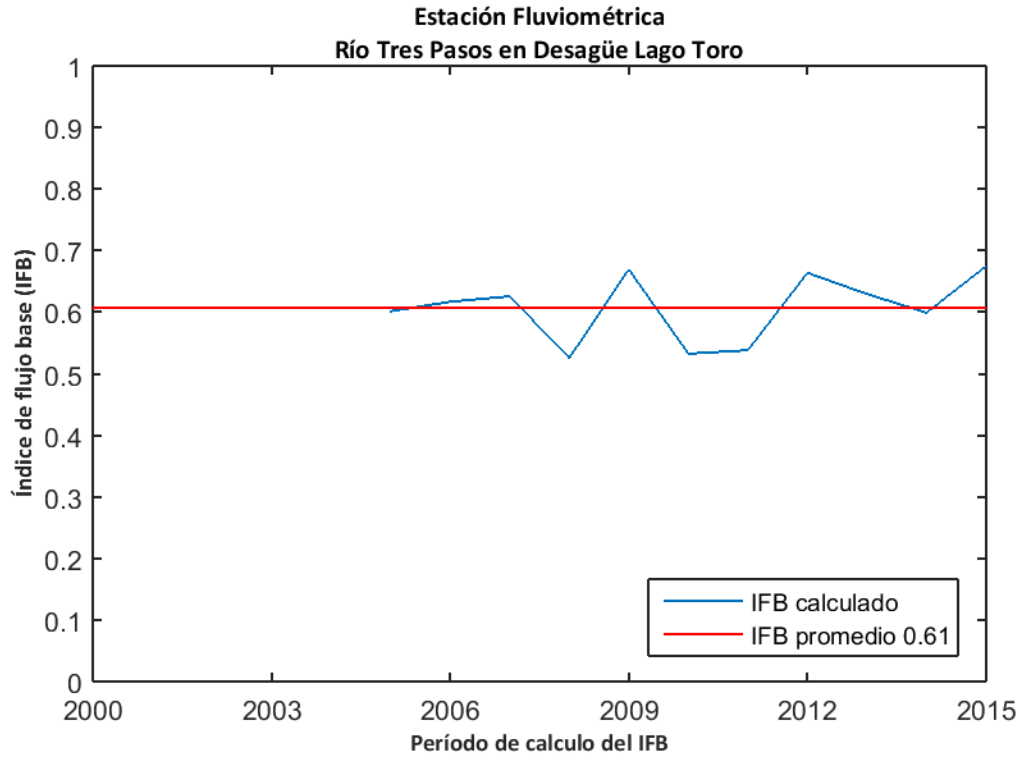


Figura D.116: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 46,8 mm/año (Figura D.117) equivalente a un 5,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Rincón en Ruta Y-290").

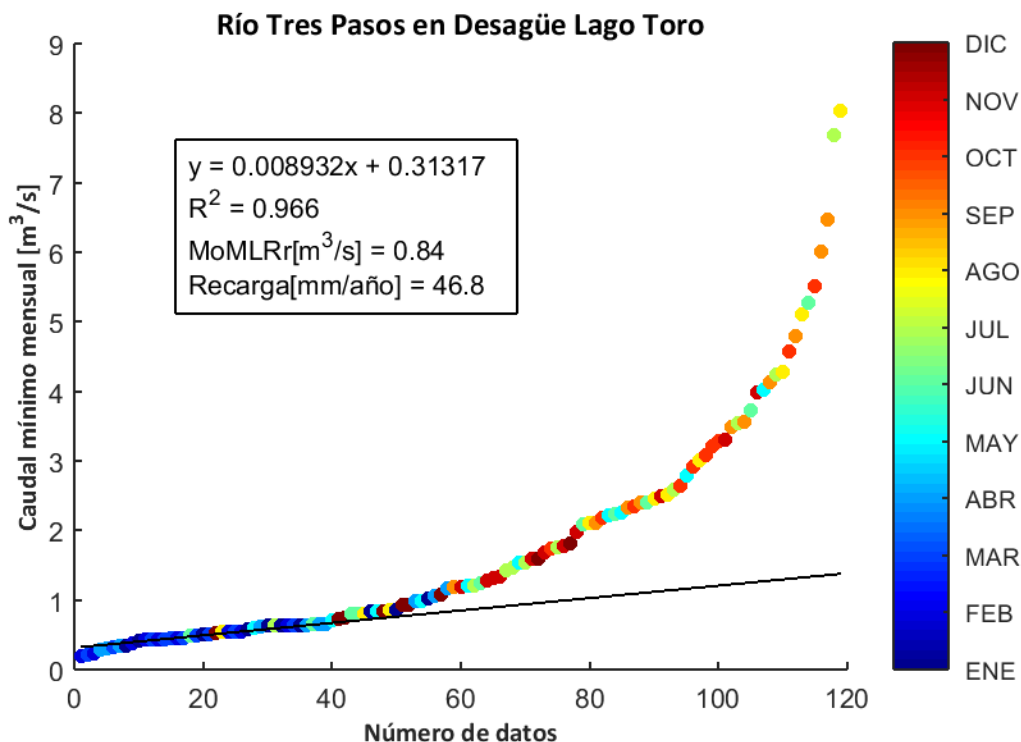


Figura D.117: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 71, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 71: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro	5	23,0	34,1	39,2

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro" sólo durante los años presentados en la Tabla 72, arrojando un valor promedio de 193,7 mm/año equivalente a un 22,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Rincón en Ruta Y-290").

Tabla 72: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Tres Pasos en Desagüe Lago Toro".

Años	Recarga [in]
2007	4,48
2008	6,19
2010	4,54
2012	10,07
2013	8,81
2015	11,66
Promedio [in]	7,63
Promedio [mm]	193,7

D.40. RÍO RINCÓN EN RUTA Y-290

La estación fluviométrica "Río Rincón en Ruta Y-290" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 75,83 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 5,85 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Rincón en Ruta Y-290" presenta una precipitación promedio anual de 857,7 mm (Figura D.118).

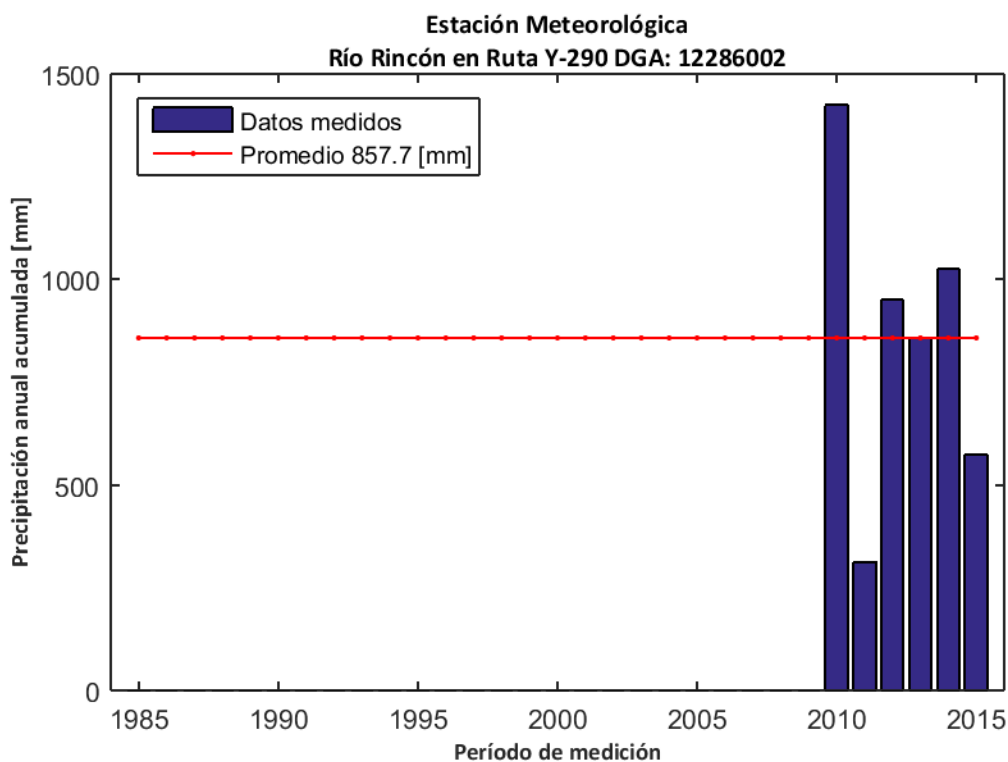


Figura D.118: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Rincón en Ruta Y-290".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,53 (Figura D.119), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

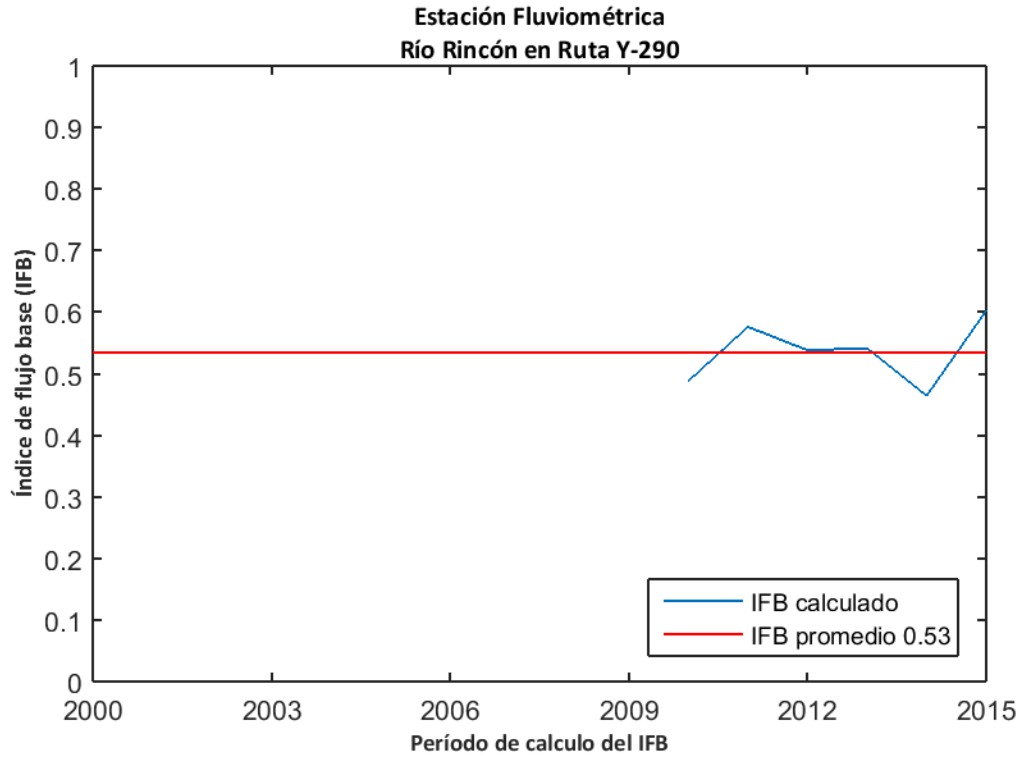


Figura D.119: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Rincón en Ruta Y-290".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Rincón en Ruta Y-290" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 918,2 mm/año (Figura D.120) equivalente a un 107,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Rincón en Ruta Y-290").

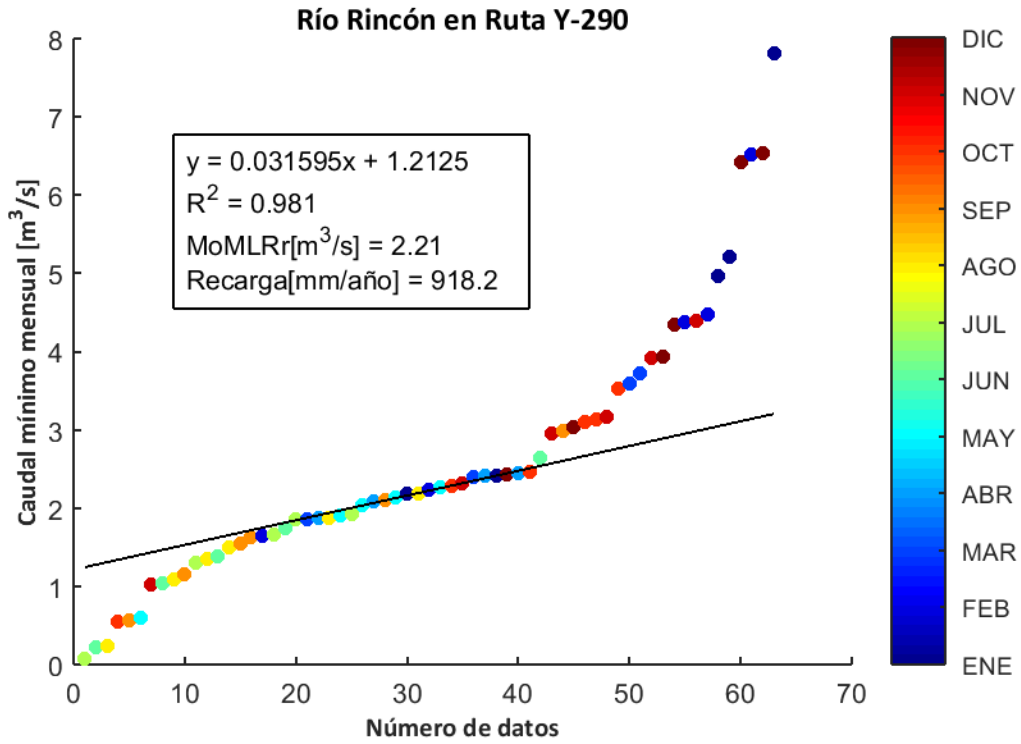


Figura D.120: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Rincón en Ruta Y-290".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Rincón en Ruta Y-290" durante el período de análisis.

D.41. RÍO GREY ANTES JUNTA SERRANO

La estación fluviométrica "Río Grey Antes Junta Serrano" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 867,02 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 121,76 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Torres del Paine" presenta una precipitación promedio anual de 764,5 mm (Figura D.121).

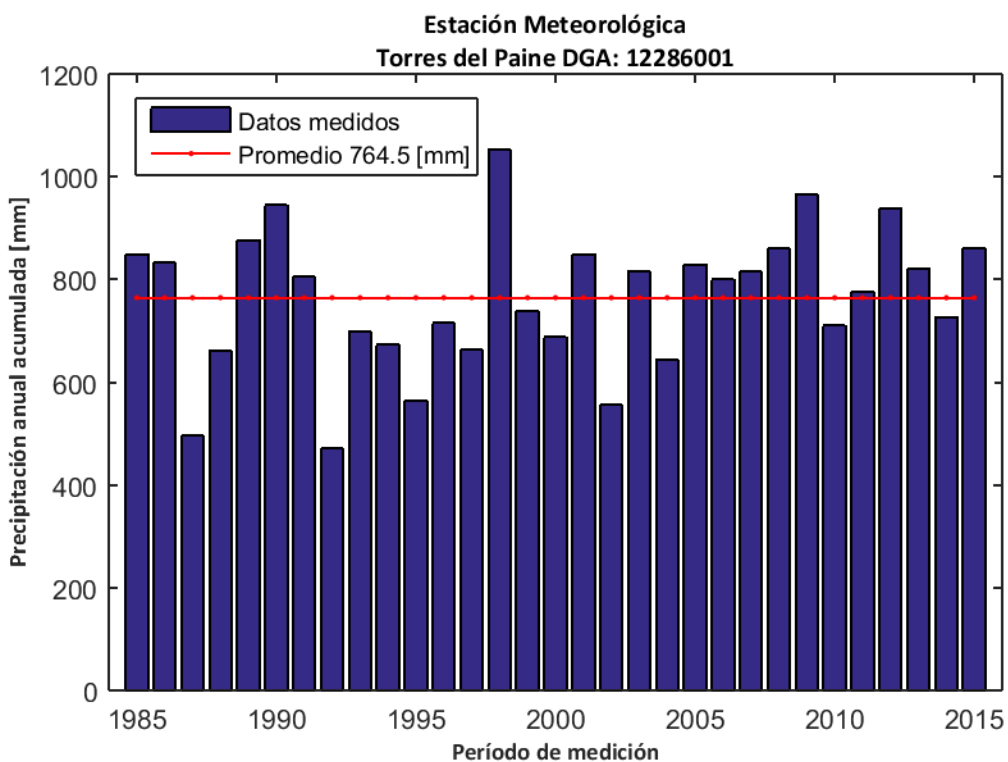


Figura D.121: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Torres del Paine".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,75 (Figura D.122), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

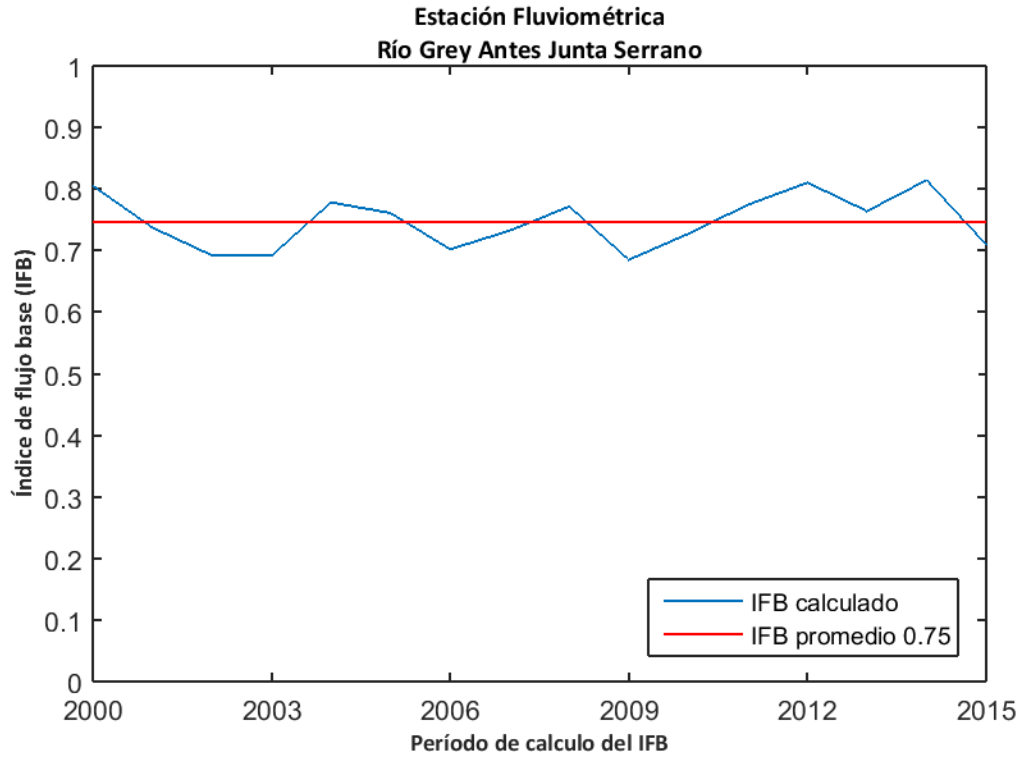


Figura D.122: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Grey Antes Junta Serrano".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Grey Antes Junta Serrano" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1956,6 mm/año (Figura D.123) equivalente a un 255,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Torres del Paine").

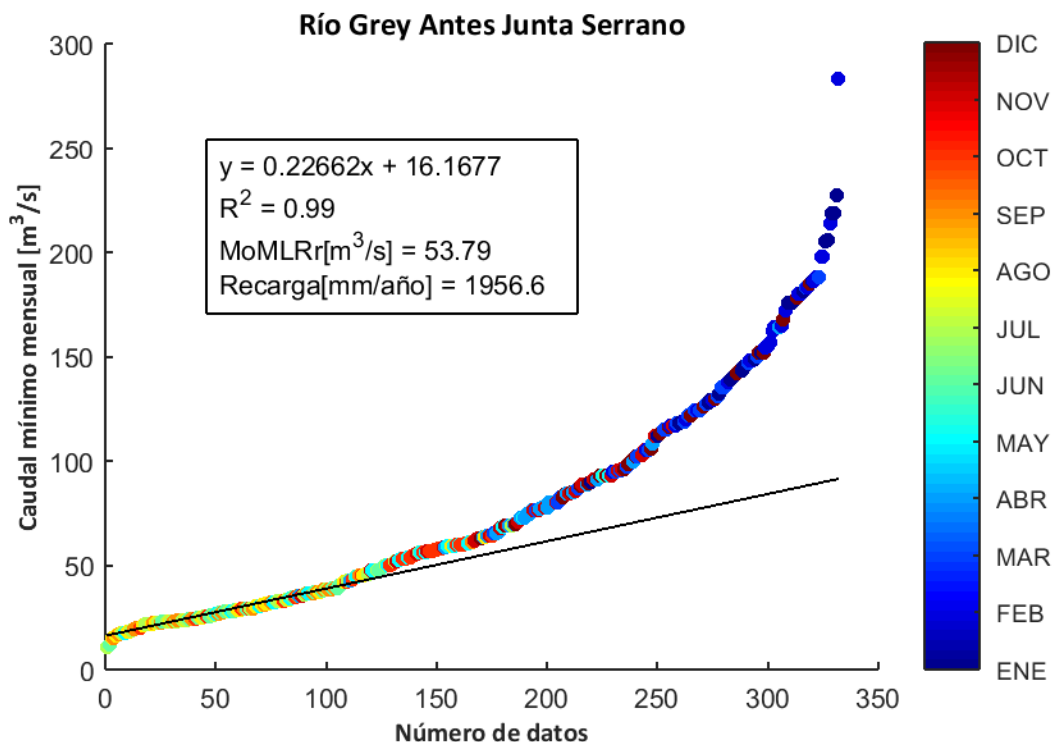


Figura D.123: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Grey Antes Junta Serrano".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 73, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 73: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Grey Antes Junta Serrano". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Grey Antes Junta Serrano	47	17,6	50,5	102,5

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Grey Antes Junta Serrano" sólo durante los años presentados en la Tabla 74, arrojando un valor promedio de 3545,9 mm/año equivalente a un 463,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Torres del Paine").

Tabla 74: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Grey Antes Junta Serrano".

Años	Recarga [in]
1985	138,47
1986	93,07
1987	112,06
1990	95,83
1993	136,95
1994	104,27
1995	152,75
1996	134,83
1998	166,39
1999	140,61
2000	141,03
2001	139,33
2005	128,07
2007	121,35
2008	164,5
2009	163,65
2011	148,2
2012	189,09
2013	183,34
2014	132,9
2015	144,93
Promedio [in]	139,60
Promedio [mm]	3545,9

D.42. RÍO GEIKIE EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Geikie en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 473,78 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 138,68 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Tindall en Desembocadura" presenta una precipitación promedio anual de 487,2 mm (Figura D.124).

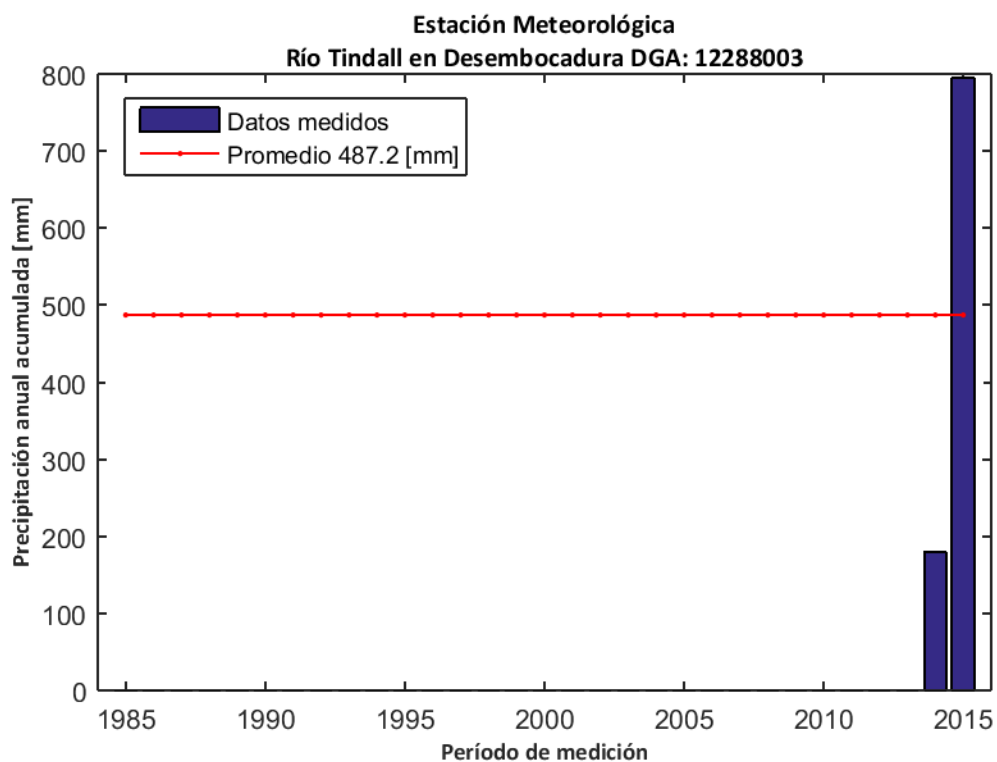


Figura D.124: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Tindall en Desembocadura".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,70 (Figura D.125), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

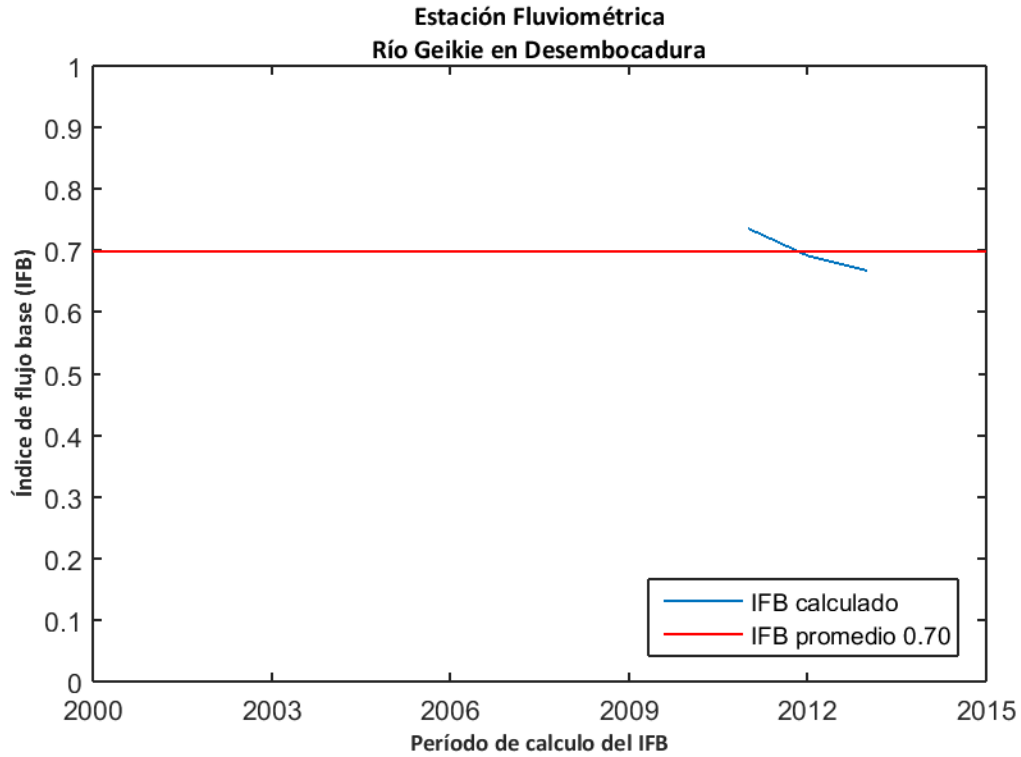


Figura D.125: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Geikie en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Geikie en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 2374,9 mm/año (Figura D.126) equivalente a un 487,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Tindall en Desembocadura").

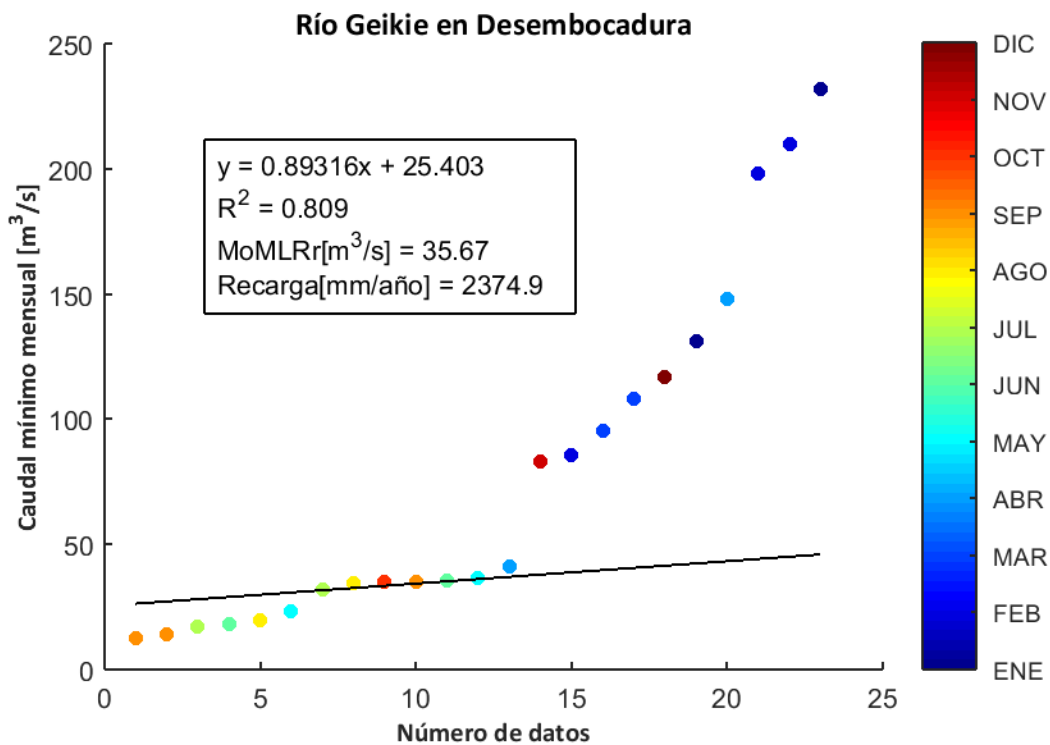


Figura D.126: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Geikie en Desembocadura".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Geikie en Desembocadura" durante el período de análisis.

D.43. RÍO TINDALL EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Tindall en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 120,03 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 3,98 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Tindall en Desembocadura" presenta una precipitación promedio anual de 487,2 mm (Figura D.127).

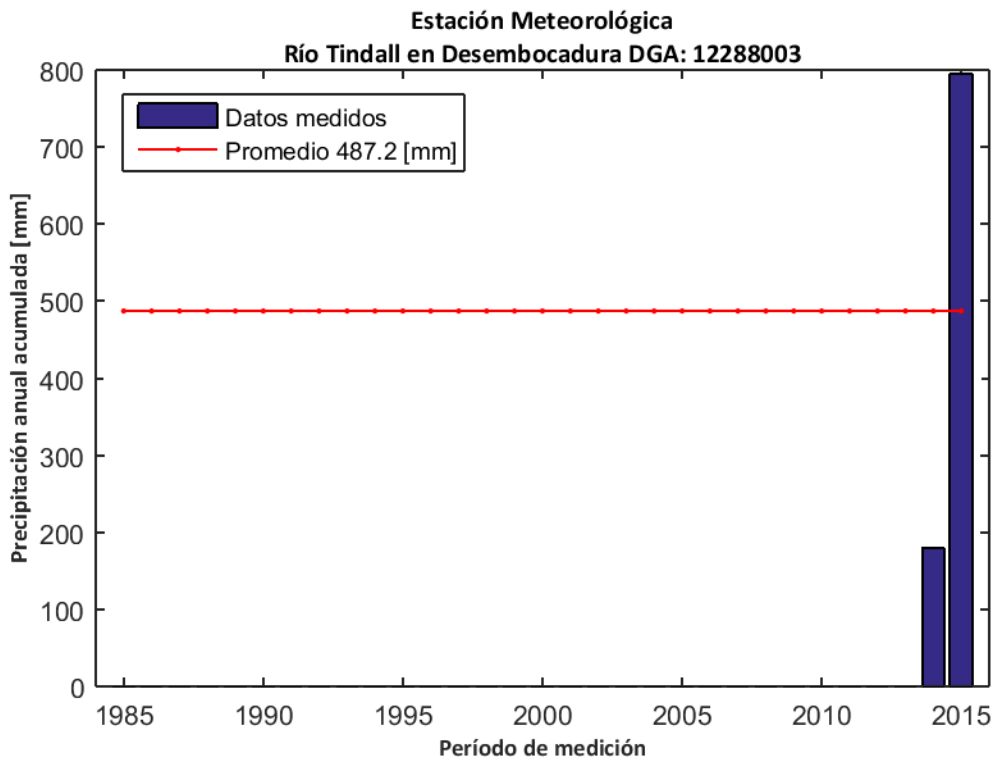


Figura D.127: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Tindall en Desembocadura".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,93 (Figura D.128), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

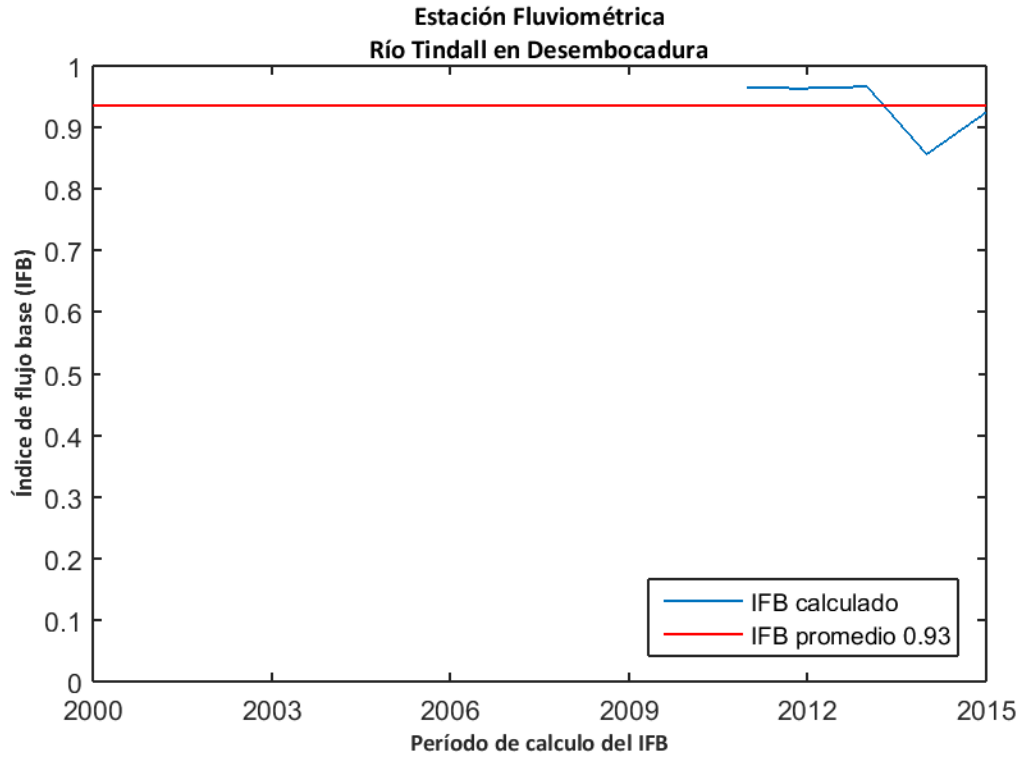


Figura D.128: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Tindall en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Tindall en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 988,2 mm/año (Figura D.129) equivalente a un 202,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Tindall en Desembocadura").

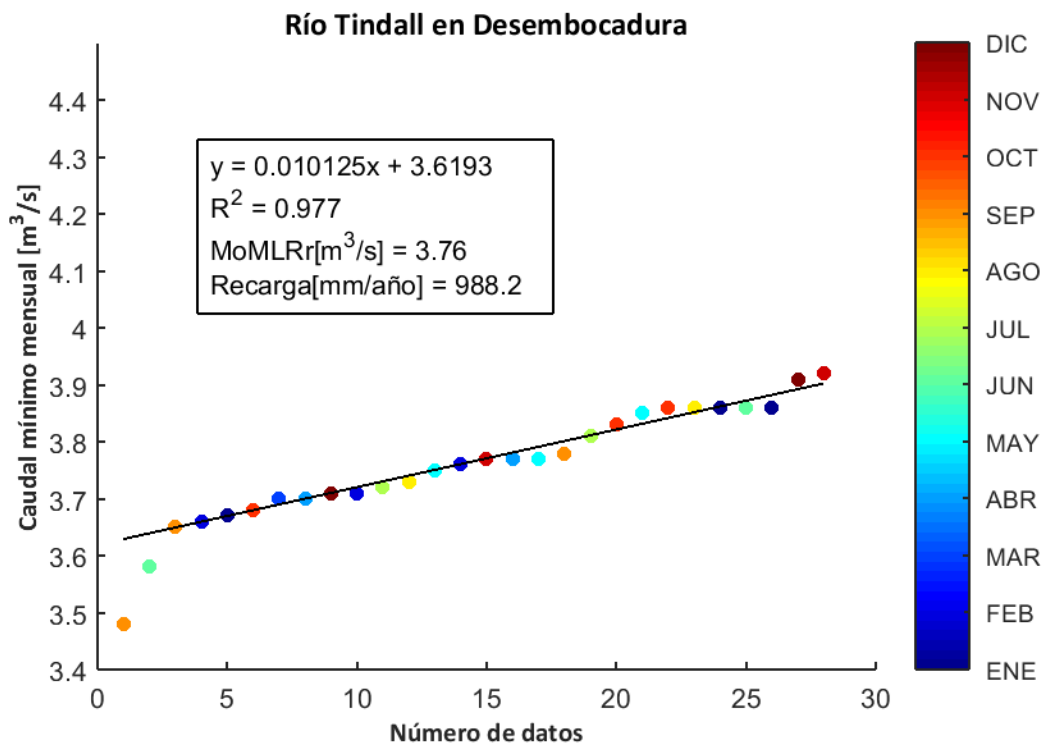


Figura D.129: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Tindall en Desembocadura".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Tindall en Desembocadura" durante el período de análisis.

D.44. RÍO CAÑADÓN N°1 EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Cañadón N°1 en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 158,76 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 15,71 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Tindall en Desembocadura" presenta una precipitación promedio anual de 487,2 mm (Figura D.130).

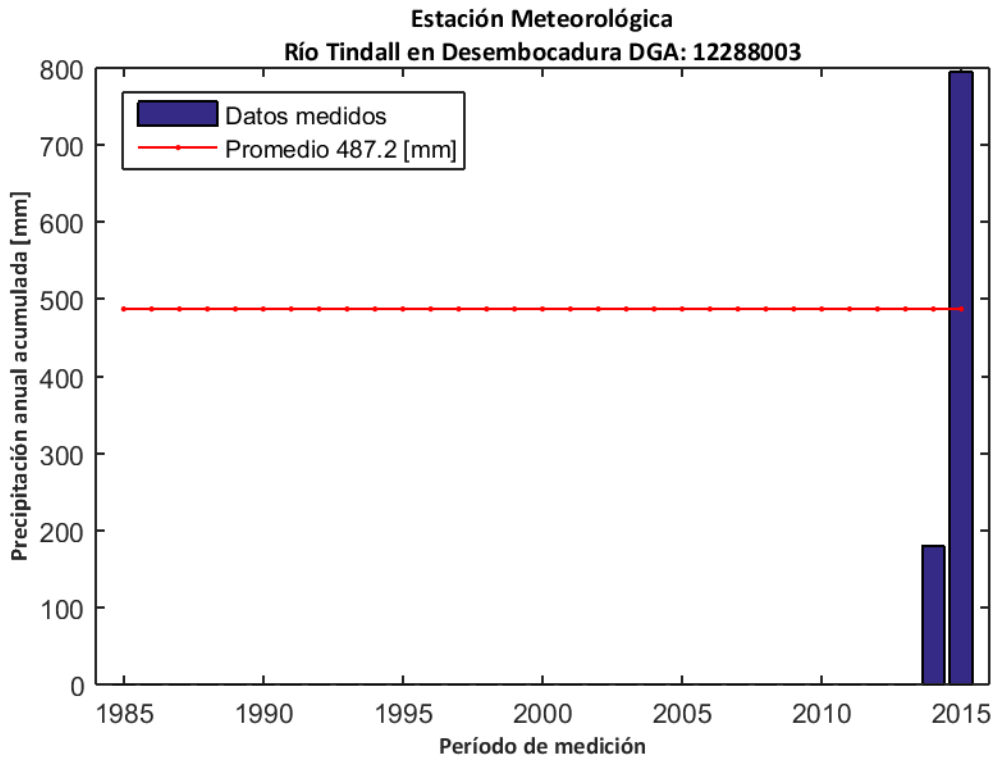


Figura D.130: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Tindall en Desembocadura".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arroja un promedio de 0,57 (Figura D.131), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

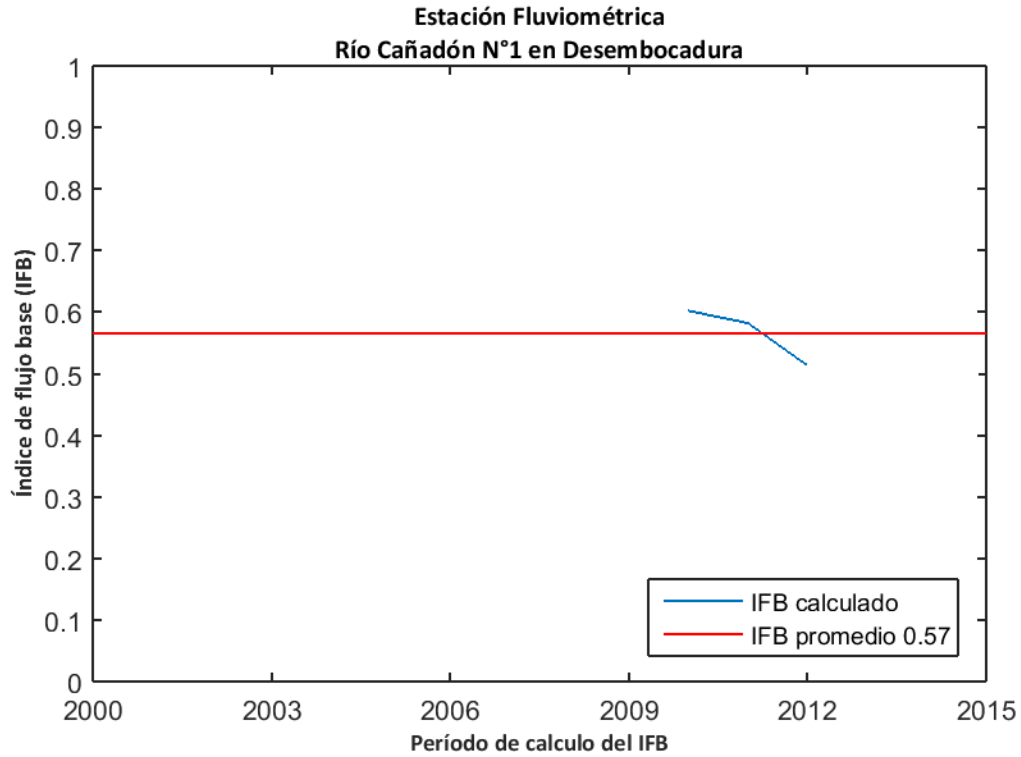


Figura D.131: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Cañadón N°1 en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Cañadón N°1 en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 531,5 mm/año (Figura D.132) equivalente a un 109,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Tindall en Desembocadura").

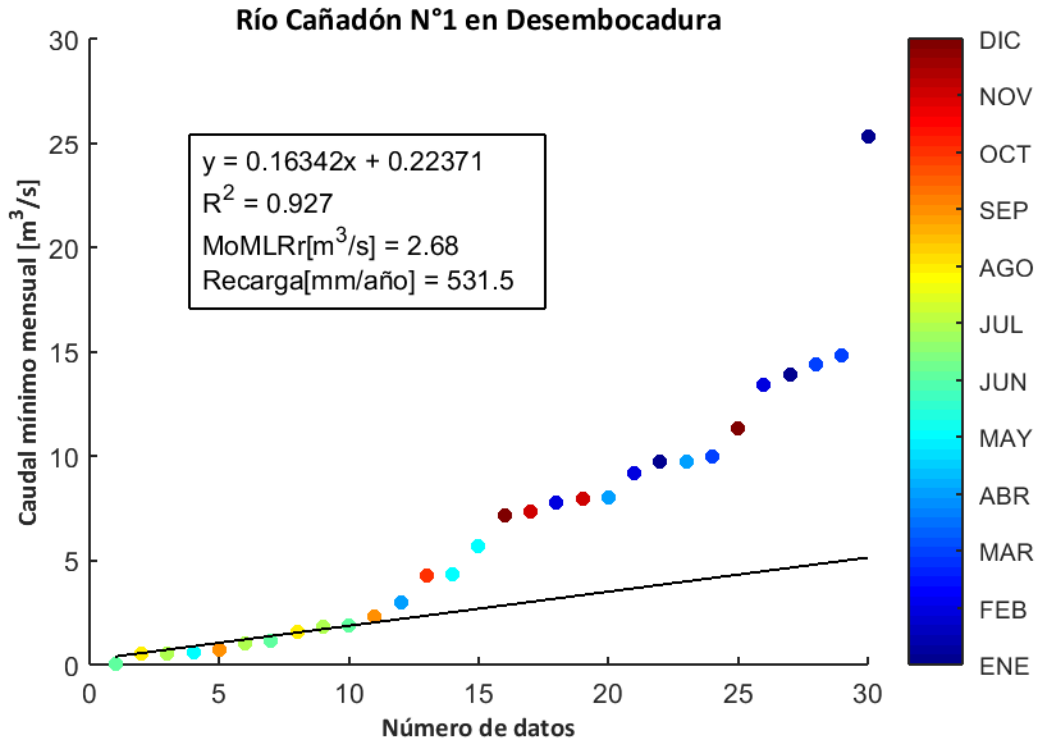


Figura D.132: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Cañadón N°1 en Desembocadura".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Cañadón N°1 en Desembocadura" durante el período de análisis.

D.45. RÍO SERRANO EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Serrano en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 8583,26 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 401,88 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Serrano en Desembocadura" presenta una precipitación promedio anual de 1251,5 mm (Figura D.133).

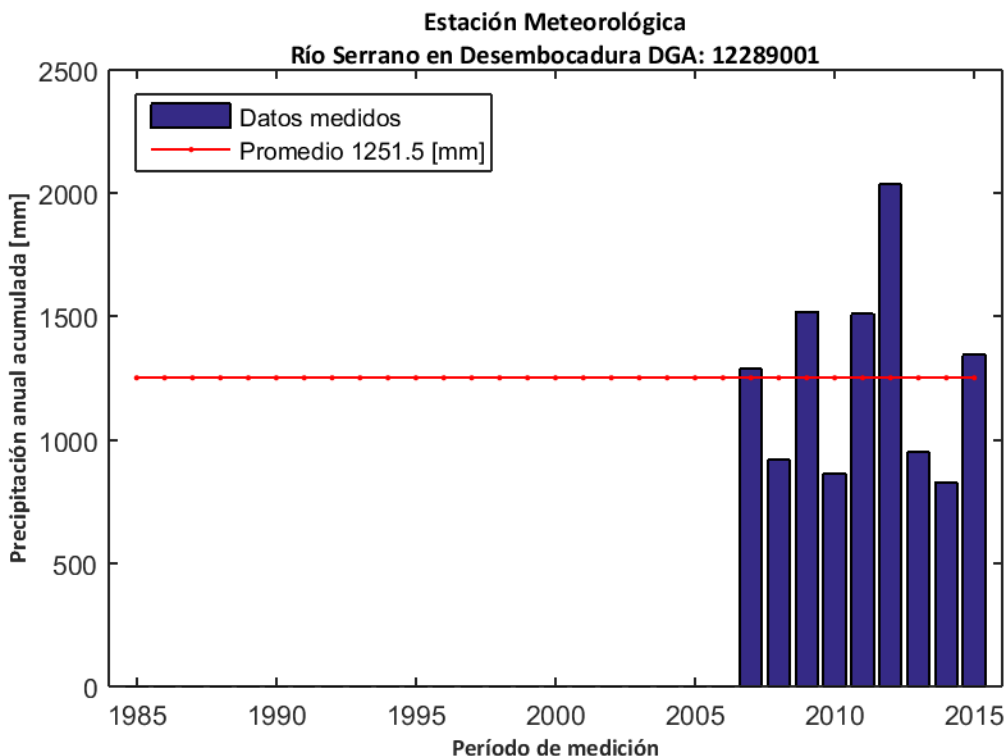


Figura D.133: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Serrano en Desembocadura".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,75 (Figura D.134), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

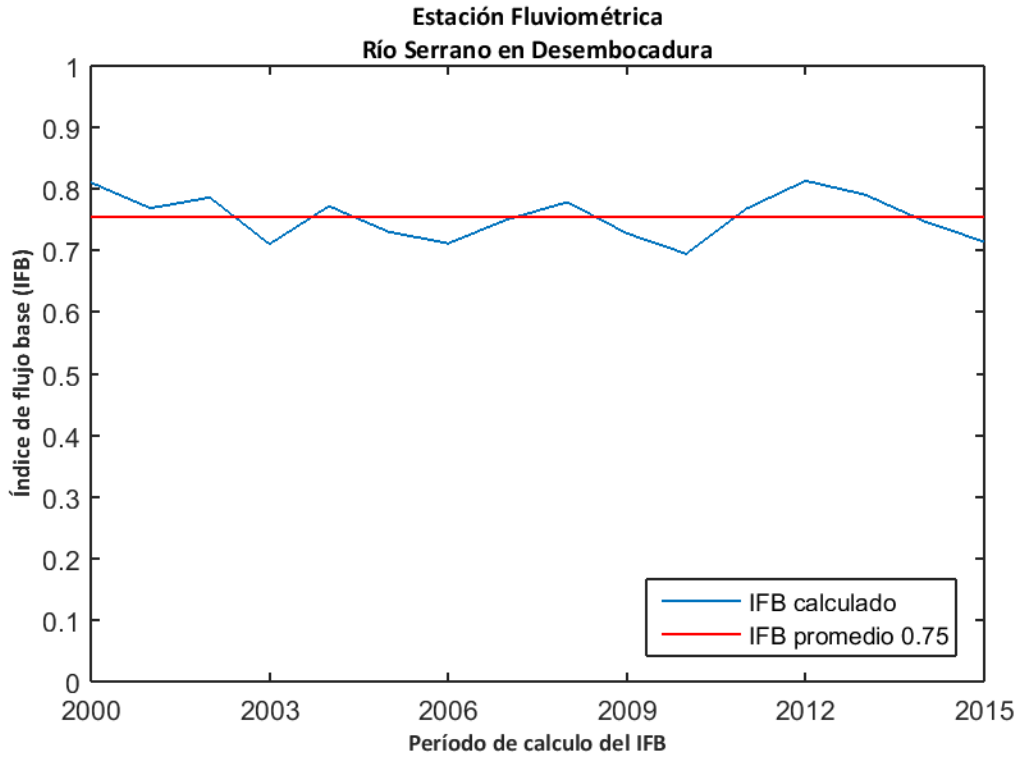


Figura D.134: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Serrano en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Serrano en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 757,5 mm/año (Figura D.135) equivalente a un 60,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Serrano en Desembocadura").

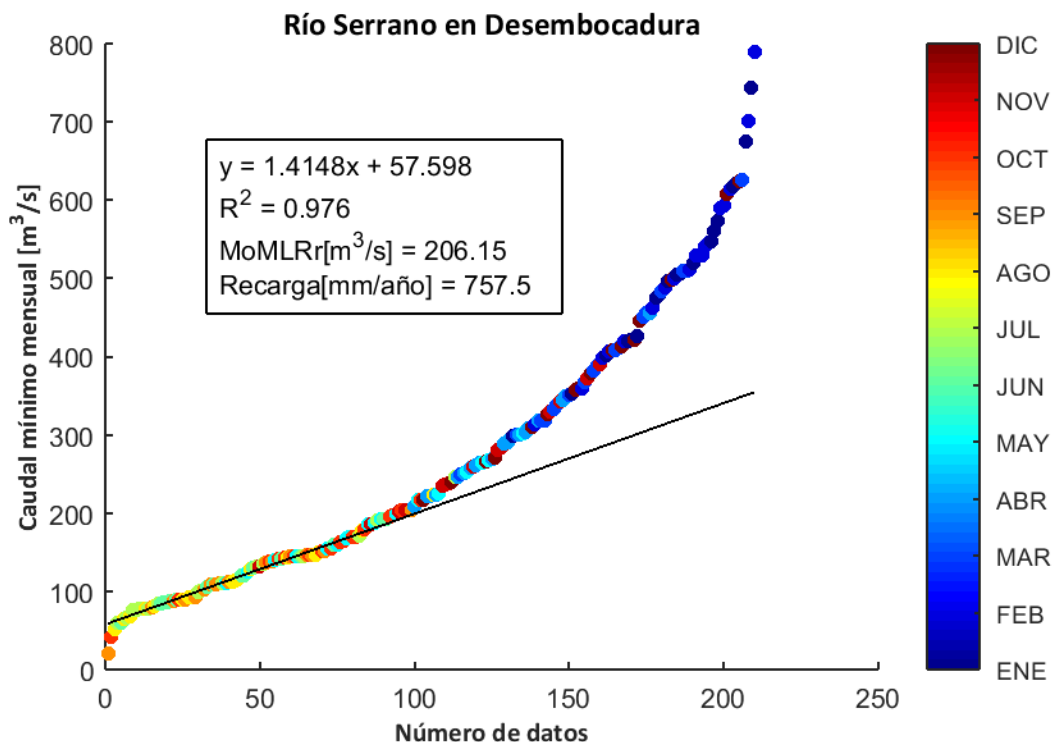


Figura D.135: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Serrano en Desembocadura".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 75, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 75: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Serrano en Desembocadura". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Serrano en Desembocadura	29	26,4	59,0	134,3

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Serrano en Desembocadura" sólo durante los años presentados en la Tabla 76, arrojando un valor promedio de 971,8 mm/año equivalente a un 77,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Serrano en Desembocadura").

Tabla 76: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Serrano en Desembocadura".

Años	Recarga [in]
1996	24,24
1999	29,81
2000	52,69
2001	38,67
2002	37,85
2003	40,01
2004	52,15
2007	23,59
2012	42,87
2013	40,72
Promedio [in]	38,26
Promedio [mm]	971,8

D.46. RÍO SERRANO EN DESAGÜE LAGO DEL TORO

La estación fluviométrica "Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 5287,77 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,65 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Torres del Paine" presenta una precipitación promedio anual de 764,5 mm (Figura D.136).

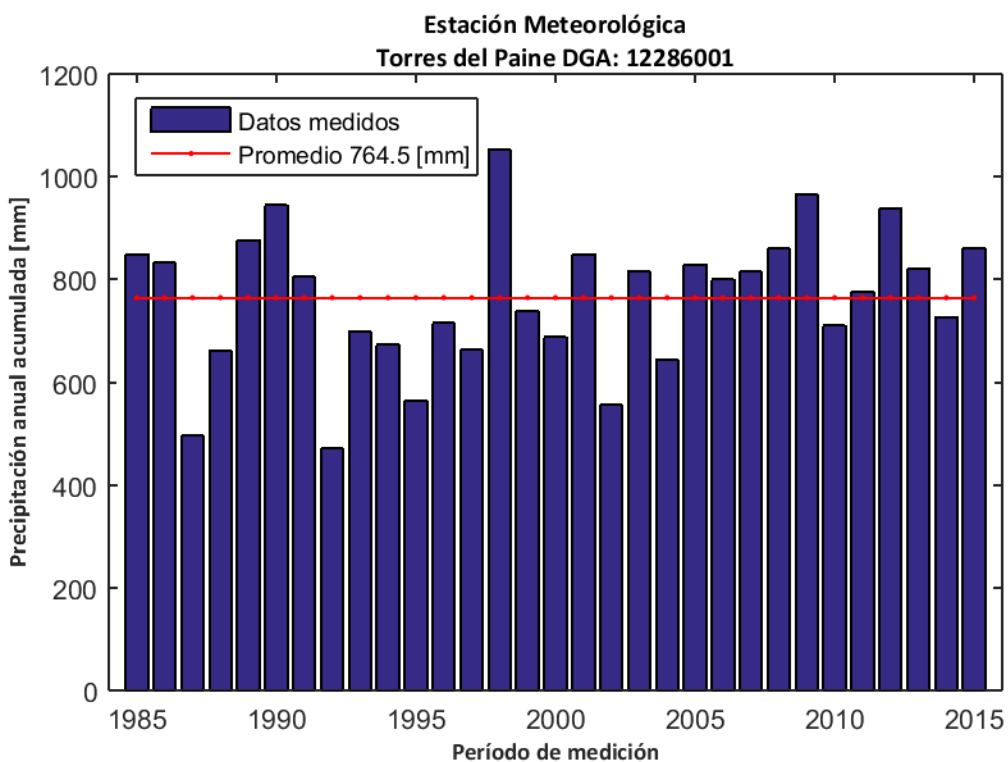


Figura D.136: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Torres del Paine".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,68 (Figura D.137), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

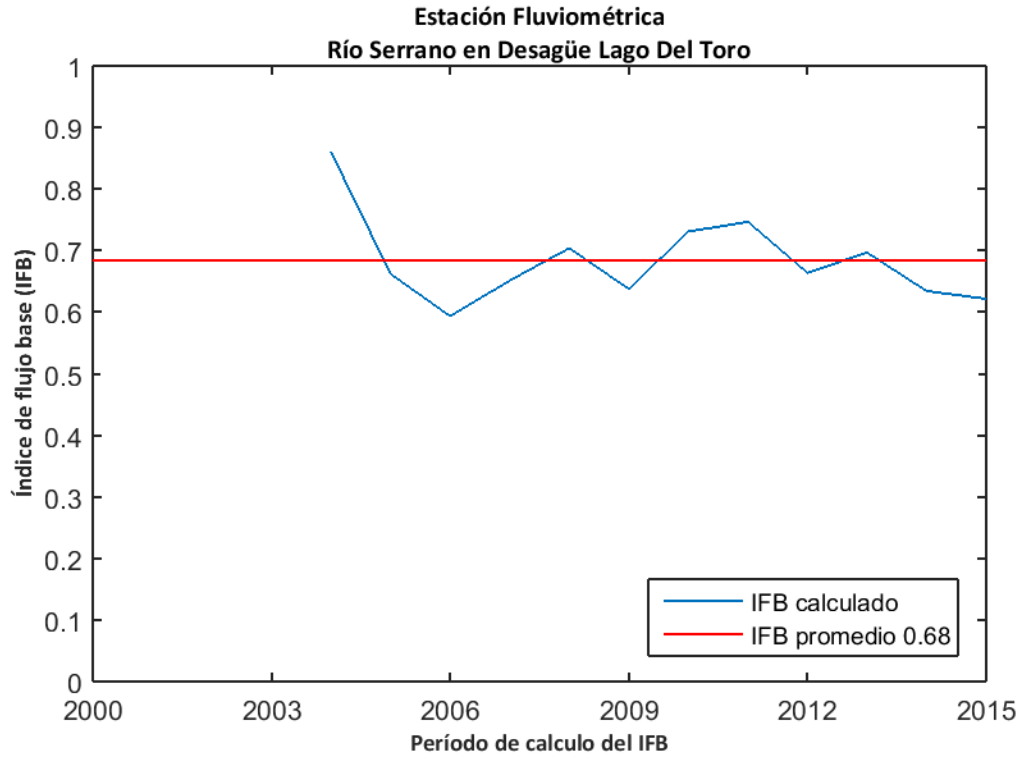


Figura D.137: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1,8 mm/año (Figura D.138) equivalente a un 0,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Torres del Paine").

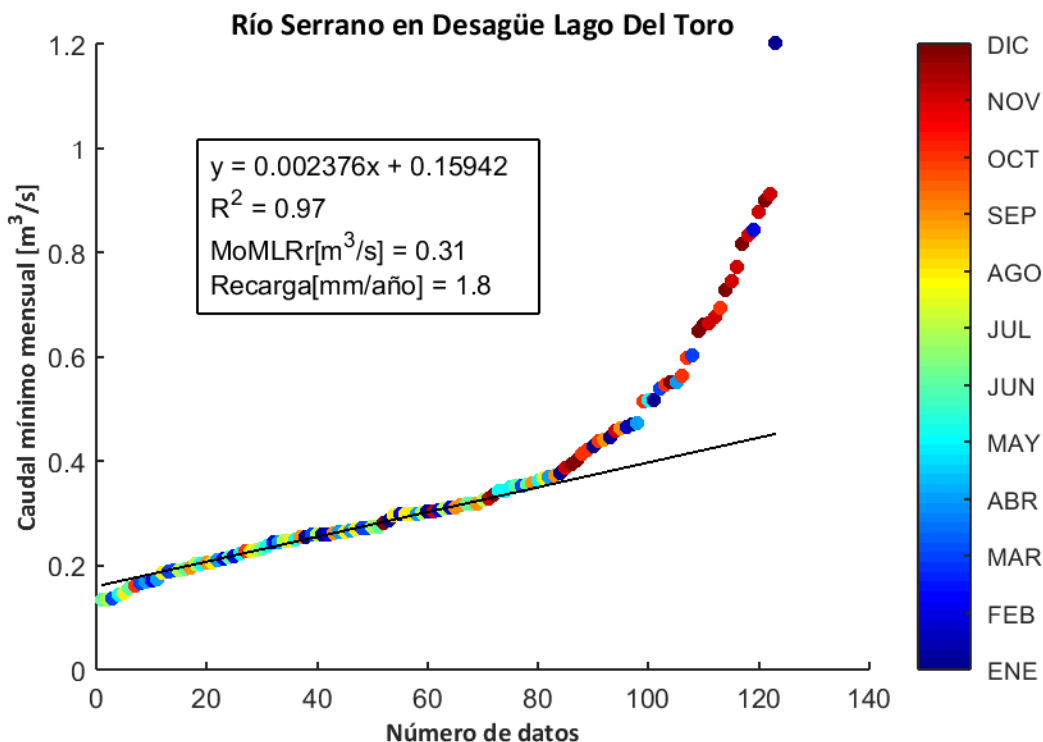


Figura D.138: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 77, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 77: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro	3	38,9	41,4	43,8

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro" sólo durante los años presentados en la Tabla 78, arrojando un valor promedio de 2,9 mm/año equivalente a un 0,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Torres del Paine").

Tabla 78: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Serrano en Desagüe Lago Del Toro".

Años	Recarga [in]
2005	0,11
2006	0,11
2007	0,16
2010	0,13
2011	0,1
2012	0,14
2013	0,09
2014	0,09
2015	0,08
Promedio [in]	0,11
Promedio [mm]	2,9

D.47. RÍO SERRANO ANTES JUNTA GREY

La estación fluviométrica "Río Serrano Antes Junta Grey" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 5295,87 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 90,70 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Torres del Paine" presenta una precipitación promedio anual de 764,5 mm (Figura D.139).

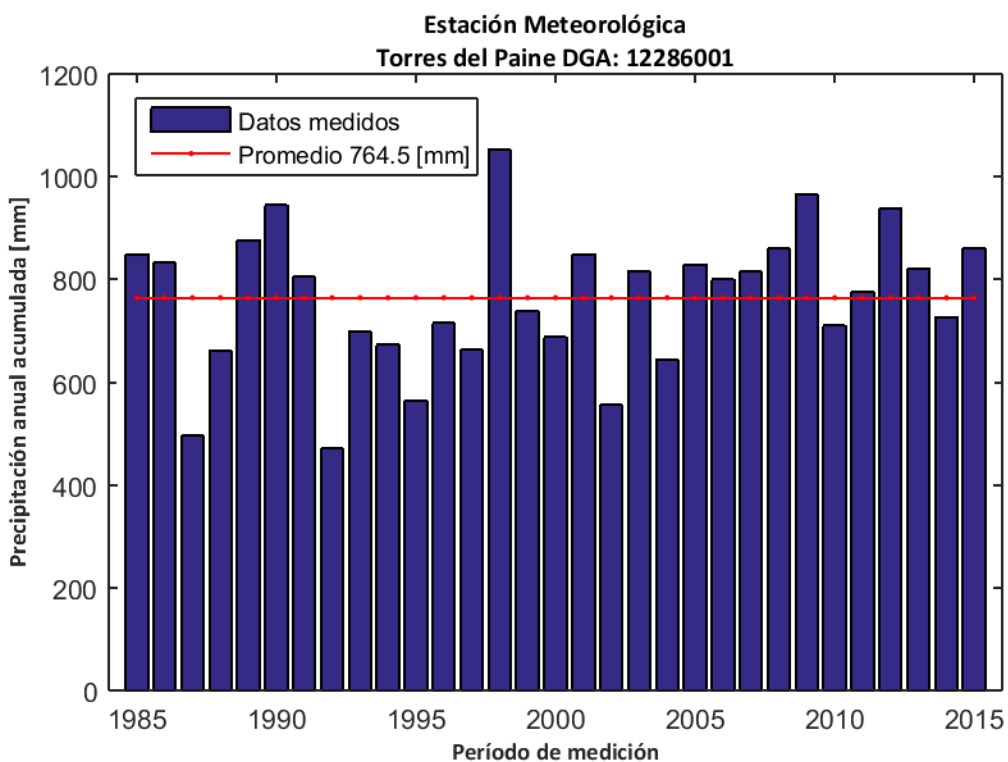


Figura D.139: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Torres del Paine".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 1985-2000. El valor calculado arrojó un promedio de 0,94 (Figura D.140), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

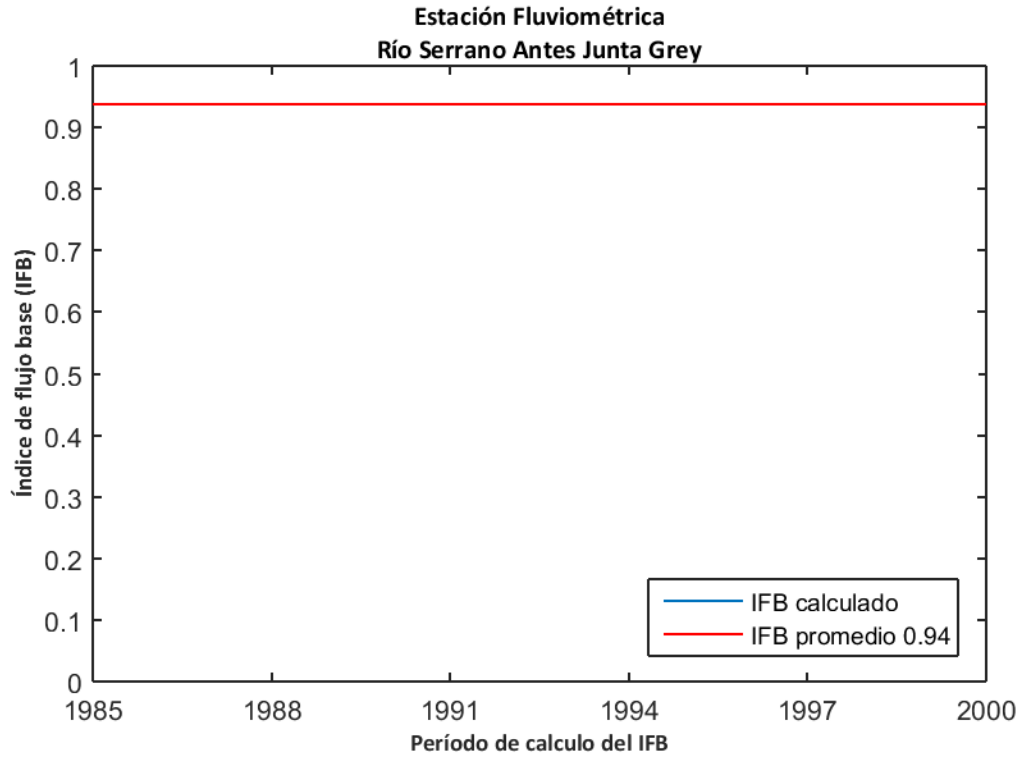


Figura D.140: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Serrano Antes Junta Grey".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Serrano Antes Junta Grey" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 362,4 mm/año (Figura D.141) equivalente a un 47,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Torres del Paine").

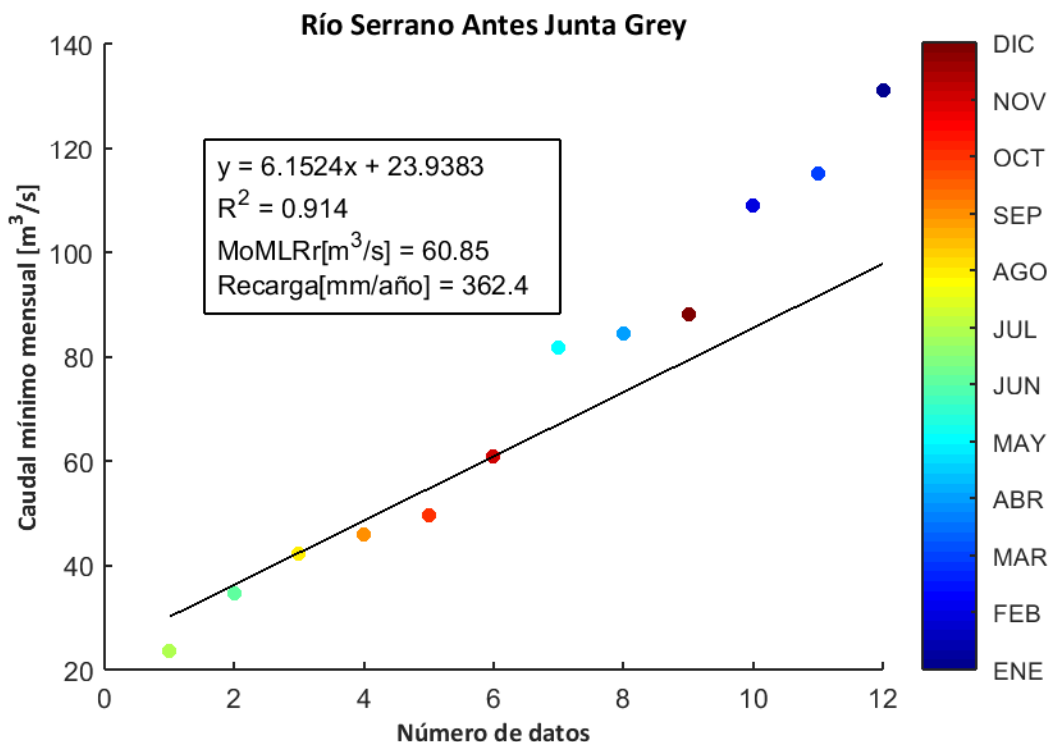


Figura D.141: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Serrano Antes Junta Grey".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 79, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 79: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Serrano Antes Junta Grey". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Serrano Antes Junta Grey	3	67,2	73,7	87,5

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Serrano Antes Junta Grey" sólo durante los años presentados en la Tabla 80, arrojando un valor promedio de 291,3 mm/año equivalente a un 38,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Torres del Paine").

Tabla 80: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Serrano Antes Junta Grey".

Años	Recarga [in]
1985	11,47
Promedio [in]	11,47
Promedio [mm]	291,3

D.48. RÍO PRAT EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Prat en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Seno Andrew y Punta Desengaño" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 220,18 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 2,80 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Rincón en Ruta Y-290" presenta una precipitación promedio anual de 857,7 mm (Figura D.142).

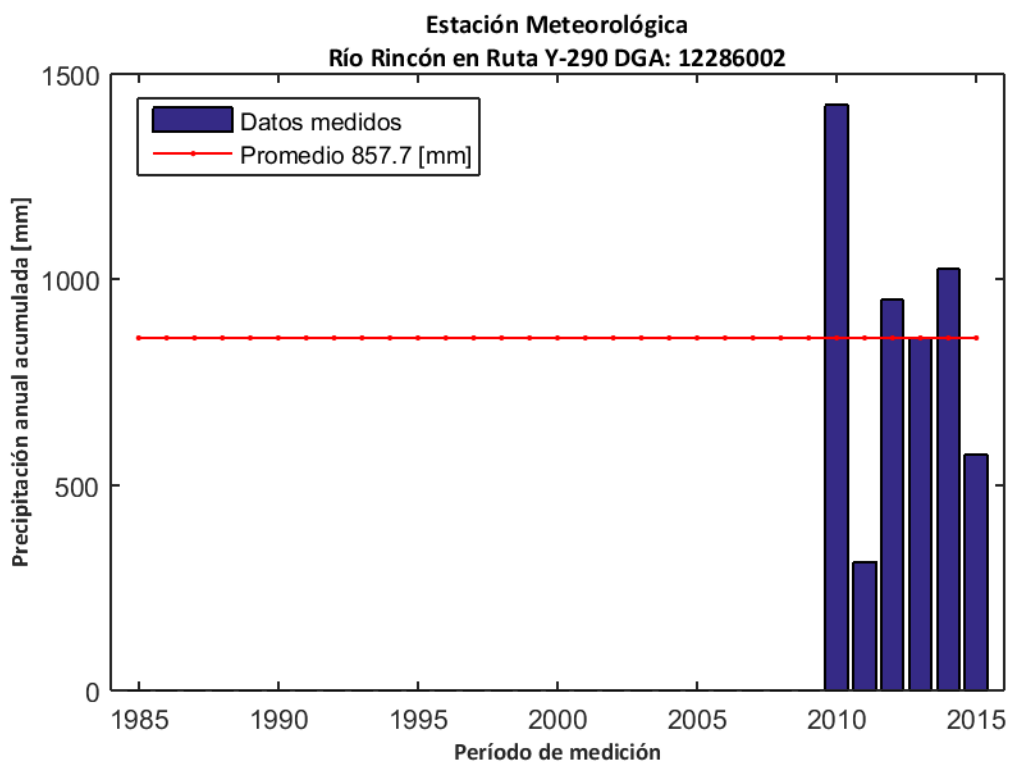


Figura D.142: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Rincón en Ruta Y-290".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,74 (Figura D.143), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

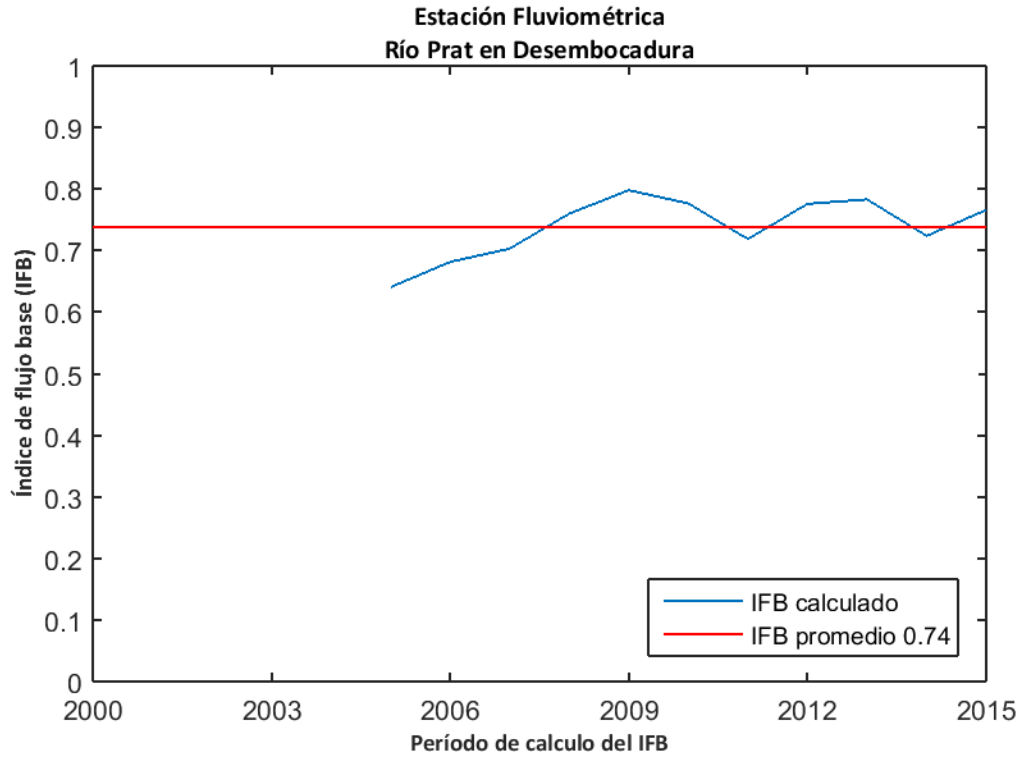


Figura D.143: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Prat en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Prat en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 260,1 mm/año (Figura D.144) equivalente a un 30,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Rincón en Ruta Y-290").

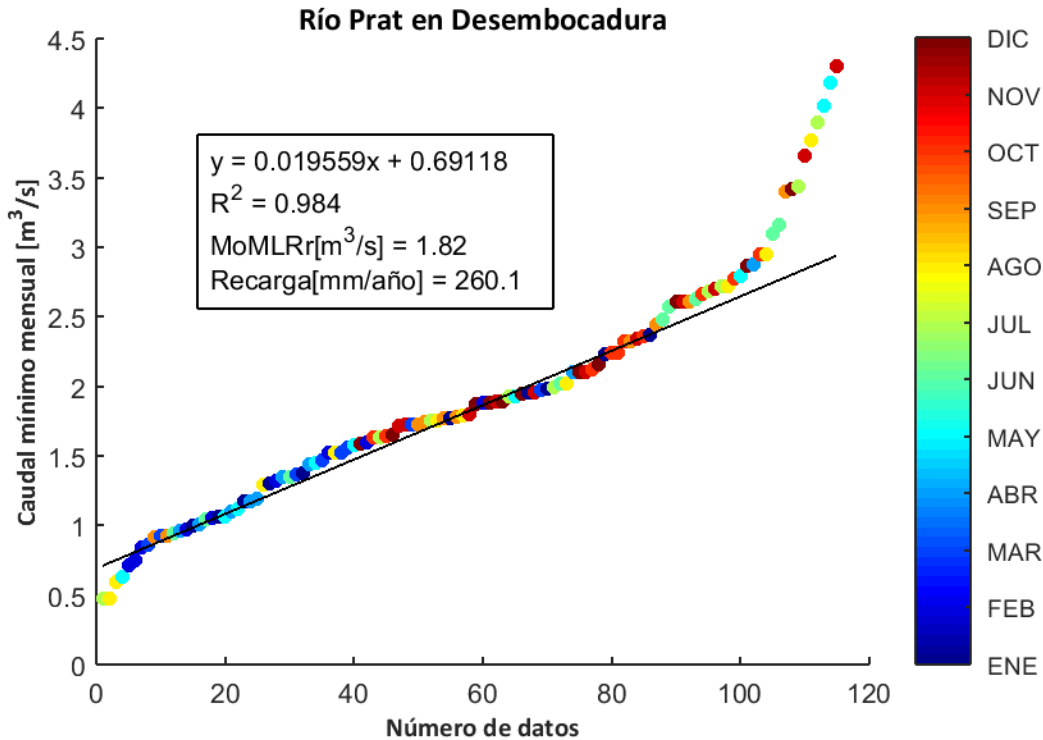


Figura D.144: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Prat en Desembocadura".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 81, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 81: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Prat en Desembocadura". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Prat en Desembocadura	6	14,4	60,0	104,7

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Prat en Desembocadura" sólo durante los años presentados en la Tabla 82, arrojando un valor promedio de 407,1 mm/año equivalente a un 47,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Rincón en Ruta Y-290").

Tabla 82: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Prat en Desembocadura".

Años	Recarga [in]
2009	16,38
2010	12,83
2012	20,26
2013	17,75
2014	12,51
2015	16,43
Promedio [in]	16,03
Promedio [mm]	407,1

D.49. RÍO TRANQUILO EN RUTA N°9

La estación fluviométrica "Río Tranquilo en Ruta N°9" está ubicada en las cuencas "Costeras e Islas entre Bahía Desengaño, Canal Mayne y Seno Otway" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 380,41 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,73 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Casas Viejas" presenta una precipitación promedio anual de 266,2 mm (Figura D.145).

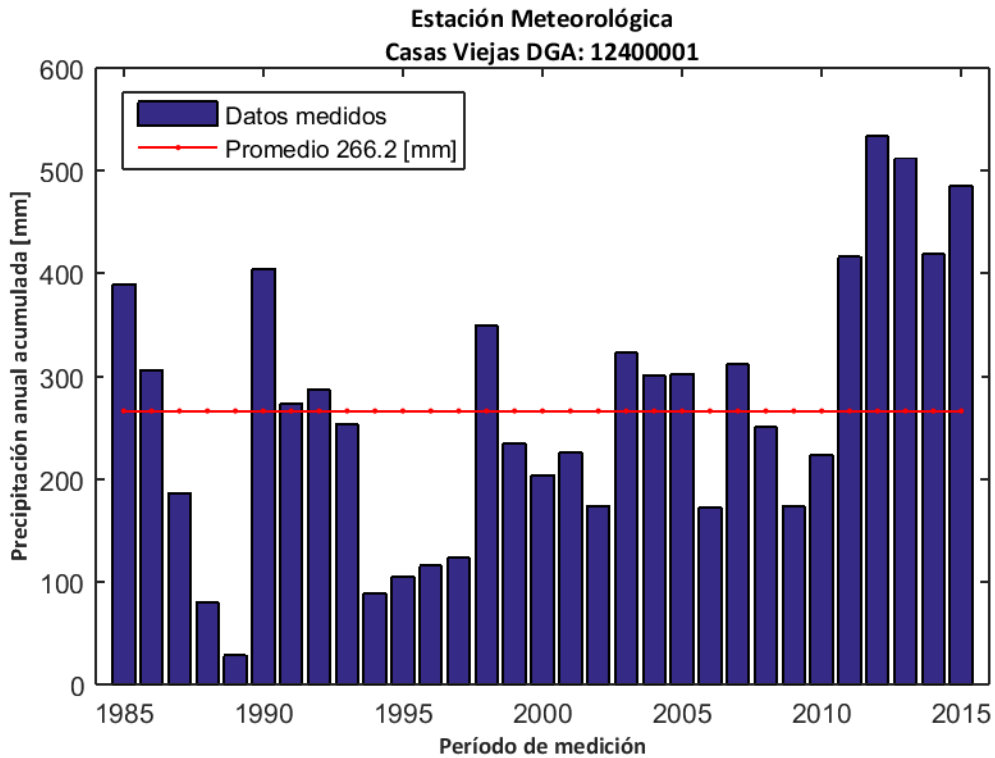


Figura D.145: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Casas Viejas".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,66 (Figura D.146), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

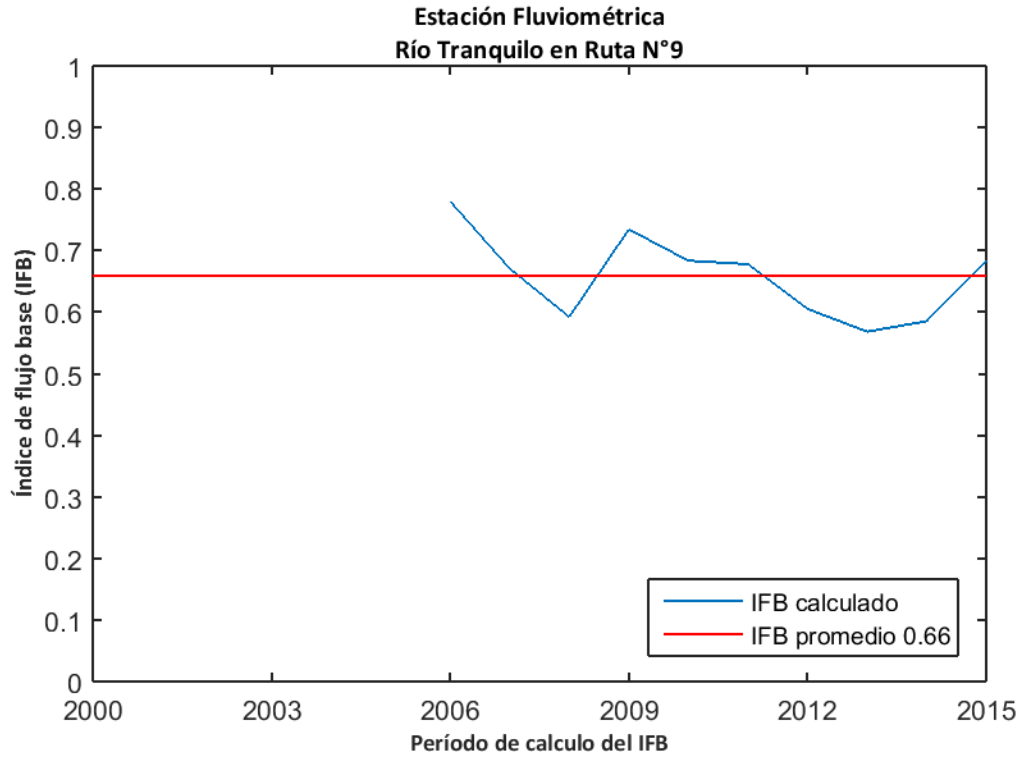


Figura D.146: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Tranquilo en Ruta N°9".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Tranquilo en Ruta N°9" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 25,4 mm/año (Figura D.147) equivalente a un 9,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Casas Viejas").

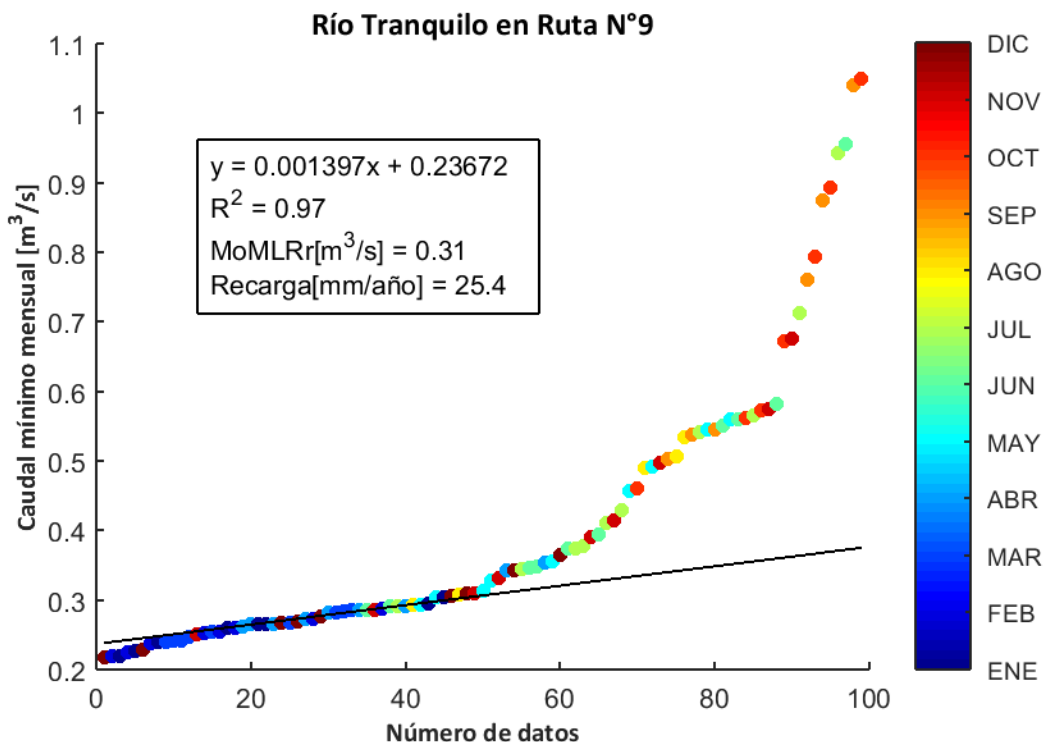


Figura D.147: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Tranquilo en Ruta N°9".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 83, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 83: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Tranquilo en Ruta N°9". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Tranquilo en Ruta N°9	3	38,1	43,1	49,8

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Tranquilo en Ruta N°9" sólo durante los años presentados en la Tabla 84, arrojando un valor promedio de 53,0 mm/año equivalente a un 19,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Casas Viejas").

Tabla 84: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Tranquilo en Ruta N°9".

Años	Recarga [in]
2008	2,04
2009	2,13
Promedio [in]	2,09
Promedio [mm]	53,0

D.50. RÍO HOLLEMBERG EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Hollemberg en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras e Islas entre Bahía Desengaño, Canal Mayne y Seno Otway" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1236,40 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 5,04 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Puerto Natales" presenta una precipitación promedio anual de 498,1 mm (Figura D.148).

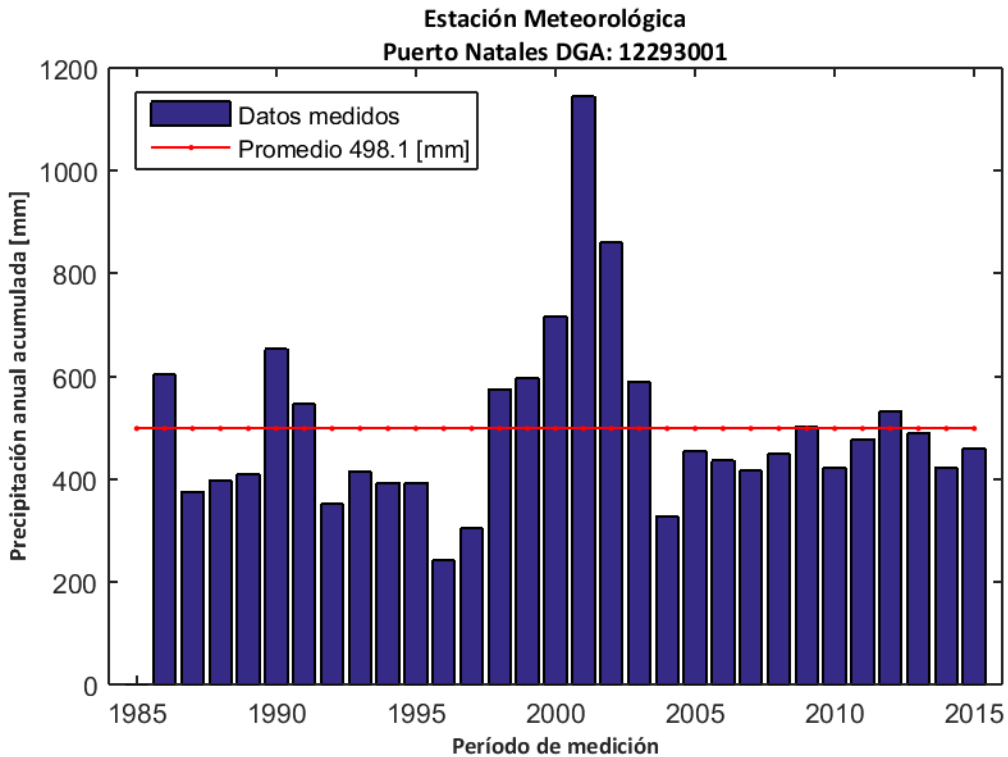


Figura D.148: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Puerto Natales".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,92 (Figura D.149), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

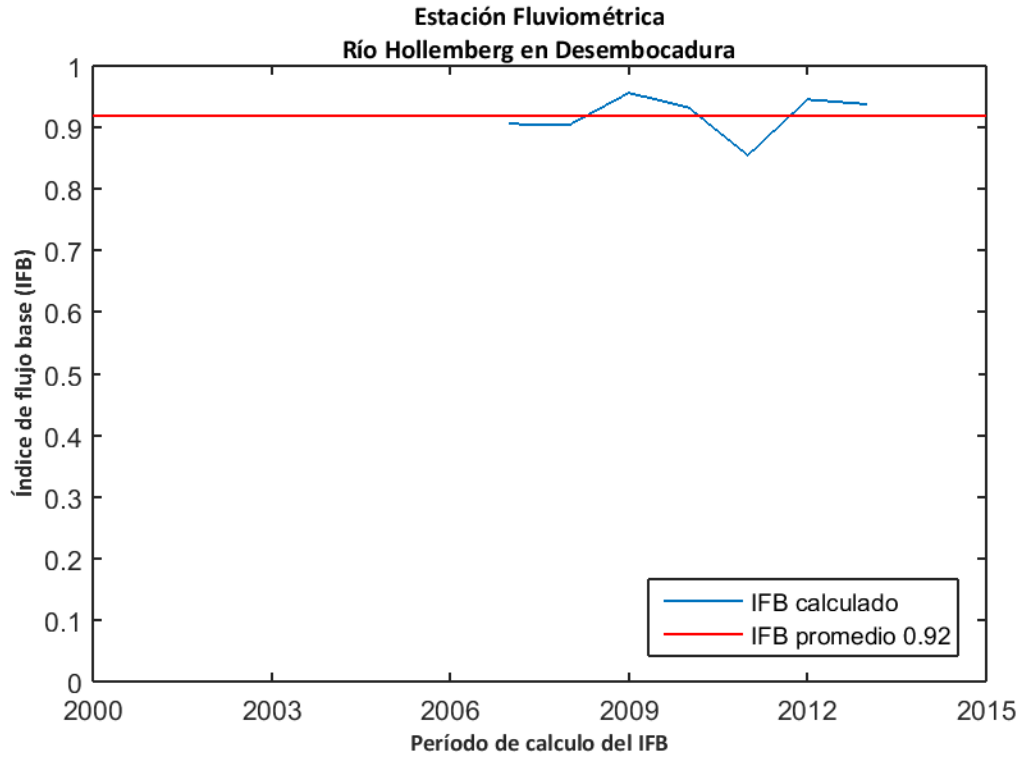


Figura D.149: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Holleberg en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Holleberg en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 48,4 mm/año (Figura D.150) equivalente a un 9,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Puerto Natales").

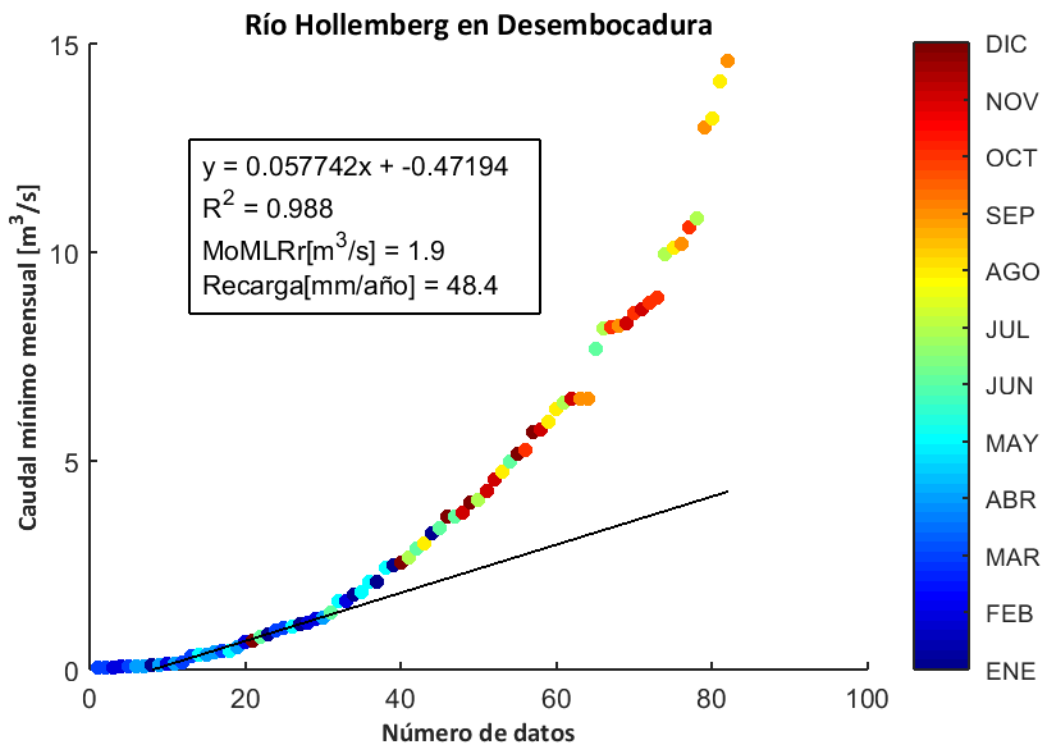


Figura D.150: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Holleberg en Desembocadura".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Holleberg en Desembocadura" durante el período de análisis.

D.51. RÍO GRANDE EN ISLA RIESCO

La estación fluviométrica "Río Grande en Isla Riesco" está ubicada en las cuencas "Costeras e Islas entre Bahía Desengaño, Canal Mayne y Seno Otway" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 604,14 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 19,97 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Isla Riesco" presenta una precipitación promedio anual de 409,2 mm (Figura D.151).

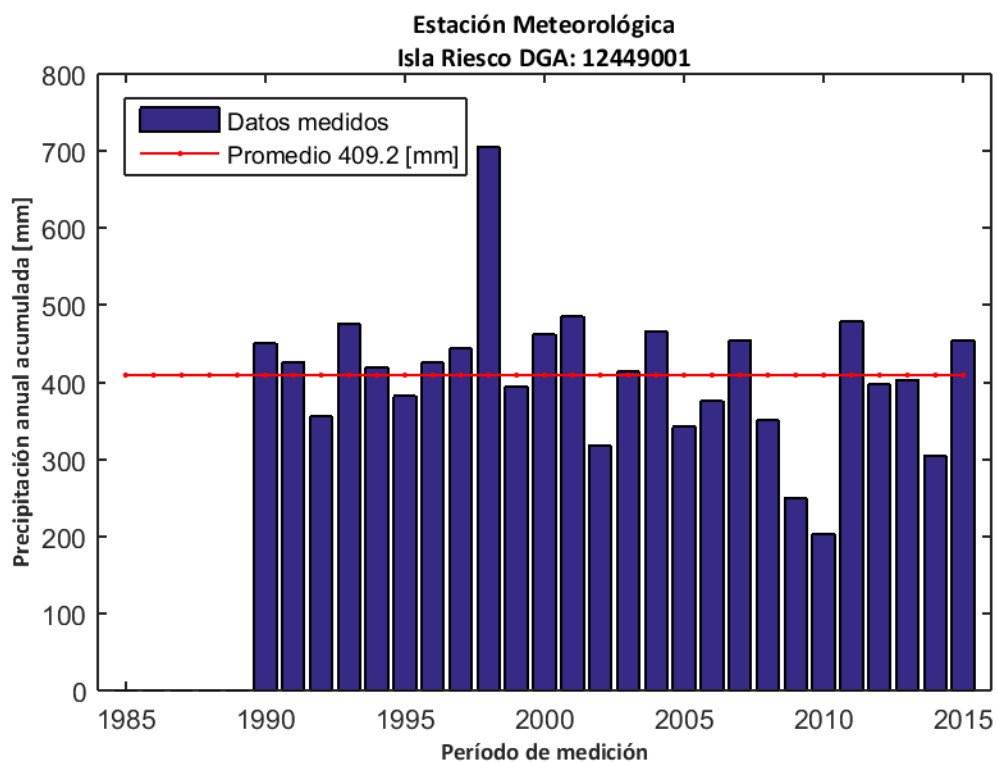


Figura D.151: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Isla Riesco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,61 (Figura D.152), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

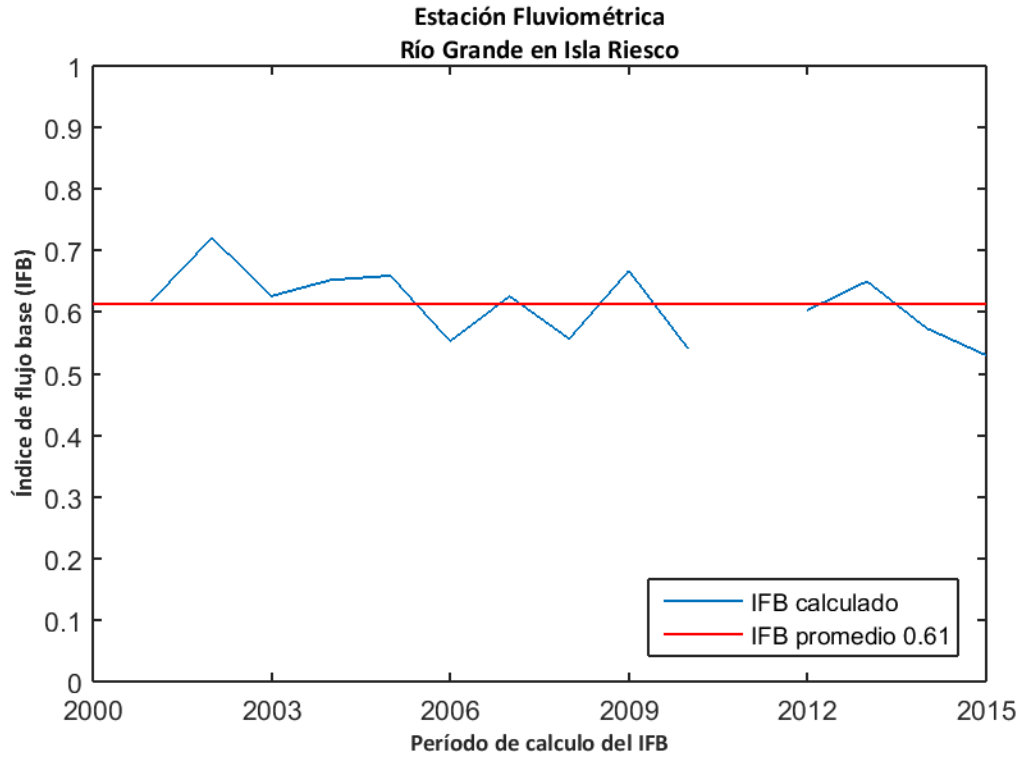


Figura D.152: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Grande en Isla Riesco".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Grande en Isla Riesco" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 477,8 mm/año (Figura D.153) equivalente a un 116,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Isla Riesco").

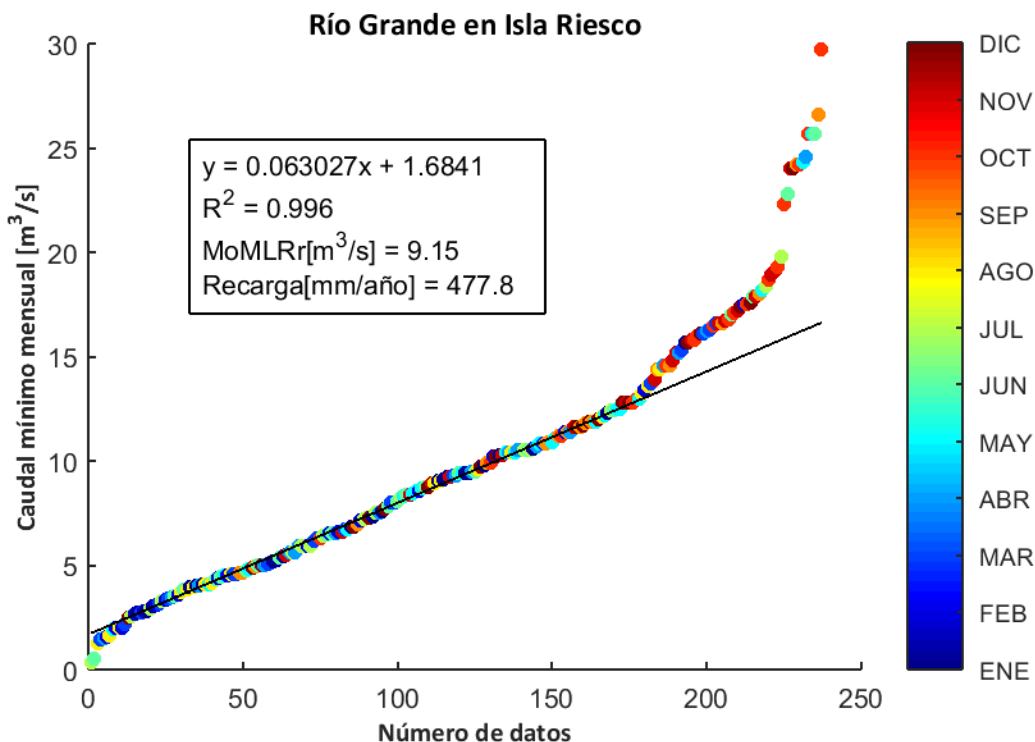


Figura D.153: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Grande en Isla Riesco".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 85, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 85: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Grande en Isla Riesco". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Grande en Isla Riesco	48	16,4	34,7	63,1

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Grande en Isla Riesco" sólo durante los años presentados en la Tabla 86, arrojando un valor promedio de 976,4 mm/año equivalente a un 238,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Isla Riesco").

Tabla 86: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Grande en Isla Riesco".

Años	Recarga [in]
1987	29,66
1989	31,14
1990	37,23
1991	31,72
2003	41,18
2005	29,64
2008	46,02
2013	53,7
2014	45,68
Promedio [in]	38,44
Promedio [mm]	976,4

D.52. RÍO PÉREZ EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Pérez en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras e Islas entre Bahía Desengaño, Canal Mayne y Seno Otway" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 308,23 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 8,41 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Pérez" presenta una precipitación promedio anual de 491,3 mm (Figura D.154).

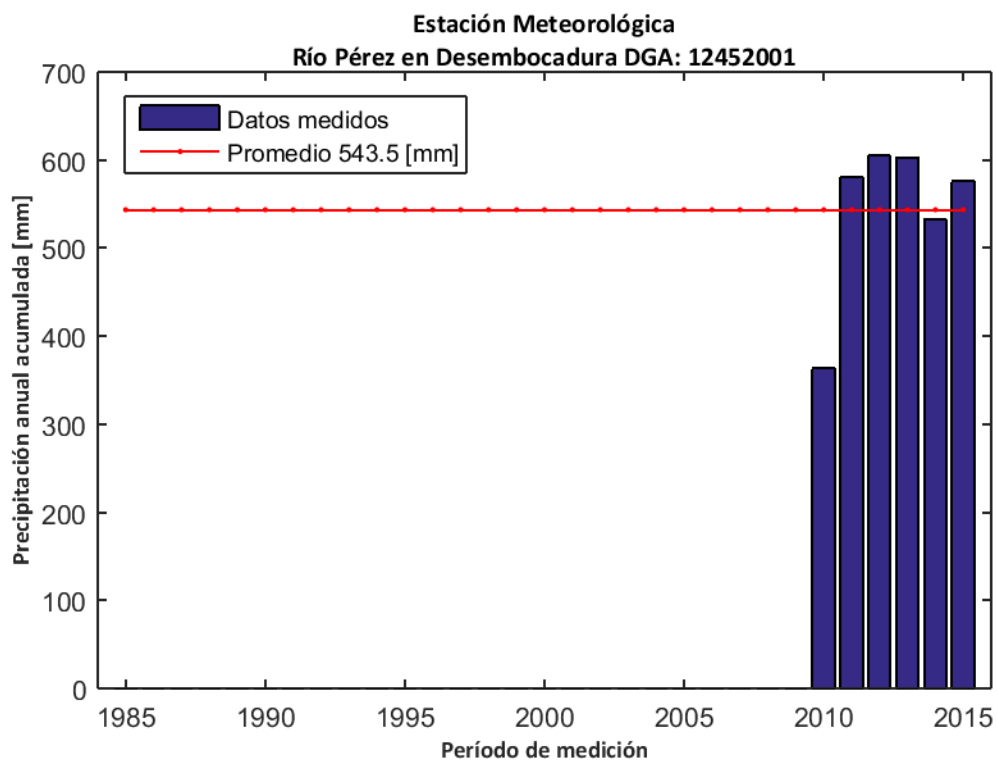


Figura D.154: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Pérez".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,48 (Figura D.155), lo cual indica que la influencia de agua subterránea en el caudal no es significativa.

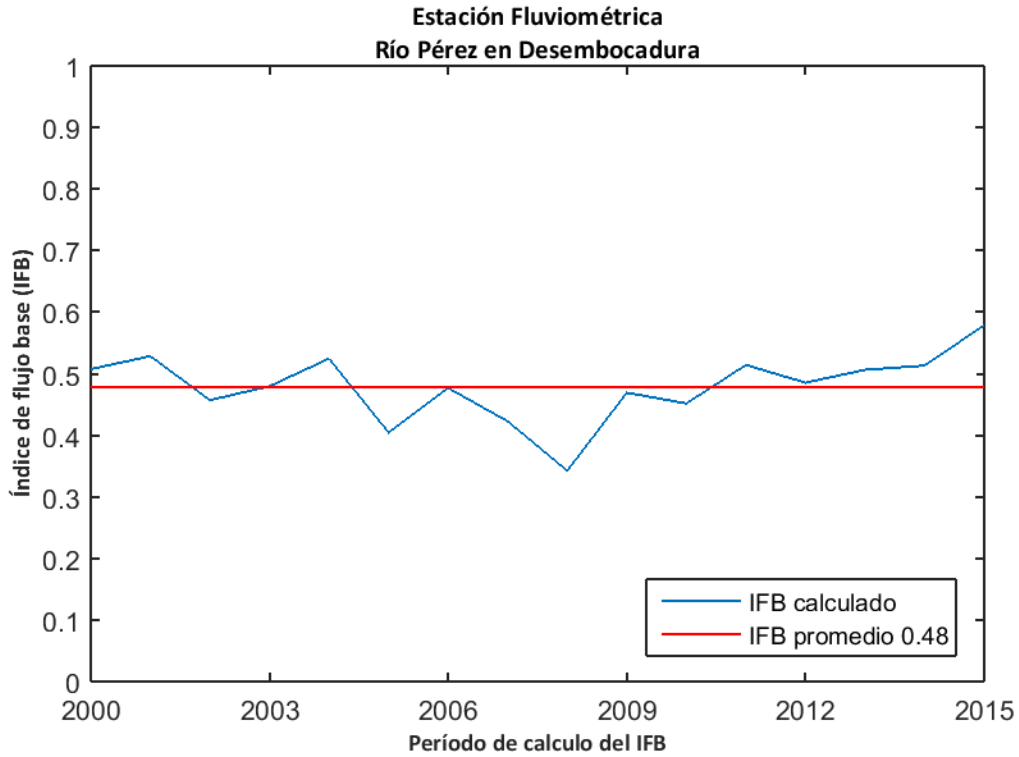


Figura D.155: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Pérez en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Pérez en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 306,5 mm/año (Figura D.156) equivalente a un 62,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Pérez").

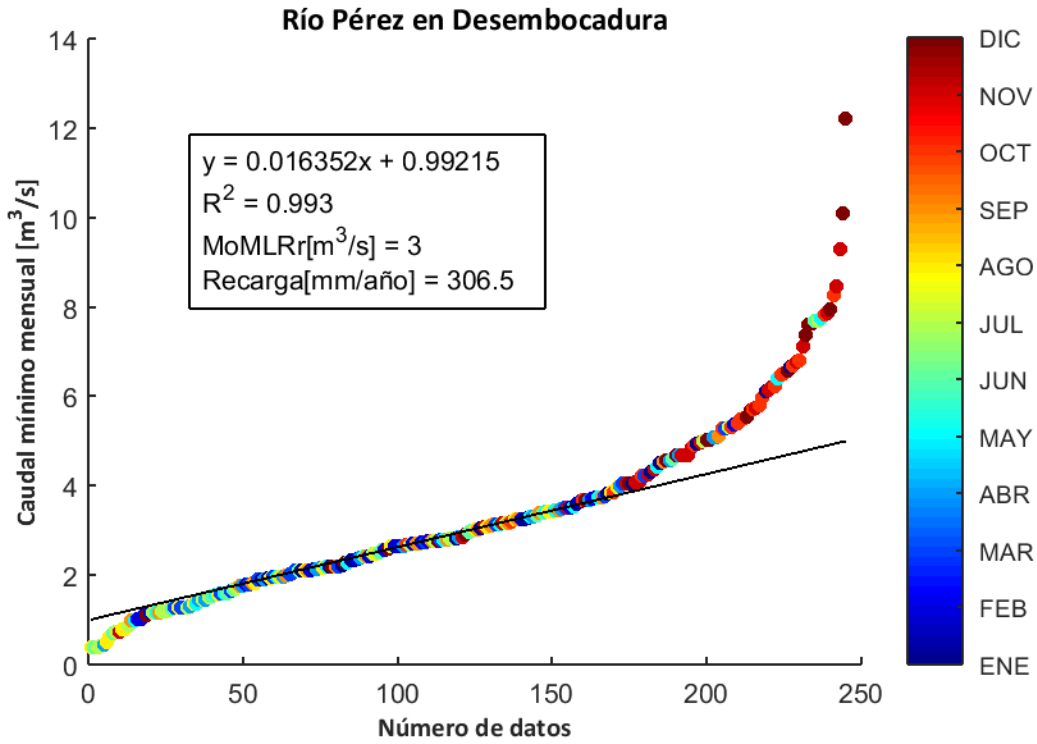


Figura D.156: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Pérez en Desembocadura".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Pérez en Desembocadura" durante el período de análisis.

D.53. RÍO GRANDE EN SENO OTWAY

La estación fluviométrica "Río Grande en Seno Otway" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Ensenada Torino y Punta Dúngeness" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 262,56 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 6,20 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Leñadura Alta" presenta una precipitación promedio anual de 494,8 mm (Figura D.157).

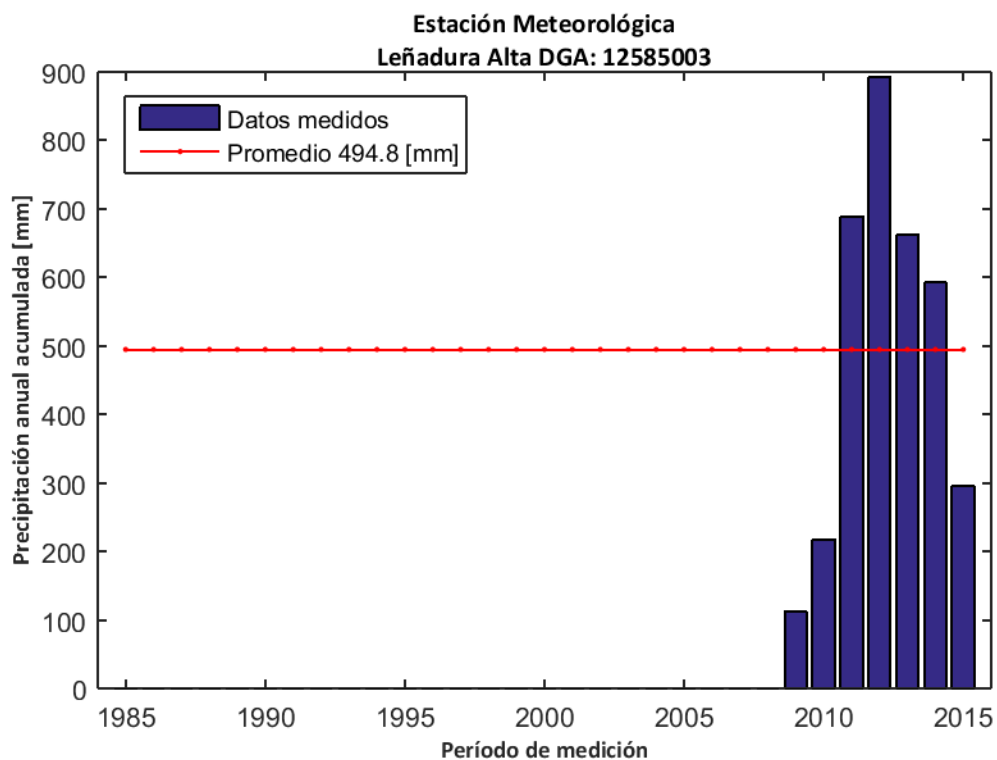


Figura D.157: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Leñadura Alta".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,40 (Figura D.158), lo cual indica que la influencia de agua subterránea en el caudal no es significativa.

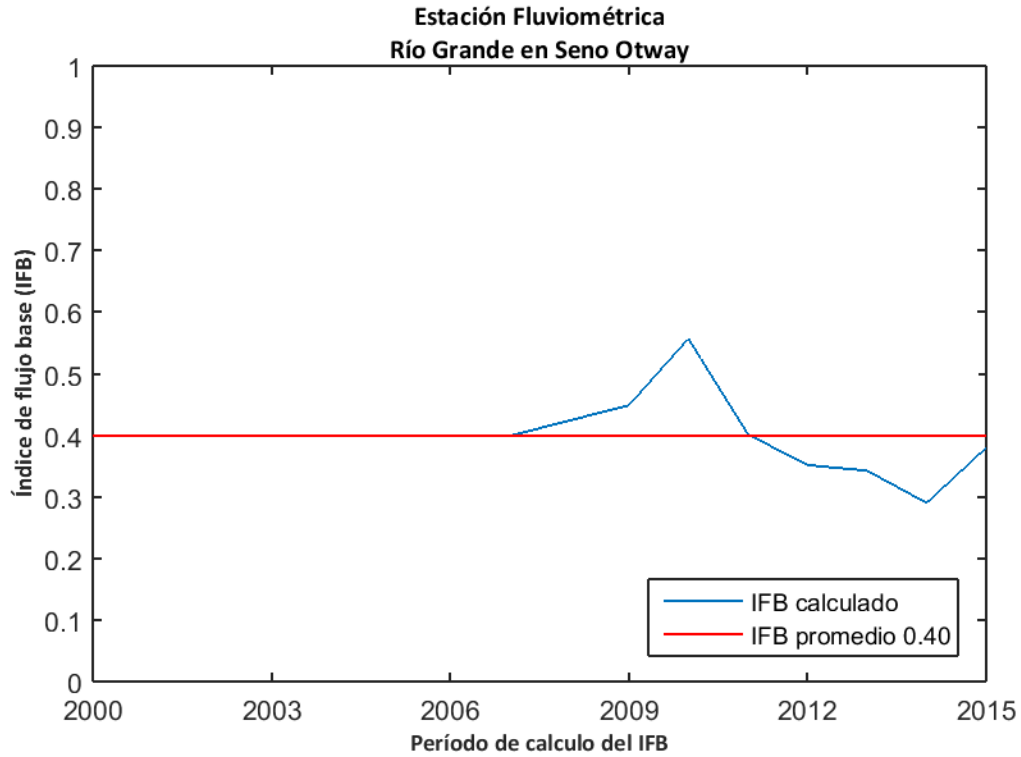


Figura D.158: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Grande en Seno Otway".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Grande en Seno Otway" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 113,1 mm/año (Figura D.159) equivalente a un 22,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Leñadura Alta").

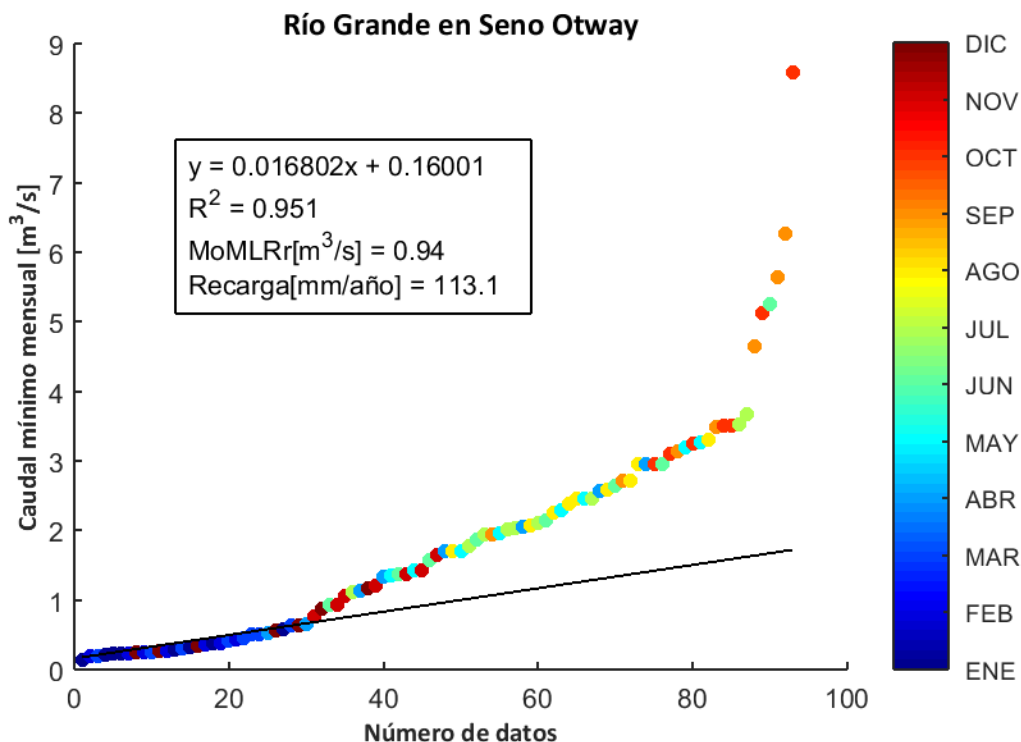


Figura D.159: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Grande en Seno Otway".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 87, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 87: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Grande en Seno Otway". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Grande en Seno Otway	3	16,4	19,4	40,0

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Grande en Seno Otway" sólo durante los años presentados en la Tabla 88, arrojando un valor promedio de 542,0 mm/año equivalente a un 109,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Leñadura Alta").

Tabla 88: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Grande en Seno Otway".

Años	Recarga [in]
2008	26,23
2009	20,48
2010	17,16
2012	20,46
2013	22,37
Promedio [in]	21,34
Promedio [mm]	542,0

D.54. RÍO CALETE EN SENO OTWAY

La estación fluviométrica "Río Calete en Seno Otway" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Ensenada Torino y Punta Dúngeness" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 214,13 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 10,54 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Lago Parrillar" presenta una precipitación promedio anual de 809,1 mm (Figura D.160).

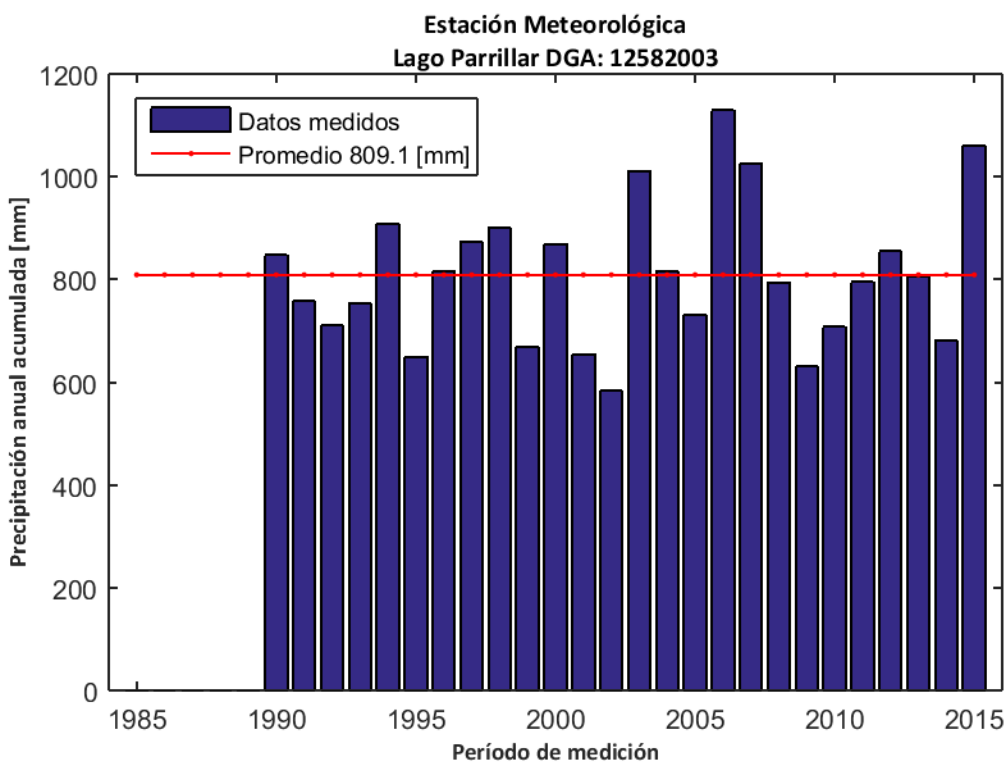


Figura D.160: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Lago Parrillar".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,56 (Figura D.161), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

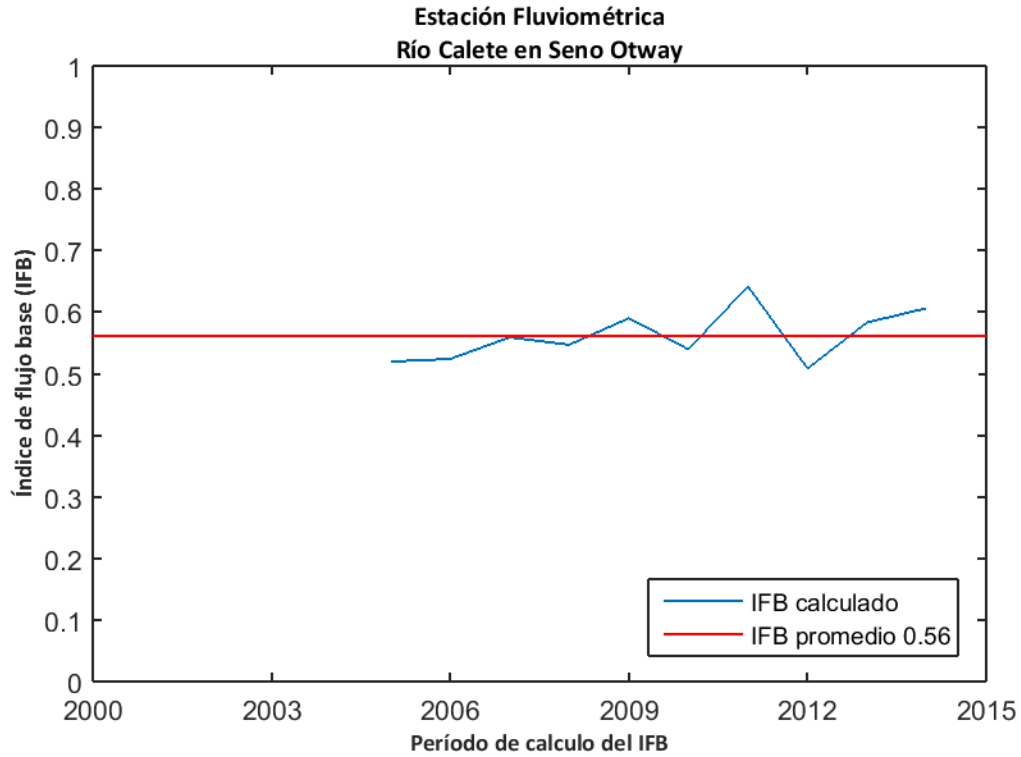


Figura D.161: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Calete en Seno Otway".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Calete en Seno Otway" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 603,3 mm/año (Figura D.162) equivalente a un 74,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Lago Parrillar").

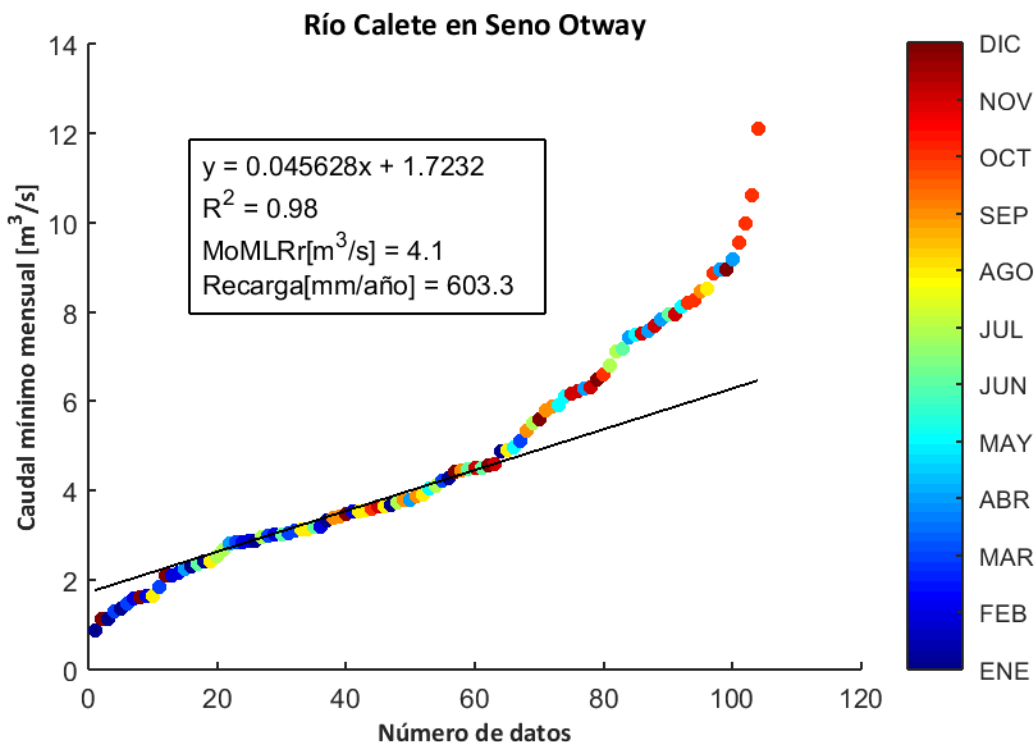


Figura D.162: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Calete en Seno Otway".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 89, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 89: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Calete en Seno Otway". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Calete en Seno Otway	4	23,6	35,4	52,0

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Calete en Seno Otway" sólo durante los años presentados en la Tabla 90, arrojando un valor promedio de 1366,3 mm/año equivalente a un 168,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Lago Parrillar").

Tabla 90: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Calete en Seno Otway".

Años	Recarga [in]
2007	52,07
2009	55,21
2012	54,51
2013	53,38
Promedio [in]	53,79
Promedio [mm]	1366,3

D.55. RÍO SAN JUAN EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río San Juan en Desembocadura" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Ensenada Torino y Punta Dúngeness" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 864,01 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 19,54 m³/s. La estación meteorológica más cercana "San Juan" presenta una precipitación promedio anual de 586,6 mm (Figura D.163).

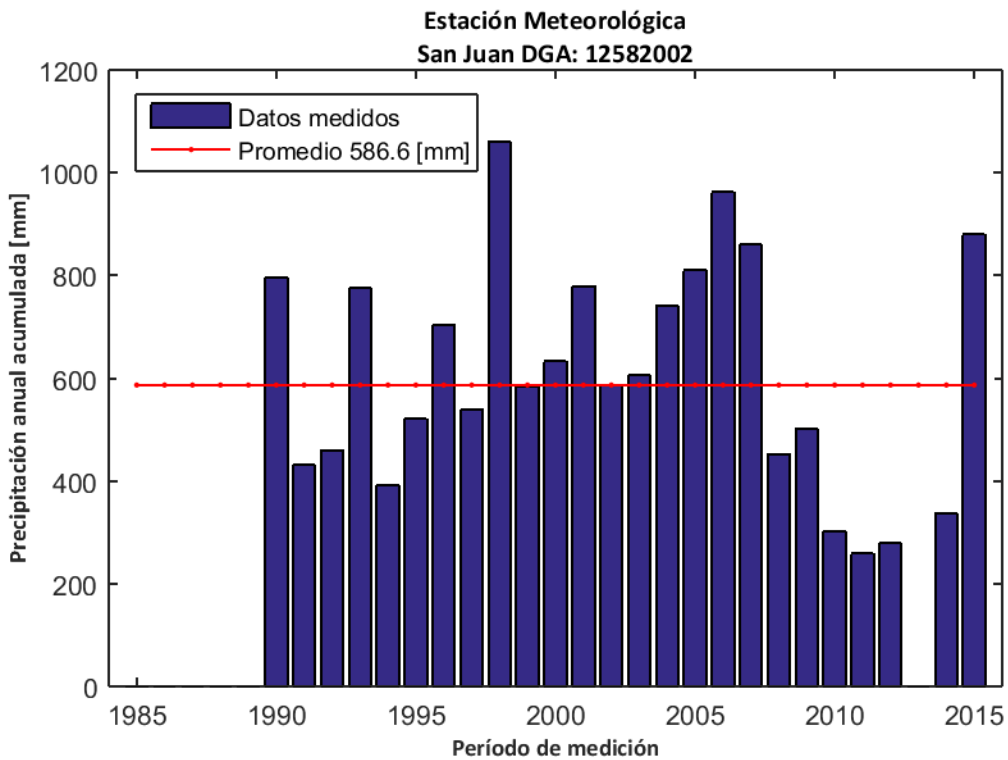


Figura D.163: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "San Juan".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,5 (Figura D.164), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

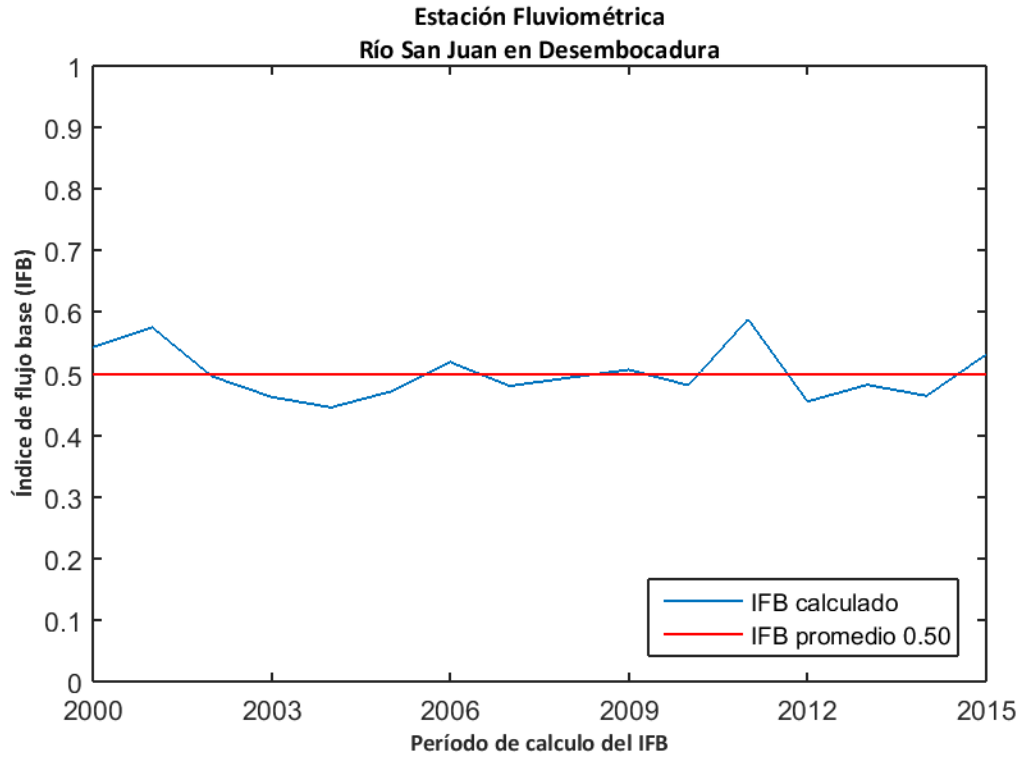


Figura D.164: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río San Juan en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río San Juan en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 267,5 mm/año (Figura D.165) equivalente a un 45,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("San Juan").

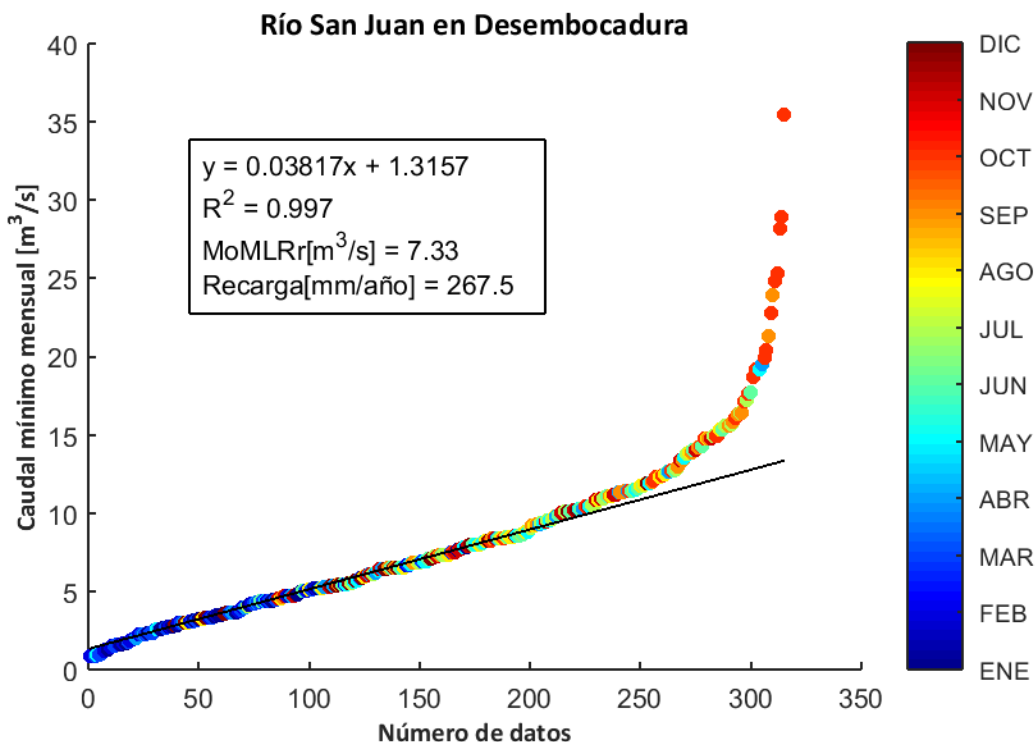


Figura D.165: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río San Juan en Desembocadura".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 91, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 91: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río San Juan en Desembocadura". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río San Juan en Desembocadura	11	22,5	40,3	64,1

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río San Juan en Desembocadura" sólo durante los años presentados en la Tabla 92, arrojando un valor promedio de 524,7 mm/año equivalente a un 89,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("San Juan").

Tabla 92: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río San Juan en Desembocadura".

Años	Recarga [in]
1989	19,27
1996	19,93
1999	15,33
2000	21,17
2001	15,43
2002	12,74
2003	20,81
2004	18,08
2006	23,93
2007	23,49
2008	22,93
2009	26,17
2012	23,78
2013	20,43
2014	18,78
2015	28,25
Promedio [in]	20,66
Promedio [mm]	524,7

D.56. RÍO TRES BRAZOS ANTES BT. SENDOS

La estación fluviométrica "Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Ensenada Torino y Punta Dúngeness" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 100,00 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 2,08 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Leñadura Alta" presenta una precipitación promedio anual de 494,8 mm (Figura D.166).

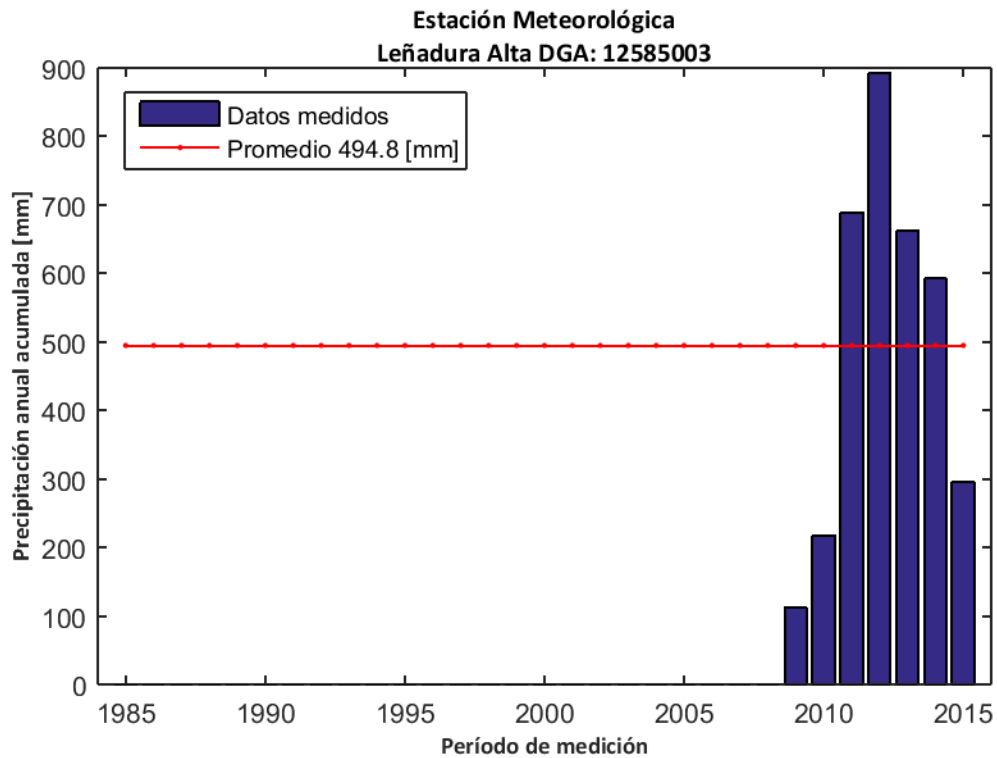


Figura D.166: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Leñadura Alta".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,46 (Figura D.167), lo cual indica que la influencia de agua subterránea en el caudal no es significativa.

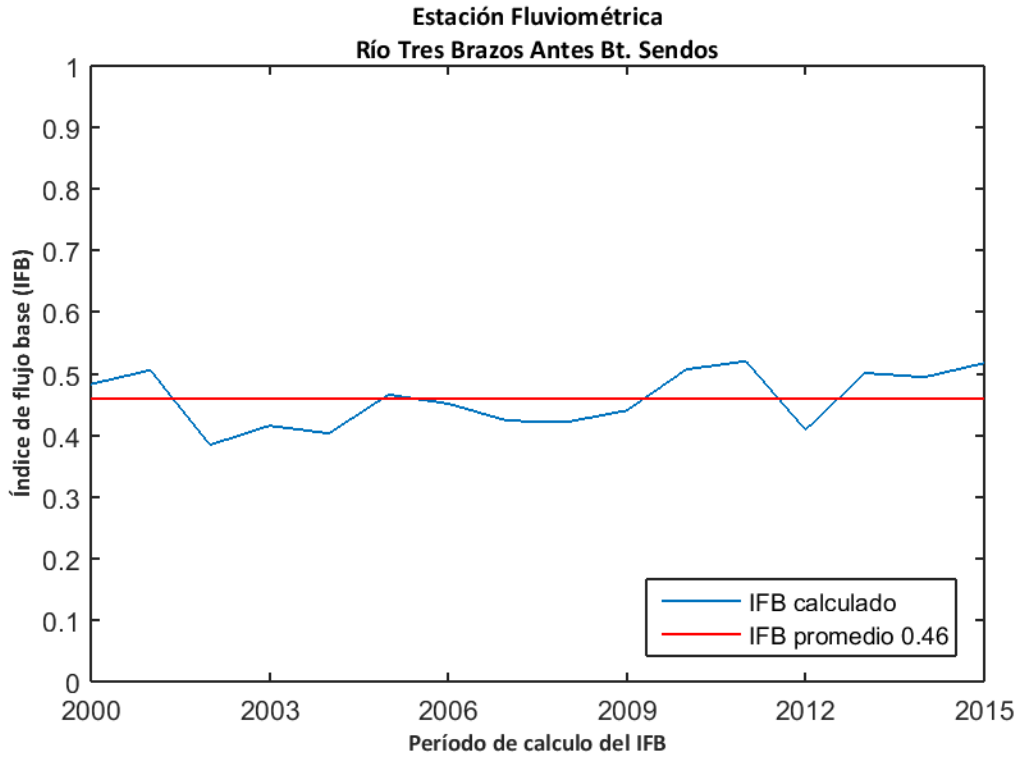


Figura D.167: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 146,1 mm/año (Figura D.168) equivalente a un 29,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Leñadura Alta").

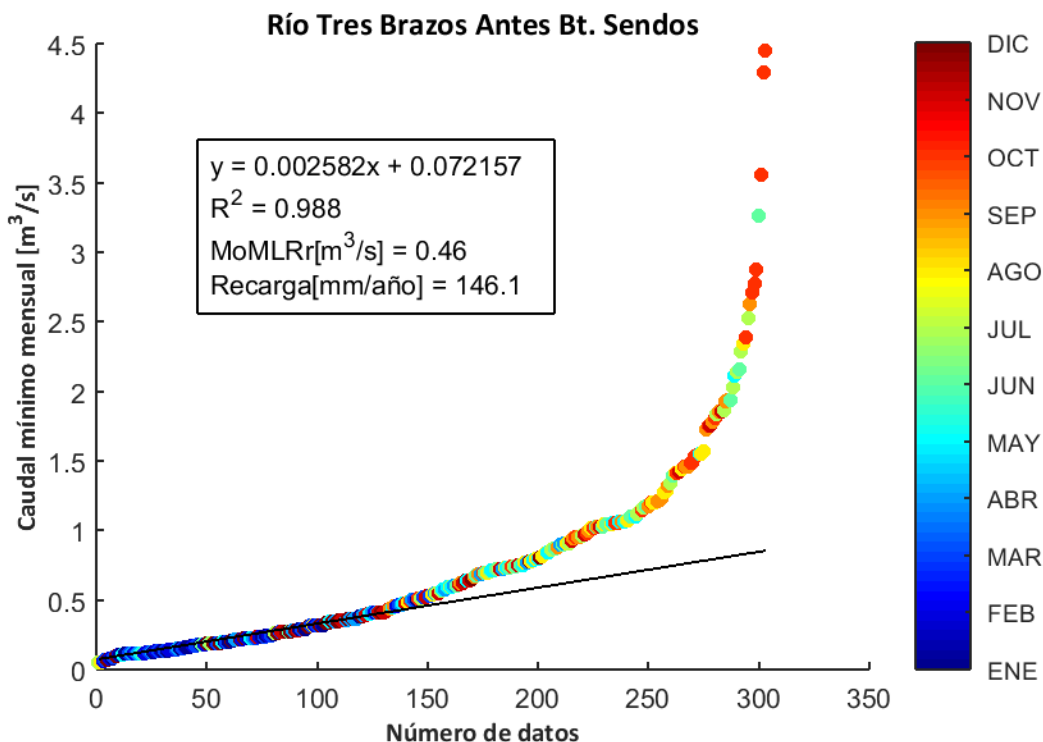


Figura D.168: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 93, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 93: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos	9	22,7	50,6	91,7

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos" sólo durante los años presentados en la Tabla 94, arrojando un valor promedio de 449,4 mm/año equivalente a un 90,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Leñadura Alta").

Tabla 94: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Tres Brazos Antes Bt. Sendos".

Años	Recarga [in]
1991	23,72
1997	25,14
1998	15,82
1999	7,36
2000	20,53
2001	15,91
2002	13,31
2003	18,69
2004	15,02
2005	16,19
2007	12,52
2010	14,29
2014	15,25
2015	33,94
Promedio [in]	17,69
Promedio [mm]	449,4

D.57. RÍO LEÑADURA ANTES BT. SENDOS

La estación fluviométrica "Río Leñadura Antes Bt. Sendos" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Ensenada Torino y Punta Dúngeness" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 49,00 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,67 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Laguna Lynch" presenta una precipitación promedio anual de 412,4 mm (Figura D.169).

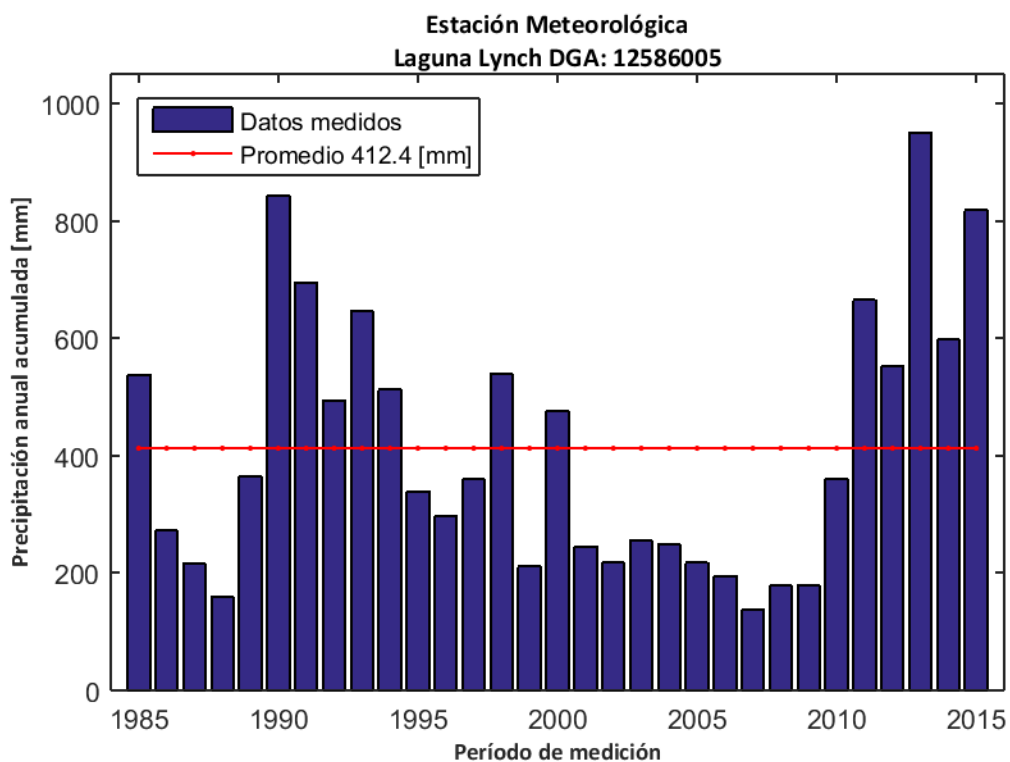


Figura D.169: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Laguna Lynch".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,50 (Figura D.170), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

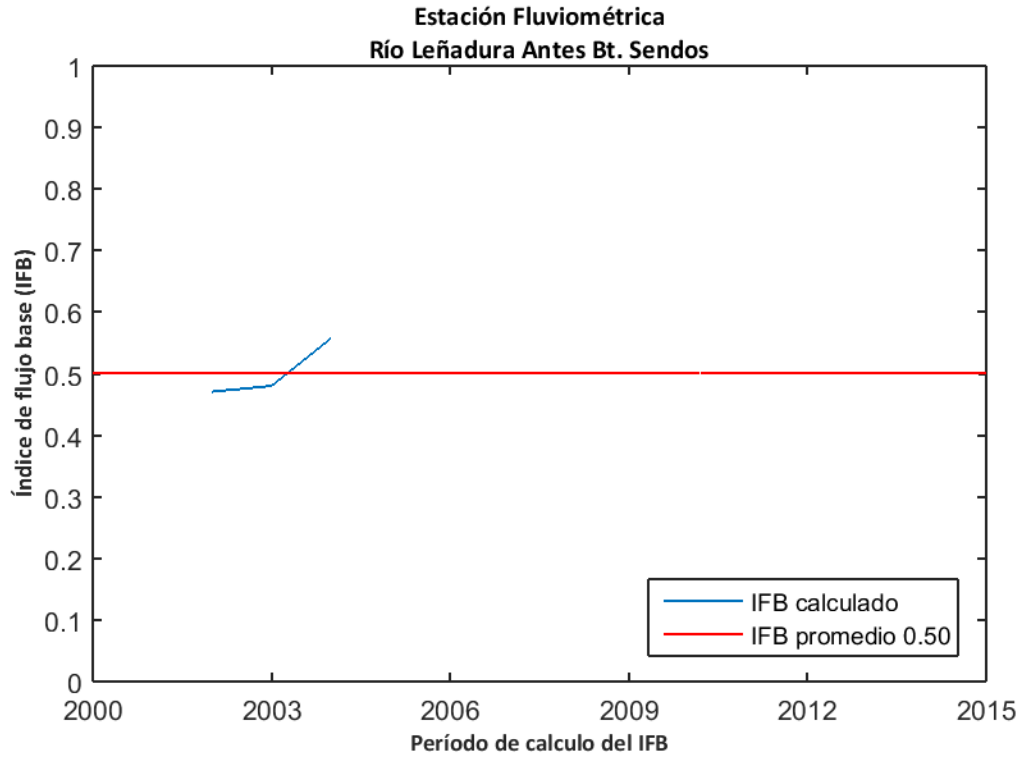


Figura D.170: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Leñadura Antes Bt. Sendos".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Leñadura Antes Bt. Sendos" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 73,7 mm/año (Figura D.171) equivalente a un 17,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Laguna Lynch").

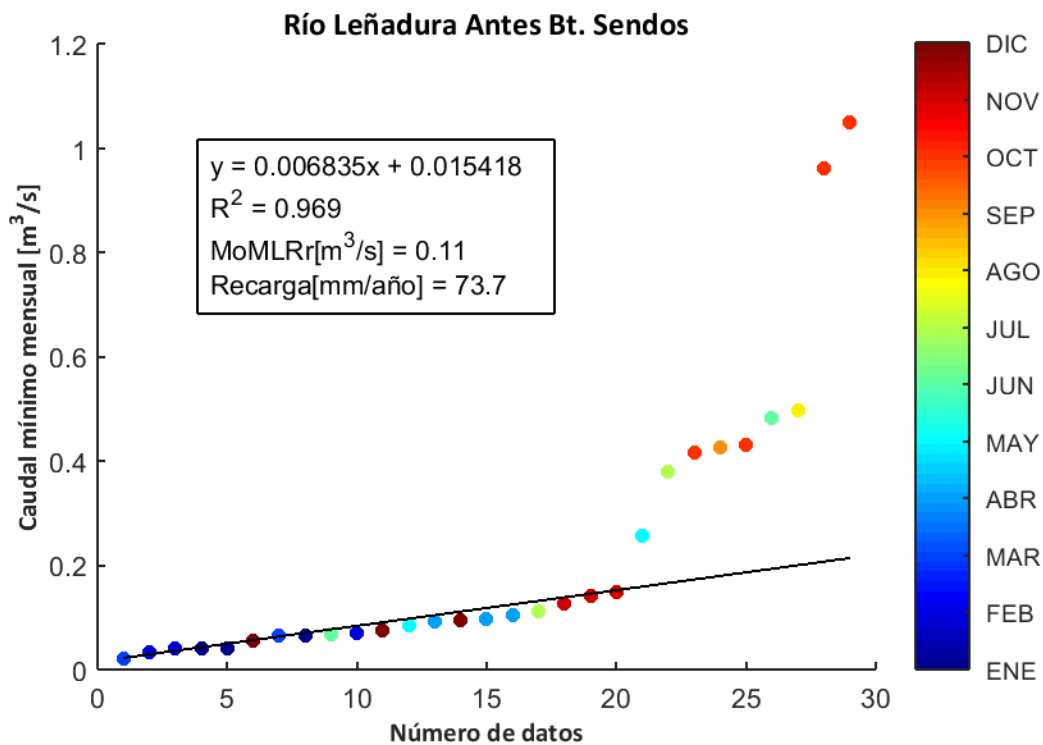


Figura D.171: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Leñadura Antes Bt. Sendos".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Leñadura Antes Bt. Sendos" durante el período de análisis.

D.58. RÍO LAS MINAS EN BT. SENDOS

La estación fluviométrica "Río Las Minas en Bt. Sendos" está ubicada en las cuencas "Costeras entre Ensenada Torino y Punta Dúngeness" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 35,55 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,93 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Las Minas en Bt. Sendos" presenta una precipitación promedio anual de 798,9 mm (Figura D.172).

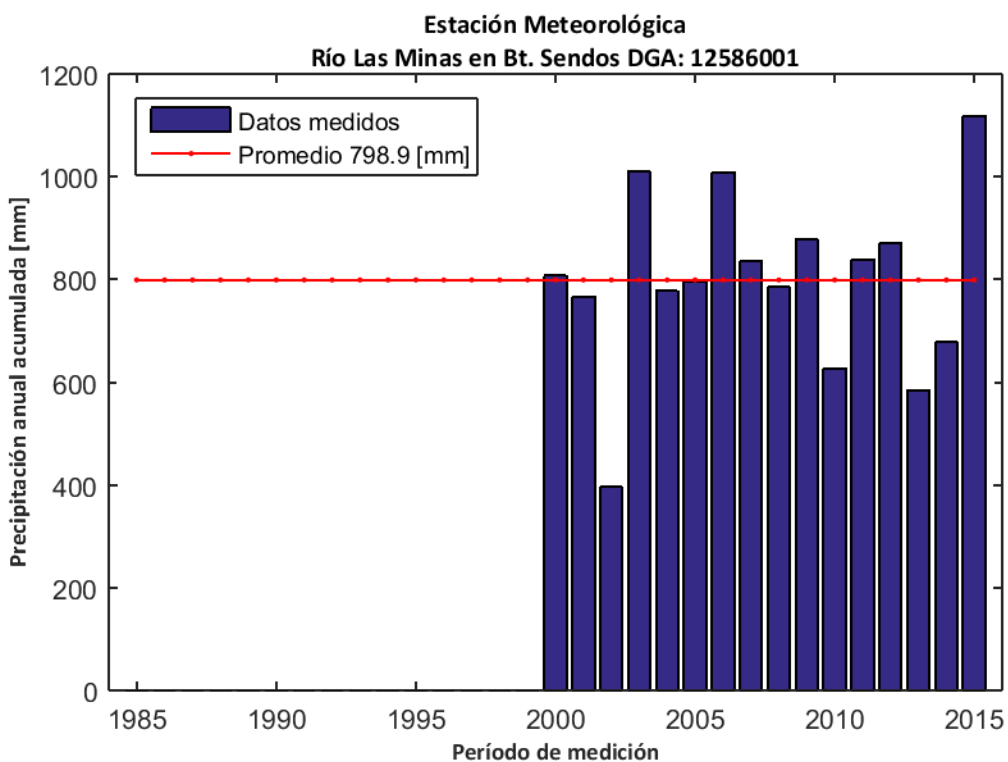


Figura D.172: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Las Minas en Bt. Sendos".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,40 (Figura D.173), lo cual indica que la influencia de agua subterránea en el caudal no es significativa.

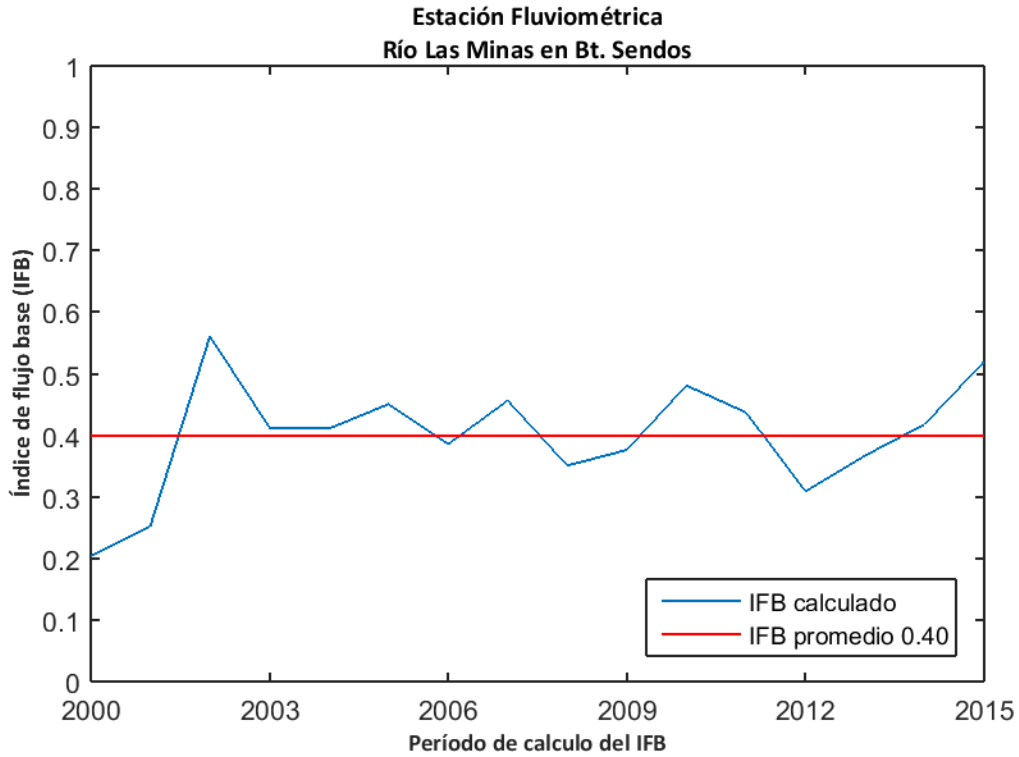


Figura D.173: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Las Minas en Bt. Sendos".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Las Minas en Bt. Sendos" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 166,5 mm/año (Figura D.174) equivalente a un 20,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Minas en Bt. Sendos").

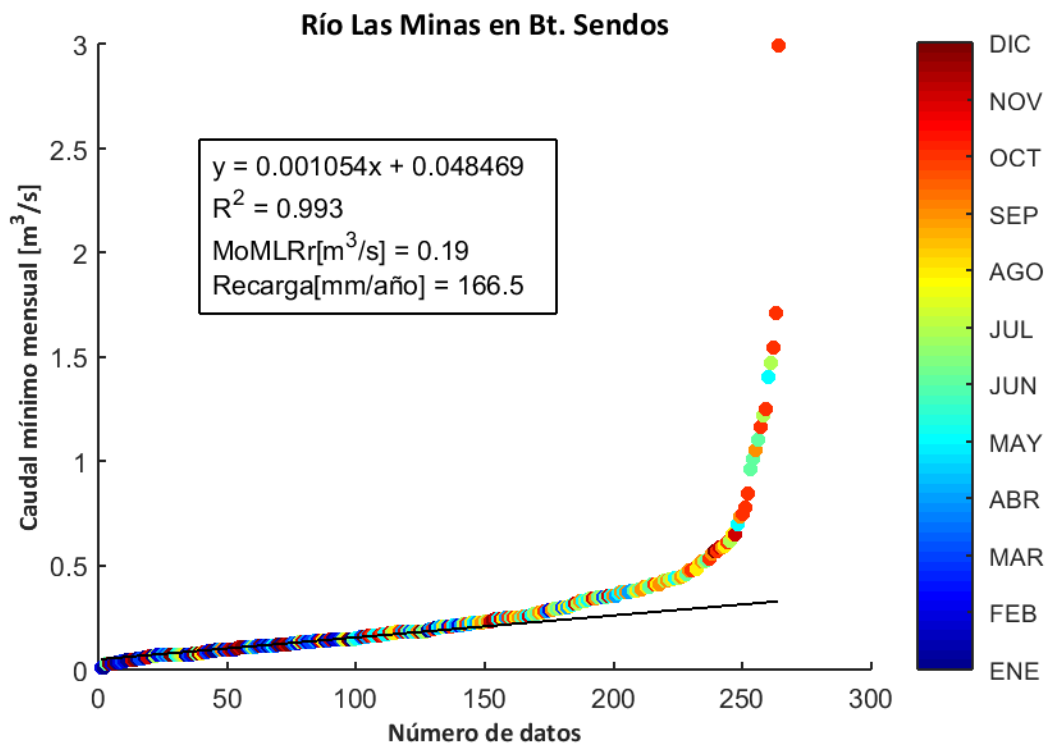


Figura D.174: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Las Minas en Bt. Sendos".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 95, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 95: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Las Minas en Bt. Sendos". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Las Minas en Bt. Sendos	9	21,1	50,9	76,1

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Las Minas en Bt. Sendos" sólo durante los años presentados en la Tabla 96, arrojando un valor promedio de 545,3 mm/año equivalente a un 68,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Las Minas en Bt. Sendos").

Tabla 96: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Las Minas en Bt. Sendos".

Años	Recarga [in]
1993	17,4
2001	20,91
2002	23
2003	24,09
2004	16,74
2006	19,63
2010	17,22
2011	24,38
2012	15,8
2015	35,53
Promedio [in]	21,47
Promedio [mm]	545,3

D.59. RÍO RUBENS EN RUTA N°9

La estación fluviométrica "Río Rubens en Ruta N°9" está ubicada en las cuencas "Fronterizas Vertiente Atlántica" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 504,45 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 12,05 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Rubens en Ruta N°9" presenta una precipitación promedio anual de 434,9 mm (Figura D.175).

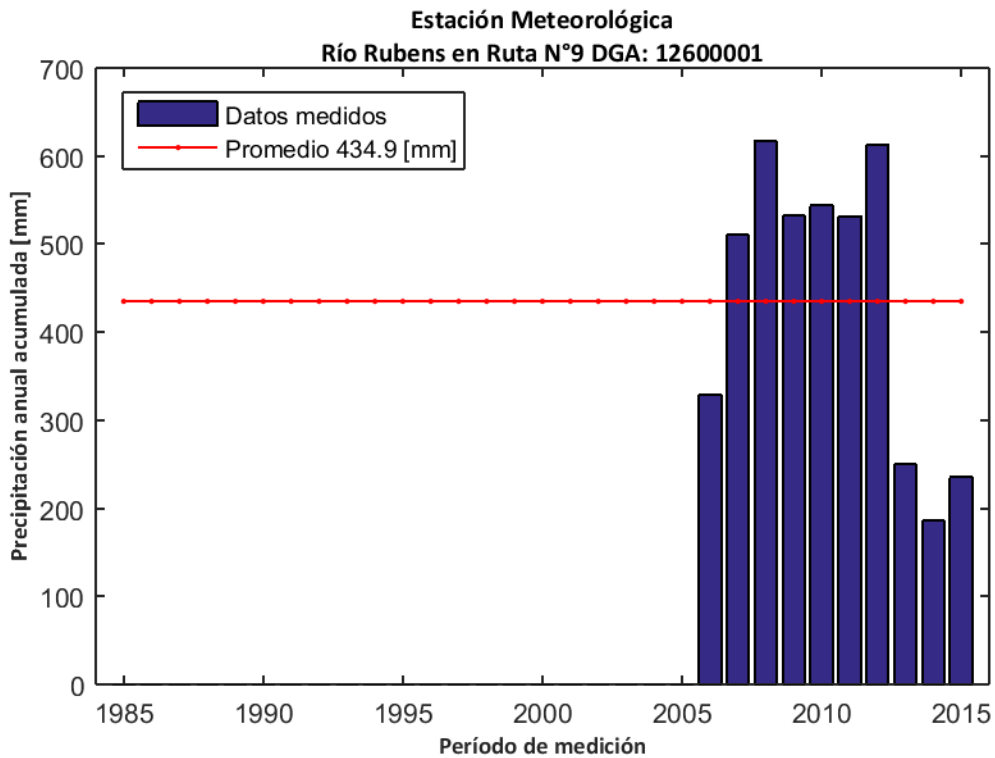


Figura D.175: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Rubens en Ruta N°9".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,50 (Figura D.176), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

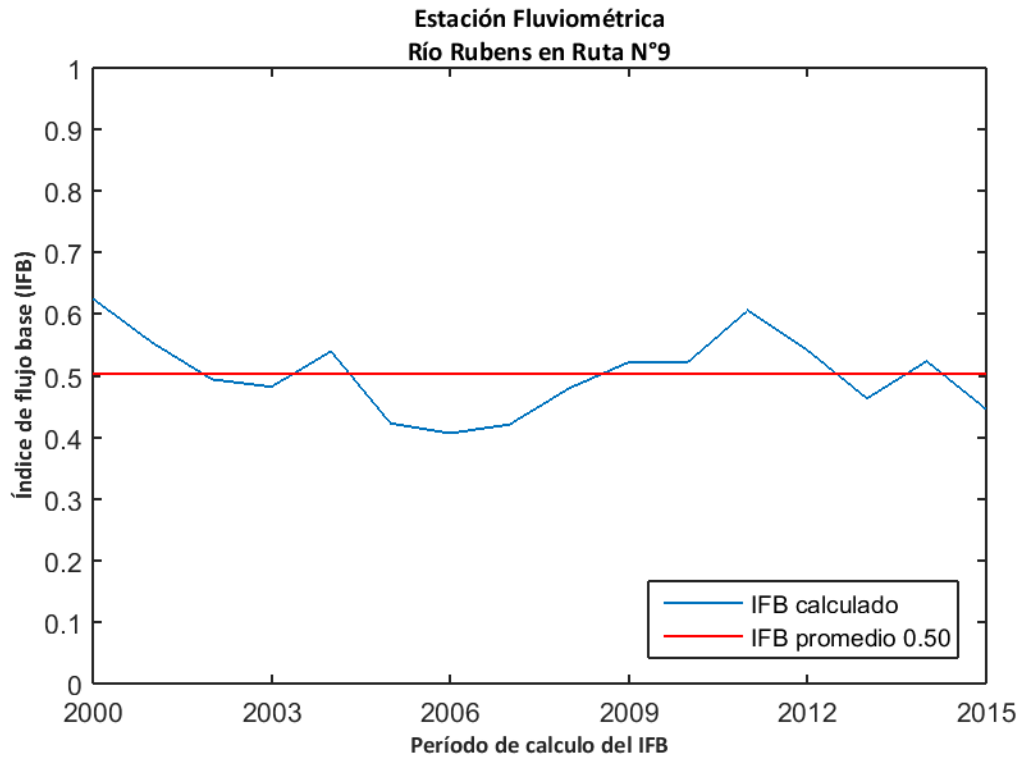


Figura D.176: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Rubens en Ruta N°9".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Rubens en Ruta N°9" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 267,8 mm/año (Figura D.177) equivalente a un 61,6% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Rubens en Ruta N°9").

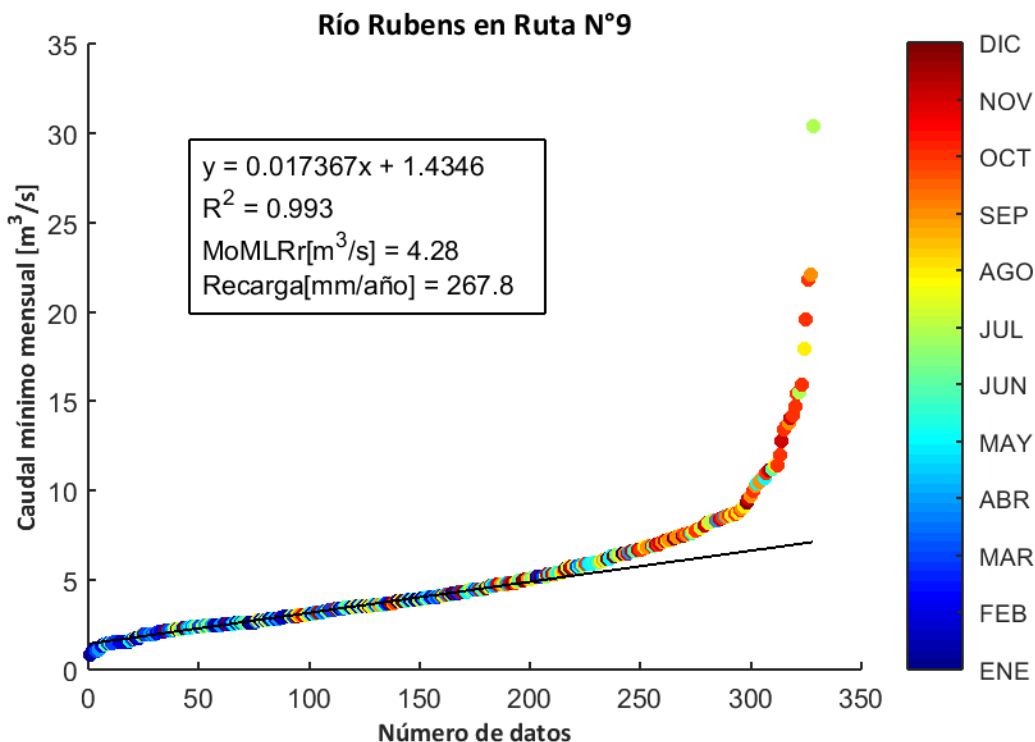


Figura D.177: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Rubens en Ruta N°9".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 97, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 97: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Rubens en Ruta N°9". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Rubens en Ruta N°9	9	18,0	38,0	45,2

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Rubens en Ruta N°9" sólo durante los años presentados en la Tabla 98, arrojando un valor promedio de 615,5 mm/año equivalente a un 141,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Rubens en Ruta N°9").

Tabla 98: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Rubens en Ruta N°9".

Años	Recarga [in]
1985	19,97
1986	35,65
1988	15,87
1989	17,9
1990	25,97
1995	37,15
1997	20,2
1998	29,24
1999	20,25
2000	27,34
2001	18,48
2002	16,73
2003	20,78
2004	15,76
2007	25,61
2010	22,5
2012	31,89
2014	27,6
2015	31,5
Promedio [in]	24,23
Promedio [mm]	615,5

D.60. RÍO PENITENTE EN MORRO CHICO

La estación fluviométrica "Río Penitente en Morro Chico" está ubicada en las cuencas "Fronterizas Vertiente Atlántica" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1479,54 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 14,81 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Penitente en Morro Chico" presenta una precipitación promedio anual de 255,6 mm (Figura D.178).

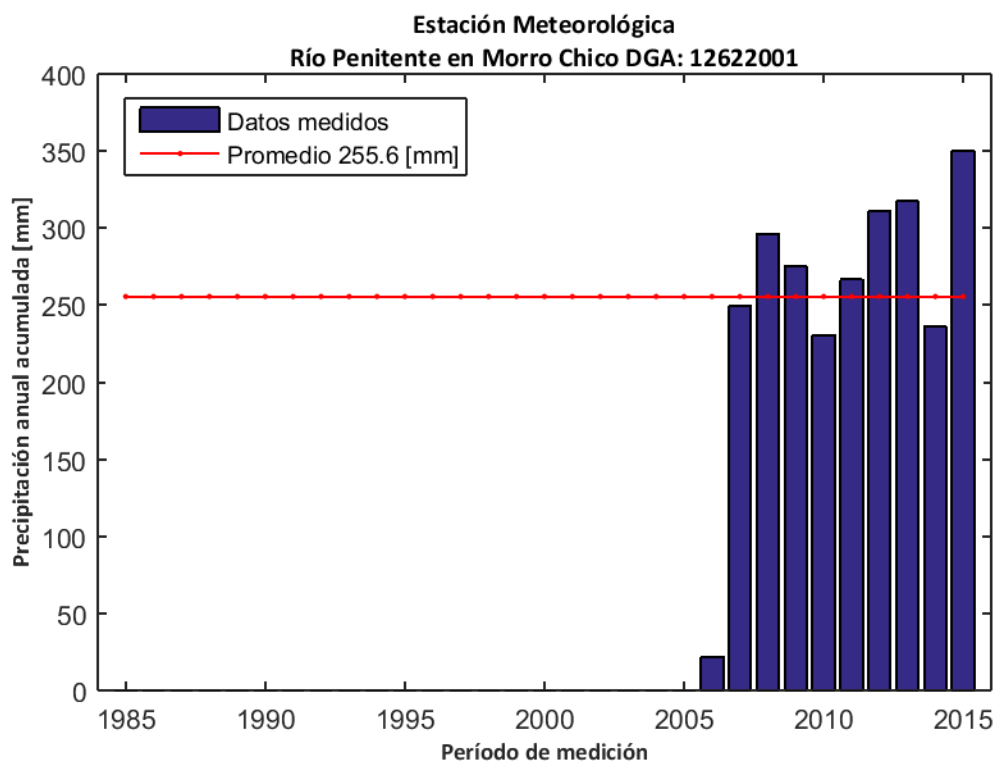


Figura D.178: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Penitente en Morro Chico".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,62 (Figura D.179), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

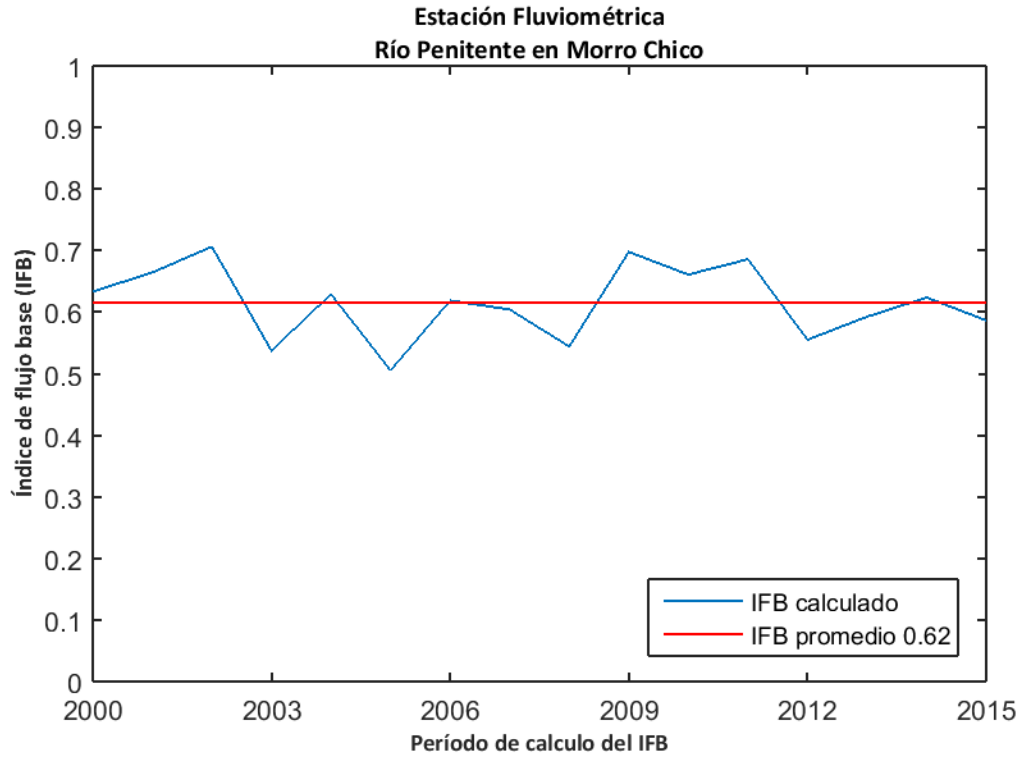


Figura D.179: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Penitente en Morro Chico".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Penitente en Morro Chico" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 93,7 mm/año (Figura D.180) equivalente a un 36,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Penitente en Morro Chico").

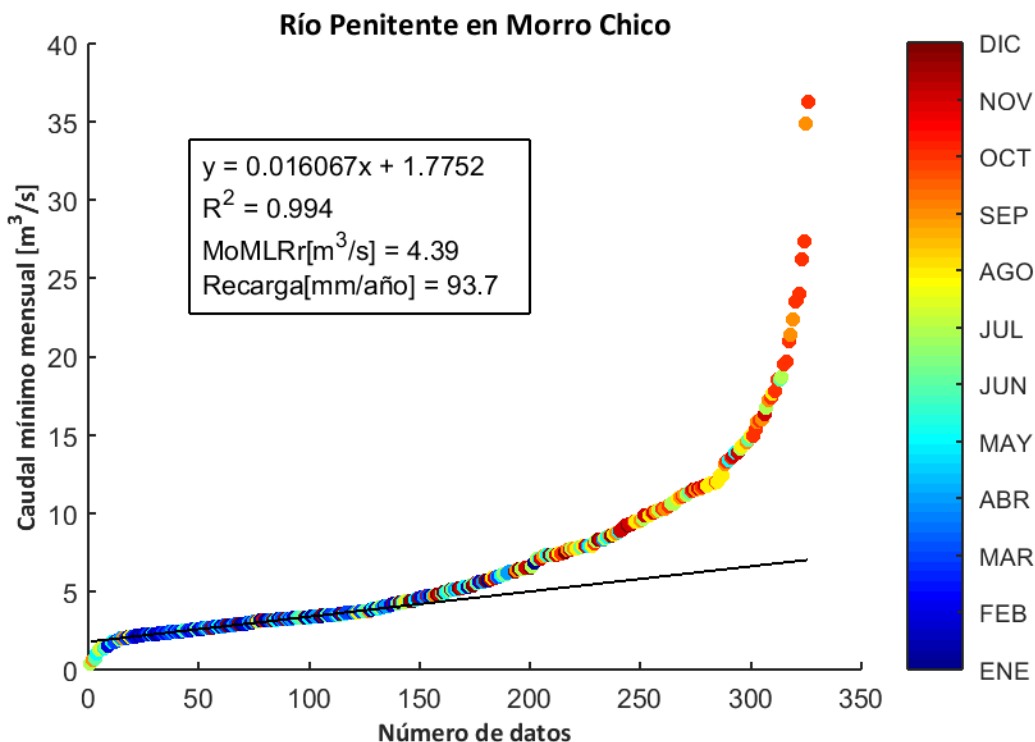


Figura D.180: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Penitente en Morro Chico".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 99, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 99: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Penitente en Morro Chico". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Penitente en Morro Chico	10	26,5	48,6	88,8

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Penitente en Morro Chico" sólo durante los años presentados en la Tabla 100, arrojando un valor promedio de 259,3 mm/año equivalente a un 101,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Penitente en Morro Chico").

Tabla 100: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Penitente en Morro Chico".

Años	Recarga [in]
1986	13,52
1992	9,06
1993	7,33
1996	10
1997	9,31
1998	11,61
1999	5,56
2000	8,79
2001	6,3
2002	10,81
2003	9,06
2004	6,58
2007	10,03
2008	11,98
2009	13,81
2010	13,69
2012	12,51
2014	11,59
2015	12,44
Promedio [in]	10,21
Promedio [mm]	259,3

D.61. RÍO CHAIKE ANTES FRONTERA

La estación fluviométrica "Río Chaíke Antes Frontera" está ubicada en las cuencas "Fronterizas Vertiente Atlántica" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 1460,43 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,33 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Monte Aymond" presenta una precipitación promedio anual de 246,1 mm (Figura D.181).

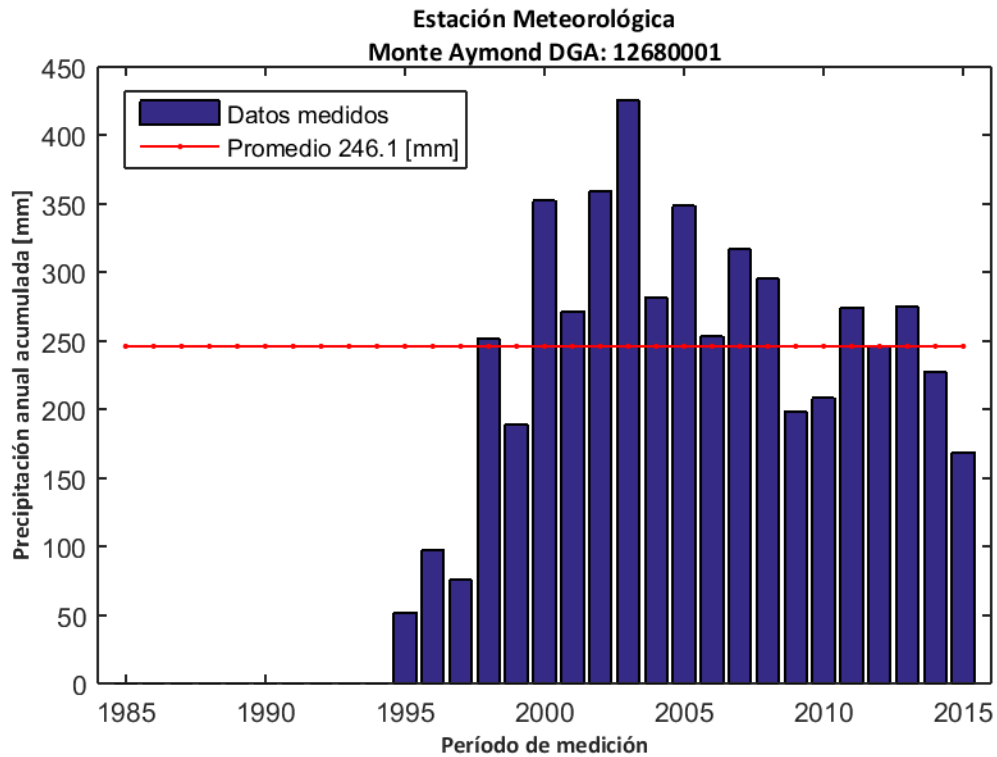


Figura D.181: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Monte Aymond".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,58 (Figura D.182), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

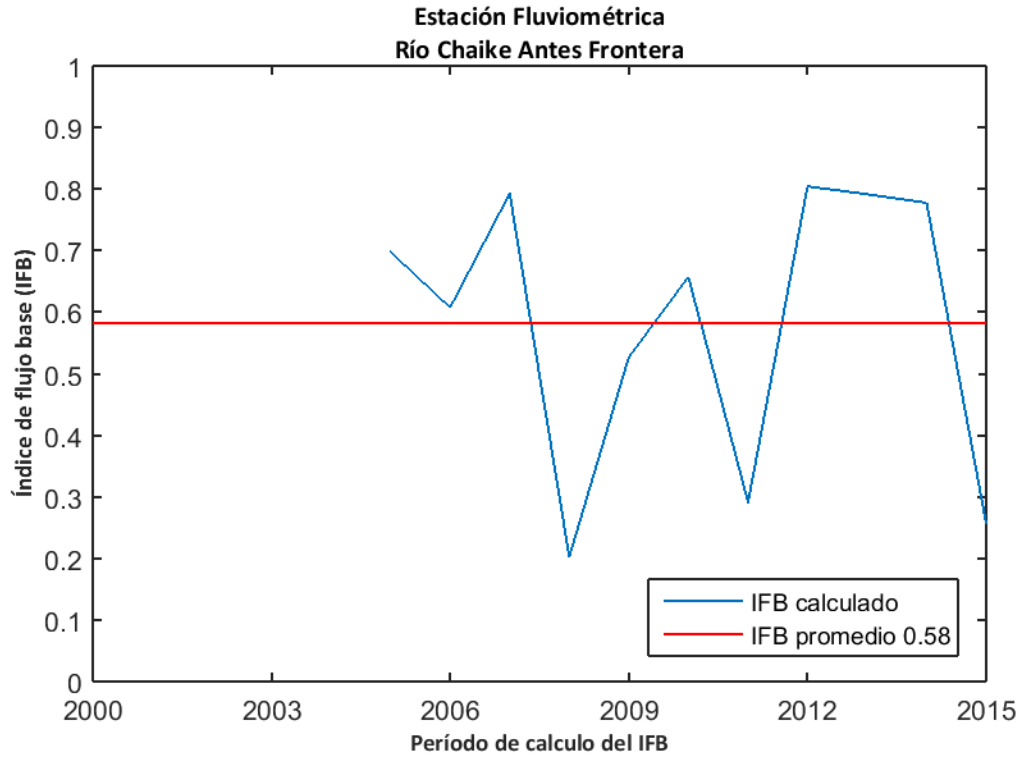


Figura D.182: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Chaike Antes Frontera".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Chaike Antes Frontera" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1,9 mm/año (Figura D.183) equivalente a un 0,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Monte Aymond").

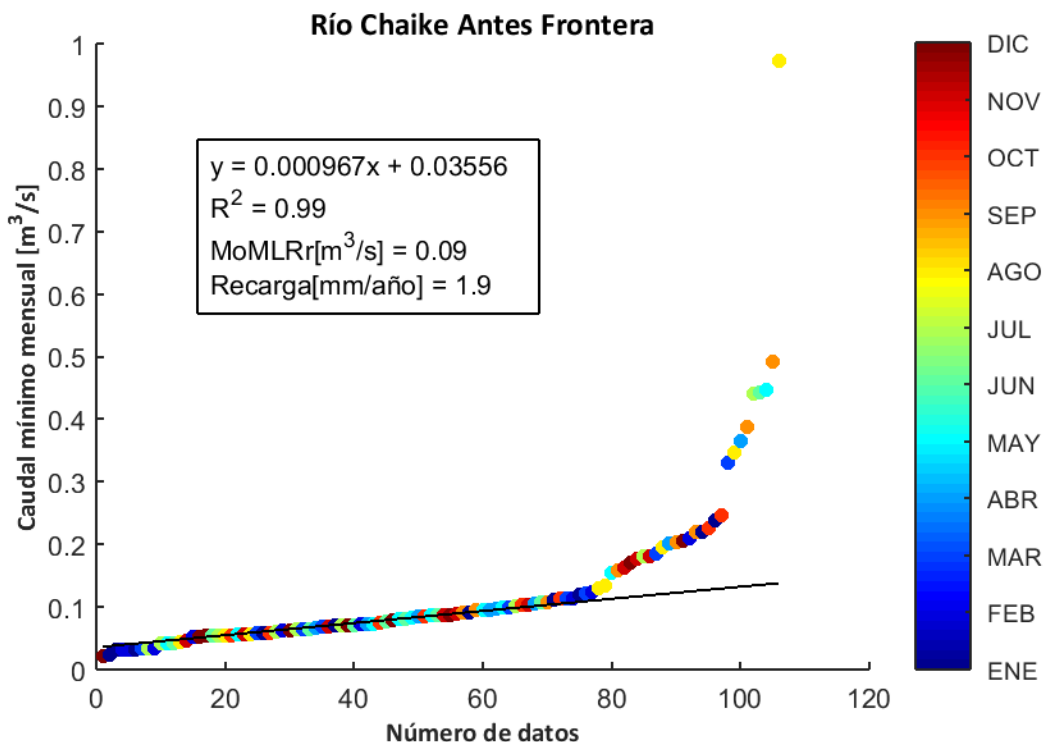


Figura D.183: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Chaike Antes Frontera".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 101, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 101: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Chaike Antes Frontera". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Chaike Antes Frontera	6	12,3	23,2	38,3

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Chaike Antes Frontera" sólo durante los años presentados en la Tabla 102, arrojando un valor promedio de 4,7 mm/año equivalente a un 1,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Monte Aymond").

Tabla 102: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Chaike Antes Frontera".

Años	Recarga [in]
2006	0,25
2007	0,41
2009	0,12
2010	0,1
2012	0,05
Promedio [in]	0,19
Promedio [mm]	4,7

D.62. RÍO SIDE EN CERRO SOMBRERO

La estación fluviométrica "Río Side en Cerro Sombrero" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 808,55 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 1,49 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Cerro Sombrero" presenta una precipitación promedio anual de 240,8 mm (Figura D.184).

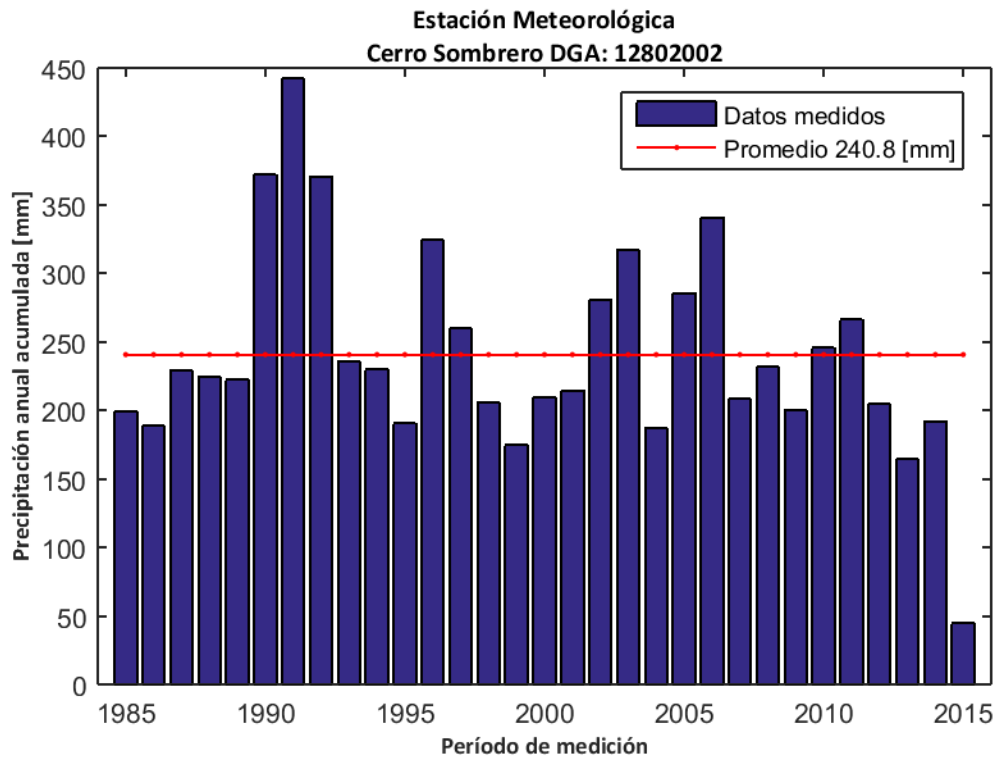


Figura D.184: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Cerro Sombrero".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,69 (Figura D.185), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

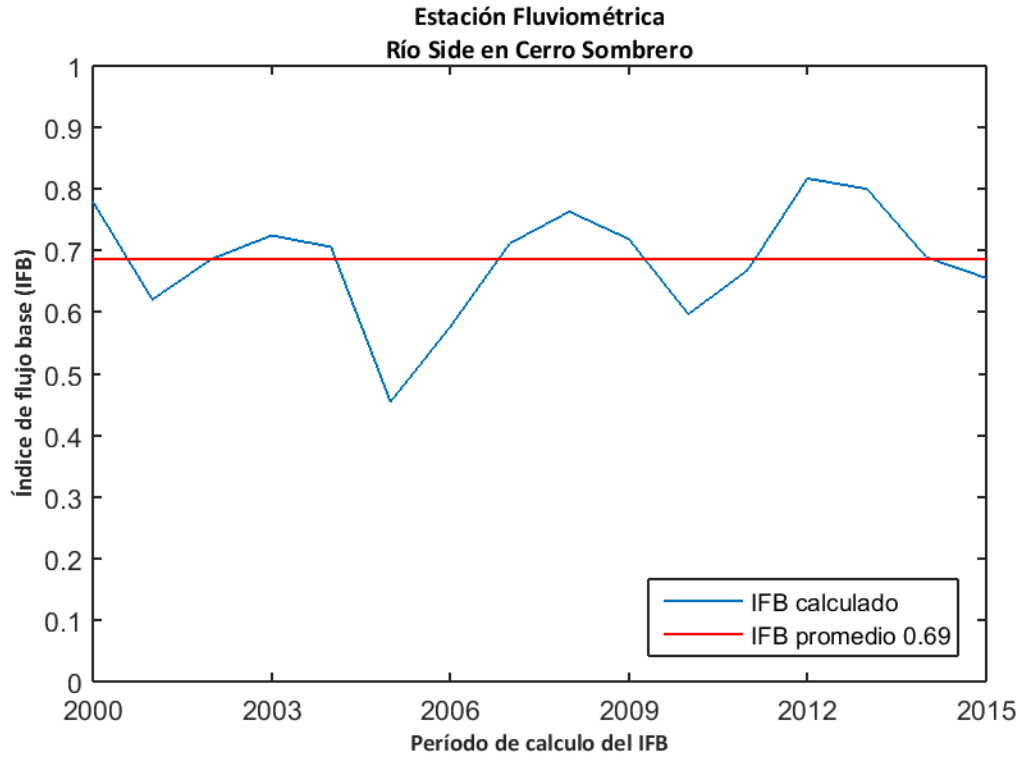


Figura D.185: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Side en Cerro Sombrero".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Side en Cerro Sombrero" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 31,4 mm/año (Figura D.186) equivalente a un 13,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Sombrero").

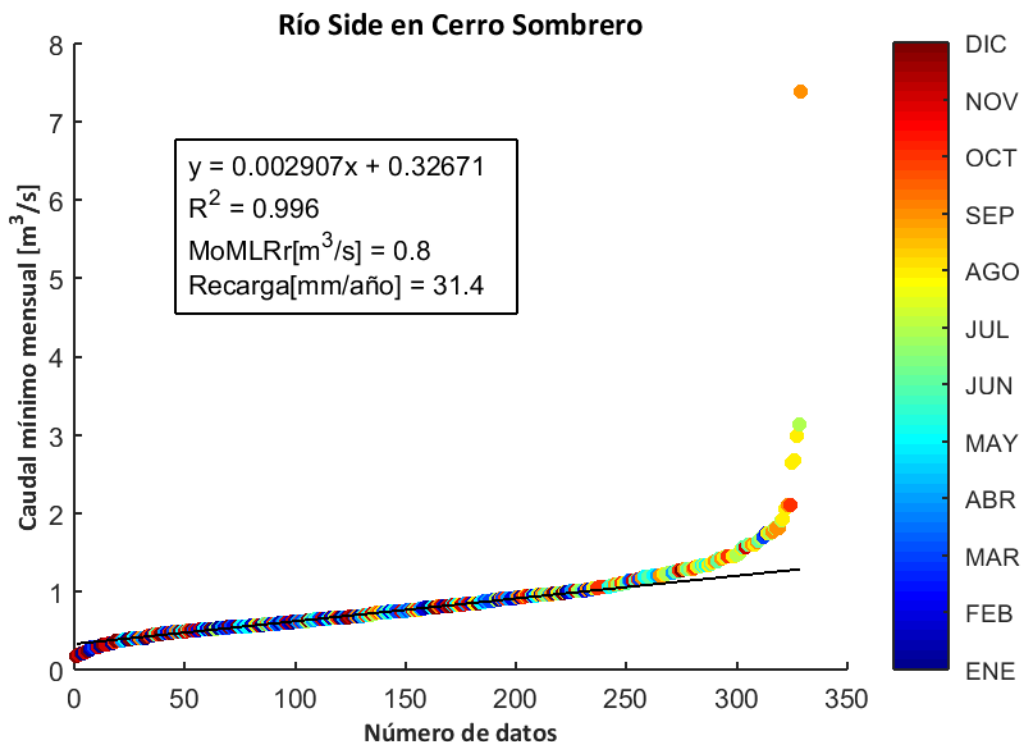


Figura D.186: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Side en Cerro Sombrero".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 103, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 103: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Side en Cerro Sombrero". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Side en Cerro Sombrero	5	29,6	73,7	81,3

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Side en Cerro Sombrero" sólo durante los años presentados en la Tabla 104, arrojando un valor promedio de 43,9 mm/año equivalente a un 18,2% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Sombrero").

Tabla 104: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Side en Cerro Sombrero".

Años	Recarga [in]
1985	1,59
1988	1,36
1989	1,11
1993	0,92
1996	1,29
1997	1,9
1998	1,41
1999	1,04
2000	1,13
2001	1,42
2002	1,73
2003	1,63
2004	1,08
2005	1,82
2007	2,05
2008	2,32
2009	2,09
2011	4,32
2012	2,08
2013	1,84
2014	1,91
2015	2,02
Promedio [in]	1,73
Promedio [mm]	43,9

D.63. RÍO ÓSCAR EN BAHÍA SAN FELIPE

La estación fluviométrica "Río Óscar en Bahía San Felipe" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 559,57 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 2,08 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Bahía San Felipe" presenta una precipitación promedio anual de 360,4 mm (Figura D.187).

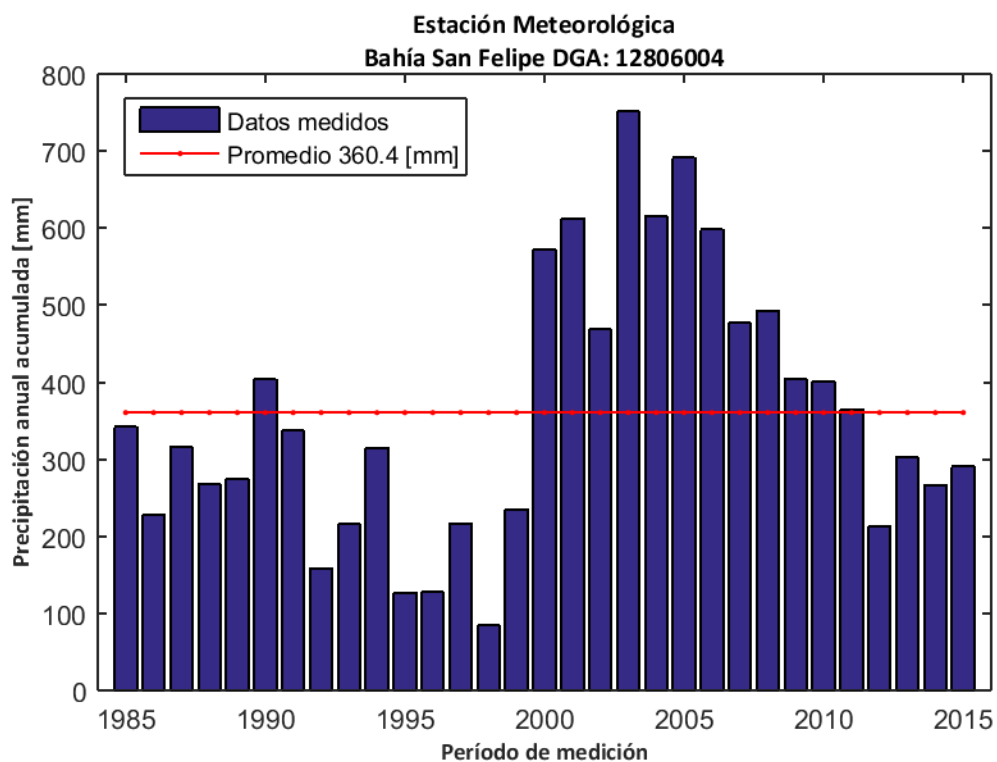


Figura D.187: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Bahía San Felipe".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,74 (Figura D.188), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

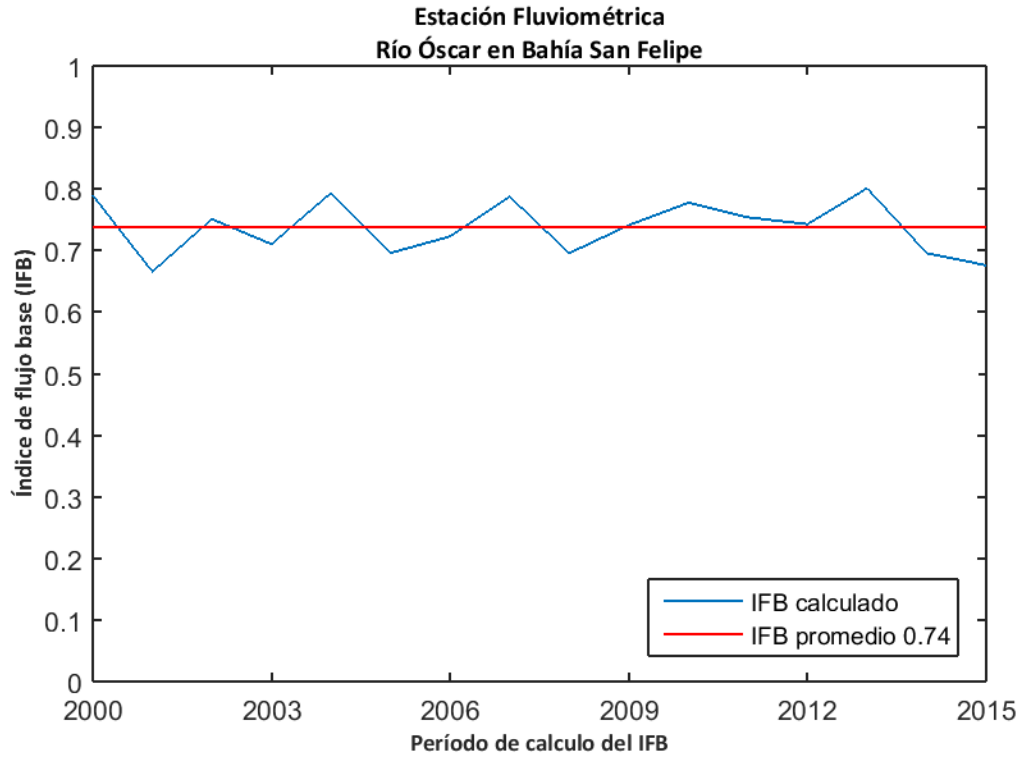


Figura D.188: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Óscar en Bahía San Felipe".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Óscar en Bahía San Felipe" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 66,6 mm/año (Figura D.189) equivalente a un 18,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Bahía San Felipe").

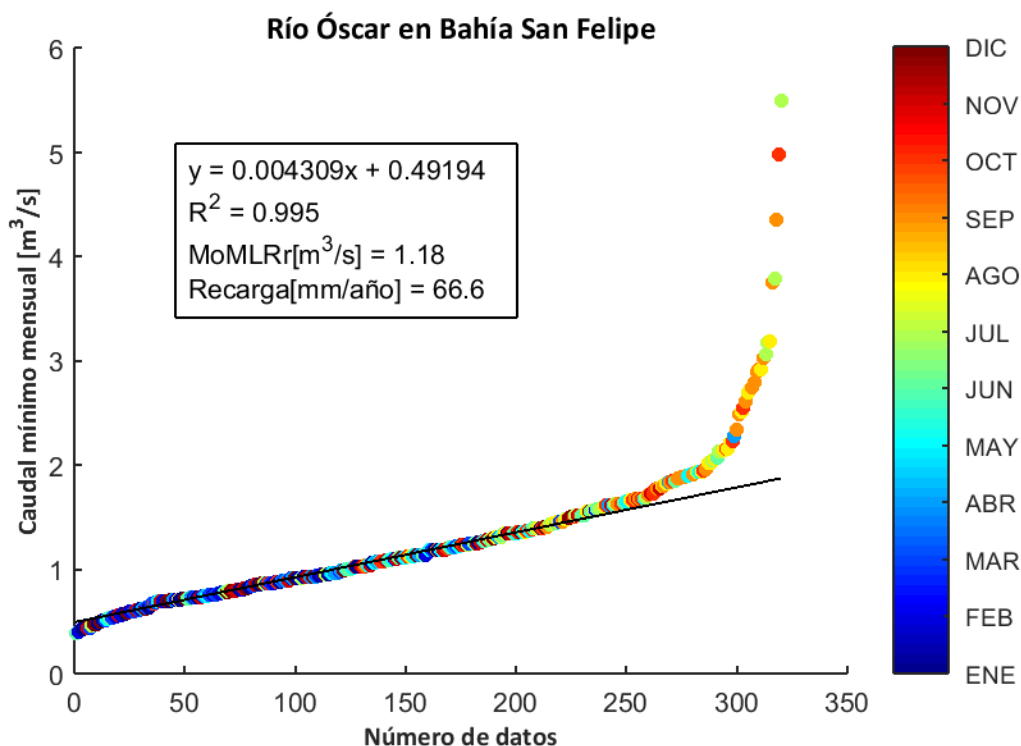


Figura D.189: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Óscar en Bahía San Felipe".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 105, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 105: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Óscar en Bahía San Felipe". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Óscar en Bahía San Felipe	7	50,0	71,8	131,2

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Óscar en Bahía San Felipe" sólo durante los años presentados en la Tabla 106, arrojando un valor promedio de 101,2 mm/año equivalente a un 28,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Bahía San Felipe").

Tabla 106: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Óscar en Bahía San Felipe".

Años	Recarga [in]
1986	5,82
1987	3,67
1988	3,6
1994	2,89
2000	3,27
2001	3,28
2002	2,84
2003	4,33
2004	3,24
2007	5,26
2008	4,65
2009	4,31
2010	4,93
2013	3,68
Promedio [in]	3,98
Promedio [mm]	101,2

D.64. RÍO ORO EN BAHÍA SAN FELIPE

La estación fluviométrica "Río Oro en Bahía San Felipe" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 600,66 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 3,22 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Bahía San Felipe" presenta una precipitación promedio anual de 360,4 mm (Figura D.190).

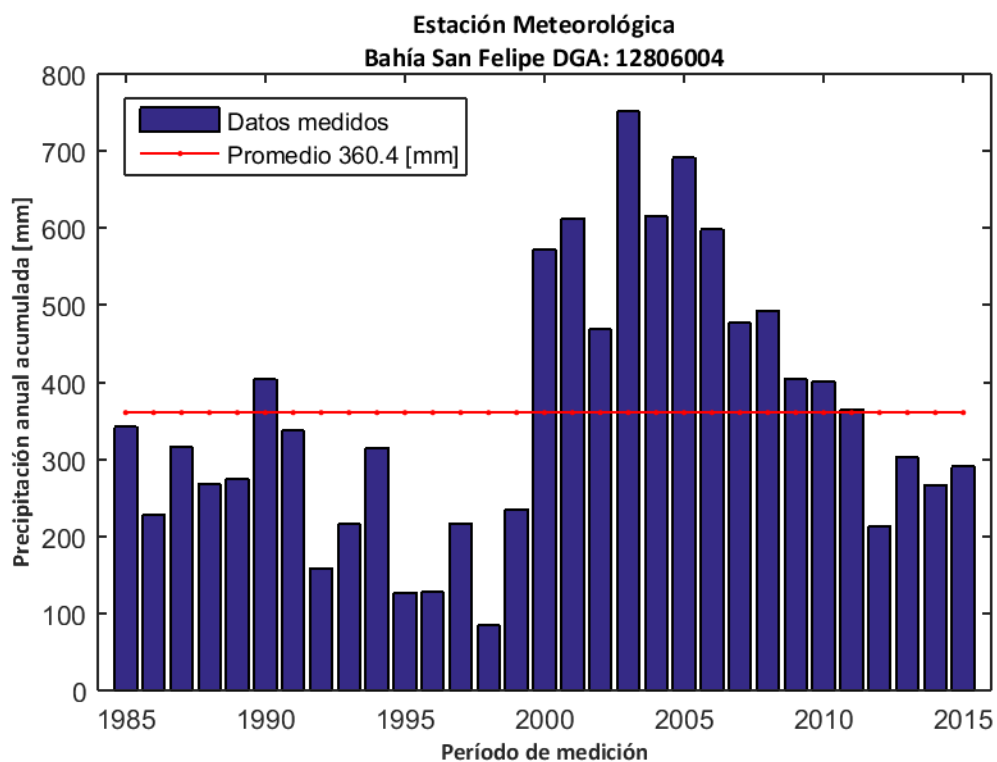


Figura D.190: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Bahía San Felipe".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,74 (Figura D.191), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

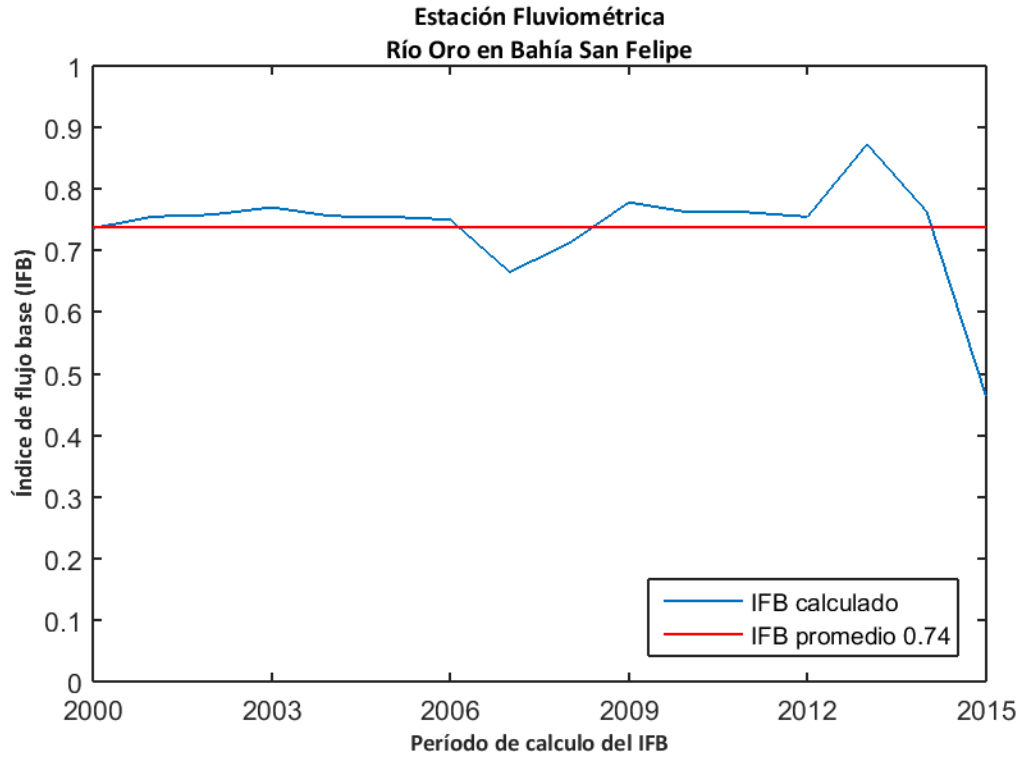


Figura D.191: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Oro en Bahía San Felipe".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Oro en Bahía San Felipe" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 93,4 mm/año (Figura D.192) equivalente a un 25,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Bahía San Felipe").

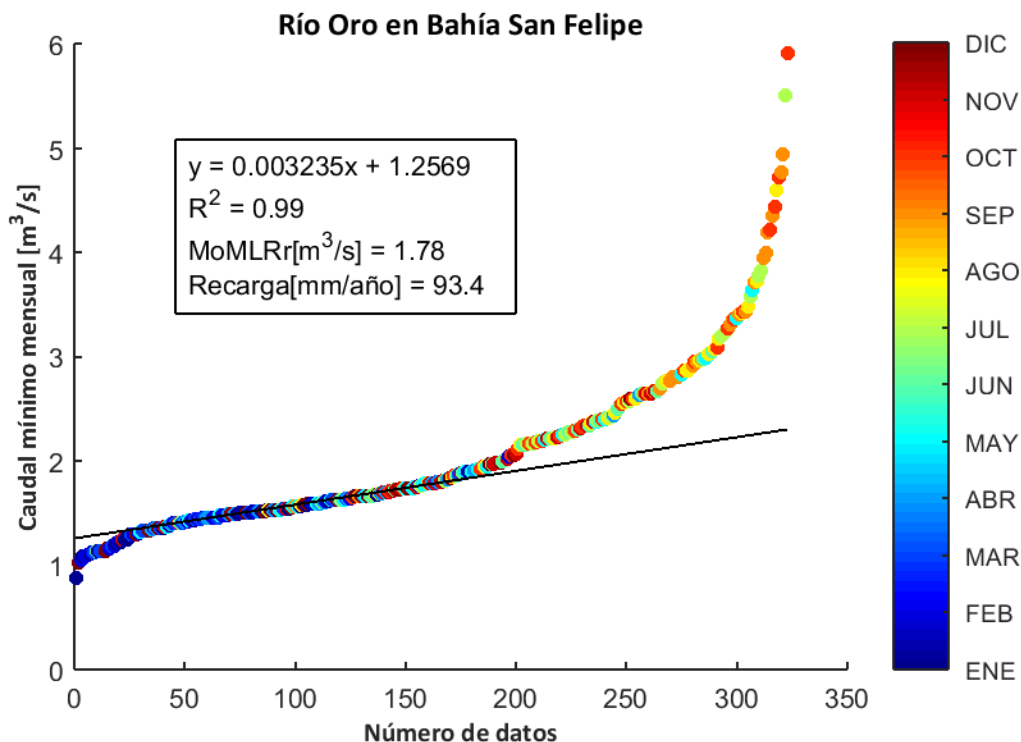


Figura D.192: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Oro en Bahía San Felipe".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 107, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 107: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Oro en Bahía San Felipe". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Oro en Bahía San Felipe	6	56,3	81,0	122,5

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Oro en Bahía San Felipe" sólo durante los años presentados en la Tabla 108, arrojando un valor promedio de 46,0 mm/año equivalente a un 12,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Bahía San Felipe").

Tabla 108: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Oro en Bahía San Felipe".

Años	Recarga [in]
1988	1,39
1989	1,1
1993	1,42
1994	1,86
1995	2,23
1997	2,14
1998	1,49
1999	1,64
2000	1,47
2001	2,32
2005	1,85
2006	2,55
2007	2,62
2008	1,83
2009	1,75
2010	1,71
2011	1,92
2012	1,55
2013	1,57
Promedio [in]	1,81
Promedio [mm]	46,0

D.65. RÍO CALETA EN TIERRA DEL FUEGO

La estación fluviométrica "Río Caleta en Tierra Del Fuego" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 87,91 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 1,20 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Caleta en Tierra Del Fuego" presenta una precipitación promedio anual de 304,6 mm (Figura D.193).

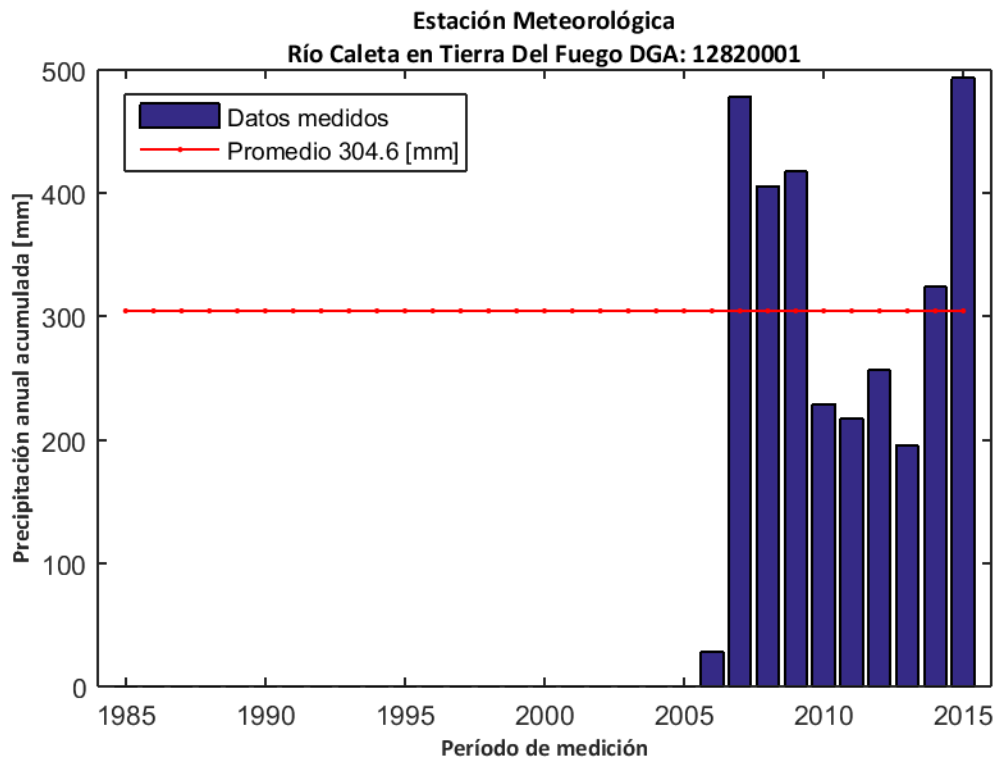


Figura D.193: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Caleta en Tierra Del Fuego".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,55 (Figura D.194), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

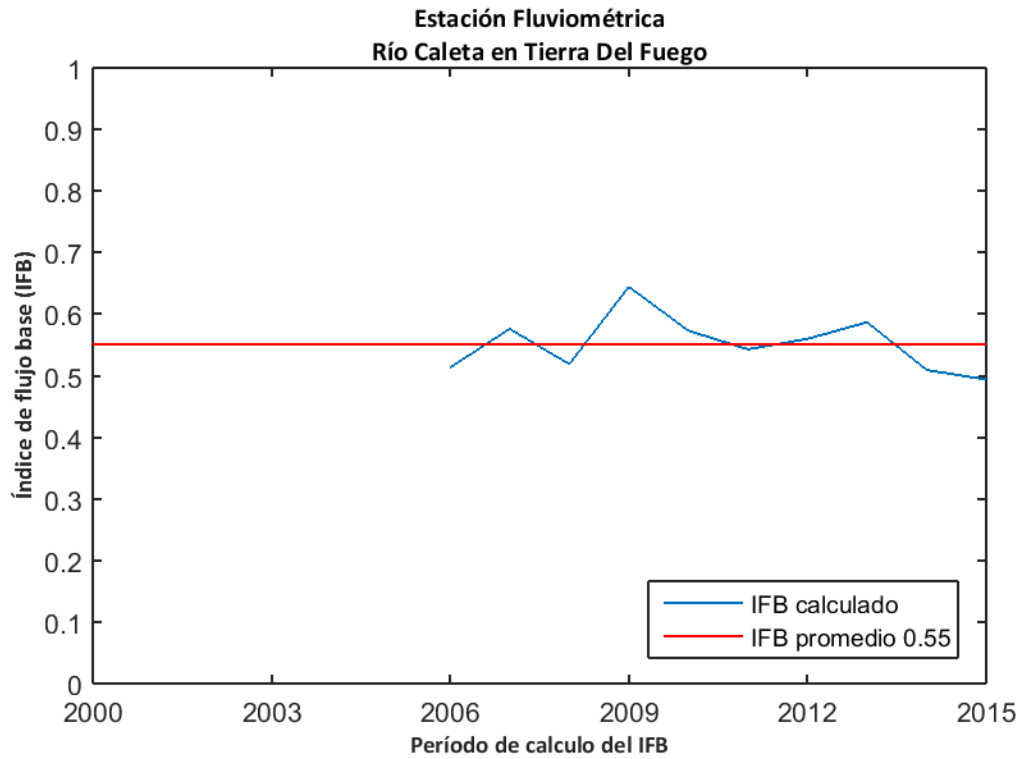


Figura D.194: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Caleta en Tierra Del Fuego".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Caleta en Tierra Del Fuego" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 164,6 mm/año (Figura D.195) equivalente a un 54,0% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Caleta en Tierra Del Fuego").

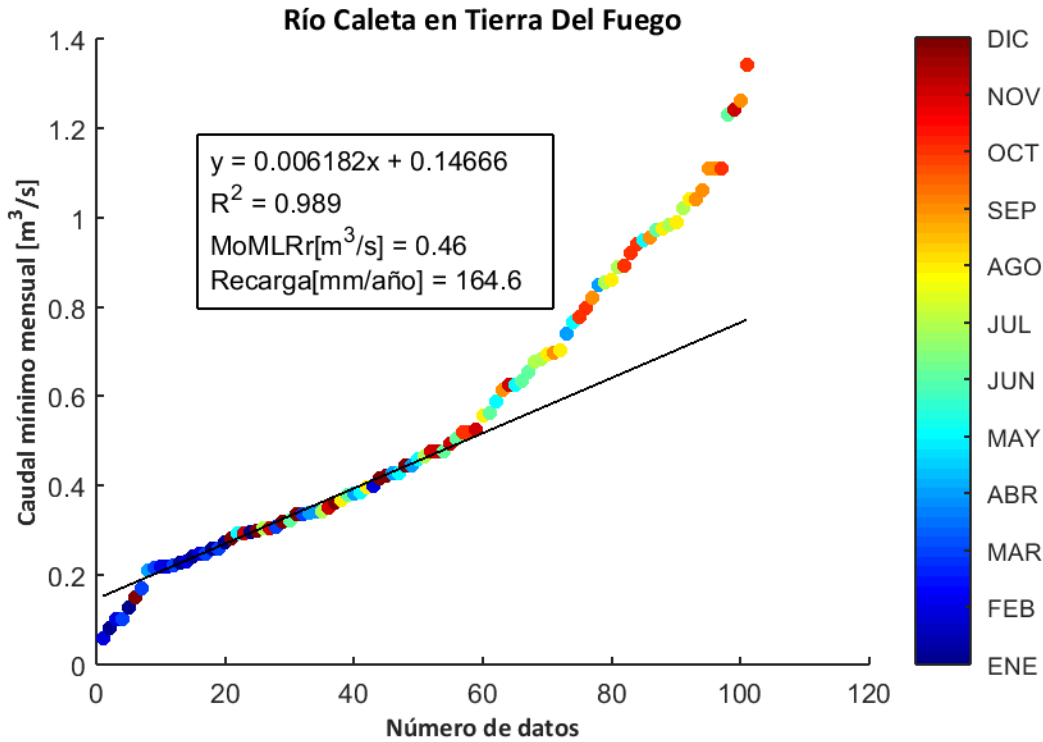


Figura D.195: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Caleta en Tierra Del Fuego".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 109, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 109: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Caleta en Tierra Del Fuego". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Caleta en Tierra Del Fuego	8	40,5	44,5	60,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Caleta en Tierra Del Fuego" sólo durante los años presentados en la Tabla 110, arrojando un valor promedio de 348,6 mm/año equivalente a un 114,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Caleta en Tierra Del Fuego").

Tabla 110: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Caleta en Tierra Del Fuego".

Años	Recarga [in]
2007	10,71
2009	15,02
2010	11,45
2012	9,6
2013	12,21
2014	14,28
2015	22,8
Promedio [in]	13,72
Promedio [mm]	348,6

D.66. RÍO AZOPARDO EN DESEMBOCADURA

La estación fluviométrica "Río Azopardo en Desembocadura" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 3524,52 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 50,65 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Azopardo en Desembocadura" presenta una precipitación promedio anual de 1109,9 mm (Figura D.196).

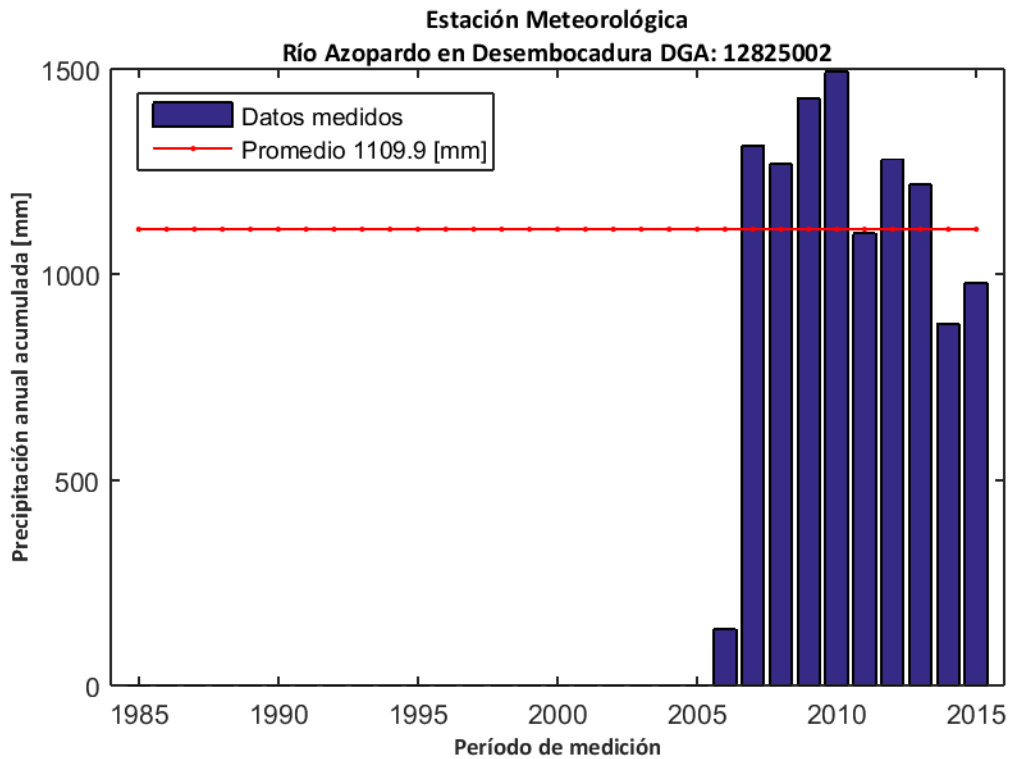


Figura D.196: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Azopardo en Desembocadura".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,96 (Figura D.197), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

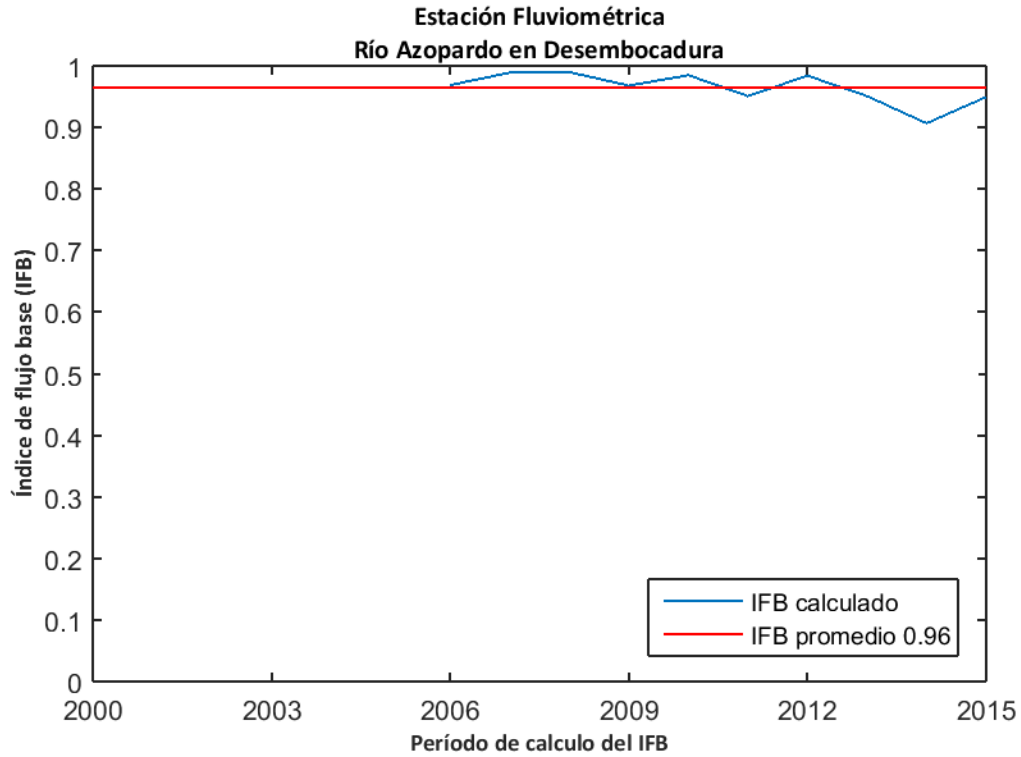


Figura D.197: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Azopardo en Desembocadura".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Azopardo en Desembocadura" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 406,8 mm/año (Figura D.198) equivalente a un 36,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Azopardo en Desembocadura").

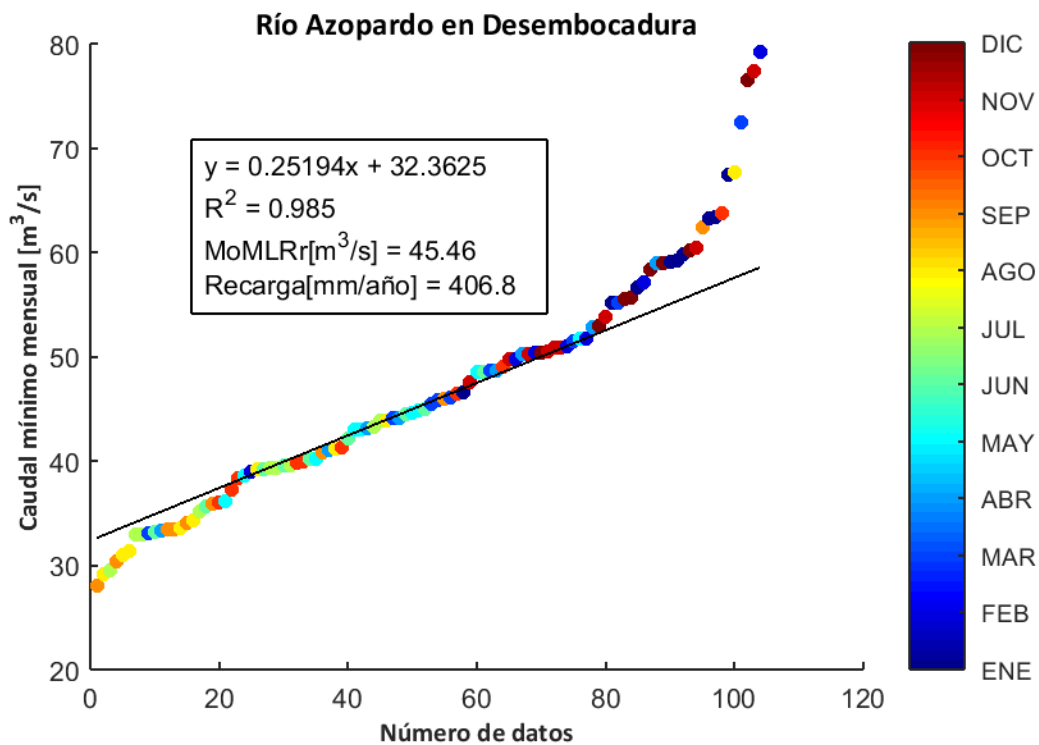


Figura D.198: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Azopardo en Desembocadura".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Azopardo en Desembocadura" durante el período de análisis.

D.67. RÍO CULLEN EN FRONTERA

La estación fluviométrica "Río Cullen en Frontera" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 708,63 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,07 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Cerro Sombrero" presenta una precipitación promedio anual de 240,8 mm (Figura D.199).

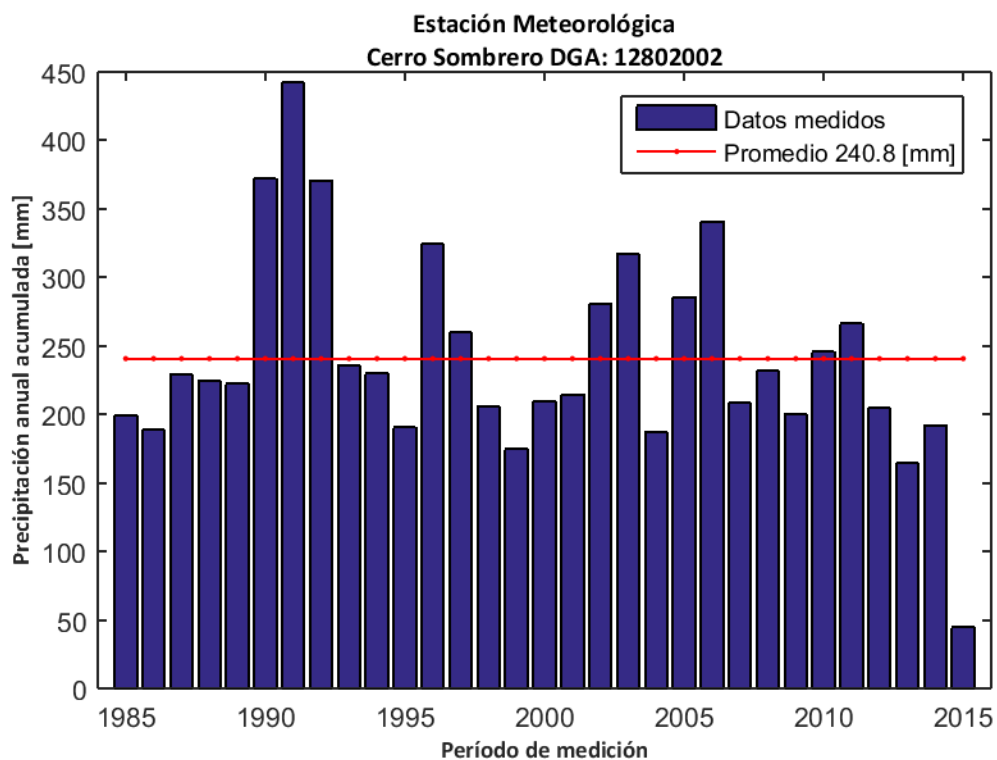


Figura D.199: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Cerro Sombrero".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,64 (Figura D.200), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

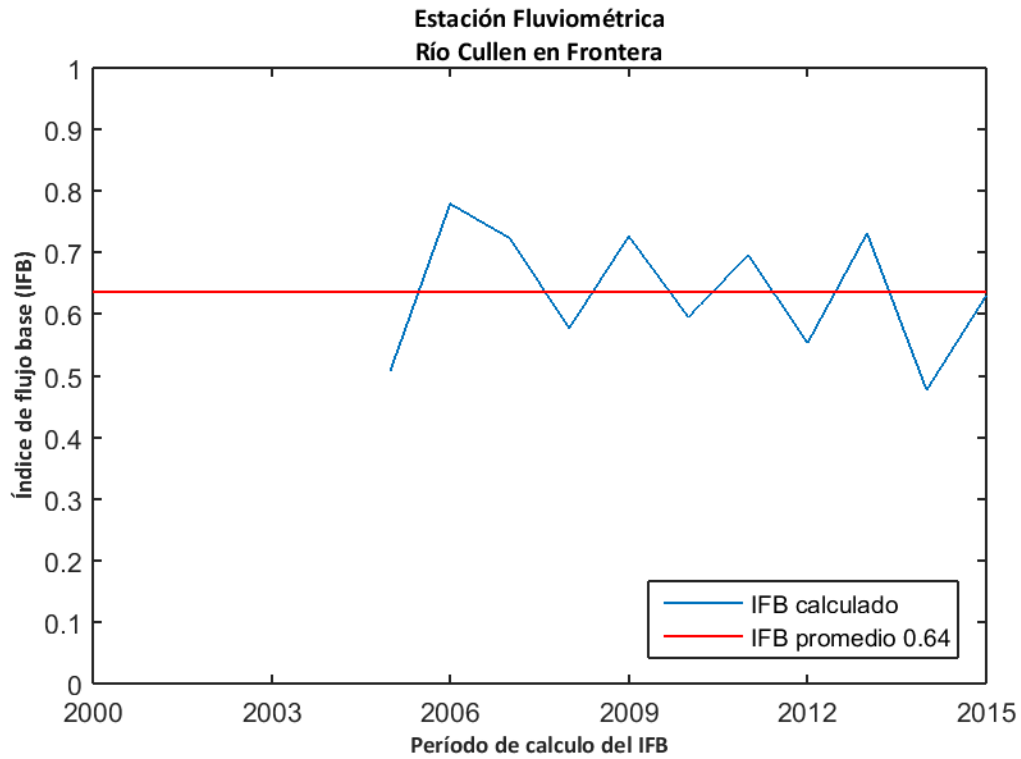


Figura D.200: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Cullen en Frontera".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Cullen en Frontera" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 1,3 mm/año (Figura D.201) equivalente a un 0,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Sombrero").

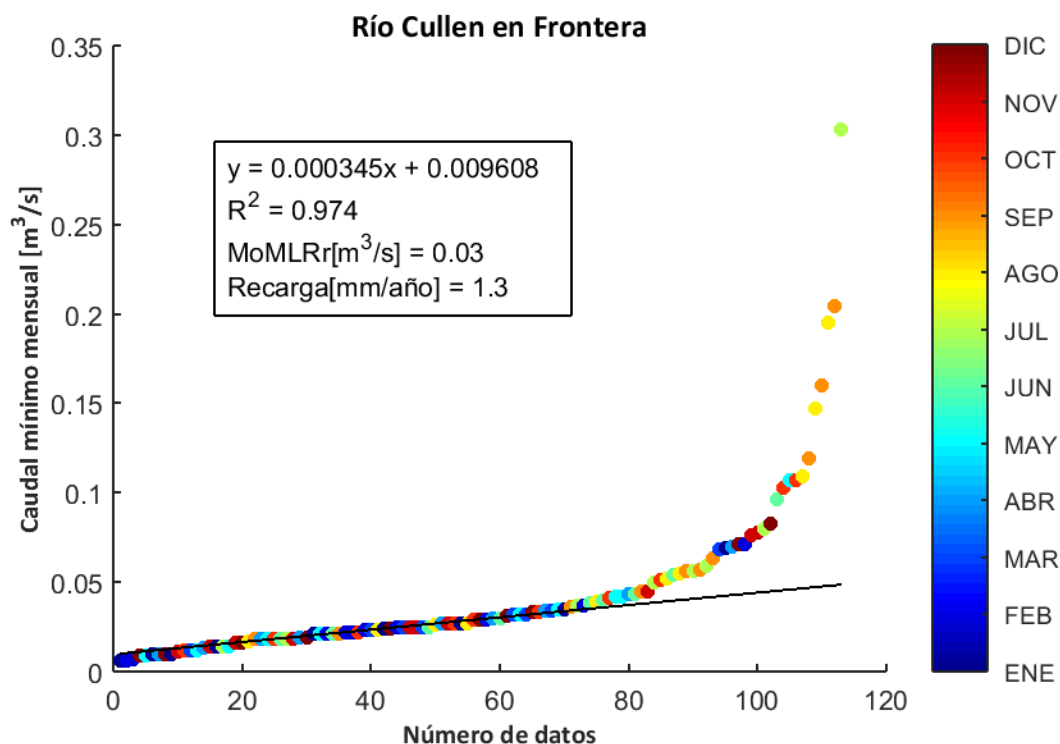


Figura D.201: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Cullen en Frontera".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 111, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 111: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Cullen en Frontera". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Cullen en Frontera	2	23,6	24,4	25,2

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Cullen en Frontera" sólo durante los años presentados en la Tabla 112, arrojando un valor promedio de 3,6 mm/año equivalente a un 1,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Cerro Sombrero").

Tabla 112: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Cullen en Frontera".

Años	Recarga [in]
2006	0,23
2007	0,22
2009	0,07
2010	0,11
2012	0,07
Promedio [in]	0,14
Promedio [mm]	3,6

D.68. RÍO SAN MARTÍN EN SAN SEBASTIÁN

La estación fluviométrica "Río San Martín en San Sebastián" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 198,17 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,71 m³/s. La estación meteorológica más cercana "San Sebastián" presenta una precipitación promedio anual de 296,4 mm (Figura D.202).

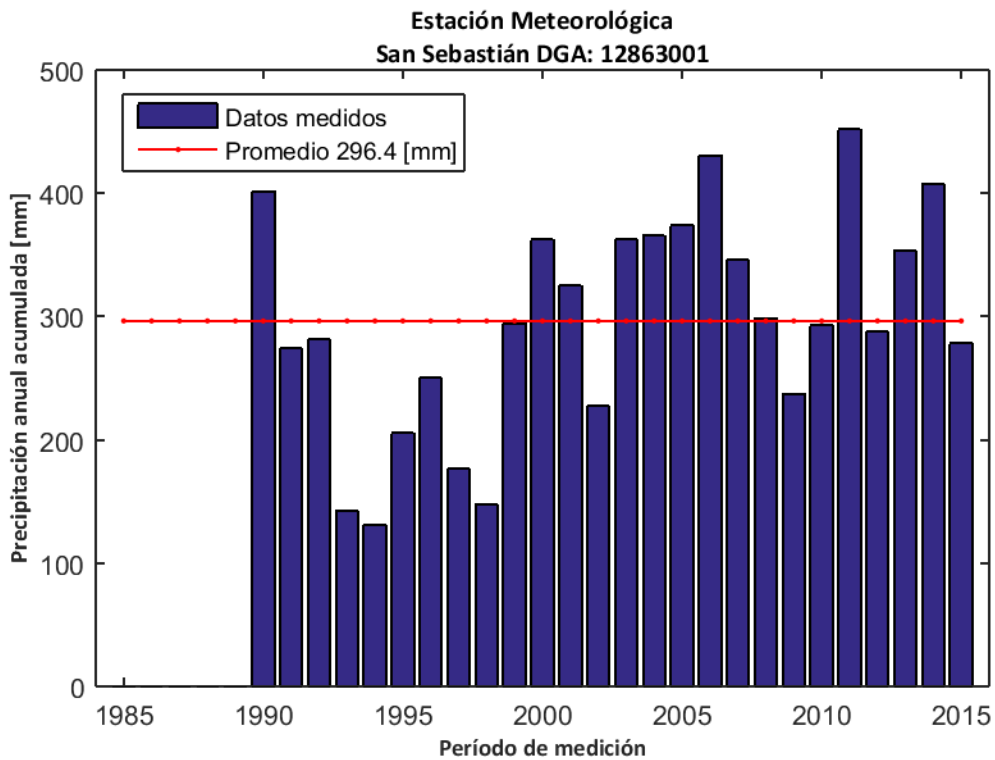


Figura D.202: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "San Sebastián".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,61 (Figura D.203), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

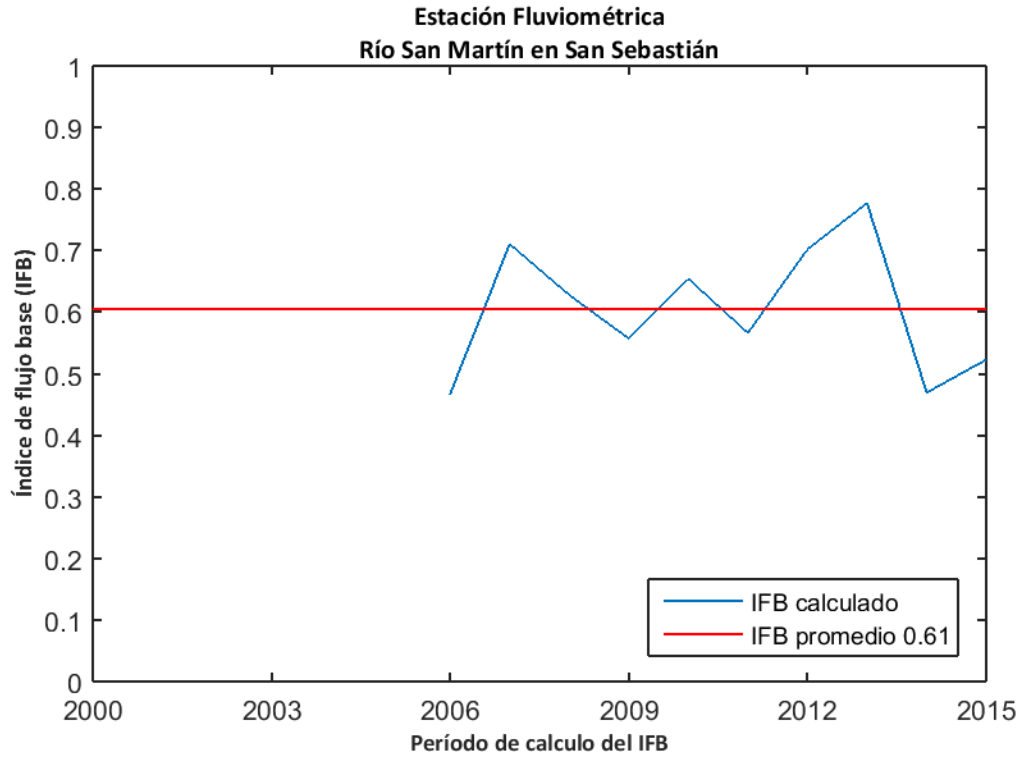


Figura D.203: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río San Martín en San Sebastián".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río San Martín en San Sebastián" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 31,6 mm/año (Figura D.204) equivalente a un 10,7% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("San Sebastián").

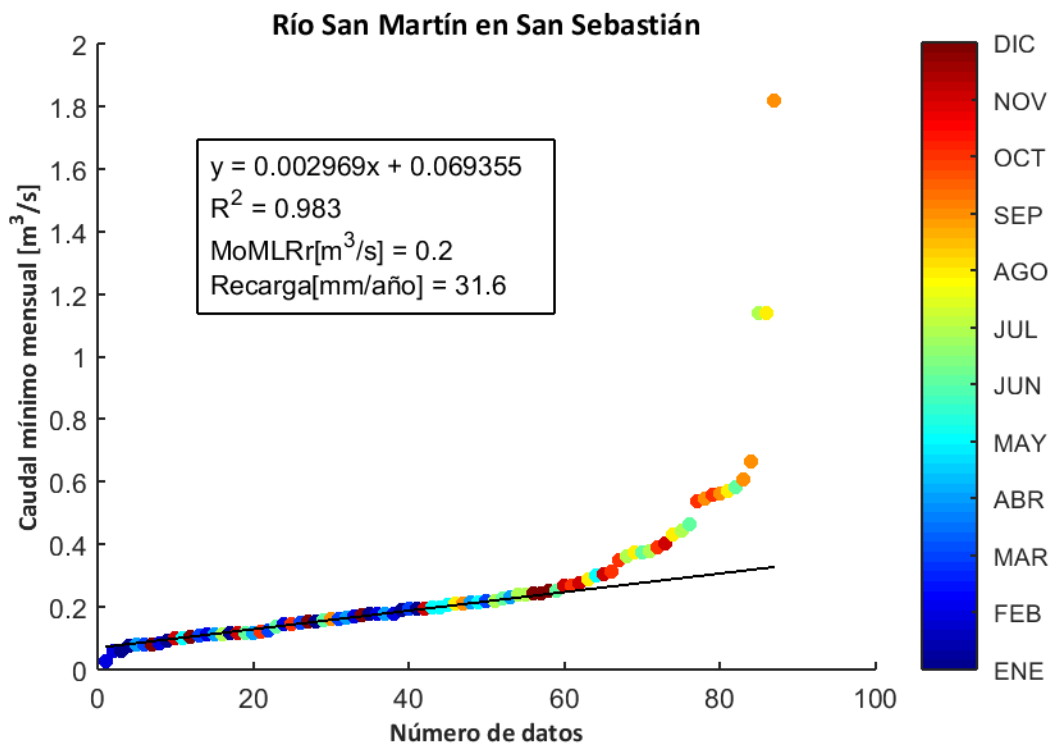


Figura D.204: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río San Martín en San Sebastián".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río San Martín en San Sebastián" durante el período de análisis.

D.69. RÍO CHICO EN RUTA Y-895

La estación fluviométrica "Río Chico en Ruta Y-895" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 590,85 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 4,66 m³/s. La estación meteorológica más cercana "San Sebastián" presenta una precipitación promedio anual de 296,4 mm (Figura D.205).

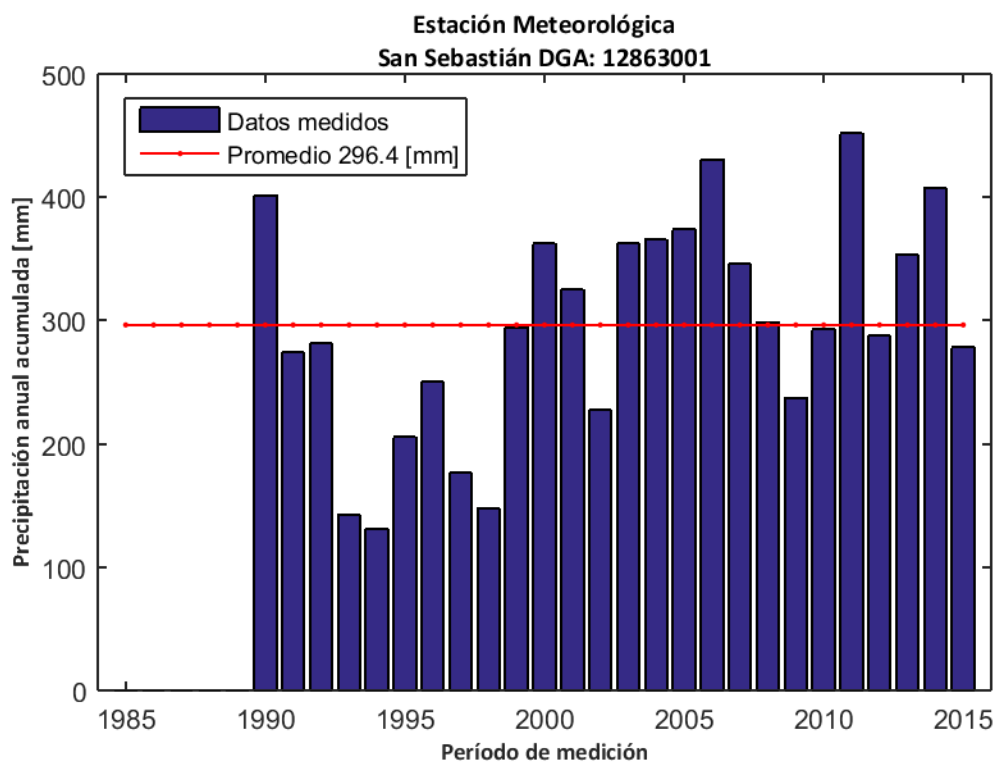


Figura D.205: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "San Sebastián".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,74 (Figura D.206), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

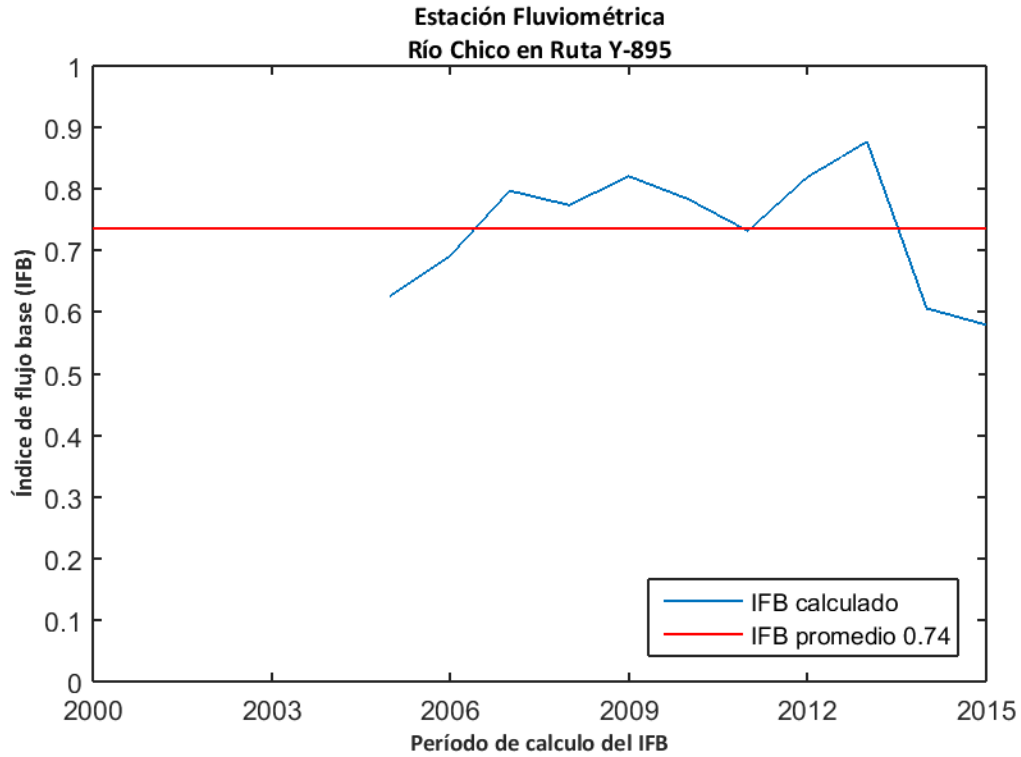


Figura D.206: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Chico en Ruta Y-895".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Chico en Ruta Y-895" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 141,7 mm/año (Figura D.207) equivalente a un 47,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("San Sebastián").

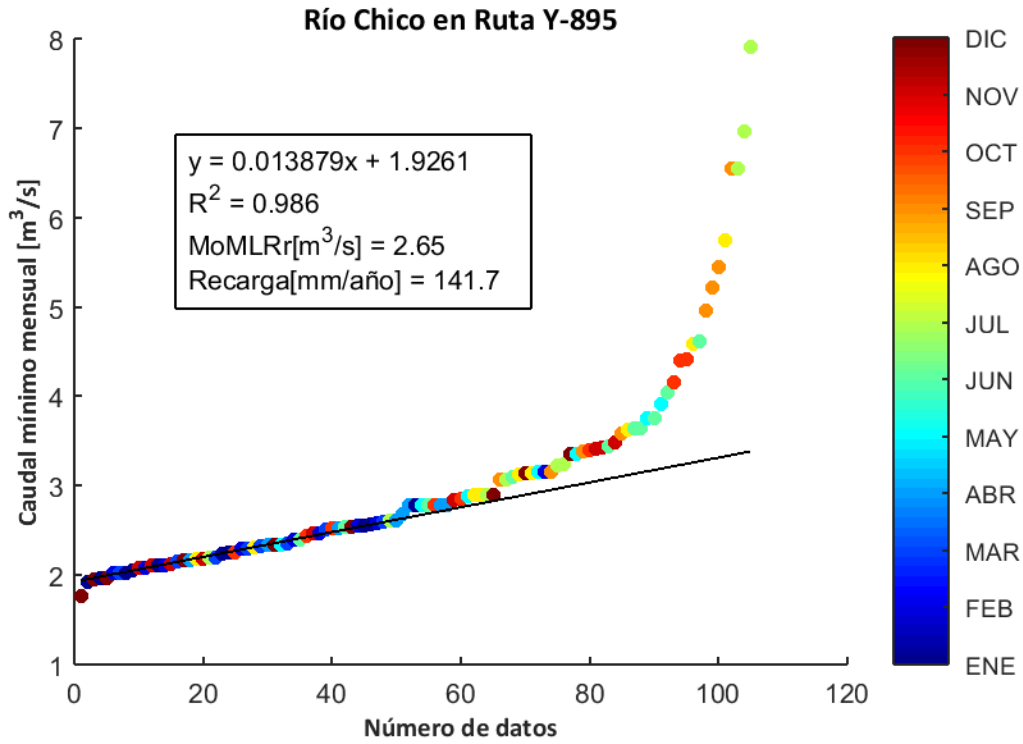


Figura D.207: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Chico en Ruta Y-895".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Chico en Ruta Y-895" durante el período de análisis.

D.70. RÍO HERMINITA EN RUTA Y-895

La estación fluviométrica "Río Herminita en Ruta Y-895" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 590,76 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 2,62 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Grande en Tierra Del Fuego" presenta una precipitación promedio anual de 253,9 mm (Figura D.208).

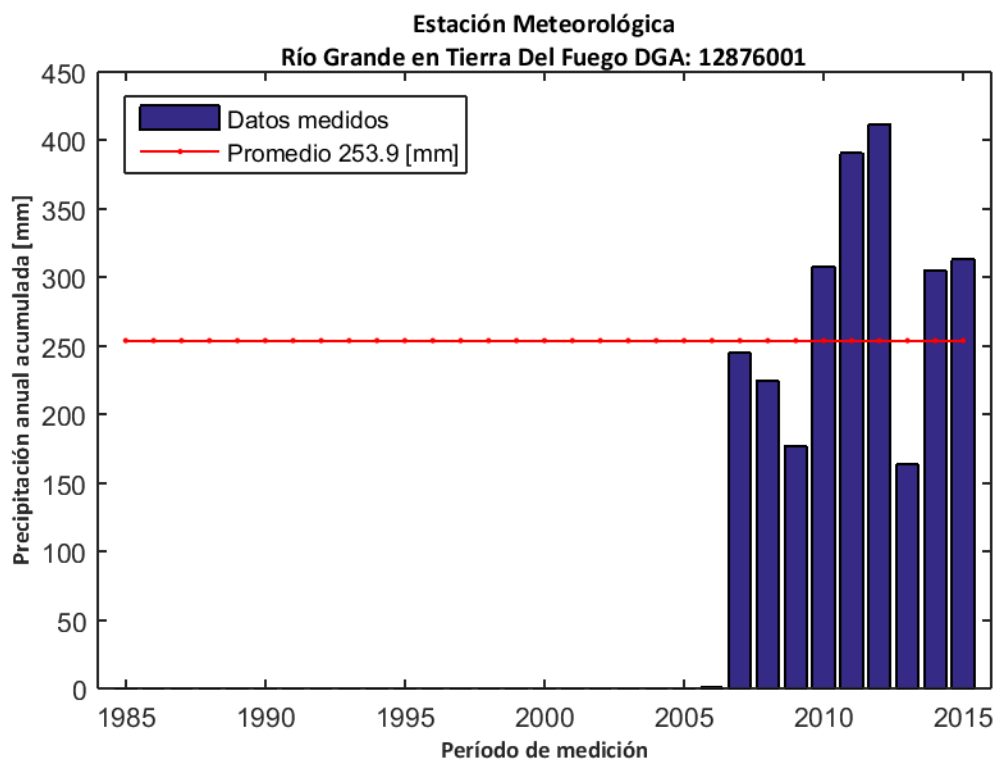


Figura D.208: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Grande en Tierra Del Fuego".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,63 (Figura D.209), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

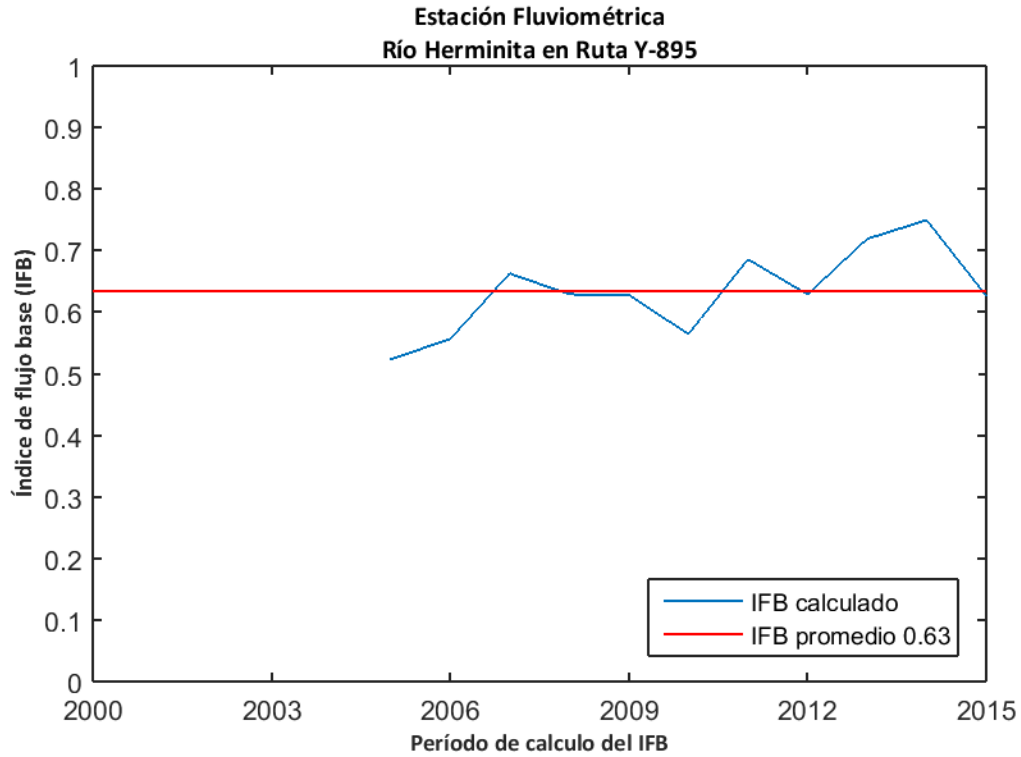


Figura D.209: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Herminita en Ruta Y-895".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Herminita en Ruta Y-895" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 48,6 mm/año (Figura D.210) equivalente a un 19,1% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Grande en Tierra Del Fuego").

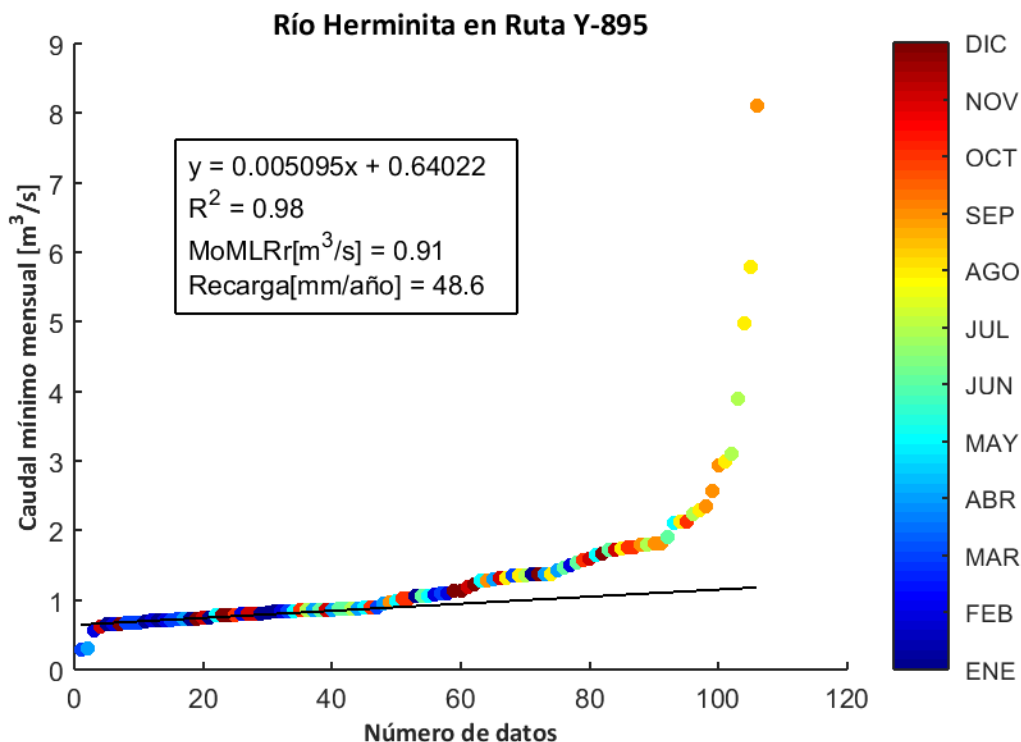


Figura D.210: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Herminita en Ruta Y-895".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 113, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 113: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Herminita en Ruta Y-895". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Herminita en Ruta Y-895	2	38,1	65,2	92,3

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Herminita en Ruta Y-895" sólo durante los años presentados en la Tabla 114, arrojando un valor promedio de 88,3 mm/año equivalente a un 34,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Grande en Tierra Del Fuego").

Tabla 114: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Herminita en Ruta Y-895".

Años	Recarga [in]
2008	2,84
2009	3,6
2010	4,76
2013	2,71
Promedio [in]	3,48
Promedio [mm]	88,3

D.71. RÍO GRANDE EN TIERRA DEL FUEGO

La estación fluviométrica "Río Grande en Tierra Del Fuego" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 2841,02 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 30,12 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Grande en Tierra Del Fuego" presenta una precipitación promedio anual de 253,9 mm (Figura D.211).

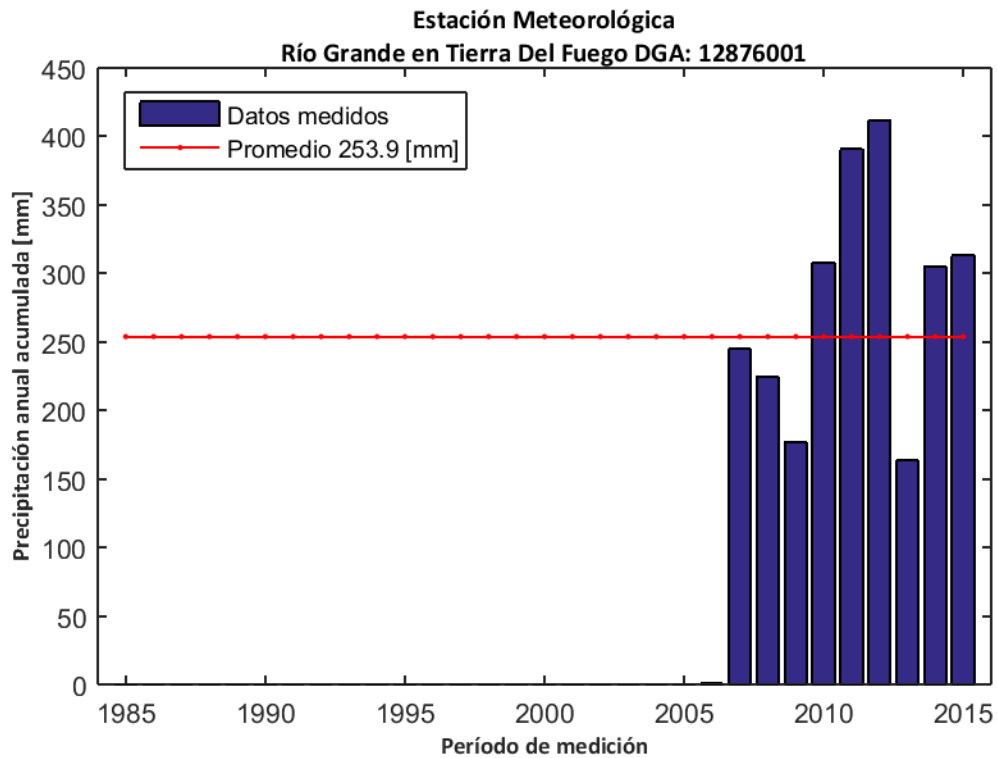


Figura D.211: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Grande en Tierra Del Fuego".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,85 (Figura D.212), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

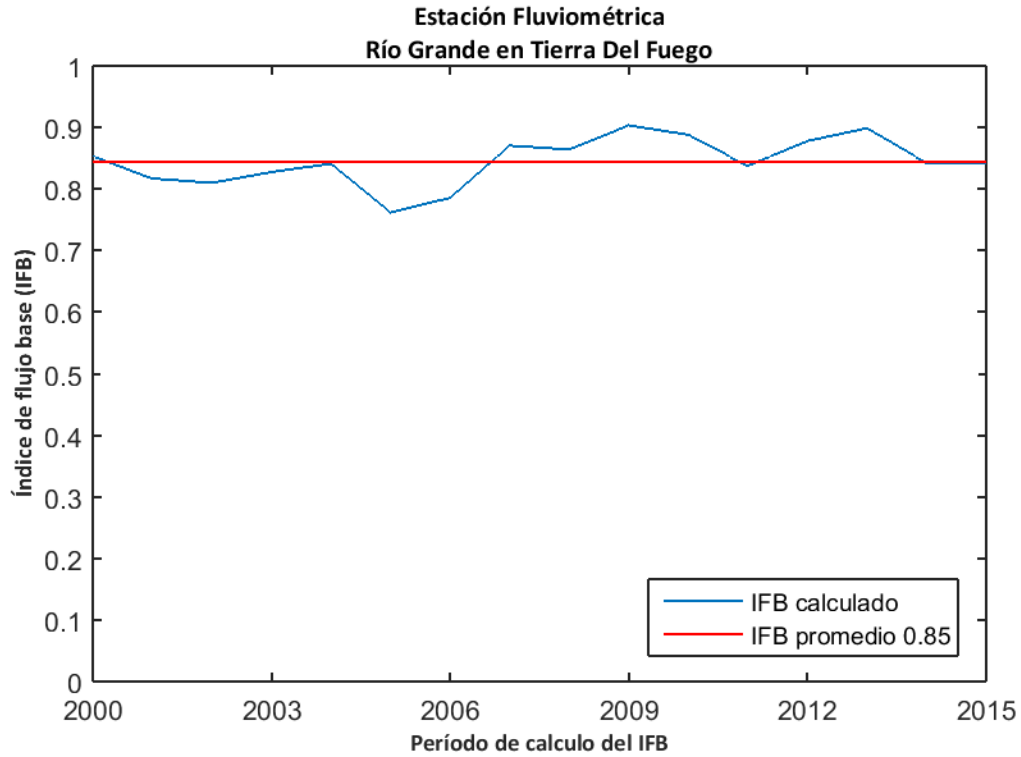


Figura D.212: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Grande en Tierra Del Fuego".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Grande en Tierra Del Fuego" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 201,4 mm/año (Figura D.213) equivalente a un 79,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Grande en Tierra Del Fuego").

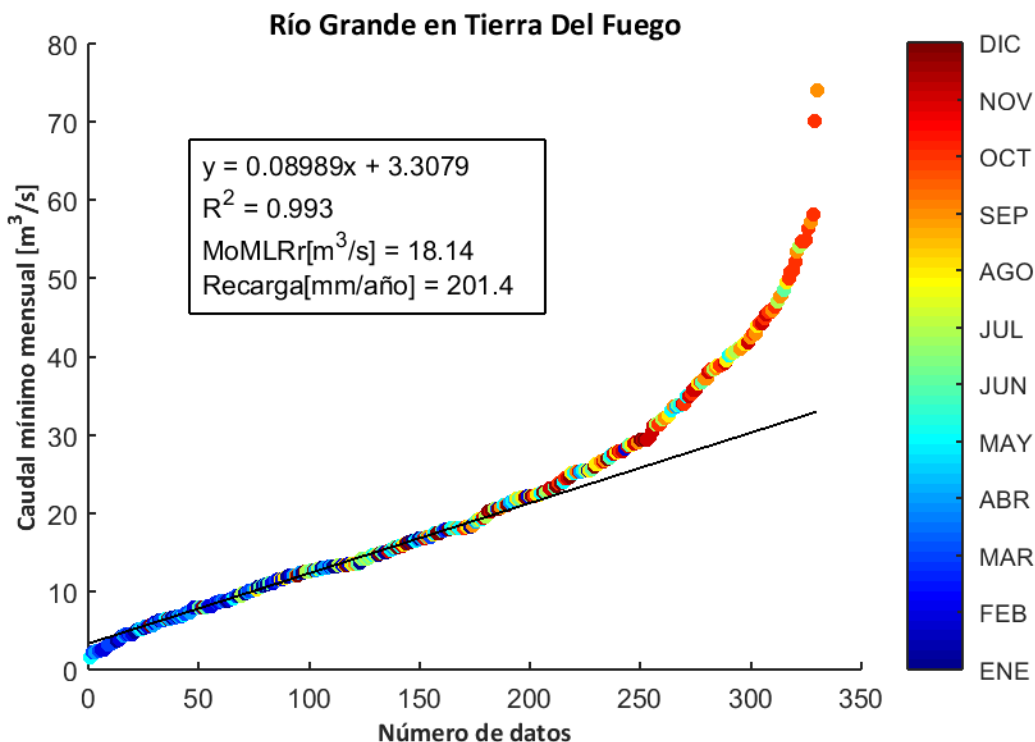


Figura D.213: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Grande en Tierra Del Fuego".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 115, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 115: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Grande en Tierra Del Fuego". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Grande en Tierra Del Fuego	46	32,3	92,1	153,5

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Grande en Tierra Del Fuego" sólo durante los años presentados en la Tabla 116, arrojando un valor promedio de 302,9 mm/año equivalente a un 119,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Grande en Tierra Del Fuego").

Tabla 116: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Grande en Tierra Del Fuego".

Años	Recarga [in]
1986	9,52
1988	6,35
1989	10,76
1991	12,35
1996	10,42
1997	15,44
1998	9,93
1999	5,67
2000	7,51
2001	9,93
2002	10,46
2004	11,78
2007	14,1
2008	11,44
2009	12,98
2010	16,28
2012	13,45
2013	16,19
2014	16,61
2015	17,33
Promedio [in]	11,93
Promedio [mm]	302,9

D.72. RÍO CATALINA EN PAMPA GUANACOS

La estación fluviométrica "Río Catalina en Pampa Guanacos" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 82,69 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 2,01 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Pampa Guanaco" presenta una precipitación promedio anual de 346,6 mm (Figura D.214).

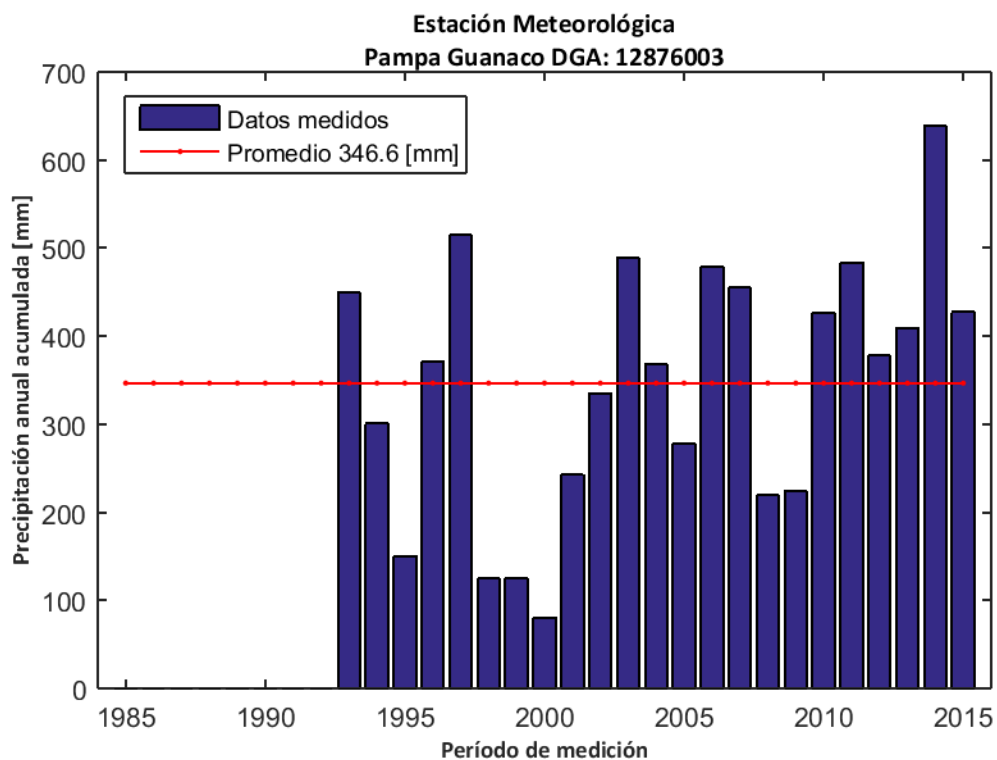


Figura D.214: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Pampa Guanaco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,51 (Figura D.215), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

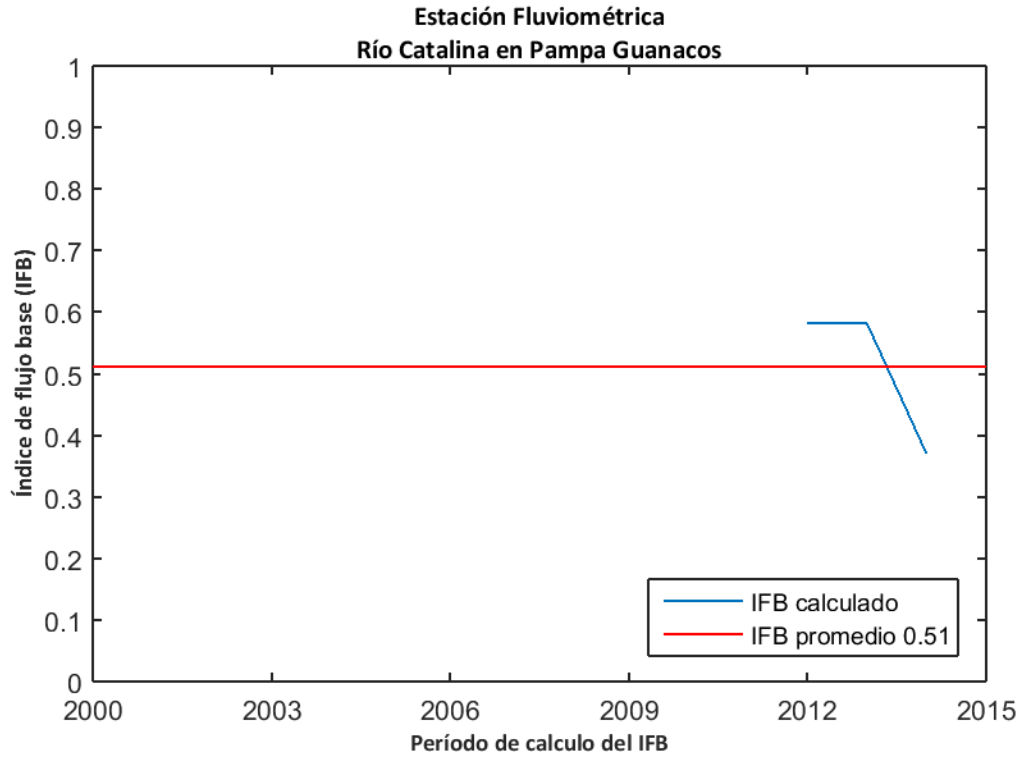


Figura D.215: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Catalina en Pampa Guanacos".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Catalina en Pampa Guanacos" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 184,8 mm/año (Figura D.216) equivalente a un 53,3% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Pampa Guanaco").

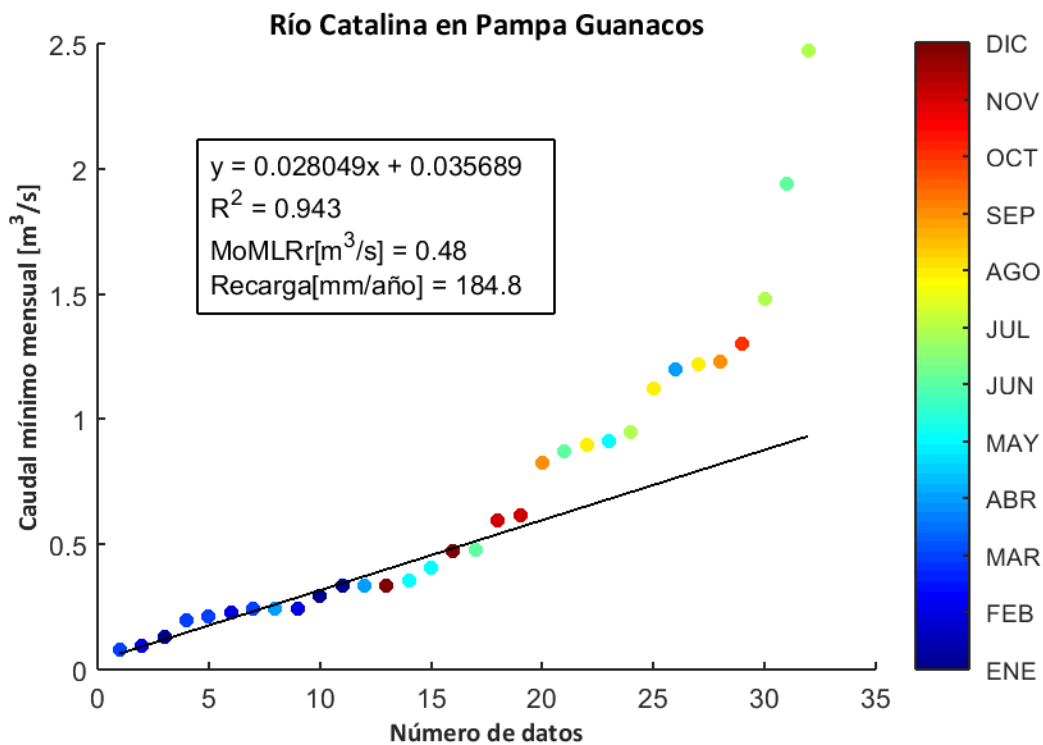


Figura D.216: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Catalina en Pampa Guanacos".

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, no se pudo estimar la recarga mediante RORA en la estación "Río Catalina en Pampa Guanacos" durante el período de análisis.

D.73. RÍO RASMUSSEN EN FRONTERA (ESTANCIA VICUÑA)

La estación fluviométrica "Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)" está ubicada en las cuencas de "Tierra del Fuego" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 468,93 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 7,52 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Pampa Guanaco" presenta una precipitación promedio anual de 346,6 mm (Figura D.217).

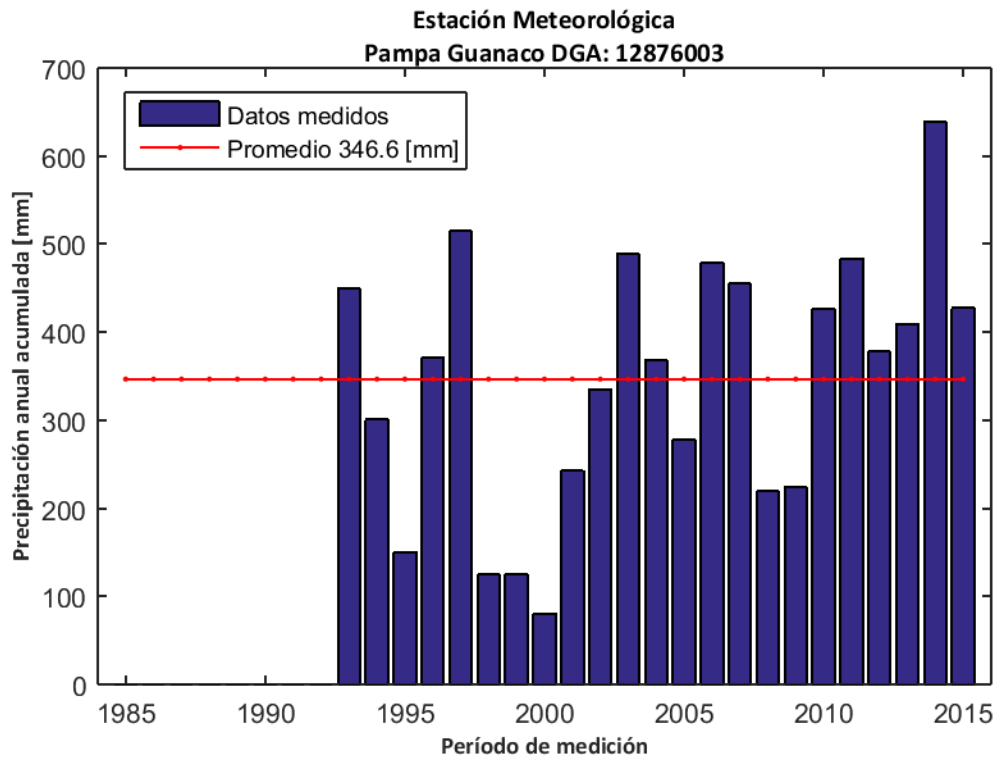


Figura D.217: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Pampa Guanaco".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,60 (Figura D.218), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

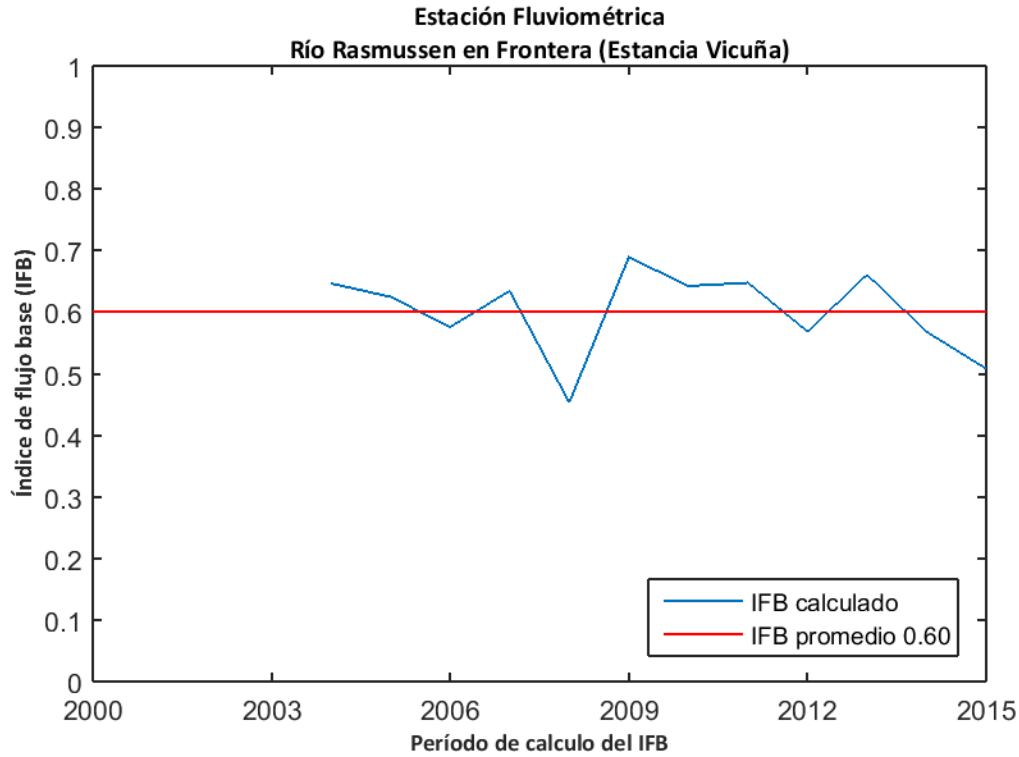


Figura D.218: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 179,7 mm/año (Figura D.219Figura D.218) equivalente a un 51,8% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Pampa Guanaco").

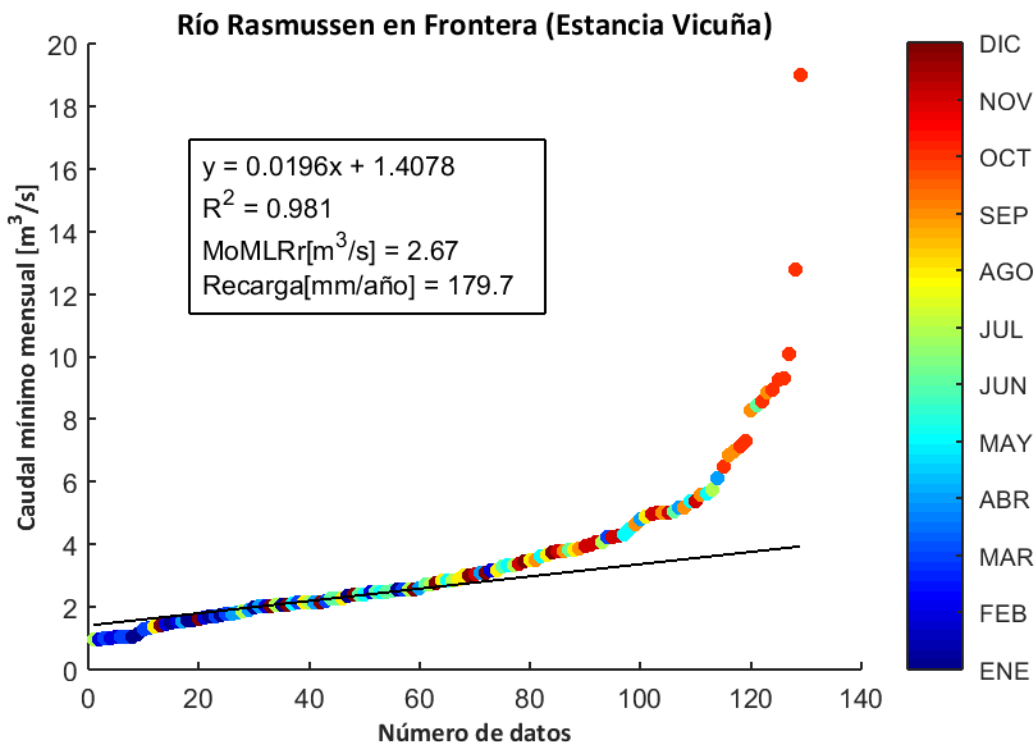


Figura D.219: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 117, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 117: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)".
Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)	5	37,2	68,3	77,6

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)" sólo durante los años presentados en la Tabla 118, arrojando un valor promedio de 405,2 mm/año equivalente a un 116,9% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Pampa Guanaco").

Tabla 118: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Rasmussen en Frontera (Estancia Vicuña)".

Años	Recarga [in]
2005	13,13
2006	19,25
2007	13,68
2009	18,11
2010	17,06
2013	15,98
2015	14,45
Promedio [in]	15,95
Promedio [mm]	405,2

D.74. RÍO RÓBALO EN PUERTO WILLIAMS

La estación fluviométrica "Río Róbal en Puerto Williams" está ubicada en las cuencas "Islas al Sur del Canal Beagle" de la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La red de drenaje asociada a esta estación tiene una superficie aproximada de 20,65 km² y un caudal promedio durante el período 1985-2015 en el punto de medición de 0,65 m³/s. La estación meteorológica más cercana "Río Róbal en Puerto Williams" presenta una precipitación promedio anual de 346,2 mm (Figura D.220).

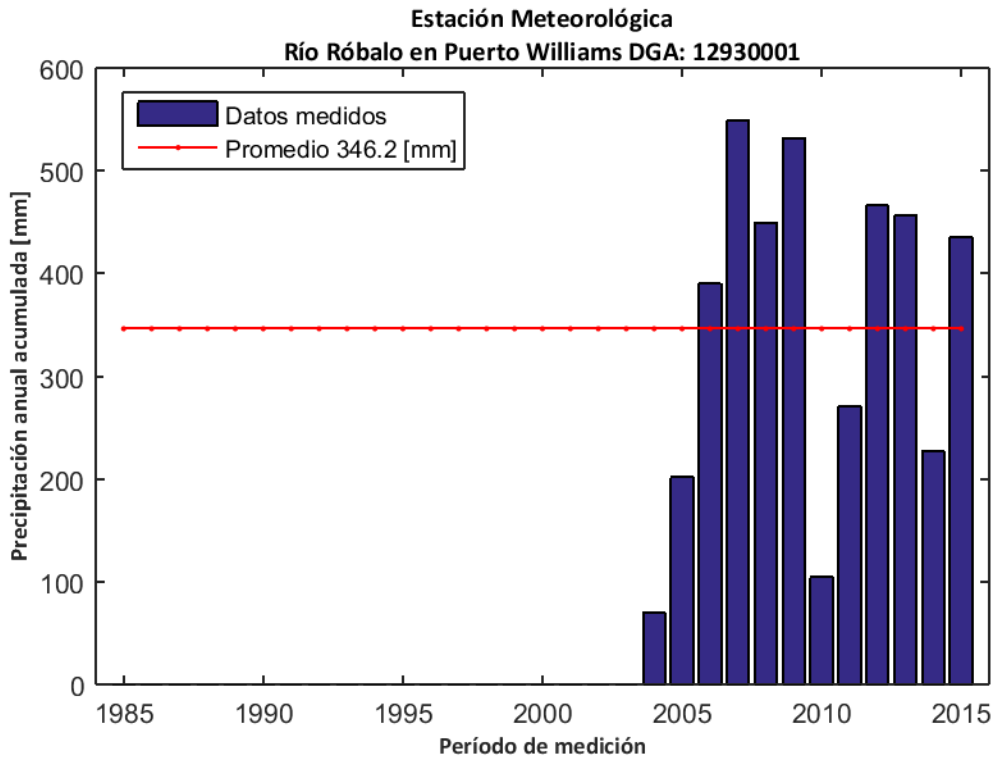


Figura D.220: Precipitación anual acumulada durante el período 1985-2015 en la estación meteorológica "Río Róbal en Puerto Williams".

La influencia de agua subterránea en la estación fluviométrica se determinó mediante el cálculo del índice de flujo base en los caudales registrados durante el período 2000-2015. El valor calculado arrojó un promedio de 0,67 (Figura D.221), lo cual indica que existe una influencia significativa en el caudal producto de flujos subterráneos.

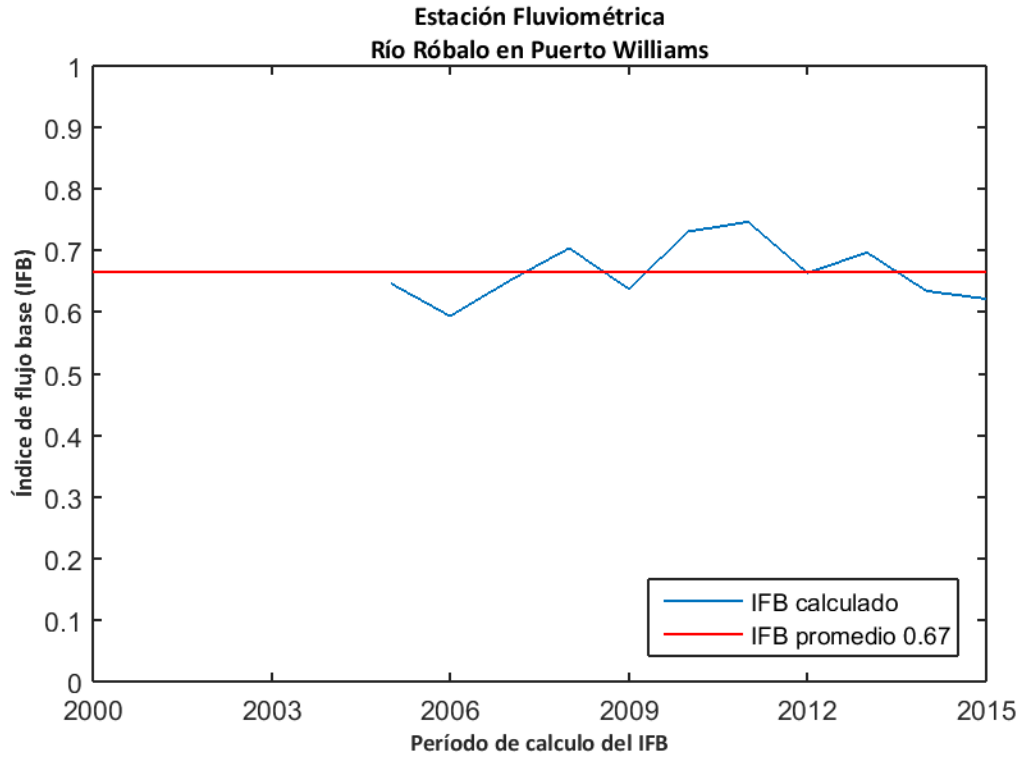


Figura D.221: Índice de flujo base para la estación fluviométrica "Río Róbalo en Puerto Williams".

La recarga de agua subterránea en la estación "Río Róbalo en Puerto Williams" durante el período de análisis (1985-2015) se calculó mediante el método MoMLRr estimando un valor de 472,5 mm/año (Figura D.222) equivalente a un 136,5% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Róbalo en Puerto Williams").

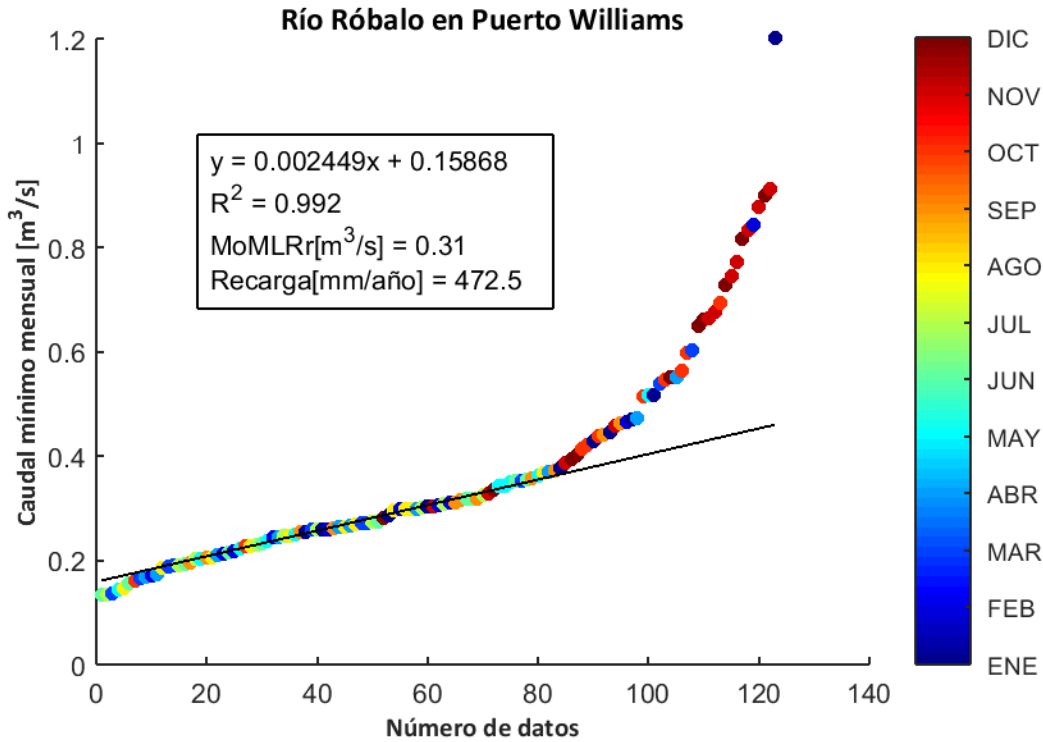


Figura D.222: Estimación de recarga mediante el método MoMLRr en la estación fluviométrica "Río Róbalo en Puerto Williams".

Los índices de recesión calculados mediante el programa RECESS en la estación fluviométrica de control se presentan en la Tabla 119, donde se muestran el número de segmentos analizados en el cálculo, además del mínimo, la mediana y el máximo valor obtenido. Dado que el cálculo de la recarga mediante RORA no es particularmente sensible al índice de recesión, se usará la mediana como dato de entrada de este método.

Tabla 119: Índices de recesión (días/ciclo log) en la estación fluviométrica "Río Róbalo en Puerto Williams". Número de segmentos analizados (#), mínimo (min), mediana (med) y máximo (max).

Estación Fluviométrica	#	K _{min}	K _{med}	K _{max}
Río Róbalo en Puerto Williams	3	38,9	41,4	43,8

El programa RORA ocupa un registro de caudal diario anual completo para realizar los cálculos respectivos. Por ello, se estimó la recarga en la estación "Río Róbalo en Puerto Williams" sólo durante los años presentados en la Tabla 120, arrojando un valor promedio de 842,5 mm/año equivalente a un 243,4% de las precipitaciones registradas en la estación meteorológica más cercana ("Río Róbalo en Puerto Williams").

Tabla 120: Cálculo de la recarga mediante RORA en la estación fluviométrica "Río Róbalo en Puerto Williams".

Años	Recarga [in]
2005	32,99
2006	33,85
2007	46,21
2010	38,43
2011	29,56
2012	36
2013	29,22
2014	22,75
2015	29,5
Promedio [in]	33,17
Promedio [mm]	842,5

E. ANEXO E: MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE RAPA NUI

El presente anexo detalla la metodología desarrollada para distribuir espacialmente las forzantes meteorológicas requeridas para correr VIC y la construcción de los archivos de vegetación (“vegparam”) y suelo (“soil file”).

E.1. ANTECEDENTES GENERALES

Rapa Nui es el lugar más alejado de cualquier otra población en el mundo, condición que ha permitido la preservación y el desarrollo de la cultura rapanui pese al continuo intercambio cultural que ha mantenido desde aproximadamente el 5 de Abril de 1722, donde se registran los primeras interacciones con otras culturas (Larenas, 2009). La isla tiene una superficie de aproximadamente 164 km² y se encuentra ubicada en el medio del Océano Pacífico (27°90''S; 109°27''O). Su origen es volcánico, con tres puntos eruptivos actualmente inactivos: Maunga Terevaka (511 m.s.n.m.), Poike (352 m.s.n.m.) y Rano Kau (324 m.s.n.m.). La Figura E.1 muestra la ubicación geográfica de la isla de Rapa Nui, los puntos anteriormente mencionados y sus lugares más importantes.

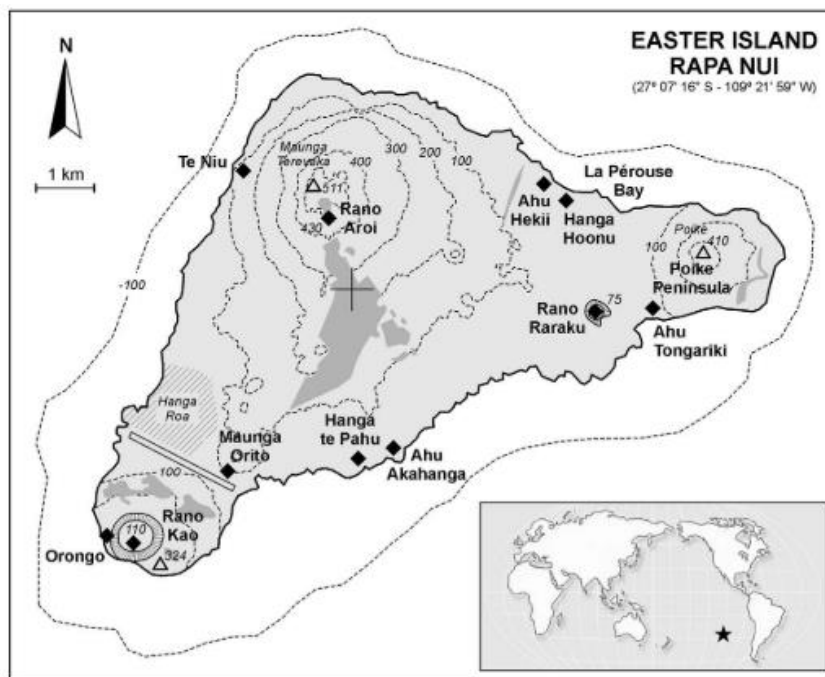


Figura E.1 Ubicación geográfica de Rapa Nui (Fuente: Rull et al. (2010)).

La escasez de observaciones in situ limita la comprensión de los procesos hidrometeorológicos que ocurren en la isla de Rapa Nui, aumentando la incertidumbre asociada a la cuantificación de los recursos hídricos disponibles en la misma. En términos de observaciones meteorológicas, se cuenta con el registro de cuatro estaciones: Mataveri, Vaitea, Poike y Hanga Roa. Dado el largo periodo de registro disponible en la estación Mataveri (27°09'S; 109°25'O; 44 m.s.n.m.) y la facilidad para la adquisición de los datos, se utiliza dicha información para estimar la precipitación en Rapa Nui. Estudios previos sugieren que las precipitaciones aumentan en zonas de altura media en la parte sur de la isla, intermedia en sectores

orientales y menores en inmediaciones del poblado de Hanga Roa (e.g., CONAF, 1997; Errol L. Montgomery & Associates INC., 2011; Hajek and Espinoza, 1987). Se utiliza, además, la estación Vaitea (27°06'S; 109°21'O; 213 m.s.n.m.) para establecer gradientes orográficos mensuales de precipitación según los cuales se distribuye espacialmente la misma.

E.2. PARÁMETROS DE SUELO Y VEGETACIÓN

A diferencia de la metodología implementada en el resto del país (i.e., Chile continental), para la modelación hidrológica de Rapa Nui (modelo RapaNui-VIC), se define una resolución espacio-temporal de 0,01° latitud – longitud y diaria respectivamente. La resolución espacial viene dada por los productos satelitales utilizados para distribuir las forzantes meteorológicas. A su vez, se incorporan como forzantes la temperatura máxima y mínima diaria, requeridas para simulaciones VIC a resolución diaria.

Por otro lado, dada la inexistencia de cauces superficiales permanentes en la isla y, por ende, falta de control fluviométrico, los parámetros de suelo son transferidos desde pixeles donantes de Chile continental de cuencas en régimen natural, según 1) un índice de similitud basado en criterios meteorológicos y altitudinales (precipitación media anual, temperatura media anual, elevación y evapotranspiración real estimada con el método de Turc), y 2) similitud de cobertura de suelo, siguiendo el enfoque propuesto por Beck et al. (2016). En la Tabla E.1 se muestran los códigos de las cuencas donantes a cada píxel de la isla en cada uno de los pasos de análisis de similitud. De allí se desprende que, al agregar una comparación respecto a la cobertura del píxel, las cuencas donantes cambian. En términos espaciales, ambos métodos se muestran en la Figura E.2, donde a su vez se incorpora un índice de similitud. Cabe mencionar que: 1) sólo se transfieren parámetros asociados al suelo (e.g., espesores, conductividades, etc.) y 2) resulta de necesario contar con observaciones en la isla a modo de poder validar los resultados simulados.

Tabla E.1 Cuencas donantes de parámetros de suelo según criterio de similitud definido

ID	BNA	(1) Similitud Físico-climática		(2) Similitud Físico-climática + veg	
		N°Pixeles [%]	N°Pixeles [-]	N°Pixeles [%]	N°Pixeles [-]
1	5100001	0.46	1	0.46	1
2	5710001	11.42	25	10.96	24
3	7358001	0.00	0	1.83	4
4	7400001	28.77	63	31.51	69
5	8124001	1.83	4	1.83	4
6	8135002	0.46	1	0.46	1
7	8144001	3.20	7	4.57	10
8	8220001	5.48	12	5.94	13
9	8323002	0.46	1	0.00	0
10	8330001	1.37	3	0.91	2
11	8342001	0.46	1	0.46	1
12	8343001	1.83	4	0.46	1
13	8351001	0.46	1	0.46	1

ID	BNA	(1) Similitud Físico-climática		(2) Similitud Físico-climática + veg	
		N°Píxeles [%]	N°Píxeles [-]	N°Píxeles [%]	N°Píxeles [-]
14	8362001	0.46	1	0.00	0
15	8393002	4.11	9	4.57	10
16	8720001	0.46	1	0.00	0
17	9101001	0.46	1	0.00	0
18	9104002	0.46	1	0.46	1
19	9107001	0.46	1	0.46	1
20	9129002	10.96	24	15.98	35
21	9135001	5.02	11	2.28	5
22	10313001	0.00	0	0.46	1
23	10356001	3.65	8	2.28	5
24	10405001	5.48	12	5.02	11
25	11308001	0.46	1	0.00	0
26	11337001	1.83	4	0.91	2
27	11342001	0.46	1	0.00	0
28	12284005	2.28	5	1.83	4
29	12400004	7.31	16	5.94	13

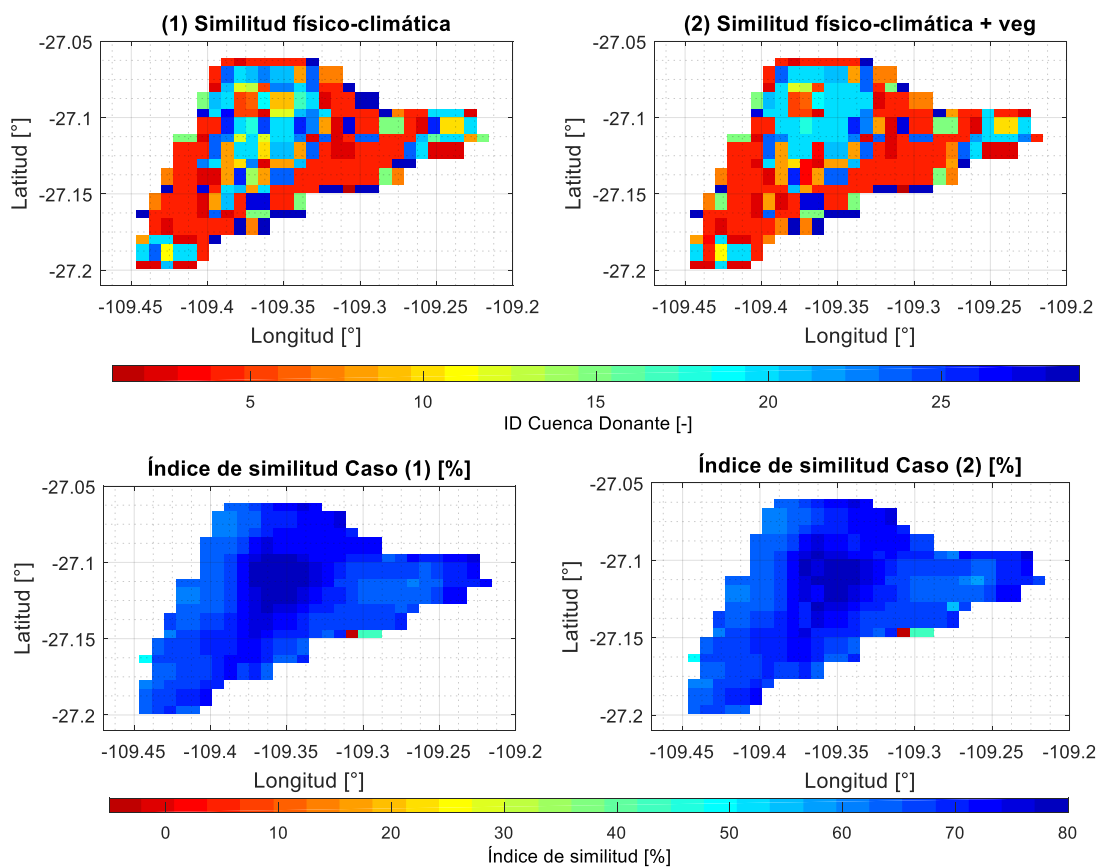


Figura E.2 Resultado de la transferencia de parámetros de suelo desde cuencas calibradas en Chile Continental a Rapa Nui

Las fracciones de cobertura vegetal para cada píxel del modelo RapaNui-VIC se obtienen del “Mapa de vegetación de Isla de Pascua” desarrollado en el contexto del proyecto “Sistema de información territorial de Rapa Nui¹” por CIREN, donde se clasifica en 11 tipos de cobertura vegetal la superficie de la isla. El LAI en tanto, se deriva del producto MODIS MCD15A3H versión 6, el cual es una combinación entre las imágenes capturadas por los satélites Terra y Aqua dentro de 4 días, y procesadas para entregar el índice de área foliar (LAI) y la fracción combinada de radiación fotosintéticamente activa (FPAR) a una resolución espacial de 500 m y temporal de 4 días. A partir de las imágenes MODIS MCD15A3H recuperadas en el periodo 01/04/2003 – 31/03/2015, se estima el LAI mensual promedio (Figura E.3).

Para determinar la distribución de las raíces de las principales coberturas vegetales identificadas en la isla, necesarias en conjunto con el LAI para construir el archivo de parámetros de vegetación “vegparam” requerido para correr VIC, se utiliza la parametrización propuesta por Zeng (2001), donde se define la fracción de raíces acumulada Y a una profundidad d según la siguiente expresión:

$$Y(d) = 1 - \frac{1}{2}(e^{-ad} + e^{bd})$$

Los parámetros a y b dependen del tipo de cobertura vegetal (Tabla E.2), mientras que la profundidad debe estar expresada en metros para ser evaluada en la ecuación. La Figura E.4 ilustra la distribución de raíces a diferentes profundidades. Cabe mencionar que el término d_r en la Tabla E.2 corresponde a la profundidad máxima de raíz asociada a la cobertura en cuestión.

Tabla E.2 Parámetros de distribución de raíces y profundidad máxima d_r . Fuente: Zeng (2001)

Cobertura	a (m^{-1})	b (m^{-1})	d_r (m)
Pradera	10,74	2,608	1,5
Matorrales	7,718	1,262	2,5
Agrícola	5,558	2,614	1,5
Bosque	4,453	1,631	2,0

¹ http://rapanui.ciren.cl/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=77&Itemid=678

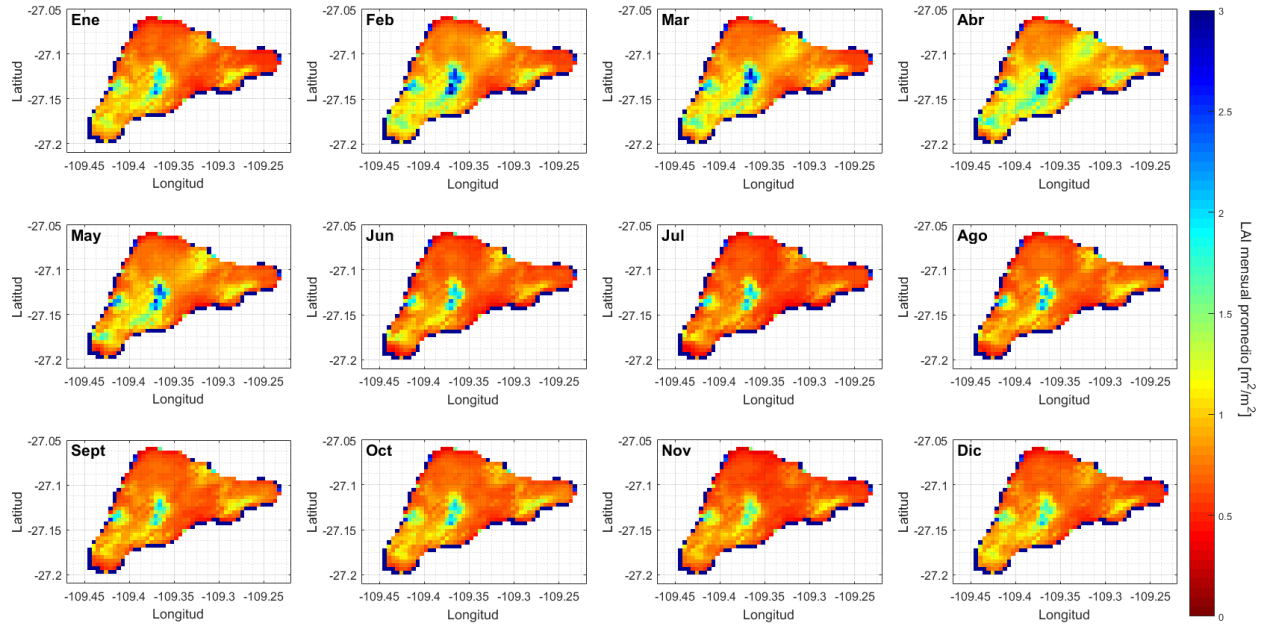


Figura E.3 LAI mensual promedio estimado a partir de imágenes del producto MODIS MCD15A3H recuperadas entre el 01/04/2003 y 31/03/2015.

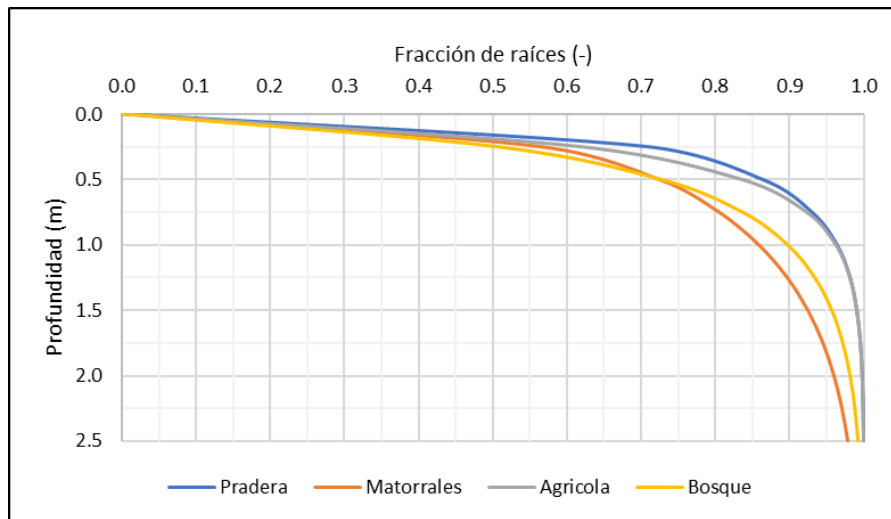


Figura E.4 Distribución de raíces según cobertura vegetal

E.3. TEMPERATURA MENSUAL

Para distribuir espacialmente la temperatura del aire registrada en la estación Mataveri se generan mapas de temperatura media mensual de la isla derivados del promedio entre la temperatura superficial del suelo (*Land Surface Temperature – LST*) obtenida del producto MODIS MYD11A1. Los mapas de temperatura media mensual son normalizados por el valor asociado al píxel donde se ubica la estación Mataveri, es decir, se considera el producto MYD11A1 como representativo de los patrones de distribución espacial de la variable en cuestión. Los mapas de temperatura media mensual normalizada se muestran en la Figura E.5.

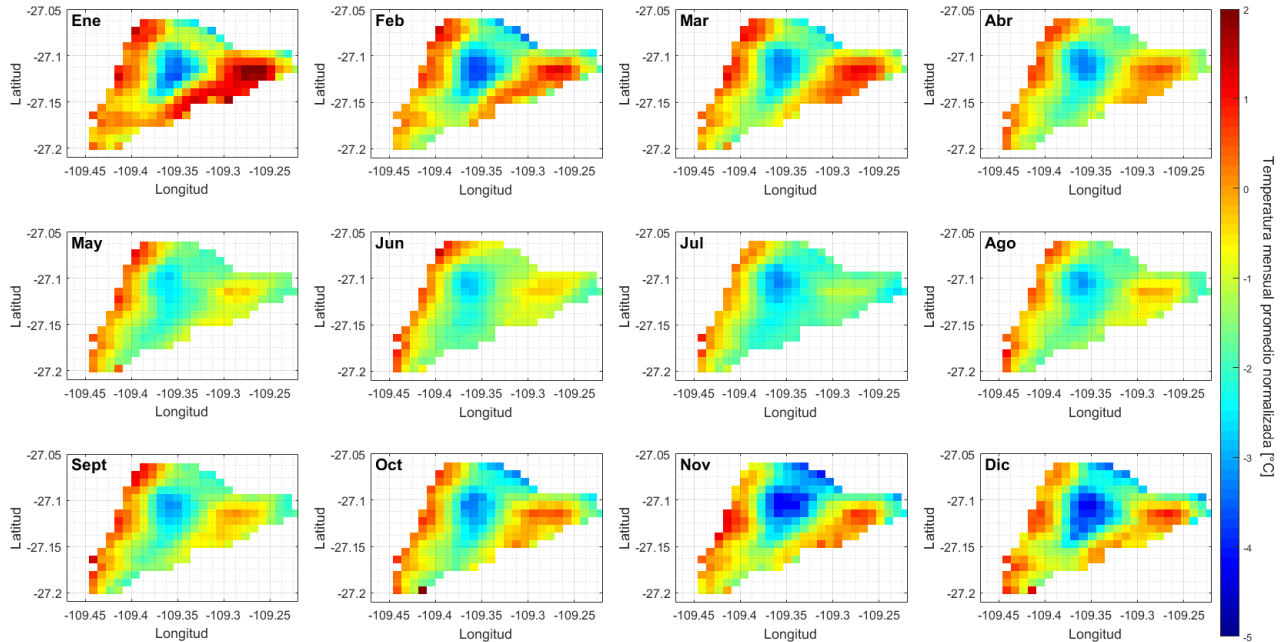


Figura E.5 Temperatura media mensual promedio normalizada respecto al pixel que contiene a la estación Mataveri, estimada a partir de imágenes del producto MODIS MYD11A1 recuperadas entre el 01/04/2003 y 31/03/2015.

E.4. PRECIPITACIÓN MENSUAL

A partir de los registros de precipitación mensual en la estación Vaitea en el periodo 1979-2007, la precipitación diaria registrada en Mataveri y la elevación media de cada píxel (obtenida del DEM SRTM), se ajusta una regresión lineal múltiple para distribuir la precipitación mensual en la isla. Así, la precipitación en el mes m de un píxel (i,j) cualquiera ubicado a una elevación H estará dado por la expresión:

$$Pr^{i,j}(m, H) = a_{0,m} + \ln(H^{i,j}) \cdot \left[a_{1,m} \cdot Pr_{Mataveri}(m) + a_{2,m} \cdot \sigma_{Pr_{Mataveri}(d,m)} + a_{3,m} \cdot \max(Pr_{Mataveri}(d, m)) + a_{4,m} \cdot \text{mean}(Pr_{Mataveri}(d, m)) \right] + a_{5,m} \cdot RainDays(m)$$

Donde los coeficientes $a_{k,m}$ (donde $k = 1,2,3$ y $m = 1,2, \dots, 12$) de la regresión lineal múltiple se definen en la Tabla E.3, $Pr_{Mataveri}(m)$ es la precipitación media medida en la estación Mataveri en el mes “ m ” y $\sigma_{Pr_{Mataveri}(d,m)}$ es la desviación estándar de la precipitación diaria en el mes “ m ”. Los términos $\max(Pr_{Mataveri}(d, m))$ y $\text{mean}(Pr_{Mataveri}(d, m))$ corresponden al valor máximo y promedio diario en el mes en estudio y $RainDays(m)$ el número de días de lluvia. A su vez, la Figura E.6 muestra los valores de precipitación registrados en la estación Vaitea y los ajustados con el modelo propuesto.

Tabla E.3 Coeficientes de regresión lineal múltiple ajustada para distribuir espacialmente la precipitación

Coeficiente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
a0	23,49	-1,32	-32,76	204,02	-46,83	-14,89	29,49	-38,81	-16,33	38,54	114,14	-75,71
a1	0,11	-0,39	0,36	-3,71	0,90	2,58	6,18	2,79	-3,96	-0,10	10,51	1,95
a2	4,84	1,14	6,53	-6,88	1,20	3,48	2,52	2,79	-2,56	-0,66	20,52	0,06
a3	-0,88	-0,09	-0,88	0,53	0,12	-0,66	0,15	-0,45	0,74	0,03	-2,82	0,62
a4	1,54	15,51	-14,12	126,35	-27,34	-70,20	-196,76	-81,51	125,22	10,13	-324,19	-59,79
a5	-2,02	0,63	5,06	-10,27	4,72	0,59	3,90	3,91	-0,32	-1,38	-3,65	4,42

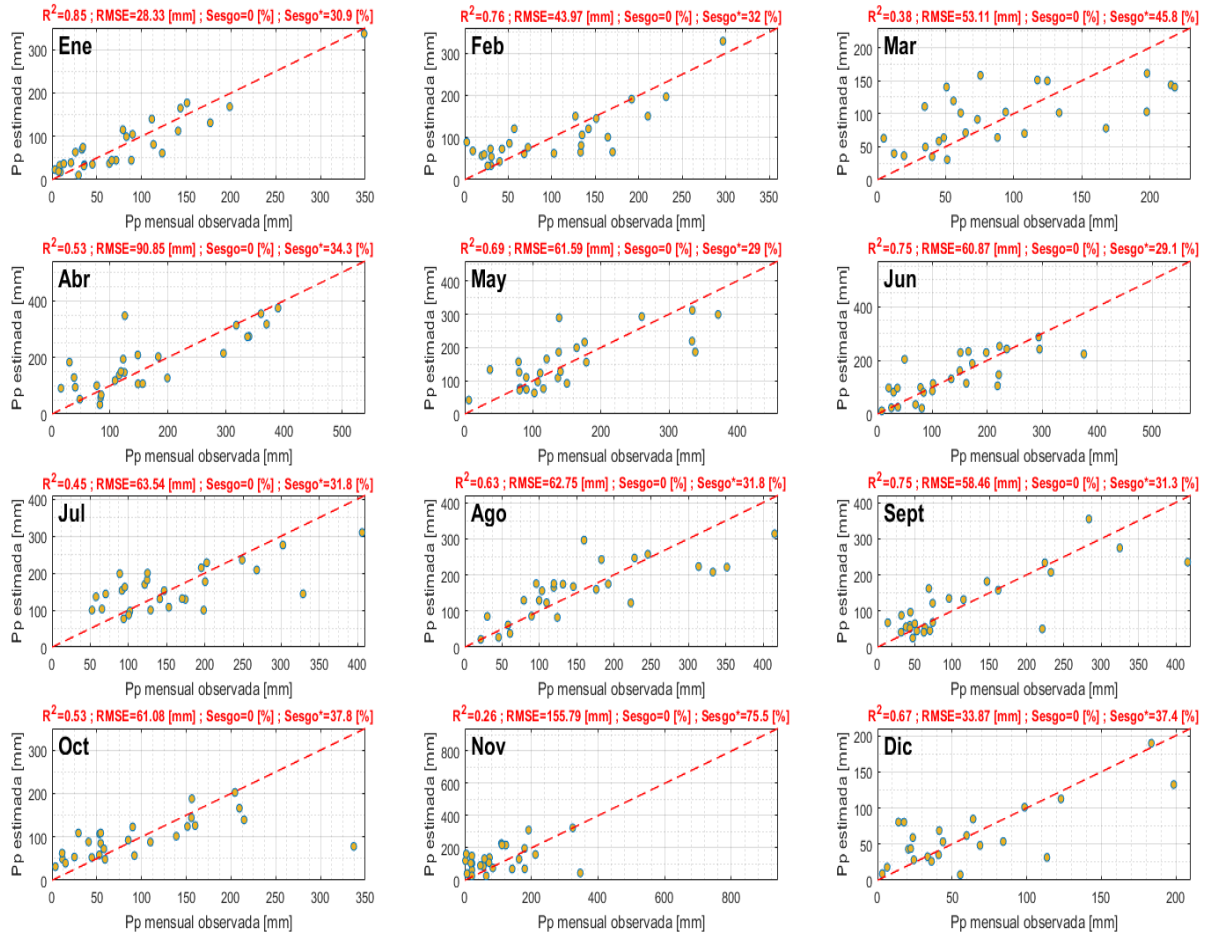


Figura E.6 Comparación entre la precipitación mensual estimada mediante regresión lineal múltiple y observada en la estación Vaitea – Rapa Nui.

E.5. DISTRIBUCIÓN DE FORZANTES A ESCALA TEMPORAL DIARIA

Al distribuir las forzantes meteorológicas según la metodología anteriormente mencionada se obtienen los mapas de precipitación anual y temperatura media anual promedio en el periodo histórico para Rapa Nui, ilustrados en la Figura E.7. Tomando en cuenta la superficie de la isla, tanto la humedad

relativa como la velocidad del viento se consideran homogéneas para efectos de la modelación hidrológica.

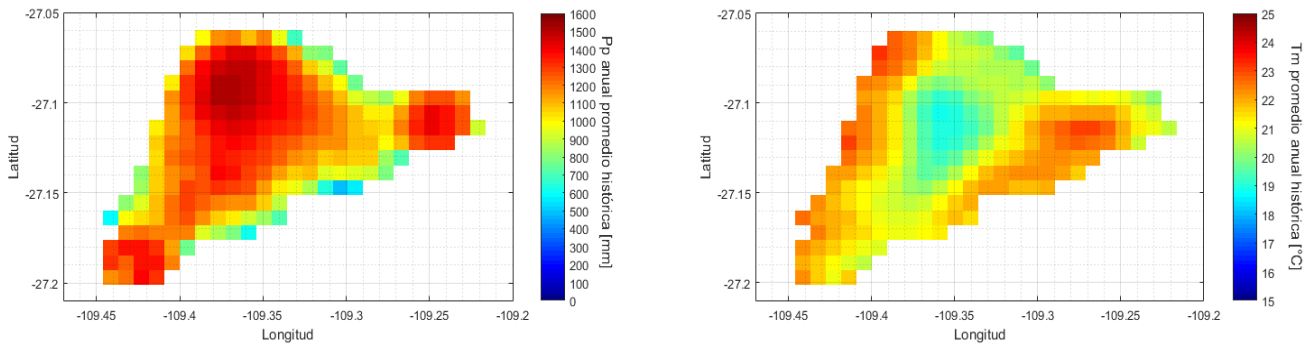


Figura E.7 Precipitación anual promedio y temperatura media anual promedio en el periodo histórico.

Finalmente, para obtener la precipitación a resolución diaria, se pondera la precipitación estimada para el píxel (i,j) respecto a la fracción que representa el monto de precipitación registrado en la estación Mataveri para el día “d” en el mes “m”, es decir, se distribuye la precipitación proporcionalmente respecto al valor mensual. Por otro lado, para la temperatura se desarrolla un procedimiento similar, pero agregando al valor observado en el día “d” del píxel la diferencia entre la temperatura media mensual en el píxel y el valor mensual en Mataveri. Lo anterior se resume en términos numéricos como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Pr^{i,j}(d) = Pr_{Mataveri}(d) \cdot \frac{Pr^{i,j}(m, H)}{Pr_{Mataveri}(m)} ; T^{i,j}(d) = T_{Mataveri}(d) + [T^{i,j}(m, H) - T_{Mataveri}(m)]$$

E.6. RESULTADOS MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Los resultados de la modelación hidrológica muestran un aumento en los montos de evapotranspiración (ET) hacia 2030-2060 respecto al periodo histórico (1985-2015), disminuyendo el promedio anual de la escorrentía en aproximadamente 200 mm para el periodo futuro, lo cual equivale al 8% (panel derecho Figura E.9). Por otro lado, en la Figura E.8, se aprecia que la recta segmentada del promedio de los modelos de cambio climático (Promedio CC), se sobrepone a la histórica, es decir los montos de precipitación muestran variaciones marginales respecto al periodo 1985-2015, lo cual a su vez evidencia en la Figura E.9. La recarga, en tanto, disminuiría aproximadamente 50 mm en su valor promedio anual en el periodo 2030-2050 respecto al periodo histórico para el promedio de los cuatro modelos de cambio climático evaluados. La ET resulta ser la única variable que muestra un aumento en la mayoría de los modelos de cambio climático (salvo en el modelo MIROC-ESM donde disminuye en un 5lo cual se puede explicar por el aumento de temperatura en la isla (en promedio cerca de 1°C), y por tanto la mayor disponibilidad de energía evapotranspirante.

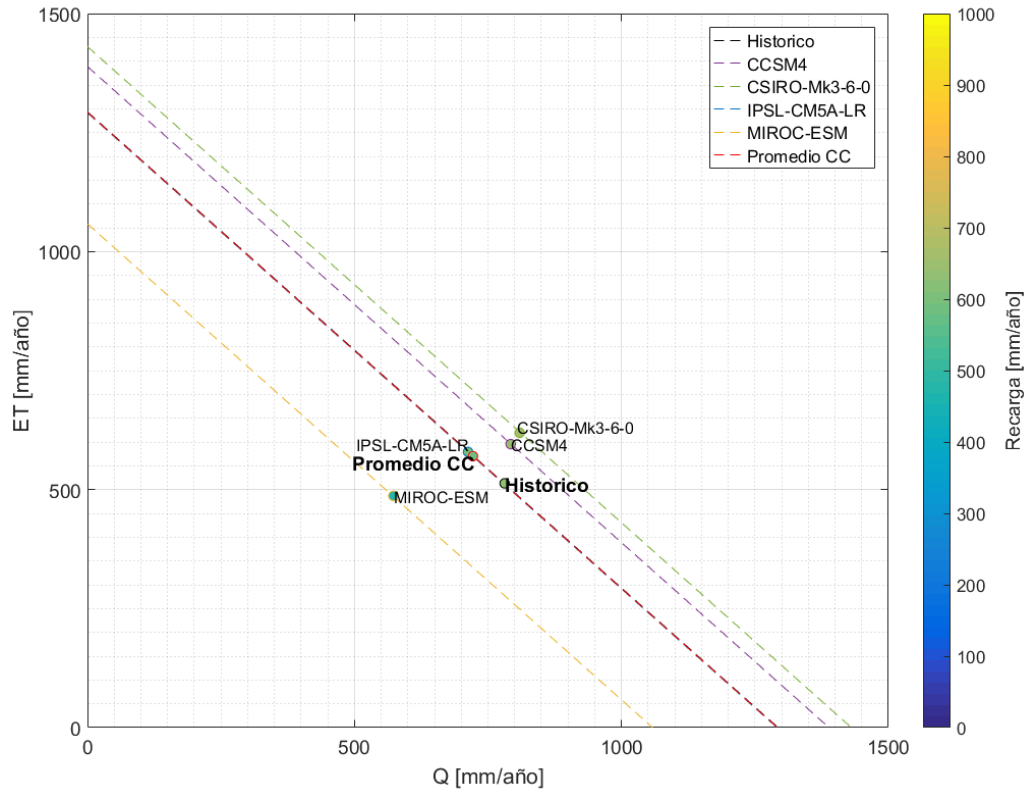


Figura E.8 Partición evaporación-escorrentía y recarga media anual

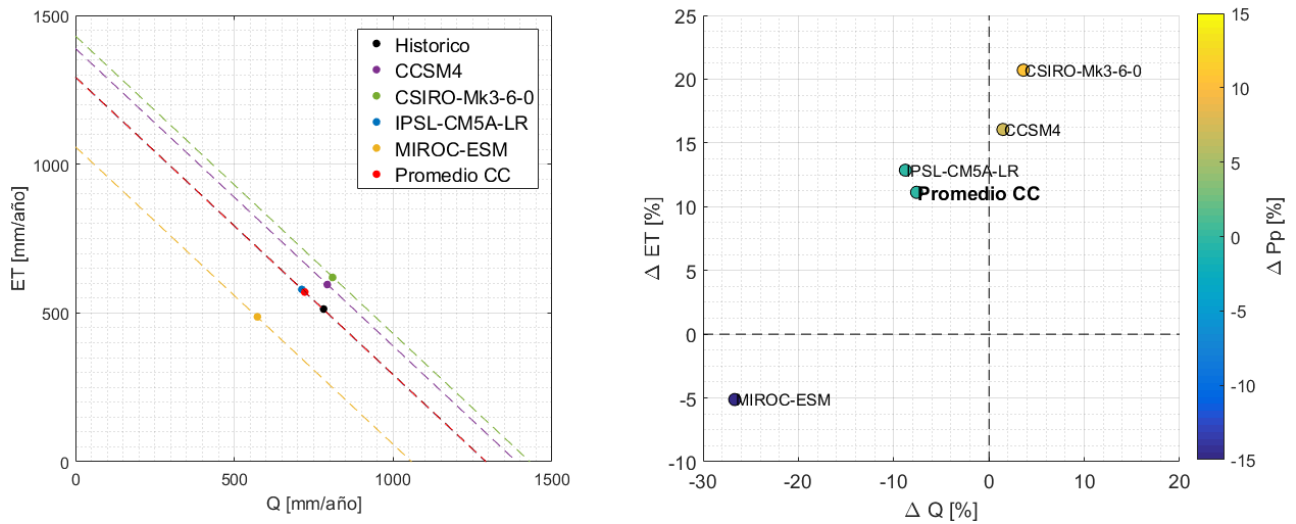


Figura E.9 Partición evapotranspiración-escorrentía y variación porcentual de la escorrentía, evapotranspiración y precipitación en el periodo 2030-2060 en escenario de cambio climático respecto al periodo histórico 1985-2015.

E.7. REFERENCIAS

- Beck, H.E., van Dijk, A.I.J.M., de Roo, A., Miralles, D.G., McVicar, T.R., Schellekens, J., Bruijnzeel, L.A., 2016. Global-scale regionalization of hydrologic model parameters. *Water Resour. Res.* <https://doi.org/10.1002/2015WR018247>
- CONAF, 1997. Plan de Manejo Parque Nacional Rapa Nui.
- Errol L. Montgomery & Associates INC., 2011. Condiciones Hidrogeológicas - Isla de Pascua, Chile 108.
- Hajek, E., Espinoza, G.A., 1987. Meteorología, climatología y bioclimatología de las Islas Oceánicas Chilenas. *Islas Oceánicas Chil. Conoc. científico y necesidades Investig.* 55–83.
- Larenas, F.A., 2009. Reconfiguración Caleta Hanga Piko , Isla de Pascua. Universidad de Chile.
- Rull, V., Cañellas-Boltà, N., Sáez, A., Giralt, S., Pla, S., Margalef, O., 2010. Paleoecology of Easter Island: Evidence and uncertainties. *Earth-Science Rev.* 99, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.003>
- Zeng, X., 2001. Global Vegetation Root Distribution for Land Modeling. *J. Hydrometeorol.* 2, 525–530. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2001\)002<0525:gvrdfi>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2001)002<0525:gvrdfi>2.0.co;2)

F. ANEXO F: ESTIMACIÓN DE LOS APORTES GLACIARES

Este anexo se presenta de manera digital y consiste en dos archivos comprimidos (.zip), con simulaciones en el periodo 1979-2015, realizadas con las forzantes meteorológicas utilizadas en el proyecto y el archivo 1980-2060 simuladas con los cuatro GCMs. Cada uno de estos archivos contiene directorios que presentan la simulación de cada glaciar adjudicado a cuencas con código BNA.

G. ANEXO G: CAMBIO CLIMÁTICO

Este anexo se presenta de manera digital y consiste en un documento Excel (.xlsx) para cada uno de los cuatro modelos de cambio climático analizados. Cada uno de estos documentos resume las componentes del balance hídrico a nivel de cuenca DARH para los periodos 1985-2015, 2030-2040, 2040-2050, 2050-2060 y 2030-2060.

H. ANEXO H: RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

Este anexo se presenta de manera digital y consiste en un documento Excel (.xlsx) para cada uno de los cuatro modelos de cambio climático analizados. Cada uno de estos documentos resume las componentes del balance hídrico a nivel de cuenca DARH para los periodos 1985-2015, 2030-2040, 2040-2050, 2050-2060 y 2030-2060.

I. ANEXO I: ATLAS DE MAPAS

Este anexo se presenta de manera digital y consiste en un documento del tipo *Portable Document Format* (.pdf) donde se presentan los mapas más relevantes del proyecto desplegados en hojas tamaño A3. Allí se muestran 1) los valores anuales promedio en el periodo histórico (1985-2015) de precipitación, temperatura máxima, mínima y media, evapotranspiración, escorrentía y riego (demanda) de cultivos, además de la fracción de área cubierta por cultivos en dicho periodo; y 2) las variaciones futuras (2030-2060) de las variables anteriormente mencionadas.