

GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

**INFORME TÉCNICO**  
**ESTIMACIÓN DE RECARGA EN CUENCAS**  
**ALTIPLÁNICAS SELECCIONADAS**

**REALIZADO POR:**  
**División de Estudios y Planificación**  
**SDT N° 317**

**Santiago, agosto de 2011**

**Profesionales**  
Luis Rojas Badilla  
Carlos Salazar Méndez

***Agosto de 2011***

## ÍNDICE

|            |                                                                                |           |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                            | <b>3</b>  |
| <b>2</b>   | <b>METODOLOGÍA PROPUESTA</b>                                                   | <b>4</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>MODELO CONCEPTUAL. RELACIÓN ESCORRENTÍA TOTAL- PRECIPITACIÓN MEDIA.</b>     | <b>5</b>  |
| 2.1.1      | VARIANTE HIDROGEOLÓGICA, HIPÓTESIS DE ZONIFICACIÓN                             | 6         |
| 2.1.2      | VARIANTE HIDROLÓGICA. DESAGREGACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL | 15        |
| <b>2.2</b> | <b>DETERMINACIÓN DE LA RECARGA NETA</b>                                        | <b>19</b> |
| <b>3</b>   | <b>APLICACIÓN METODOLOGICA</b>                                                 | <b>21</b> |
| <b>4</b>   | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                                          | <b>25</b> |
| <b>5</b>   | <b>ANEXOS</b>                                                                  | <b>26</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

Las condiciones de extrema aridez de la XV, I, II y III Regiones, determinan que los recursos subterráneos de la meseta altiplánica y de las quebradas con vertiente pacífica sean la principal fuente de abastecimiento de recursos de agua continentales, sin embargo, corresponden también a sectores con escasa información y conocimiento hidrológico lo que dificulta la evaluación de disponibilidades.

Mejorar e incrementar el conocimiento de los procesos hidrogeológicos e hidrológicos que intervienen y determinan los flujos aprovechables de estos sistemas es un trabajo de largo plazo, no obstante, el incremento de la demanda de agua implica la búsqueda de soluciones de corto a mediano plazo, que a partir de la información disponible y en forma razonable, desarrolle herramientas que se puedan hacer cargo de la evaluación hidrológica.

En esta línea de trabajo la DGA abordó entre los años 2008 y 2009 el estudio del altiplano chileno<sup>1</sup>, con el objeto de actualizar el conocimiento y caracterizar regionalmente la hidrografía, hidrología, hidrogeología, hidroquímica e isotopía de las cuencas, así como, para realizar estimaciones de balances hídricos en tres sectores o cuencas pilotos (Salar del Huasco en la I región, Cuenca de Tujacto en la II región y Salares de Maricunga y Pedernales en la III Región). Las estimaciones se realizaron sobre la base de la información existente y de metodologías basadas en las condiciones hidrológicas particulares. Específicamente, respecto de las descargas naturales, se propuso determinar la evaporación desde suelos mediante un “Domo de Control”. Para la determinación de recarga se propuso una metodología basada conceptualmente en una simplificación del proceso de recarga en ambientes áridos, en la que se incorporó principalmente las particularidades hidráulicas e hidrogeológicas de los suelos y formaciones geológicas de la cuenca de drenaje.

Con este estudio se obtuvo un marco general de las principales características hidrológicas del altiplano, en términos de los procesos fundamentales que las originan, sin embargo, a nivel de cuenca piloto y de la propuesta metodológica para estimar recarga, los resultados obtenidos son imprecisos y difícilmente replicables y no justifican el nivel de detalle metodológico, así también, el método “in situ” para determinar evaporación desde el suelo, el “Domo de Control”, posee una alta demanda de tiempo y costos elevados, restringiendo su aplicación (lisímetros).

No obstante lo anterior, no se descartó que en esta línea de trabajo fuese posible avanzar con una mayor simplificación hidráulica e hidrogeológica del proceso de recarga, a través de la implementación de un modelo general de distribución de suelos, esta vez a escala de la cuenca de drenaje.

---

<sup>1</sup> Levantamiento Hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la zona norte de Chile. Regiones XV, I, II y III. DGA-2008 y 2009. SIT N° 157 y SIT N° 195

Consecuentemente, en el año 2010 la DGA desarrolla un nuevo estudio para estimación de la recarga en la zona altiplánica y cuencas de vertiente pacífico<sup>2</sup>, con el cual se buscó avanzar en la formulación metodológica y sistematización hidrológica e hidrogeológica de la información base. Como metodología de trabajo se propuso la ejecución secuencial de balances hídricos sobre tres macro zonas concéntricas dentro de la cuenca de drenaje. Macro zonas compuestas por tres grupos de suelos específicos asociados según un número de orden, tal que la zona perimetral o Z3, incluyera suelos típicos de cabecera de las cuencas, mayormente impermeables; zona intermedia o Z2, suelos volcánicos y sedimentarios antiguos de permeabilidad media, y la zona 1, receptora final, compuesta de materiales de acarreo propios de los cauces y acuíferos detríticos asociados a los valles y quebradas de la red de drenaje de la cuenca. No obstante la simpleza de este modelo conceptual su aplicación requirió de antecedentes con un nivel de detalle superior al disponible, y en particular la regionalización de los parámetros no tuvo resultados aceptables, presentando una baja predictividad a escala regional.

Sin perjuicio de las consideraciones ya efectuadas, entre estos estudios previos también se observaron significativas diferencias de la conformación de isoyetas de precipitación media, que sin lugar a dudas constituyen una significativa fuente de error. En este sentido, para una misma cuenca fue posible observar variaciones de hasta un 100% en la precipitación media, situación que se generaliza en mayor o menor medida en cuencas con menor información pluviométrica.

Sobre la base de los avances mencionados y la necesidad original de contar con una herramienta de aplicación simple y de precisión razonable es que a continuación se presenta una propuesta metodológica basada en un modelo simplificado del comportamiento de la escorrentía a nivel regional. Orientada a estimar la recarga neta en cuencas del norte de Chile con escasa información hidrométrica.

## **2 METODOLOGÍA PROPUESTA**

En términos generales, se puede concluir que la escasa información disponible ha sido principal dificultad para desarrollar una metodología que sea de aplicación regional y que determine la recarga de cuencas altiplánicas.

Una metodología para estimar recarga puede estar basada en un modelo conceptual muy coherente, sin embargo, si su calibración requiere información no disponible, implícitamente se produce una distorsión de los coeficientes de ajustes, limitando la validez del método al ámbito local

Consecuentemente, una metodología de trabajo robusta debe incorporar las simplificaciones temporales y espaciales de las variables hidrológicas e hidrogeológicas de mayor importancia, en consistencia con la información disponible, de manera que toda

---

<sup>2</sup> "Metodología para la estimación de recarga en cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III Regiones". DGA-2010. SIT N° 221

particularidad no cubierta se propague aleatoriamente sobre los resultados. En este sentido, la línea de trabajo debe ser dirigida desde un principio a nivel regional.

En el presente informe el trabajo se desarrolla en dos etapas, la primera, enfocada a la búsqueda de una relación de largo plazo entre la escorrentía total de salida y la precipitación media sobre la cuenca, utilizando para ello los datos y cuencas seleccionadas en el estudio del 2010, y del Balance Hídrico Nacional de 1987.

La segunda etapa, enfocada a la determinación de una recarga neta o efectiva, estimada a partir del comportamiento de los caudales superficiales estacionales controlados a la salida de las cuencas estudiadas, en donde conceptos como caudal base interanual, demandas estacionales máximas y mínimas, períodos interanuales húmedos o secos, flujo pasante subterráneo, etc, son elementos básicos para la fundamentación de la estimación propuesta.

## **2.1 Modelo Conceptual. Relación Escorrentía Total- Precipitación Media.**

La recarga de los acuíferos altiplánicos tiene como fuente principal la precipitación, que se infiltra con mayor facilidad por zonas de mayor permeabilidad, y que se ve favorecida por eventos de mayor envergadura que son capaces de saturar el suelo y conducir agua hasta el acuífero. Las distintas clases de suelos constituyen zonas de transferencia del agua subterránea hacia las zonas más bajas de la cuenca. Si una cuenca o subcuenca posee caudal de salida conocido (superficial y subterráneo), es razonable asumir que su valor medio de largo plazo representa su escorrentía total.

Una primera relación entre la precipitación media y la escorrentía total en cuencas del Norte de Chile fue la adoptada por la JICA en 1995, a partir de la cual fue estimada la recarga media de la Pampa del Tamarugal, ver figura A-1 de Anexo.

$$Q_s = f * P_c * A$$

$$P_c = m f + C$$

$$Q_s = F(P_c) = P_c(P_c - C) * A / m$$

$$Q_s = (A/m) * P_c^2 - (C * A/m) * P_c$$

En donde,

$P_c$  = Precipitación media anual de largo plazo de la cuenca

$Q_s$  = Caudal medio superficial de salida de la cuenca ó escorrentía total (largo plazo)

$A$  = Área de la cuenca

$f$  = Coeficiente de escorrentía de la cuenca

$m$  y  $C$  = Coeficientes de ajuste lineal.

Evidentemente, para que esta relación sea teóricamente correcta el flujo subterráneo pasante debe ser nulo ó poco significativo respecto del caudal superficial, hipótesis que podría no ser válida en todos los casos y constituir un elemento distorsionador de la relación. En este caso, el efecto se haría presente por el lado seguro de la estimación.

Esta relación, de extrema simplicidad y validez cuasi regional, si bien presenta un ajuste lineal de  $r = 0.75$  y  $r^2 = 0.5$ , de mediana calidad, tiene buenas posibilidades de mejorar su conceptualización como de ampliar el dominio de aplicación.

A partir de lo anterior, en el presente trabajo se adopta como base el modelo conceptual JICA, complejizándolo con la incorporación de dos nuevas variables, de orden hidrológico e hidrogeológico, analizando su efecto en forma individual e independiente. Estas variables, escogidas entre las de mayor peso sobre la esorrentía total de una cuenca, corresponden a la zonificación de la cuenca de drenaje en función de la geología superficial, y a la desagregación de la relación única P-Et en dos relaciones estacionales (verano e invierno). Cambios con los cuales se pretende mejorar su representatividad y extender el dominio de aplicación, haciéndolo extensivo a todas las cuencas entre la XV y III región del país, localizadas sobre los 1500 msnm.

Tal como se indicó anteriormente, la necesidad de mantener un enfoque metodológico simplificado sugiere que las variantes o hipótesis de trabajo sean evaluadas en forma independiente, estableciéndose las siguientes dos líneas de trabajo.

### 2.1.1 Variante Hidrogeológica, Hipótesis de Zonificación

En este caso se propone la diferenciación de la cuenca drenaje en dos tipos de suelos o zonas hidrogeológicas, una de cabecera asociada a suelos poco permeables (principalmente rocas antiguas y formaciones volcánicas impermeables), denominada Z2, que evacua su escurrimiento aguas abajo a la zona siguiente, ó zona Z1, de permeabilidad mayor, asociada a las distintas formaciones de origen sedimentario (antiguas y modernas). En los siguientes términos:

$$Q_2 = f_2 P_c Z_2$$

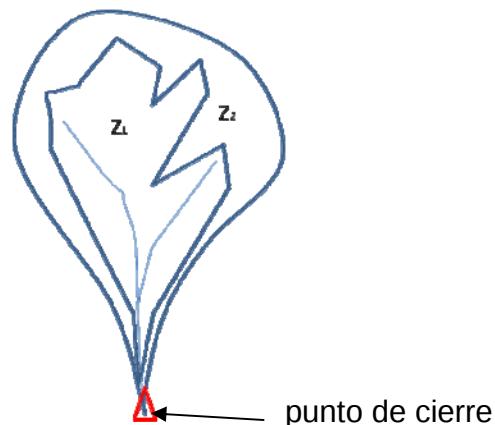
$$Q_2 / Z_1 = P_{2\_1}$$

$$Q_1 = f_1 (P_c + P_{2\_1}) Z_1$$

$$Q_1 = f_1 P_c Z_1 + f_1 f_2 P_c Z_2$$

$$P_c = m_2 f_2 + C_2$$

$$(P_c + P_{2\_1}) = m_1 f_1 + C_1$$



En donde  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  son coeficientes de ajuste lineal.

La convergencia del ajuste es obtenido mediante la función SOLVER de EXCEL, que minimiza el cuadrado de la desviación entre la escorrentía total observada (caudal de la estación fluviométrica) y la calculada, teniendo como variable de ajuste los coeficientes de ajuste lineal. Los resultados obtenidos se indican en la tabla nº1 siguiente:

Tabla 1  
Cálculo de parámetros y escorrentía para cuencas de control

|    | Nombre de la cuenca                   | Elev. media<br>cuenca<br>(msnm) | Área zona<br>2 (km <sup>2</sup> ) | Área<br>zona 1<br>(km <sup>2</sup> ) | Área total<br>(km <sup>2</sup> ) | Q <sub>pp</sub><br>(l/s) | P anual<br>promedio<br>(mm) | Q <sub>salida</sub><br>(l/s) | f2   | f1   | Q2   | P <sub>2-1</sub> | P1   | Q1   | Qobs | d <sup>2</sup> /Qobs | d/Qobs |
|----|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|----------------------|--------|
| 1  | Río Lluta Alto                        | 4345                            | 614                               | 713                                  | 1327                             | 12452                    | 287                         | 1921                         | 0.49 | 0.27 | 2734 | 121              | 408  | 2521 | 1921 | 187                  | 0.31   |
| 2  | Río Lluta bajo Río Azufre             | 4448                            | 170                               | 211                                  | 381                              | 3690                     | 294                         | 371                          | 0.50 | 0.27 | 792  | 118              | 412  | 757  | 371  | 402                  | 1.04   |
| 3  | Río Caquena                           | 4672                            | 260                               | 188                                  | 448                              | 5474                     | 380                         | 1097                         | 0.63 | 0.34 | 1980 | 332              | 712  | 1440 | 1097 | 107                  | 0.31   |
| 4  | Río San José alto                     | 3386                            | 980                               | 378                                  | 1358                             | 5287                     | 120                         | 599                          | 0.23 | 0.23 | 868  | 72               | 192  | 523  | 599  | 10                   | 0.13   |
| 5  | Río Codpa hasta Cala-Cala             | 3901                            | 326                               | 44                                   | 370                              | 1588                     | 131                         | 146                          | 0.25 | 0.27 | 338  | 242              | 373  | 138  | 146  | 0                    | 0.05   |
| 6  | Río Camarones hasta Conanoxa          | 3177                            | 1435                              | 571                                  | 2006                             | 6728                     | 103                         | 517                          | 0.21 | 0.22 | 968  | 53               | 156  | 620  | 517  | 21                   | 0.20   |
| 7  | Quebrada Camiña hasta Altusa          | 4084                            | 506                               | 13                                   | 519                              | 2623                     | 157                         | 324                          | 0.29 | 0.60 | 729  | 1769             | 1926 | 478  | 324  | 73                   | 0.47   |
| 8  | Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya     | 4214                            | 508                               | 40                                   | 548                              | 2226                     | 124                         | 155                          | 0.24 | 0.29 | 477  | 376              | 500  | 186  | 155  | 6                    | 0.20   |
| 9  | Río Collacagua hasta Peñablanca       | 4294                            | 640                               | 81                                   | 721                              | 2526                     | 109                         | 129                          | 0.22 | 0.25 | 477  | 186              | 295  | 188  | 129  | 27                   | 0.46   |
| 10 | Río Piga hasta Collacagua (Huasco)    | 4292                            | 333                               | 65                                   | 398                              | 1430                     | 112                         | 143                          | 0.22 | 0.24 | 261  | 126              | 238  | 116  | 143  | 5                    | 0.19   |
| 11 | Río Guatacondo hasta Copaquire        | 4347                            | 156                               | 33                                   | 189                              | 599                      | 97                          | 39                           | 0.20 | 0.23 | 95   | 90               | 187  | 44   | 39   | 1                    | 0.14   |
| 12 | Río Loa hasta Lequena                 | 4102                            | 1522                              | 574                                  | 2096                             | 7573                     | 110                         | 512                          | 0.22 | 0.22 | 1154 | 63               | 173  | 703  | 512  | 71                   | 0.37   |
| 13 | Río Salado                            | 3602                            | 1210                              | 1141                                 | 2351                             | 8009                     | 105                         | 558                          | 0.21 | 0.21 | 844  | 23               | 128  | 989  | 558  | 332                  | 0.77   |
| 14 | Río Salado hasta Curti                | 4285                            | 432                               | 115                                  | 547                              | 2374                     | 133                         | 285                          | 0.25 | 0.24 | 460  | 126              | 259  | 228  | 285  | 11                   | 0.20   |
| 15 | Río San Pedro de Atacama              | 4027                            | 1068                              | 324                                  | 1392                             | 3725                     | 82                          | 739                          | 0.17 | 0.21 | 484  | 47               | 129  | 283  | 739  | 282                  | 0.62   |
| 16 | Canal Cuno hasta Socaire              | 4727                            | 125                               | 13                                   | 138                              | 242                      | 54                          | 165                          | 0.13 | 0.21 | 28   | 68               | 122  | 11   | 165  | 144                  | 0.94   |
| 17 | Río de La Ola (Pedernales)            | 4026                            | 573                               | 646                                  | 1219                             | 1785                     | 46                          | 629                          | 0.12 | 0.20 | 99   | 5                | 51   | 204  | 629  | 287                  | 0.68   |
| 18 | Río Lamas (Maricunga)                 | 4919                            | 637                               | 419                                  | 1056                             | 1677                     | 50                          | 258                          | 0.13 | 0.20 | 126  | 10               | 60   | 157  | 258  | 40                   | 0.39   |
| 19 | Río Jorquera                          | 3799                            | 2558                              | 1541                                 | 4099                             | 6506                     | 50                          | 725                          | 0.13 | 0.20 | 507  | 10               | 60   | 585  | 725  | 27                   | 0.19   |
| 20 | Río Pulido                            | 3569                            | 1343                              | 562                                  | 1905                             | 3484                     | 58                          | 1567                         | 0.14 | 0.20 | 339  | 19               | 77   | 277  | 1567 | 1062                 | 0.82   |
| 21 | Río Manflas                           | 3566                            | 602                               | 345                                  | 947                              | 1705                     | 57                          | 572                          | 0.14 | 0.20 | 148  | 14               | 71   | 155  | 572  | 305                  | 0.73   |
| 22 | Río Tránsito hasta Río Carmen         | 3361                            | 2935                              | 1043                                 | 3978                             | 9135                     | 72                          | 4079                         | 0.16 | 0.21 | 1065 | 32               | 104  | 716  | 4079 | 2773                 | 0.82   |
| 23 | Río Tránsito hasta Angostura de Pinte | 3709                            | 1875                              | 780                                  | 2655                             | 6811                     | 81                          | 3681                         | 0.17 | 0.21 | 832  | 34               | 115  | 595  | 3681 | 2587                 | 0.84   |
| 24 | Río el Carmen hasta Río el Tránsito   | 3471                            | 2105                              | 887                                  | 2992                             | 6723                     | 71                          | 2325                         | 0.16 | 0.21 | 746  | 27               | 98   | 566  | 2325 | 1331                 | 0.76   |
| 25 | Río Carmen hasta San Félix            | 3632                            | 1990                              | 718                                  | 2708                             | 6128                     | 71                          | 2836                         | 0.16 | 0.21 | 705  | 31               | 102  | 481  | 2836 | 1955                 | 0.83   |
|    |                                       |                                 |                                   |                                      |                                  |                          |                             |                              |      |      |      |                  |      |      |      | 12046                |        |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos e información básica obtenida del estudio SIT N° 221.

El ajuste lineal de los parámetros f1 y f2 se muestra en la figura n°1 siguiente.

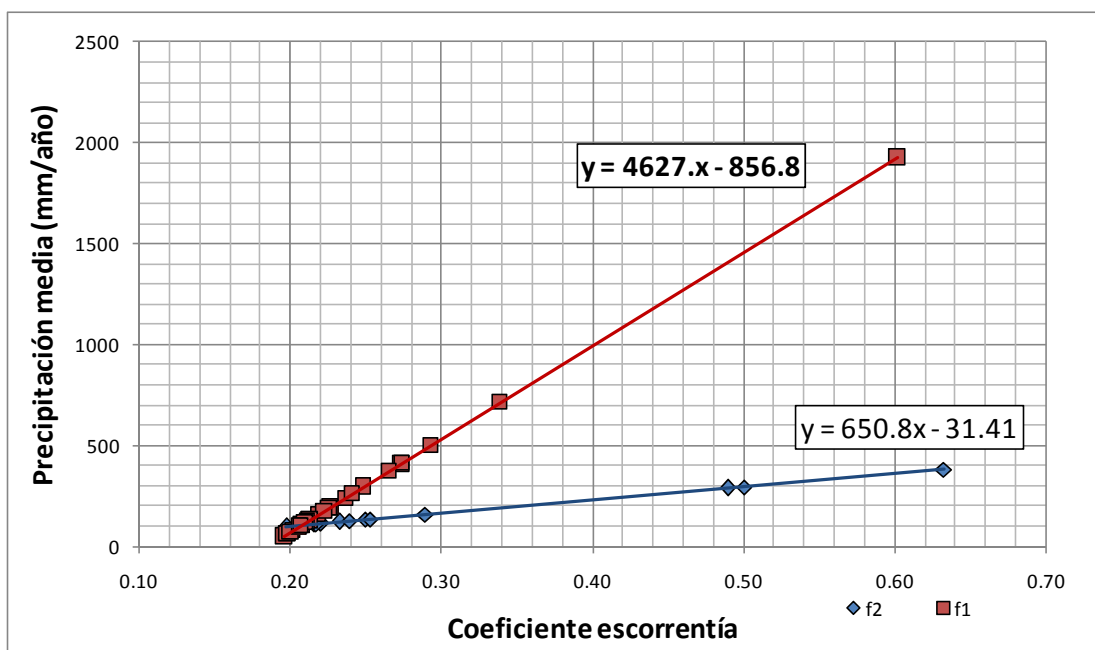


Figura N°1. Ajuste de parámetros f1 y f2

Y la comparación entre los caudales observados y calculados según las figuras n° 2 y 3.

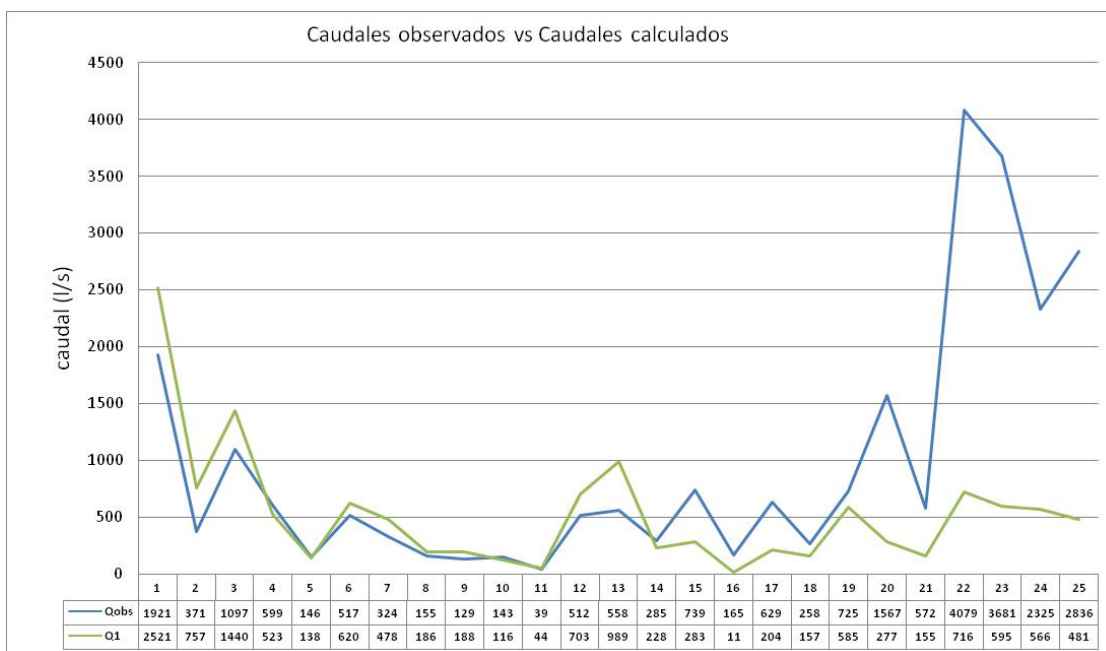


Figura 2. Comparación entre caudal calculado y caudal observado.

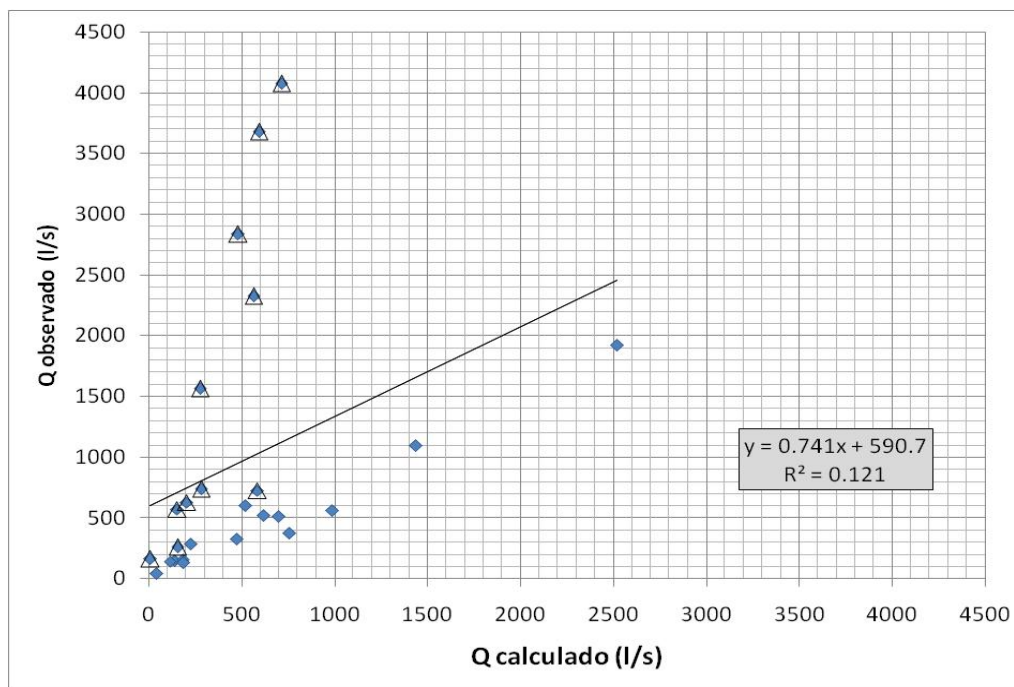


Figura 3. Caudal observado v/s caudal calculado (l/s)

Como se puede apreciar, el mejor ajuste no es suficiente para reproducir satisfactoriamente la escorrentía total de las 25 cuencas, más bien, se observan dos grupos o tendencias perfectamente identificables, por debajo y por arriba de los caudales observados. Este quiebre o separación es coincidente tanto con una precipitación media anual aproximada de 100 mm, como con una coordenada UTM N 7500000, como se aprecia en la figura n° 4 siguiente.

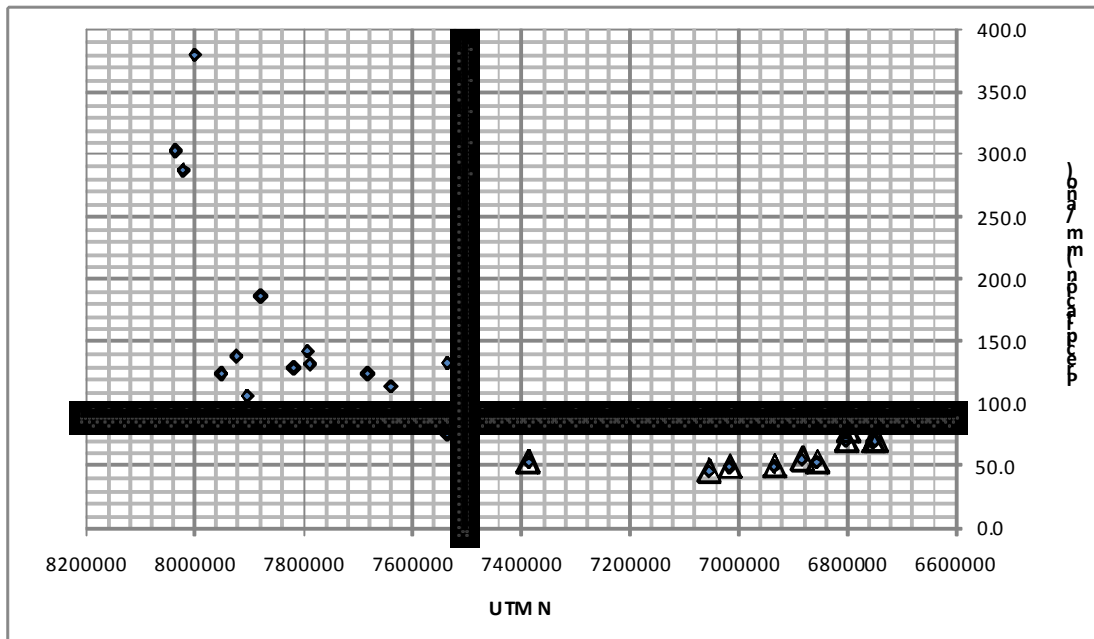


Figura 4. Precipitación media v/s UTM N

Si se prescinde el grupo de cuencas bajo el umbral de 100 mm ó del grupo situado más al sur, se obtiene una nueva correlación que alcanza la siguiente calibración, figuras n° 5, 6 y 7 y Tabla N°2.

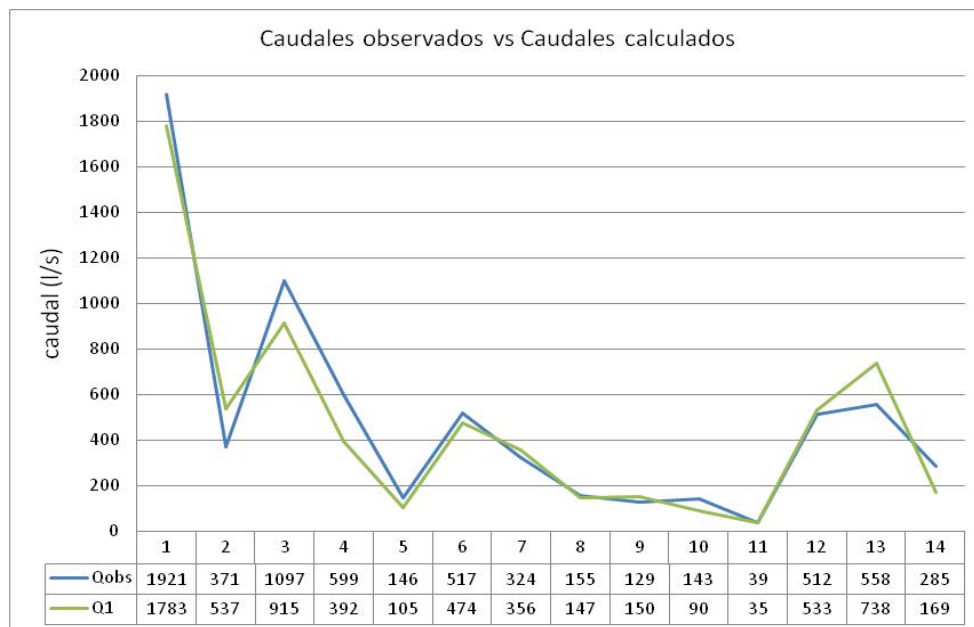


Figura 5. Comparación entre caudal calculado y caudal observado.

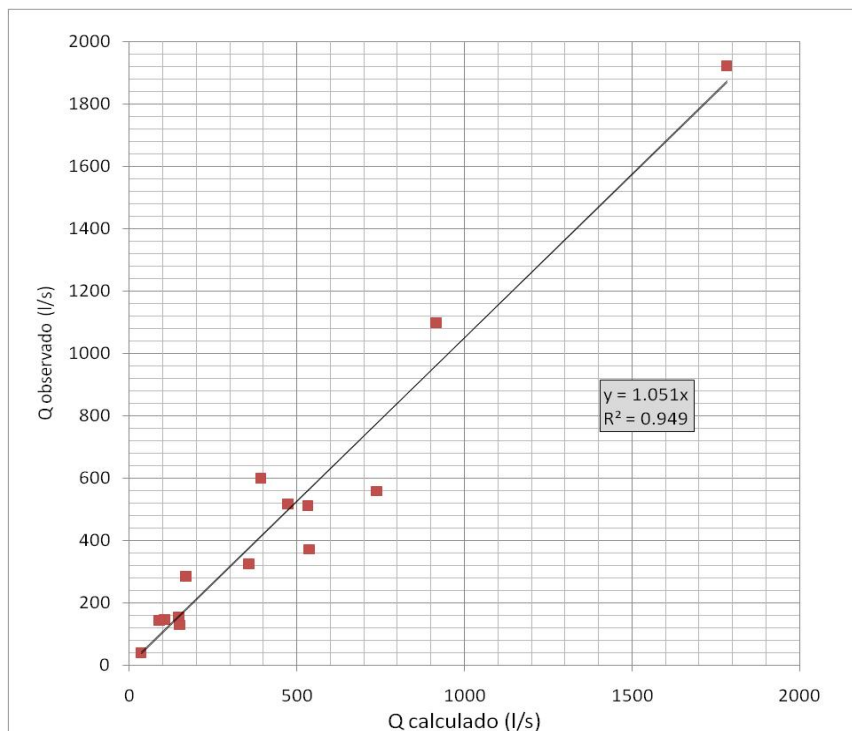


Figura 6. Caudal calculado v/s caudal observado (l/s)

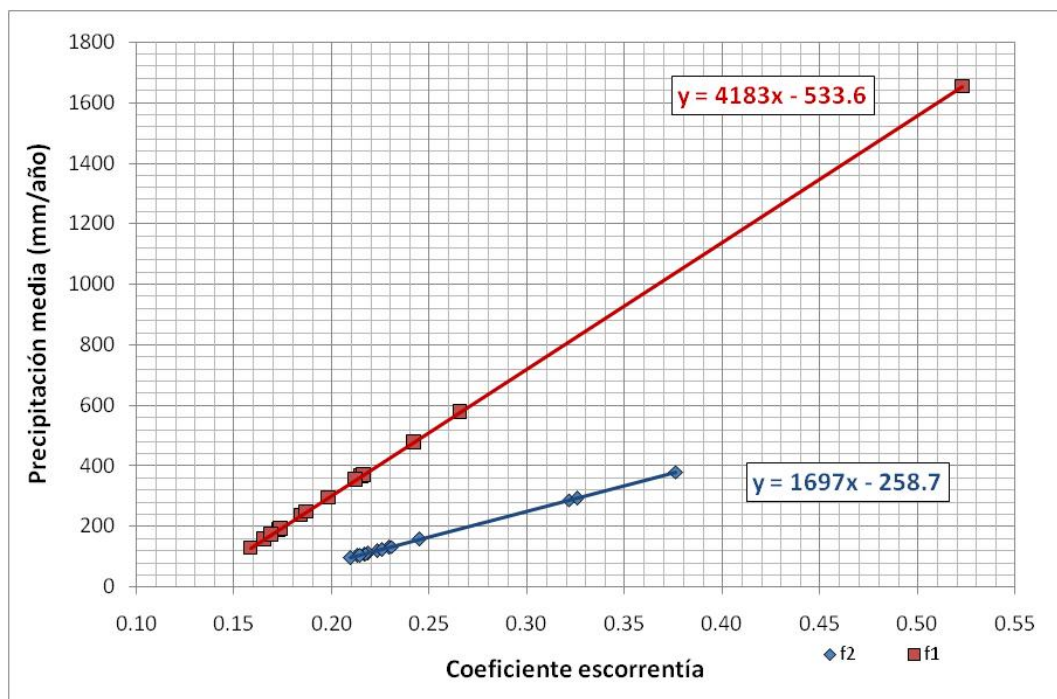


Figura n° 7 Ajuste de parámetros f1 y f2.

Si bien este nuevo ajuste es altamente satisfactorio, el modelo tiene restricciones de uso en cuencas ubicadas al norte de la coordenada UTM N 7.460.000 y/o precipitaciones medias superiores a 100mm/año.

Respecto de aquellas cuencas, fuera de la correlación anterior, y ubicadas más al sur, no fue posible encontrar un ajuste independiente que fuese aceptable o del orden de la anterior.

De cualquier manera, estos resultados indican la existencia de una variable de mayor importancia que las consideraciones hidrogeológicas adoptadas sobre la cuenca de drenaje, y que se relacionaría tanto con el monto de la precipitación media como con la distribución latitudinal. Incertidumbre que se discute con mayor detalle en el punto 2.1.2 siguiente.

Tabla N° 2.  
Cálculo de parámetros y esorrentía para cuencas de control. Nueva condición

|    | Nombre de la cuenca                | media<br>cuenca<br>(msnm) | Área<br>zona 2<br>(km <sup>2</sup> ) | Área<br>zona<br>1(km <sup>2</sup> ) | Área total<br>(km <sup>2</sup> ) | Q <sub>pp</sub><br>(l/s) | P anual<br>prom<br>(mm) | Q <sub>salida</sub><br>(l/s) | f2   | f1   | Q2   | P <sub>2-1</sub> | P1   | Q1   | Qobs | d <sup>2</sup> /Qobs | d/Qobs |
|----|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|----------------------|--------|
| 1  | Río Lluta Alto                     | 4345                      | 614                                  | 713                                 | 1327                             | 12452                    | 287                     | 1921                         | 0.32 | 0.22 | 1796 | 79               | 366  | 1783 | 1921 | 10                   | 0.07   |
| 2  | Río Lluta bajo Río Azufre          | 4448                      | 170                                  | 211                                 | 381                              | 3690                     | 294                     | 371                          | 0.33 | 0.22 | 516  | 77               | 371  | 537  | 371  | 74                   | 0.45   |
| 3  | Río Caquena                        | 4672                      | 260                                  | 188                                 | 448                              | 5474                     | 380                     | 1097                         | 0.38 | 0.27 | 1179 | 198              | 578  | 915  | 1097 | 30                   | 0.17   |
| 4  | Río San José alto                  | 3386                      | 980                                  | 378                                 | 1358                             | 5287                     | 120                     | 599                          | 0.22 | 0.17 | 832  | 69               | 189  | 392  | 599  | 71                   | 0.34   |
| 5  | Río Codpa hasta Cala-Cala          | 3901                      | 326                                  | 44                                  | 370                              | 1588                     | 131                     | 146                          | 0.23 | 0.21 | 311  | 223              | 354  | 105  | 146  | 12                   | 0.28   |
| 6  | Río Camarones hasta Conanoxa       | 3177                      | 1435                                 | 571                                 | 2006                             | 6728                     | 103                     | 517                          | 0.21 | 0.17 | 999  | 55               | 158  | 474  | 517  | 4                    | 0.08   |
| 7  | Quebrada Camiña hasta Altusa       | 4084                      | 506                                  | 13                                  | 519                              | 2623                     | 157                     | 324                          | 0.24 | 0.52 | 617  | 1497             | 1654 | 356  | 324  | 3                    | 0.10   |
| 8  | Quebrada de Tarapaca hasta Siba    | 4214                      | 508                                  | 40                                  | 548                              | 2226                     | 124                     | 155                          | 0.23 | 0.24 | 450  | 355              | 479  | 147  | 155  | 0                    | 0.05   |
| 9  | Río Collacagua hasta Peñablanca    | 4294                      | 640                                  | 81                                  | 721                              | 2526                     | 109                     | 129                          | 0.22 | 0.20 | 479  | 187              | 296  | 150  | 129  | 4                    | 0.17   |
| 10 | Río Piga hasta Collacagua (Huasco) | 4292                      | 333                                  | 65                                  | 398                              | 1430                     | 112                     | 143                          | 0.22 | 0.18 | 258  | 125              | 237  | 90   | 143  | 20                   | 0.37   |
| 11 | Río Guatacondo hasta Copaquire     | 4347                      | 156                                  | 33                                  | 189                              | 599                      | 97                      | 39                           | 0.21 | 0.17 | 101  | 96               | 193  | 35   | 39   | 0                    | 0.10   |
| 12 | Río Loa hasta Lequena              | 4102                      | 1522                                 | 574                                 | 2096                             | 7573                     | 110                     | 512                          | 0.22 | 0.17 | 1153 | 63               | 173  | 533  | 512  | 1                    | 0.04   |
| 13 | Río Salado                         | 3602                      | 1210                                 | 1141                                | 2351                             | 8009                     | 105                     | 558                          | 0.21 | 0.16 | 863  | 24               | 129  | 738  | 558  | 58                   | 0.32   |
| 14 | Río Salado hasta Curti             | 4285                      | 432                                  | 115                                 | 547                              | 2374                     | 133                     | 285                          | 0.23 | 0.19 | 420  | 115              | 248  | 169  | 285  | 47                   | 0.41   |
|    |                                    |                           |                                      |                                     |                                  |                          |                         |                              |      |      |      |                  |      |      |      | 334                  |        |

### 2.1.2 Variante Hidrológica. Desagregación Estacional de la Precipitación Media Anual

Los resultados del punto anterior ya sugieren una fuerte relación entre la precipitación media anual y la latitud de una cuenca, dado que ambas variables independientemente determinan el quiebre de comportamiento para un mismo grupo de cuencas. Un análisis más detallado sugiere que tanto el monto de la precipitación media, como su distribución estacional de invierno y verano, podrían ser los factores de mayor influencia sobre el modelo de escurrimiento. Principalmente porque es posible plantear fundadamente que:

- La magnitud de la precipitación estival por efecto del “invierno altiplánico” (octubre-marzo), disminuye gradualmente hacia el sur, al mismo tiempo que la precipitación de invierno (abril-septiembre), se incrementa.
- Las precipitaciones medias dependen de las isoyetas de precipitación media, que a su vez, dependen de los criterios y consideraciones hidrológicas adoptadas para su trazado. En este caso como se han observado diferencias muy significativas de esta variable, se ha estimado adecuado asumir de aquí en adelante las isoyetas propuestas en el Balance Nacional de Aguas de 1987, que constituyen el mejor referente de precipitaciones a nivel nacional.

La figura n°8 siguiente, presenta las precipitaciones medias de las 25 cuencas del estudio, desagregadas en invierno y verano, según su coordenada UTM N y la línea de quiebre deducida del punto anterior.

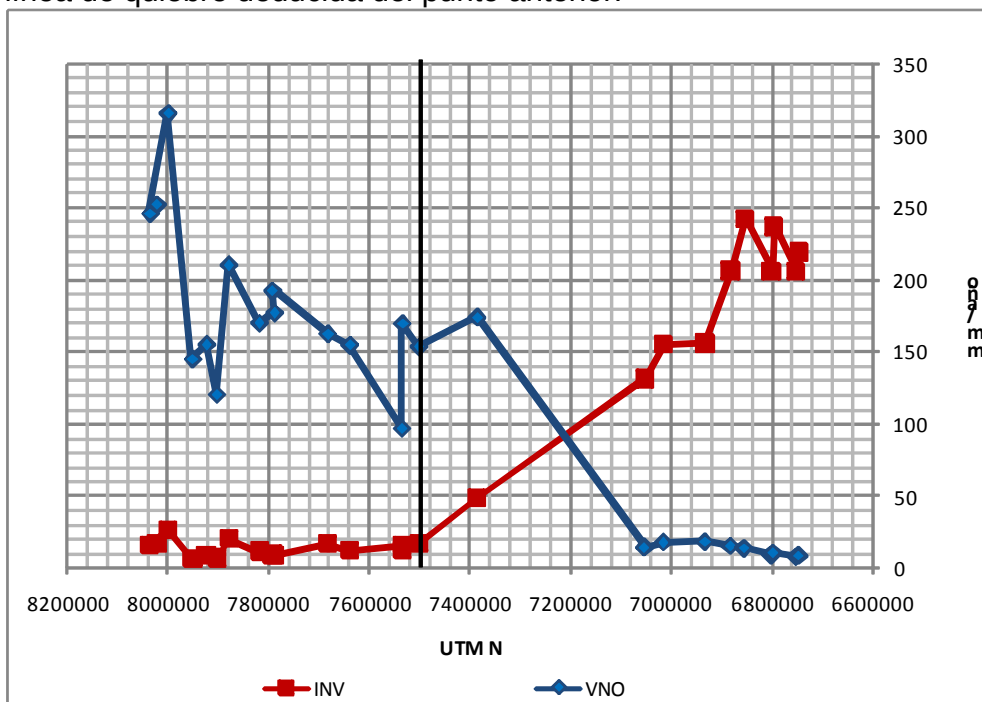


Figura n° 8 Distribución estacional de Precipitaciones Medias en cuencas del estudio

En consecuencia, también es posible proponer que la relación entre la precipitación media y la escorrentía total fuese formulada en dos relaciones paralelas, es decir, una relación entre la precipitación media anual de invierno y la escorrentía generada por ella, y otra entre la precipitación media anual de verano y su propia escorrentía. Lo anterior basado en que:

- Para un mismo volumen de agua caída en invierno o verano, las condiciones meteorológicas de temperatura, humedad relativa, evaporación y de evapotranspiración, presentan grandes diferencias, determinando diferentes condiciones de infiltración y de escurrimiento.
- El caudal medio de salida de la cuenca (escorrentía total), corresponde a la suma de escorrentía de invierno y verano.

Fundamentos bajo los cuales el modelo de escurrimiento JICA puede ser planteado en los siguientes términos:

$$Q_{INV} = f_{inv} P_{inv} A$$
$$Q_{VNO} = f_{vno} P_{vno} A$$

$$P_{inv} = m_1 f_1 + C_1$$
$$P_{vno} = m_2 f_2 + C_2$$

$$Q_s = Q_{INV} + Q_{VNO}$$

$P_{INV}$  = Precipitación media anual de invierno

$P_{vno}$  = Precipitación media anual de verano

$Q_{INV}$  = Escorrentía media anual de invierno

$Q_{VNO}$  = Escorrentía media anual de verano

$f_{inv}$  = Coeficiente de escorrentía de invierno

$f_{vno}$  = Coeficiente de escorrentía de verano

$Q_s$  = Caudal medio anual de salida de la cuenca ó escorrentía total (largo plazo)

$A$  = Área de la cuenca

$m_i$  y  $C_i$  = Coeficientes de ajuste lineal.

Este nuevo ajuste de coeficientes se presenta en la Tabla N°3 y las figuras 9 y 10 siguientes:

Tabla N° 3.  
Cálculo de parámetros y escorrentía para cuencas de control. Variante Hidrológica

| Cuenca N° | UTM N (m) | Elev. media<br>cuenca (msnm) | Nombre de la cuenca                   | Área total<br>(km <sup>2</sup> ) | P Vno<br>(mm/año) | P Inv<br>(mm/año) | fvno | finv | Qvno<br>(l/s) | QInv<br>(l/s) | Qcal<br>(l/s) | QObs<br>(l/s) | d <sup>2</sup> /Qobs | d/Qobs |
|-----------|-----------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|--------|
| 1         | 8023749   | 4345                         | Río Lluta Alto                        | 1326                             | 253               | 17                | 0.16 | 0.00 | 1646          | 0             | 1646          | 1921          | 39.4                 | 0.14   |
| 2         | 8038066   | 4448                         | Río Lluta bajo Río Azufre             | 381                              | 246               | 16                | 0.15 | 0.00 | 449           | 0             | 449           | 371           | 16.6                 | 0.21   |
| 3         | 8002060   | 4672                         | Río Caquena                           | 448                              | 316               | 26                | 0.20 | 0.00 | 888           | 0             | 888           | 1097          | 39.9                 | 0.19   |
| 4         | 7952919   | 3386                         | Río San José alto                     | 1358                             | 145               | 7                 | 0.08 | 0.00 | 523           | 0             | 523           | 599           | 9.6                  | 0.13   |
| 5         | 7925348   | 3901                         | Río Codpa hasta Cala-Cala             | 370                              | 155               | 9                 | 0.09 | 0.00 | 165           | 0             | 165           | 146           | 2.4                  | 0.13   |
| 6         | 7904671   | 3177                         | Río Camarones hasta Conanoxa          | 2006                             | 120               | 7                 | 0.07 | 0.00 | 513           | 0             | 513           | 517           | 0.0                  | 0.01   |
| 7         | 7880957   | 4084                         | Quebrada Camiña hasta Altusa          | 519                              | 211               | 20                | 0.13 | 0.00 | 440           | 0             | 440           | 324           | 41.8                 | 0.36   |
| 8         | 7819950   | 4214                         | Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya     | 548                              | 170               | 12                | 0.10 | 0.00 | 296           | 0             | 296           | 155           | 128.8                | 0.91   |
| 9         | 7789862   | 4294                         | Río Collacagua hasta Peñablanca       | 722                              | 177               | 9                 | 0.10 | 0.00 | 426           | 0             | 426           | 129           | 686.1                | 2.31   |
| 10        | 7793980   | 4292                         | Río Piga hasta Collacagua (Huasco)    | 399                              | 193               | 9                 | 0.12 | 0.00 | 281           | 0             | 281           | 143           | 132.7                | 0.96   |
| 11        | 7683722   | 4347                         | Río Guatacondo hasta Copaquire        | 189                              | 163               | 17                | 0.10 | 0.00 | 93            | 0             | 93            | 39            | 73.9                 | 1.38   |
| 12        | 7640075   | 4102                         | Río Loa hasta Lequena                 | 2096                             | 155               | 12                | 0.09 | 0.00 | 927           | 0             | 927           | 512           | 335.6                | 0.81   |
| 13        | 7536476   | 3602                         | Río Salado                            | 2351                             | 97                | 16                | 0.05 | 0.00 | 369           | 0             | 369           | 558           | 63.9                 | 0.34   |
| 14        | 7535382   | 4285                         | Río Salado hasta Curti                | 547                              | 170               | 12                | 0.10 | 0.00 | 294           | 0             | 294           | 285           | 0.3                  | 0.03   |
| 15        | 7502542   | 4027                         | Río San Pedro de Atacama              | 1391                             | 154               | 17                | 0.09 | 0.00 | 605           | 0             | 605           | 739           | 24.4                 | 0.18   |
| 16        | 7386620   | 4727                         | Canal Cuno hasta Socaire              | 138                              | 174               | 49                | 0.10 | 0.00 | 78            | 0             | 78            | 165           | 45.7                 | 0.53   |
| 17        | 7053685   | 4026                         | Río de La Ola (Pedernales)            | 1219                             | 14                | 132               | 0.00 | 0.04 | 0             | 201           | 201           | 629           | 291.5                | 0.68   |
| 18        | 7015706   | 4919                         | Río Lamas (Maricunga)                 | 1056                             | 18                | 156               | 0.00 | 0.07 | 0             | 362           | 362           | 258           | 42.0                 | 0.40   |
| 19        | 6933311   | 3799                         | Río Jorquera                          | 4099                             | 18                | 156               | 0.00 | 0.07 | 0             | 1434          | 1434          | 710           | 737.6                | 1.02   |
| 20        | 6882437   | 3569                         | Río Pulido                            | 1905                             | 15                | 207               | 0.00 | 0.13 | 0             | 1676          | 1676          | 1449          | 35.5                 | 0.16   |
| 21        | 6855012   | 3566                         | Río Manflas                           | 946                              | 14                | 243               | 0.00 | 0.18 | 0             | 1299          | 1299          | 571           | 927.7                | 1.27   |
| 22        | 6801726   | 3361                         | Río Tránsito hasta Río Carmen         | 3978                             | 9                 | 207               | 0.00 | 0.13 | 0             | 3483          | 3483          | 4079          | 87.0                 | 0.15   |
| 23        | 6797681   | 3709                         | Río Tránsito hasta Angostura de Pinte | 2654                             | 10                | 237               | 0.00 | 0.17 | 0             | 3434          | 3434          | 3681          | 16.6                 | 0.07   |
| 24        | 6752104   | 3471                         | Río el Carmen hasta Río el Tránsito   | 2992                             | 8                 | 207               | 0.00 | 0.13 | 0             | 2618          | 2618          | 2325          | 36.8                 | 0.13   |
| 25        | 6746525   | 3632                         | Río Carmen hasta San Félix            | 2708                             | 8                 | 220               | 0.00 | 0.15 | 0             | 2826          | 2826          | 2836          | 0.0                  | 0.00   |
|           |           |                              |                                       |                                  |                   |                   |      |      |               |               |               |               | 3816                 | 0.50   |



Figura n° 10. Caudal calculado v/s caudal observado (l/s). Variación hidrológica

Estos resultados indican un mayor incremento del coeficiente de escurrimiento en invierno que en verano, explicado razonablemente por las diferentes condiciones climáticas. Sin embargo, llama la atención el alto nivel de precipitación media de invierno (100 mm/año), a partir del cual recién se comienza a notar un aporte al escurrimiento, no así la precipitación de verano, que con sólo 20 mm/año ya muestra influencia sobre el escurrimiento total. Consecuentemente, se estima pertinente que estos parámetros sean observados con cierta precaución puesto que son el reflejo de una tendencia regional, dado que las relaciones deducidas son el resultado de condiciones medias de largo plazo, en las que se producen variaciones naturales no contempladas, así como, la fusión de los errores de estimaciones de los distintos parámetros involucrados, especialmente de las precipitaciones medias.

Sin perjuicio de lo anterior, el ajuste obtenido entre el caudal medio observado y la escorrentía total estimada resulta ser de muy buena calidad, con una recta del tipo  $y=x$  y un  $r^2=0.92$ . Situación que finalmente es considerada adecuada para el nivel de información disponible y la cobertura o dominio de aplicación alcanzado.

## 2.2 Determinación de la Recarga Neta

Efectuar una estimación de recarga en acuíferos del altiplano chileno, sin contar siquiera con control hidrométrico, es una materia compleja, sobre todo si para ello se cuenta sólo con una estimación de las precipitaciones medias. Sin embargo, con la relación propuesta en el punto anterior, y en el contexto de una condición de equilibrio de largo plazo, también es posible contar con la estimación de una escorrentía total de salida desde cada subcuenca que contenga acuíferos, o que descarguen sobre uno. Sin embargo, para estimar recarga se requiere contar con una relación adicional, esta vez, entre la escorrentía total y la escorrentía base que determina la recarga neta del o los acuíferos de una cuenca o subcuenca.

Consecuentemente, el trabajo metodológico siguiente está centrado en el análisis del comportamiento estacional observado por los caudales medios mensuales que han sido controlados históricamente a la salida de las 25 cuencas seleccionadas del estudio, con el objeto de encontrar una eventual relación entre recarga neta y el caudal de salida ó escorrentía total. Para ello se adoptan las siguientes hipótesis y conceptos hidrológicos de base:

- a. Tal como se asumió en el punto 2.1, los flujos subterráneos son despreciables y los caudales superficiales controlados a la salida de las 25 cuencas representan la escorrentía total.

- b. Se entenderá como “recarga neta de la cuenca”, aquella parte de la escorrentía total de salida de una cuenca, compuesta por el agua que ha infiltrado al menos una vez y que ha transitado subterráneamente en algún momento, tal que su permanencia dentro de la cuenca es superior a la de un año hidrológico.
- c. Esta recarga neta o caudal base interanual de salida de la cuenca puede ser estimada, en términos de caudal medio mensual, como el promedio de los mínimos decadales observados entre los meses de junio, julio y agosto. Lo anterior sobre la base que:
- Las precipitaciones de invierno sobre las cuencas seleccionadas de la zona norte son escasas y de bajo monto, y hacia el sur son mayoritariamente sólidas. Por lo que los aportes al escurrimiento durante son significativamente menores que en verano. Las bajas temperaturas limitan el deshielo de las nieves y la escorrentía de salida se aproxima al caudal base de la cuenca, y períodos de sequía interanual, puede llegar a estar muy cerca de este valor.
  - Durante el verano, el caudal base persiste pero es difícil de ser medido, debido a las mayores pérdidas de evaporación y evapotranspiración, que incluso pueden llegar a consumir la totalidad del flujo base en años secos, y/o períodos de sequía interanual.
  - Por otra parte, existe consenso en interpretar las series hidrológicas del norte bajo la perspectiva de ciclos hidrológicos decadales, a partir de lo cual resulta razonable estimar el flujo base como el promedio del conjunto de los 4 mínimos decadales observados históricamente.

En el anexo es posible observar las fluctuaciones anuales de la temperatura, la evaporación y la distribución de caudales para los meses de invierno de junio, julio y agosto, en algunas estaciones de control hidrométrico específicas localizadas en la zona de estudio, y en el gráfico siguiente, la relación que se obtiene entre el promedio de estos mínimos decadales y la escorrentía total observada para las 25 cuencas seleccionadas.

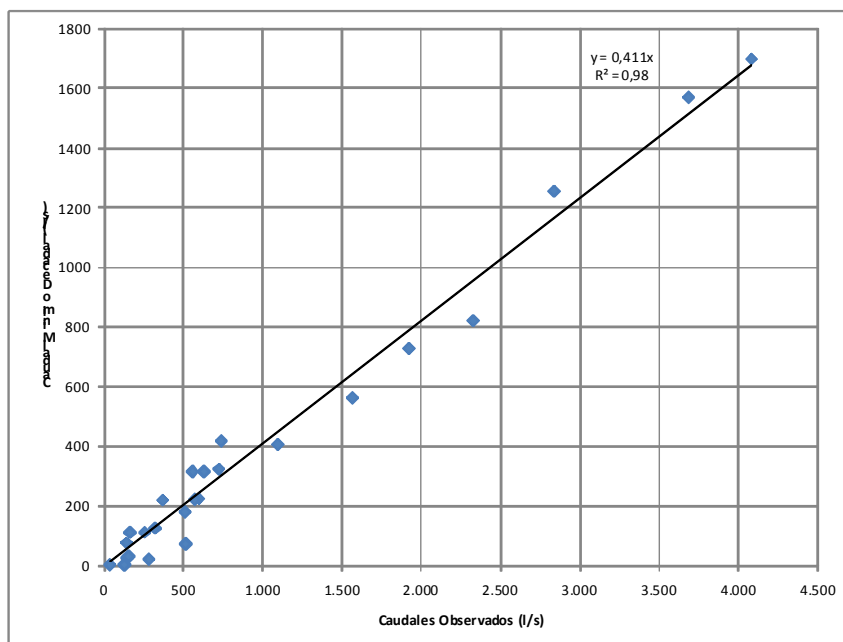


Figura n° 11 Correlación entre el caudal medio anual histórico observado y mínimos decadales promedios, cuencas 1 a 25.

Conforme a este resultado se puede asumir con propiedad que aproximadamente un 40% de la escorrentía total de salida de una cuenca altiplánica corresponde a flujo base o recarga neta de esta.

### 3 APLICACIÓN METODOLOGICA

Es claro que las hipótesis asumidas determinan el alcance de la metodología propuesta. Así, se entiende que su dominio de aplicación cubre las cuencas y subcuencas altiplánicas o de vertiente Pacífica, entre la XV y III regiones, y altura mínima de 1500 msnm. Sin perjuicio que se debe poner atención en la interpretación de resultados en ciertas situaciones específicas, como por ejemplo en la aplicación en cuencas con sección de salida sin flujo superficial pero con una significativa capacidad de flujo pasante subterráneo; en subcuencas de aporte de acuíferos regionales, a salares o zonas terminales de cuencas altiplánicas endorreicas; y específicamente en los sectores previos a la manifestación de los afloramientos naturales propios de estos sistemas. Dependiendo de cada situación específica, la recarga podrá responder y adoptar conceptualmente un valor distinto, que se encontrará entre la escorrentía total estimada y el 40% de esta o recarga neta como fue denominada.

Si bien el objetivo de la metodología fue apoyar la evaluación de recursos hídricos disponibles en cuencas no controladas, el campo de aplicación puede ser extendido a cuencas con control fluviométrico, sobre las cuales se requiera estimar la escorrentía subterránea o recarga neta, para lo cual se deberá poner especial atención en interpretar adecuadamente que representa el caudal superficial controlado y que la recarga neta.

Cabe señalar que la estimación de la precipitación media de una cuenca, desagregada en invierno y verano, también constituye una fuente de dispersión en los resultados, toda vez que sobre las 25 cuencas del estudio los cálculos se basan en criterios específicos relacionados con el número y representatividad asignada a las estaciones pluviométricas cercanas al centroide de cada cuenca.

Sobre la base de lo anterior es que se ha desarrollado un procedimiento simplificado para estimar la componente de invierno y verano de la precipitación media sobre cualquier cuenca situada en el área de estudio, cuyo aporte a la desviación estándar de los resultados finales es mínimo, y constituye un excelente aporte a la simplificación de los cálculos. Esta consiste en la modelación simple de los coeficiente de distribución de la precipitación media obtenidos para las 25 cuencas del estudio, ajustándolos mediante una función distribución de tipo exponencial de media  $\mu = 7.250.000$  y desviación estándar  $\sigma = 175.000$ , tal cual se indica en la figura N° 12 siguiente.

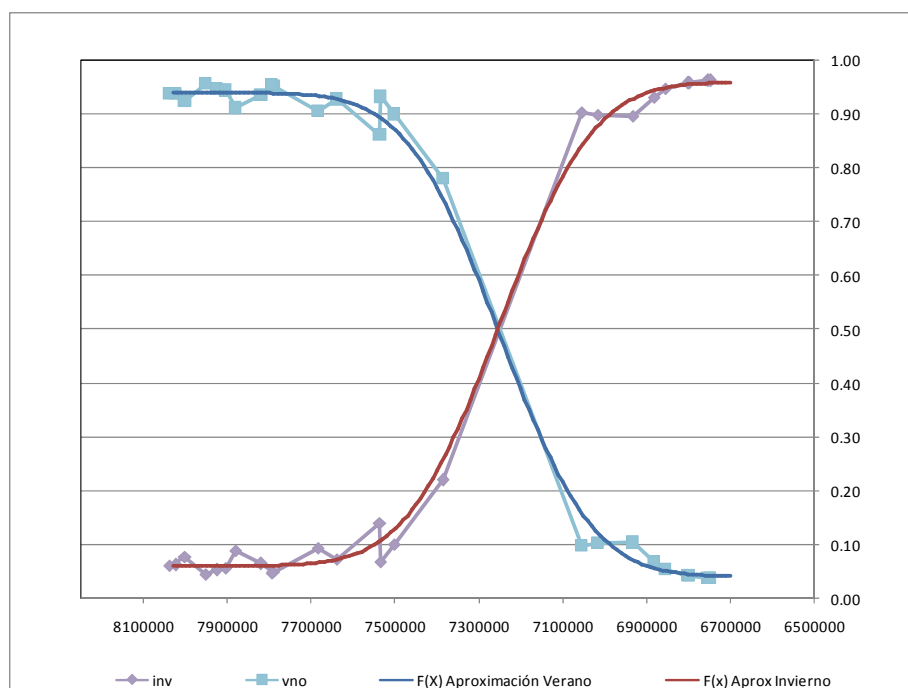


Figura N° 12 Ajuste Exponencial de los Coeficientes de Distribución Invierno-Verano de la Precipitación Media Anual en Cuencas Seleccionadas.

A partir de lo cual se pudo replantear la distribución de las precipitaciones de invierno y verano para las 25 cuencas en función de su latitud, como se aprecia en la figura n° 13 siguiente.

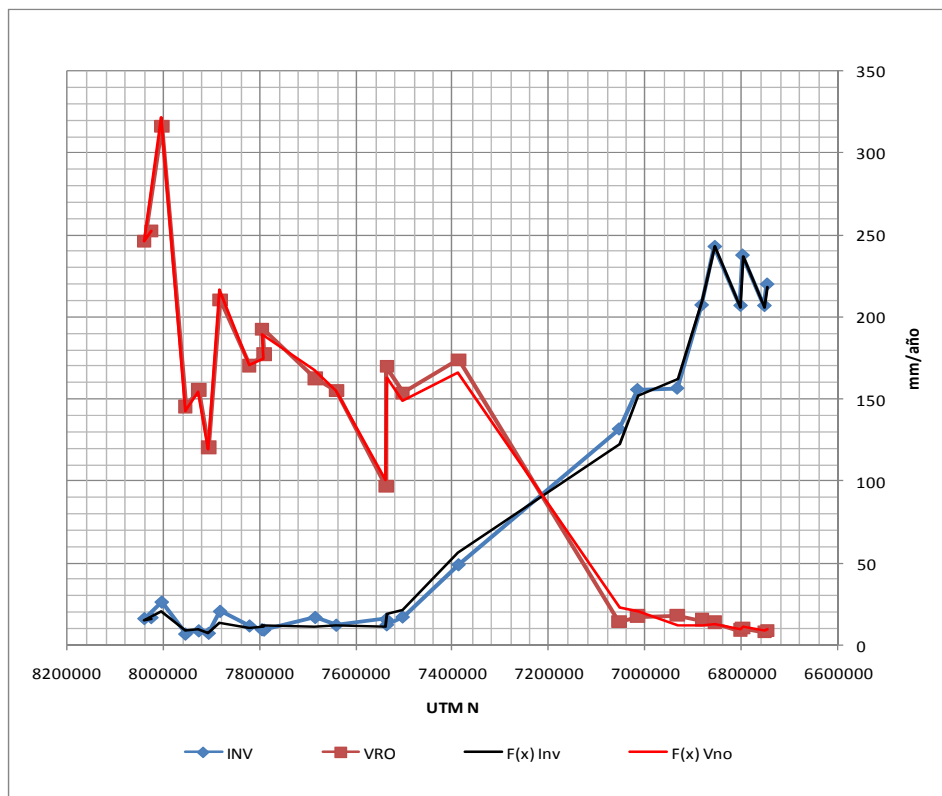


Figura N° 13 Precipitaciones Medias de Invierno y Verano, observadas y estimadas, para las 25 cuencas del estudio.

En la Tabla n° 4 siguiente se entregan los coeficientes de distribución calculados para la totalidad del área de estudio, a partir de la cual es posible adoptar el valor más cercano a la coordenada UTM N respectiva.

Tabla N° 4.  
Coeficientes de distribución de invierno y verano de la precipitación media anual

| UTM N   | F(x) Vno | F(x) Inv |
|---------|----------|----------|
| 8030000 | 0.940    | 0.060    |
| 8020000 | 0.940    | 0.060    |
| 8010000 | 0.940    | 0.060    |
| 8000000 | 0.940    | 0.060    |
| 7990000 | 0.940    | 0.060    |
| 7980000 | 0.940    | 0.060    |
| 7970000 | 0.940    | 0.060    |
| 7960000 | 0.940    | 0.060    |
| 7950000 | 0.940    | 0.060    |
| 7940000 | 0.940    | 0.060    |
| 7930000 | 0.940    | 0.060    |
| 7920000 | 0.940    | 0.060    |
| 7910000 | 0.940    | 0.060    |
| 7900000 | 0.940    | 0.060    |
| 7890000 | 0.940    | 0.060    |
| 7880000 | 0.940    | 0.060    |
| 7870000 | 0.940    | 0.060    |
| 7860000 | 0.940    | 0.060    |
| 7850000 | 0.940    | 0.060    |
| 7840000 | 0.940    | 0.060    |
| 7830000 | 0.940    | 0.060    |
| 7820000 | 0.939    | 0.061    |
| 7810000 | 0.939    | 0.061    |
| 7800000 | 0.939    | 0.061    |
| 7790000 | 0.939    | 0.061    |
| 7780000 | 0.939    | 0.061    |
| 7770000 | 0.939    | 0.061    |
| 7760000 | 0.938    | 0.062    |
| 7750000 | 0.938    | 0.062    |
| 7740000 | 0.938    | 0.062    |
| 7730000 | 0.937    | 0.063    |
| 7720000 | 0.937    | 0.063    |
| 7710000 | 0.936    | 0.064    |
| 7700000 | 0.935    | 0.065    |
| 7690000 | 0.935    | 0.065    |
| 7680000 | 0.934    | 0.066    |
| 7670000 | 0.933    | 0.067    |
| 7660000 | 0.931    | 0.069    |
| 7650000 | 0.930    | 0.070    |
| 7640000 | 0.928    | 0.072    |
| 7630000 | 0.927    | 0.073    |
| 7620000 | 0.924    | 0.076    |
| 7610000 | 0.922    | 0.078    |

| UTM N   | F(x) Vno | F(x) Inv |
|---------|----------|----------|
| 7590000 | 0.917    | 0.083    |
| 7580000 | 0.913    | 0.087    |
| 7570000 | 0.910    | 0.090    |
| 7560000 | 0.906    | 0.094    |
| 7550000 | 0.901    | 0.099    |
| 7540000 | 0.896    | 0.104    |
| 7530000 | 0.891    | 0.109    |
| 7520000 | 0.885    | 0.115    |
| 7510000 | 0.878    | 0.122    |
| 7500000 | 0.871    | 0.129    |
| 7490000 | 0.863    | 0.137    |
| 7480000 | 0.855    | 0.145    |
| 7470000 | 0.846    | 0.154    |
| 7460000 | 0.836    | 0.164    |
| 7450000 | 0.826    | 0.174    |
| 7440000 | 0.815    | 0.185    |
| 7430000 | 0.803    | 0.197    |
| 7420000 | 0.791    | 0.209    |
| 7410000 | 0.778    | 0.222    |
| 7400000 | 0.764    | 0.236    |
| 7390000 | 0.749    | 0.251    |
| 7380000 | 0.734    | 0.266    |
| 7370000 | 0.718    | 0.282    |
| 7360000 | 0.702    | 0.298    |
| 7350000 | 0.685    | 0.315    |
| 7340000 | 0.667    | 0.333    |
| 7330000 | 0.649    | 0.351    |
| 7320000 | 0.630    | 0.370    |
| 7310000 | 0.611    | 0.389    |
| 7300000 | 0.591    | 0.409    |
| 7290000 | 0.571    | 0.429    |
| 7280000 | 0.551    | 0.449    |
| 7270000 | 0.531    | 0.469    |
| 7260000 | 0.511    | 0.489    |
| 7250000 | 0.490    | 0.510    |
| 7240000 | 0.469    | 0.531    |
| 7230000 | 0.449    | 0.551    |
| 7220000 | 0.429    | 0.571    |
| 7210000 | 0.409    | 0.591    |
| 7200000 | 0.389    | 0.611    |
| 7190000 | 0.369    | 0.631    |
| 7180000 | 0.350    | 0.650    |
| 7170000 | 0.331    | 0.669    |

| UTM N   | F(x) Vno | F(x) Inv |
|---------|----------|----------|
| 7160000 | 0.313    | 0.687    |
| 7150000 | 0.295    | 0.705    |
| 7140000 | 0.278    | 0.722    |
| 7130000 | 0.262    | 0.738    |
| 7120000 | 0.246    | 0.754    |
| 7110000 | 0.231    | 0.769    |
| 7100000 | 0.216    | 0.784    |
| 7090000 | 0.202    | 0.798    |
| 7080000 | 0.189    | 0.811    |
| 7070000 | 0.177    | 0.823    |
| 7060000 | 0.165    | 0.835    |
| 7050000 | 0.154    | 0.846    |
| 7040000 | 0.144    | 0.856    |
| 7030000 | 0.134    | 0.866    |
| 7020000 | 0.125    | 0.875    |
| 7010000 | 0.117    | 0.883    |
| 7000000 | 0.109    | 0.891    |
| 6990000 | 0.102    | 0.898    |
| 6980000 | 0.095    | 0.905    |
| 6970000 | 0.089    | 0.911    |
| 6960000 | 0.084    | 0.916    |
| 6950000 | 0.079    | 0.921    |
| 6940000 | 0.074    | 0.926    |
| 6930000 | 0.070    | 0.930    |
| 6920000 | 0.067    | 0.933    |
| 6910000 | 0.063    | 0.937    |
| 6900000 | 0.060    | 0.940    |
| 6890000 | 0.058    | 0.942    |
| 6880000 | 0.056    | 0.944    |
| 6870000 | 0.053    | 0.947    |
| 6860000 | 0.052    | 0.948    |
| 6850000 | 0.050    | 0.950    |
| 6840000 | 0.049    | 0.951    |
| 6830000 | 0.047    | 0.953    |
| 6820000 | 0.046    | 0.954    |
| 6810000 | 0.045    | 0.955    |
| 6800000 | 0.045    | 0.955    |
| 6790000 | 0.044    | 0.956    |
| 6780000 | 0.043    | 0.957    |
| 6770000 | 0.043    | 0.957    |
| 6760000 | 0.042    | 0.958    |
| 6750000 | 0.042    | 0.958    |
| 6740000 | 0.042    | 0.958    |

#### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Una metodología para estimar recarga puede estar basada en un modelo conceptual muy coherente, sin embargo, si su calibración requiere información no disponible, implícitamente se produce una distorsión de los coeficientes de ajustes, limitando la validez del método al ámbito local
- Consecuentemente una metodología debe incorporar las simplificaciones temporales y espaciales de las variables hidrológicas e hidrogeológicas de mayor importancia, en consistencia con la información disponible, de manera que toda particularidad no cubierta se propague aleatoriamente sobre los resultados. En este sentido, la línea de trabajo debe ser dirigida desde un principio a nivel regional.
- Entre las metodologías analizadas, la relación entre la precipitación media y la escurrimiento total adoptada por la JICA en cuencas del Norte de Chile, es la que recoge con mayor coherencia los requisitos de simplificación y representatividad regional que se persigue, sin perjuicio de las modificaciones o complejizaciones efectuadas para su mejoramiento.
- La relación JICA, desagregada en invierno y verano, presenta valores de escurrimiento total que se ajusten de mejor manera a la totalidad del área de estudio, que aquella que considera modificaciones hidrogeológicas sobre la cuenca de drenaje. En este sentido, la precipitación media sobre la cuenca demuestra ser la variable más influyente del estudio.
- Los coeficientes de distribución de Invierno y Verano, de la precipitación media anual de una cuenca situada en el área de estudio, pueden ser modelados mediante una función de distribución de tipo exponencial de media  $\mu = 7.250.000$  y desviación estándar  $\sigma = 175.000$ .
- La recarga neta de una cuenca entre la XV y III regiones se encuentra íntimamente ligada a la escurrimiento total de salida. Se ha podido estimar que aproximadamente un 40% de la escurrimiento total que sale de una cuenca corresponde a recarga neta.

## **5 ANEXOS**

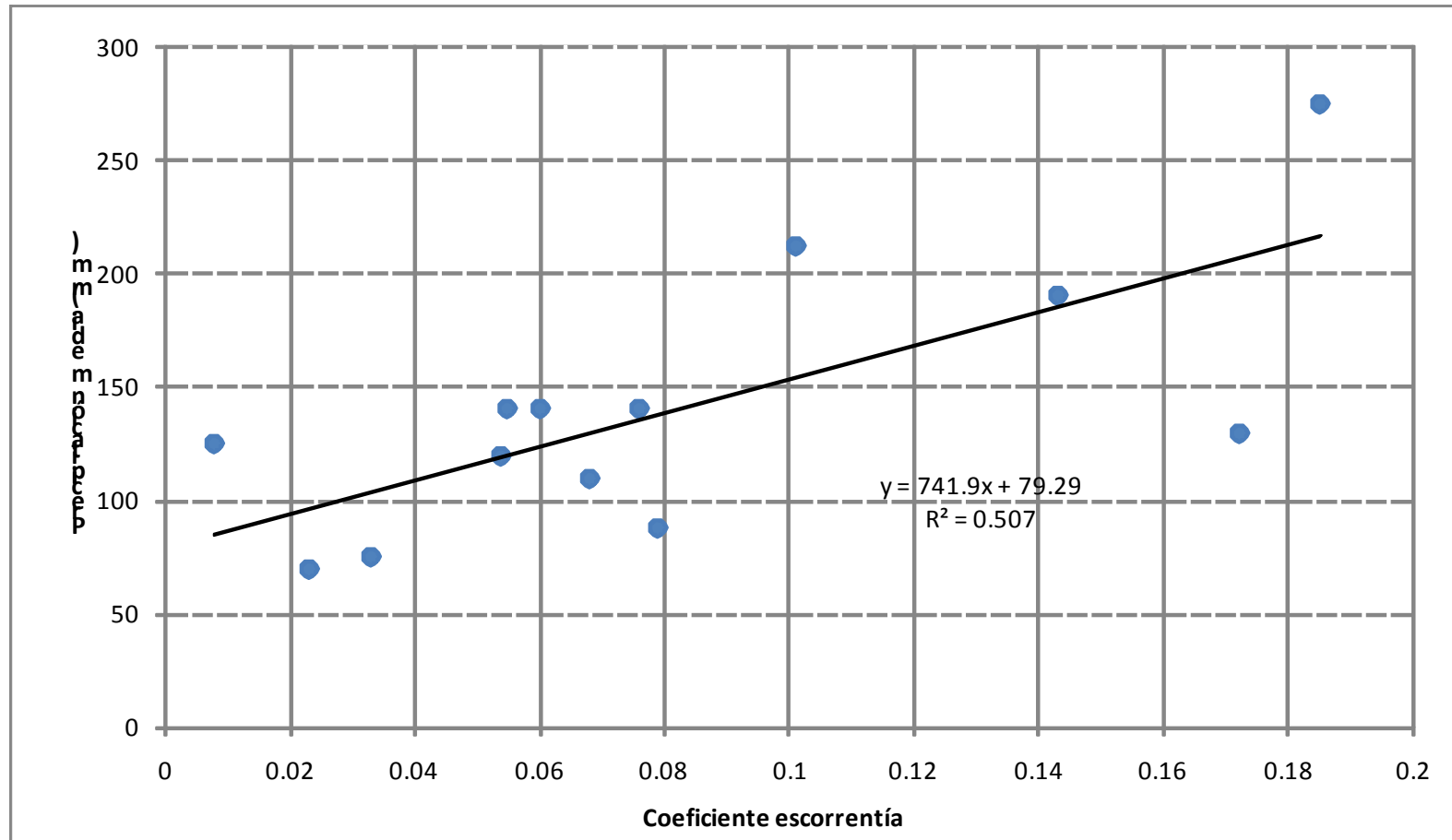
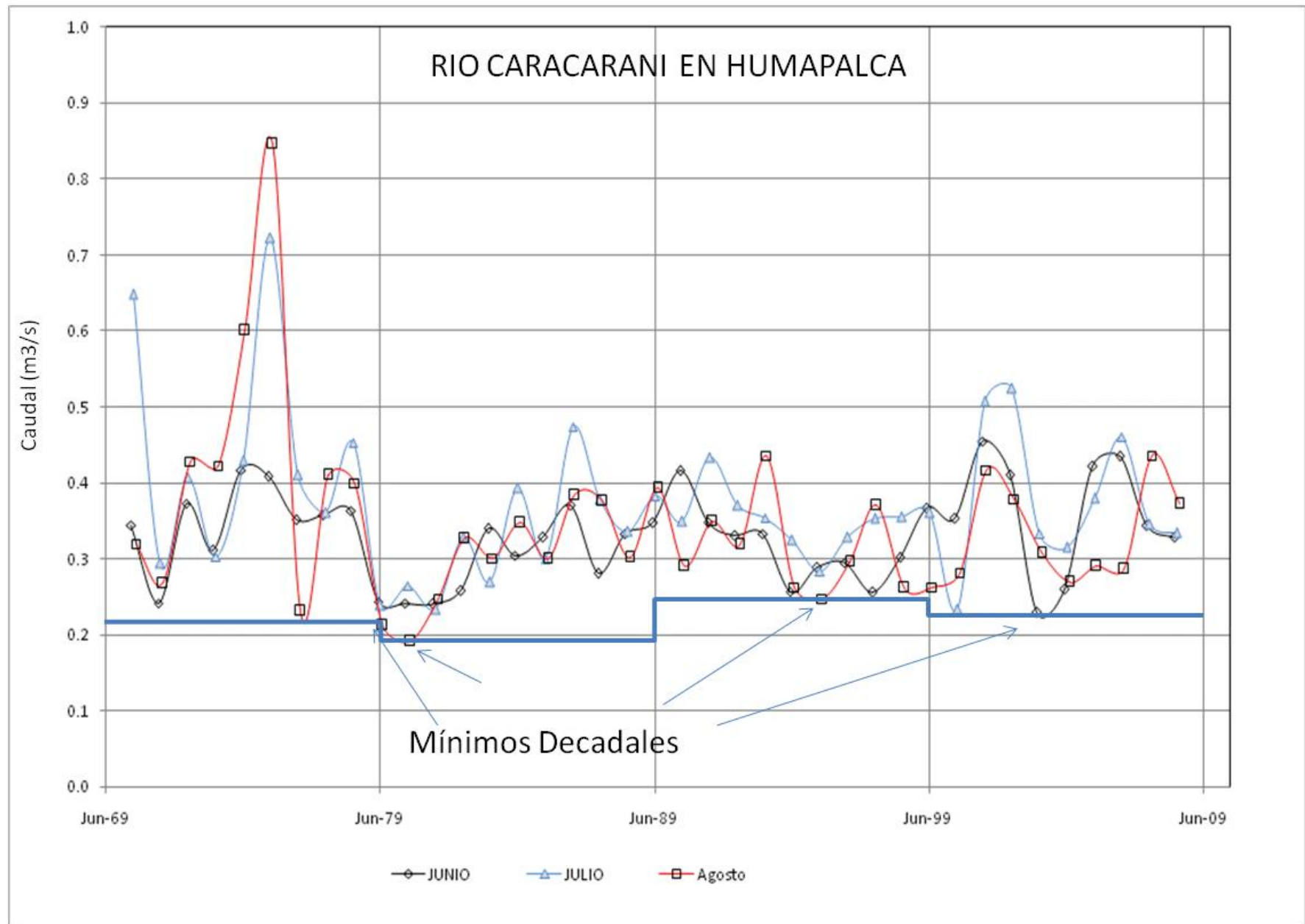
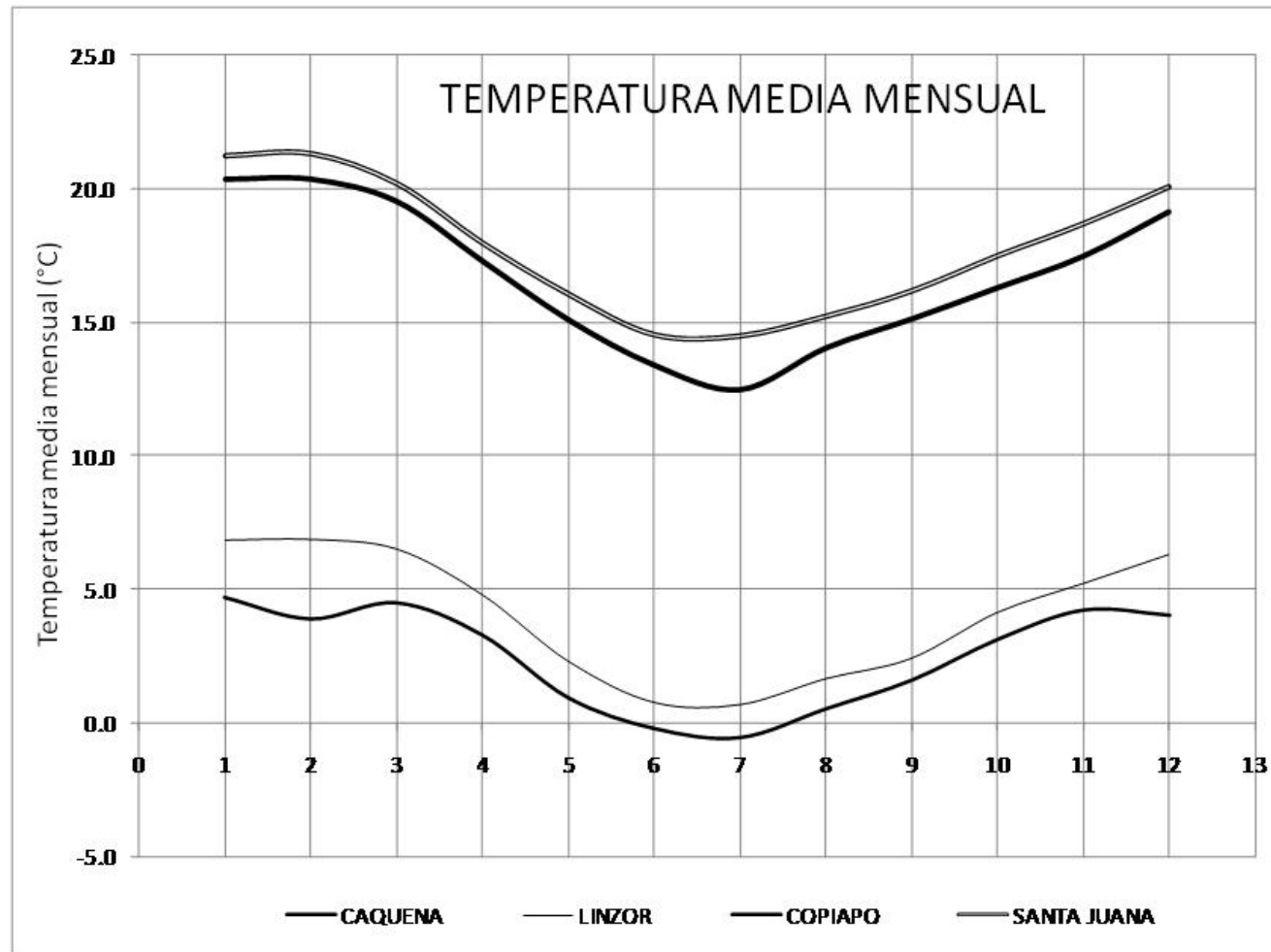
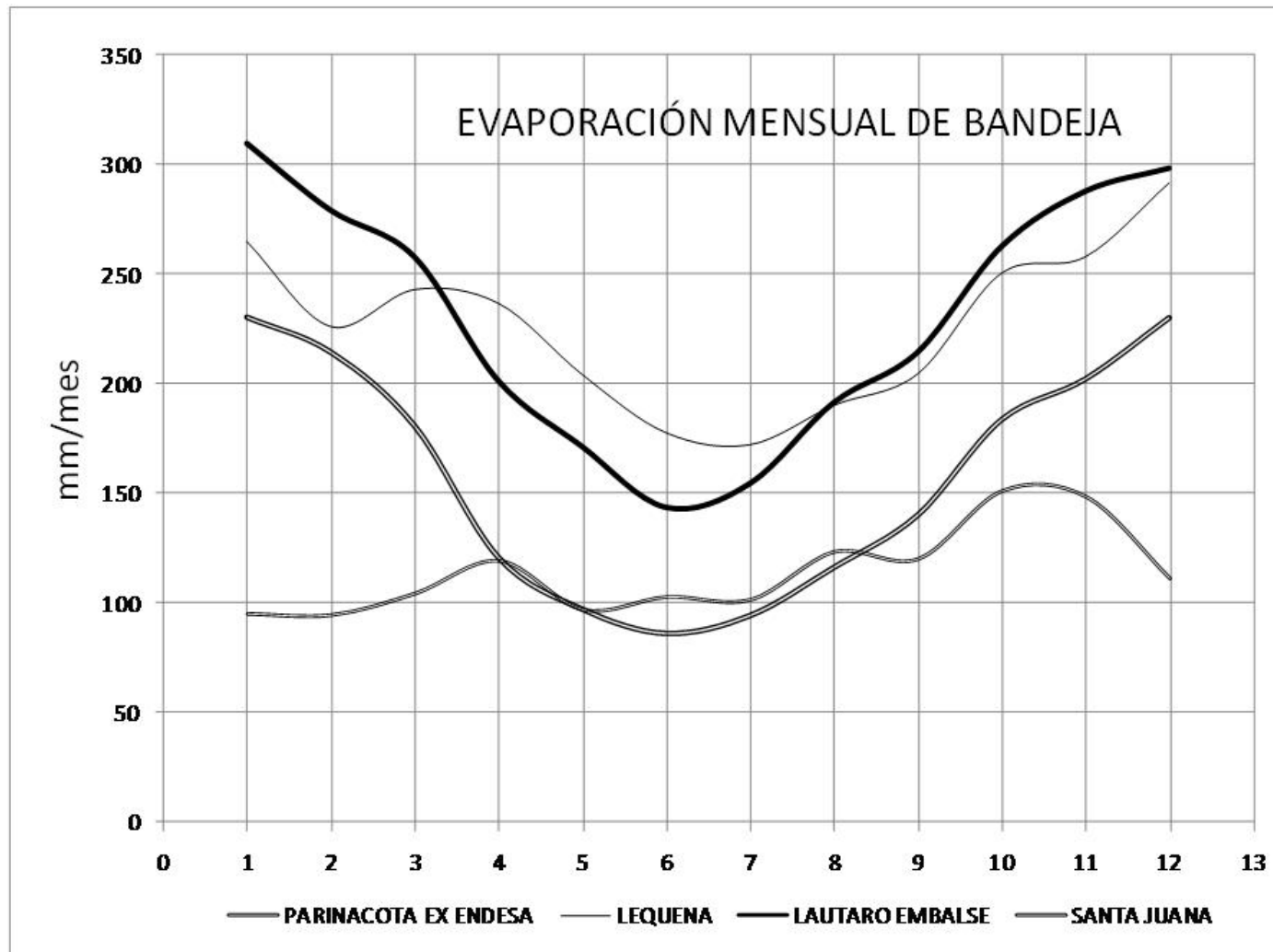
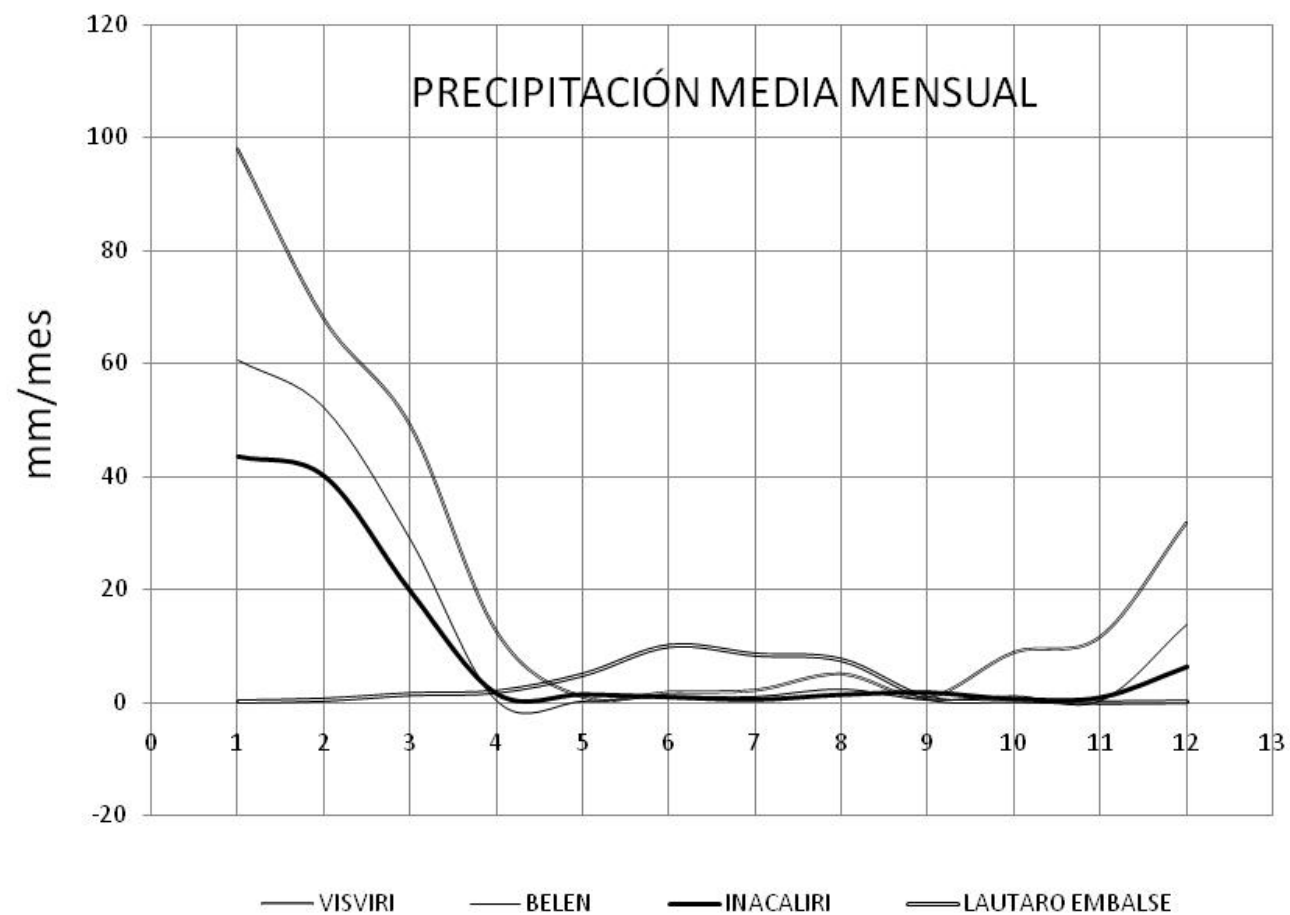


Figura A-1 Ajuste gráfico de la Relación Precipitación Media Anual - Escorrentía Total en la I Región









| Cuenca | RIO LLUTA EN ALCERRECA |       |       |       | RIO CARACARANI EN HUMAPA |       |       |       | RIO CAQUENA EN VERTEDERO |       |       |       | ACUEDUCTO AZAPA EN BOCATON |       |       |       | RIO CODPA EN CALA-CALA |       |       |       |  |      |       |
|--------|------------------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|--|------|-------|
| año    | jun                    | jul   | ago   | Min   | jun                      | jul   | ago   | Min   | jun                      | jul   | ago   | Min   | jun                        | jul   | ago   | Min   | jun                    | jul   | ago   | Min   |  |      |       |
| 1970   | 1.180                  | 1.853 | 1.014 | 1.014 | 0.345                    | 0.648 | 0.320 | 0.320 | 0.854                    | 0.901 | 0.859 | 0.854 | 0.554                      | 0.606 | 0.589 | 0.554 | 0.307                  | 0.466 | 0.252 | 0.252 |  |      |       |
| 1971   | 0.662                  | 1.618 | 1.429 | 0.662 | 0.242                    | 0.294 | 0.268 | 0.242 | 0.875                    | 0.897 | 0.889 | 0.875 | 0.598                      | 0.594 | 0.546 | 0.546 | 0.087                  | 0.084 | 0.087 | 0.084 |  |      |       |
| 1972   | 1.346                  | 1.357 | 1.201 | 1.201 | 0.373                    | 0.406 | 0.428 | 0.373 | 0.504                    | 0.439 | 0.526 | 0.439 | 0.000                      | 0.000 | 0.112 | 0.000 | 0.112                  | 0.096 | 0.115 | 0.096 |  |      |       |
| 1973   | 1.367                  | 1.429 | 1.284 | 1.284 | 0.312                    | 0.303 | 0.423 | 0.303 | 0.439                    | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0.000                      | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.184                  | 0.141 | 0.138 | 0.138 |  |      |       |
| 1974   | 1.709                  | 1.723 | 2.224 | 1.709 | 0.417                    | 0.430 | 0.601 | 0.417 | 0.207                    | 0.238 | 0.257 | 0.207 | 0.868                      | 0.837 | 0.841 | 0.837 | 0.069                  | 0.081 | 0.084 | 0.069 |  |      |       |
| 1975   | 2.542                  | 1.808 | 1.539 | 1.539 | 0.409                    | 0.722 | 0.846 | 0.409 | 0.672                    | 0.711 | 0.721 | 0.672 | 0.096                      | 0.089 | 0.530 | 0.089 | 0.099                  | 0.081 | 0.108 | 0.081 |  |      |       |
| 1976   | 1.580                  | 1.588 | 1.591 | 1.580 | 0.352                    | 0.410 | 0.231 | 0.231 | 0.641                    | 1.160 | 1.128 | 0.641 | 0.877                      | 0.898 | 0.829 | 0.829 | 0.362                  | 0.318 | 0.303 | 0.303 |  |      |       |
| 1977   | 1.492                  | 1.530 | 1.530 | 1.492 | 0.358                    | 0.361 | 0.410 | 0.358 | 1.349                    | 0.356 | 1.398 | 0.356 | 0.278                      | 0.256 | 0.262 | 0.256 | 0.057                  | 0.051 | 0.043 | 0.043 |  |      |       |
| 1978   | 0.917                  | 1.529 | 1.467 | 0.917 | 0.364                    | 0.453 | 0.400 | 0.364 | 1.077                    | 1.129 | 1.067 | 1.067 | 1.036                      | 1.042 | 0.830 | 0.830 | 0.164                  | 0.157 | 0.127 | 0.127 |  |      |       |
| 1979   | 1.410                  | 1.397 | 1.298 | 1.298 | 0.244                    | 0.239 | 0.213 | 0.213 | 1.121                    | 1.177 | 1.112 | 1.112 | 0.902                      | 0.894 | 0.768 | 0.768 | 0.231                  | 0.205 | 0.186 | 0.186 |  |      |       |
| 1980   | 0.810                  | 0.810 | 0.831 | 0.810 | 0.242                    | 0.265 | 0.191 | 0.191 | 1.042                    | 1.116 | 1.079 | 1.042 | 0.629                      | 0.524 | 0.477 | 0.477 | 0.105                  | 0.100 | 0.105 | 0.100 |  |      |       |
| 1981   | 0.975                  | 1.265 | 1.715 | 0.975 | 0.241                    | 0.234 | 0.248 | 0.234 | 0.986                    | 0.534 | 0.748 | 0.534 | 0.708                      | 0.734 | 0.696 | 0.696 | 0.149                  | 0.185 | 0.254 | 0.149 |  |      |       |
| 1982   | 1.327                  | 1.204 | 1.132 | 1.132 | 0.258                    | 0.328 | 0.327 | 0.258 | 1.174                    | 1.094 | 0.921 | 0.921 | 0.625                      | 0.634 | 0.548 | 0.548 | 0.278                  | 0.273 | 0.288 | 0.273 |  |      |       |
| 1983   | 1.326                  | 1.305 | 1.288 | 1.288 | 0.340                    | 0.270 | 0.301 | 0.270 | 0.952                    | 0.919 | 0.844 | 0.844 | 0.546                      | 0.276 | 0.154 | 0.154 | 0.054                  | 0.077 | 0.045 | 0.045 |  |      |       |
| 1984   | 1.540                  | 1.556 | 1.430 | 1.430 | 0.305                    | 0.393 | 0.348 | 0.305 | 1.123                    | 1.079 | 1.010 | 1.010 | 0.851                      | 0.945 | 0.782 | 0.782 | 0.141                  | 0.086 | 0.083 | 0.083 |  |      |       |
| 1985   | 1.367                  | 1.180 | 1.218 | 1.180 | 0.328                    | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.368                    | 0.305 | 1.074 | 0.305 | 0.761                      | 0.830 | 0.863 | 0.761 | 0.078                  | 0.058 | 0.048 | 0.048 |  |      |       |
| 1986   | 1.575                  | 1.558 | 1.566 | 1.558 | 0.370                    | 0.474 | 0.384 | 0.370 | 1.465                    | 1.533 | 1.325 | 1.325 | 0.333                      | 0.742 | 0.340 | 0.333 | 0.069                  | 0.053 | 0.100 | 0.053 |  |      |       |
| 1987   | 1.243                  | 1.601 | 1.239 | 1.239 | 0.281                    | 0.378 | 0.376 | 0.281 | 1.207                    | 1.688 | 1.144 | 1.144 | 0.918                      | 0.909 | 0.281 | 0.281 | 0.071                  | 0.062 | 0.047 | 0.047 |  |      |       |
| 1988   | 1.582                  | 1.558 | 1.334 | 1.334 | 0.333                    | 0.336 | 0.302 | 0.302 | 1.220                    | 1.224 | 1.157 | 1.157 | 0.856                      | 0.785 | 0.775 | 0.775 | 0.069                  | 0.057 | 0.045 | 0.045 |  |      |       |
| 1989   | 1.396                  | 1.374 | 1.303 | 1.303 | 0.348                    | 0.383 | 0.393 | 0.348 | 1.130                    | 1.155 | 1.105 | 1.105 | 0.844                      | 0.842 | 0.825 | 0.825 | 0.076                  | 0.053 | 0.028 | 0.028 |  |      |       |
| 1990   | 1.595                  | 1.337 | 1.202 | 1.202 | 0.416                    | 0.349 | 0.291 | 0.291 | 1.383                    | 1.057 | 0.988 | 0.988 | 0.553                      | 0.500 | 0.450 | 0.450 | 0.047                  | 0.041 | 0.041 | 0.041 |  |      |       |
| 1991   | 1.403                  | 1.455 | 1.213 | 1.213 | 0.348                    | 0.433 | 0.349 | 0.348 | 1.079                    | 1.139 | 1.028 | 1.028 | 0.682                      | 0.620 | 0.578 | 0.578 | 0.059                  | 0.051 | 0.045 | 0.045 |  |      |       |
| 1992   | 0.890                  | 1.125 | 1.130 | 0.890 | 0.331                    | 0.371 | 0.319 | 0.319 | 0.285                    | 0.445 | 1.016 | 0.285 | 1.795                      | 2.271 | 2.487 | 1.795 | 0.047                  | 0.050 | 0.053 | 0.047 |  |      |       |
| 1993   | 1.182                  | 1.521 | 1.909 | 1.182 | 0.333                    | 0.354 | 0.436 | 0.333 | 0.268                    | 0.185 | 1.780 | 0.185 | 0.547                      | 0.528 | 0.672 | 0.528 | 0.081                  | 0.146 | 0.178 | 0.081 |  |      |       |
| 1994   | 1.481                  | 1.499 | 1.372 | 1.372 | 0.257                    | 0.325 | 0.263 | 0.257 | 0.972                    | 0.802 | 0.835 | 0.802 | 0.569                      | 0.579 | 0.595 | 0.569 | 0.116                  | 0.100 | 0.046 | 0.046 |  |      |       |
| 1995   | 1.504                  | 1.525 | 1.252 | 1.252 | 0.288                    | 0.284 | 0.248 | 0.248 | 1.103                    | 1.087 | 1.035 | 1.035 | 0.417                      | 0.475 | 0.478 | 0.417 | 0.039                  | 0.055 | 0.051 | 0.039 |  |      |       |
| 1996   | 1.601                  | 1.762 | 1.667 | 1.601 | 0.295                    | 0.328 | 0.296 | 0.295 | 1.010                    | 1.102 | 1.043 | 1.010 | 0.393                      | 0.424 | 0.380 | 0.380 | 0.053                  | 0.081 | 0.056 | 0.053 |  |      |       |
| 1997   | 1.506                  | 1.366 | 1.617 | 1.366 | 0.256                    | 0.353 | 0.371 | 0.256 | 0.894                    | 0.907 | 1.043 | 0.894 | 0.678                      | 0.635 | 0.561 | 0.561 | 0.211                  | 0.271 | 0.197 | 0.197 |  |      |       |
| 1998   | 1.279                  | 1.250 | 1.231 | 1.231 | 0.302                    | 0.355 | 0.262 | 0.262 | 0.858                    | 0.827 | 0.776 | 0.776 | 0.448                      | 0.469 | 0.421 | 0.421 | 0.184                  | 0.073 | 0.035 | 0.035 |  |      |       |
| 1999   | 1.742                  | 1.653 | 1.437 | 1.437 | 0.367                    | 0.361 | 0.263 | 0.263 | 0.842                    | 0.950 | 0.929 | 0.842 | 0.790                      | 0.615 | 0.581 | 0.581 | 0.748                  | 0.974 | 0.022 | 0.022 |  |      |       |
| 2000   | 1.280                  | 1.534 | 1.562 | 1.280 | 0.353                    | 0.234 | 0.282 | 0.234 | 1.223                    | 1.270 | 0.993 | 0.993 | 0.731                      | 0.457 | 0.748 | 0.457 | 0.067                  | 0.052 | 0.033 | 0.033 |  |      |       |
| 2001   | 0.650                  | 0.713 | 0.551 | 0.551 | 0.455                    | 0.508 | 0.417 | 0.417 | 1.533                    | 1.671 | 1.698 | 1.533 | 0.539                      | 0.824 | 0.360 | 0.360 | 0.211                  | 0.121 | 0.086 | 0.086 |  |      |       |
| 2002   | 6.530                  | 5.946 | 8.123 | 5.946 | 0.410                    | 0.525 | 0.379 | 0.379 | 1.390                    | 1.799 | 1.277 | 1.277 | 0.379                      | 0.361 | 0.534 | 0.361 | 0.075                  | 0.097 | 0.046 | 0.046 |  |      |       |
| 2003   | 1.619                  | 2.591 | 1.923 | 1.619 | 0.229                    | 0.333 | 0.308 | 0.229 | 1.468                    | 1.687 | 1.197 | 1.197 | 0.768                      | 0.798 | 0.722 | 0.722 | 0.032                  | 0.017 | 0.007 | 0.007 |  |      |       |
| 2004   | 1.116                  | 1.233 | 1.105 | 1.105 | 0.260                    | 0.315 | 0.269 | 0.260 | 1.271                    | 1.548 | 1.604 | 1.271 | 0.759                      | 0.693 | 0.742 | 0.693 | 0.303                  | 0.433 | 0.328 | 0.303 |  |      |       |
| 2005   | 1.036                  | 1.230 | 1.278 | 1.036 | 0.422                    | 0.380 | 0.291 | 0.291 | 1.068                    | 1.148 | 1.087 | 1.068 | 0.389                      | 0.652 | 0.686 | 0.389 | 0.116                  | 0.113 | 0.083 | 0.083 |  |      |       |
| 2006   | 2.118                  | 1.581 | 1.453 | 1.453 | 0.435                    | 0.461 | 0.287 | 0.287 | 1.087                    | 1.310 | 1.263 | 1.087 | 0.702                      | 0.796 | 0.826 | 0.702 | 0.104                  | 0.087 | 0.084 | 0.084 |  |      |       |
| 2007   | 0.816                  | 1.062 | 0.777 | 0.777 | 0.344                    | 0.346 | 0.436 | 0.344 | 1.044                    | 1.195 | 0.934 | 0.934 | 0.821                      | 0.803 | 0.712 | 0.712 | 0.132                  | 0.121 | 0.125 | 0.121 |  |      |       |
| 2008   | 1.650                  | 1.734 | 1.336 | 1.336 | 0.328                    | 0.334 | 0.372 | 0.328 | 0.927                    | 0.974 | 1.055 | 0.927 | 0.762                      | 0.728 | 0.731 | 0.728 | 0.062                  | 0.052 | 0.116 | 0.052 |  |      |       |
|        |                        |       |       | Min1  | 0.662                    |       |       |       |                          | Min1  | 0.213 |       |                            |       |       | Min1  | 0.207                  |       |       |       |  | Min1 | 0.043 |
|        |                        |       |       | Min2  | 0.810                    |       |       |       |                          | Min2  | 0.191 |       |                            |       |       | Min2  | 0.305                  |       |       |       |  | Min2 | 0.028 |
|        |                        |       |       | Min3  | 0.890                    |       |       |       |                          | Min3  | 0.248 |       |                            |       |       | Min3  | 0.185                  |       |       |       |  | Min3 | 0.022 |
|        |                        |       |       | Min4  | 0.551                    |       |       |       |                          | Min4  | 0.229 |       |                            |       |       | Min4  | 0.927                  |       |       |       |  | Min4 | 0.007 |
|        |                        |       |       | Prom  | 0.728                    |       |       |       |                          | Prom  | 0.220 |       |                            |       |       | Prom  | 0.406                  |       |       |       |  | Prom | 0.025 |

| Cuenca | RIO CAMARONES EN CONANOXA |       |       |       | QUEBRADA CAMIÑA EN ALTUSA |       |       |       | Q. TARAPACA EN SIBAYA |       |       |       | RIO COLLACAGUA EN PEÑABI |       |       |       | RIO PIGA EN COLLACAGUA |       |       |       |  |  |      |  |  |  |  |
|--------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|--|--|------|--|--|--|--|
| año    | jun                       | jul   | ago   | Min   | jun                       | jul   | ago   | Min   | jun                   | jul   | ago   | Min   | jun                      | jul   | ago   | Min   | jun                    | jul   | ago   | Min   |  |  |      |  |  |  |  |
| 1970   | 0.553                     | 0.487 | 0.214 | 0.214 | 0.653                     | 0.915 | 0.414 | 0.414 | 0.273                 | 0.414 | 0.242 | 0.242 | 0.048                    | 0.071 | 0.037 | 0.037 | 0.277                  | 0.480 | 0.240 | 0.240 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1971   | 0.164                     | 0.141 | 0.117 | 0.117 | 0.194                     | 0.179 | 0.149 | 0.149 | 0.083                 | 0.083 | 0.090 | 0.083 | 0.013                    | 0.013 | 0.012 | 0.012 | 0.114                  | 0.125 | 0.149 | 0.114 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1972   | 0.194                     | 0.145 | 0.170 | 0.145 | 0.244                     | 0.198 | 0.198 | 0.198 | 0.064                 | 0.058 | 0.071 | 0.058 | 0.014                    | 0.012 | 0.013 | 0.012 | 0.110                  | 0.110 | 0.119 | 0.110 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1973   | 0.103                     | 0.068 | 0.057 | 0.057 | 0.446                     | 0.326 | 0.266 | 0.266 | 0.115                 | 0.092 | 0.096 | 0.092 | 0.035                    | 0.027 | 0.024 | 0.024 | 0.236                  | 0.218 | 0.181 | 0.181 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1974   | 0.224                     | 0.224 | 0.224 | 0.224 | 0.349                     | 0.379 | 0.338 | 0.338 | 0.088                 | 0.105 | 0.114 | 0.088 | 0.011                    | 0.012 | 0.011 | 0.011 | 0.074                  | 0.098 | 0.090 | 0.074 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1975   | 0.135                     | 0.096 | 0.116 | 0.096 | 0.204                     | 0.161 | 0.176 | 0.161 | 0.104                 | 0.087 | 0.125 | 0.087 | 0.013                    | 0.010 | 0.013 | 0.010 | 0.092                  | 0.084 | 0.101 | 0.084 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1976   | 0.690                     | 0.483 | 0.483 | 0.483 | 0.726                     | 0.596 | 0.480 | 0.480 | 0.266                 | 0.234 | 0.242 | 0.234 | 0.035                    | 0.030 | 0.026 | 0.026 | 0.254                  | 0.254 | 0.218 | 0.218 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1977   | 0.024                     | 0.019 | 0.016 | 0.016 | 0.088                     | 0.075 | 0.053 | 0.053 | 0.033                 | 0.030 | 0.028 | 0.028 | 0.000                    | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.035                  | 0.035 | 0.027 | 0.027 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1978   | 0.400                     | 0.311 | 0.222 | 0.222 | 0.351                     | 0.316 | 0.211 | 0.211 | 0.169                 | 0.163 | 0.140 | 0.140 | 0.016                    | 0.016 | 0.012 | 0.012 | 0.118                  | 0.116 | 0.112 | 0.112 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1979   | 0.291                     | 0.226 | 0.194 | 0.194 | 0.405                     | 0.414 | 0.417 | 0.405 | 0.193                 | 0.180 | 0.174 | 0.174 | 0.036                    | 0.032 | 0.027 | 0.027 | 0.138                  | 0.141 | 0.133 | 0.133 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1980   | 0.101                     | 0.088 | 0.088 | 0.088 | 0.281                     | 0.304 | 0.291 | 0.281 | 0.102                 | 0.098 | 0.109 | 0.098 | 0.015                    | 0.015 | 0.015 | 0.015 | 0.173                  | 0.075 | 0.079 | 0.075 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1981   | 0.120                     | 0.120 | 0.154 | 0.120 | 0.388                     | 0.337 | 0.396 | 0.337 | 0.116                 | 0.148 | 0.216 | 0.116 | 0.239                    | 0.191 | 0.241 | 0.191 | 0.164                  | 0.155 | 0.109 | 0.109 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1982   | 0.079                     | 0.399 | 0.335 | 0.079 | 0.338                     | 0.387 | 0.276 | 0.276 | 0.155                 | 0.155 | 0.173 | 0.155 | 0.207                    | 0.211 | 0.236 | 0.207 | 0.140                  | 0.134 | 0.105 | 0.105 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1983   | 0.342                     | 0.362 | 0.387 | 0.342 | 0.299                     | 0.267 | 0.251 | 0.251 | 0.182                 | 0.120 | 0.073 | 0.073 | 0.253                    | 0.009 | 0.005 | 0.005 | 0.186                  | 0.170 | 0.160 | 0.160 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1984   | 0.734                     | 0.629 | 0.489 | 0.489 | 0.265                     | 0.364 | 0.341 | 0.265 | 0.108                 | 0.151 | 0.141 | 0.108 | 0.328                    | 0.288 | 0.434 | 0.288 | 0.140                  | 0.124 | 0.117 | 0.117 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1985   | 0.483                     | 0.473 | 0.369 | 0.369 | 0.311                     | 0.301 | 0.319 | 0.301 | 0.103                 | 0.088 | 0.144 | 0.088 | 0.269                    | 0.459 | 0.282 | 0.269 | 0.199                  | 0.194 | 0.186 | 0.186 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1986   | 1.009                     | 0.363 | 0.286 | 0.286 | 0.380                     | 0.368 | 0.371 | 0.368 | 0.091                 | 0.111 | 0.118 | 0.091 | 0.014                    | 0.017 | 0.016 | 0.014 | 0.146                  | 0.145 | 0.147 | 0.145 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1987   | 0.461                     | 0.438 | 0.432 | 0.432 | 0.257                     | 0.278 | 0.244 | 0.244 | 0.141                 | 0.141 | 0.087 | 0.087 | 0.125                    | 0.128 | 0.125 | 0.125 | 0.165                  | 0.171 | 0.163 | 0.163 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1988   | 0.282                     | 0.323 | 0.217 | 0.217 | 0.290                     | 0.309 | 0.287 | 0.287 | 0.018                 | 0.022 | 0.028 | 0.018 | 0.143                    | 0.135 | 0.149 | 0.135 | 0.182                  | 0.160 | 0.125 | 0.125 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1989   | 0.209                     | 0.276 | 0.170 | 0.170 | 0.284                     | 0.251 | 0.252 | 0.251 | 0.502                 | 0.461 | 0.481 | 0.461 | 0.136                    | 0.199 | 0.199 | 0.136 | 0.119                  | 0.097 | 0.149 | 0.097 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1990   | 0.215                     | 0.208 | 0.139 | 0.139 | 0.213                     | 0.214 | 0.202 | 0.202 | 0.055                 | 0.118 | 0.094 | 0.055 | 0.182                    | 0.189 | 0.189 | 0.182 | 0.144                  | 0.140 | 0.096 | 0.096 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1991   | 0.164                     | 0.327 | 0.189 | 0.164 | 0.222                     | 0.253 | 0.295 | 0.222 | 0.073                 | 0.036 | 0.098 | 0.036 | 0.153                    | 0.169 | 0.164 | 0.153 | 0.145                  | 0.148 | 0.140 | 0.140 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1992   | 0.070                     | 0.093 | 0.093 | 0.070 | 0.213                     | 0.213 | 0.216 | 0.213 | 0.047                 | 0.077 | 0.094 | 0.047 | 0.000                    | 0.000 | 0.175 | 0.000 | 0.086                  | 0.088 | 0.074 | 0.074 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1993   | 0.335                     | 0.455 | 0.397 | 0.335 | 0.268                     | 0.247 | 0.364 | 0.247 | 0.065                 | 0.045 | 0.060 | 0.045 | 0.188                    | 0.221 | 0.240 | 0.188 | 0.097                  | 0.090 | 0.095 | 0.090 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1994   | 0.348                     | 0.342 | 0.219 | 0.219 | 0.210                     | 0.208 | 0.251 | 0.208 | 0.059                 | 0.051 | 0.071 | 0.051 | 0.191                    | 0.159 | 0.170 | 0.159 | 0.102                  | 0.139 | 0.143 | 0.102 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1995   | 0.188                     | 0.240 | 0.154 | 0.154 | 0.123                     | 0.140 | 0.133 | 0.123 | 0.027                 | 0.049 | 0.088 | 0.027 | 0.176                    | 0.160 | 0.192 | 0.160 | 0.147                  | 0.139 | 0.134 | 0.134 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1996   | 0.157                     | 0.194 | 0.167 | 0.157 | 0.125                     | 0.117 | 0.112 | 0.112 | 0.065                 | 0.067 | 0.109 | 0.065 | 0.153                    | 0.118 | 0.117 | 0.117 | 0.196                  | 0.173 | 0.168 | 0.168 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1997   | 0.265                     | 0.307 | 0.230 | 0.230 | 0.275                     | 0.330 | 0.204 | 0.204 | 0.067                 | 0.061 | 0.081 | 0.061 | 0.115                    | 0.125 | 0.158 | 0.115 | 0.167                  | 0.159 | 0.139 | 0.139 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1998   | 0.189                     | 0.266 | 0.177 | 0.177 | 0.189                     | 0.445 | 0.116 | 0.116 | 0.029                 | 0.037 | 0.049 | 0.029 | 0.247                    | 0.236 | 0.179 | 0.179 | 0.087                  | 0.100 | 0.114 | 0.087 |  |  |      |  |  |  |  |
| 1999   | 0.398                     | 0.398 | 0.133 | 0.133 | 0.920                     | 1.083 | 0.298 | 0.298 | 0.097                 | 0.118 | 0.085 | 0.085 | 0.241                    | 0.275 | 0.233 | 0.233 | 0.209                  | 0.189 | 0.189 | 0.189 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2000   | 0.122                     | 0.140 | 0.122 | 0.122 | 0.247                     | 0.331 | 0.253 | 0.247 | 0.201                 | 0.152 | 0.125 | 0.125 | 0.168                    | 0.185 | 0.159 | 0.159 | 0.151                  | 0.163 | 0.142 | 0.142 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2001   | 0.220                     | 0.193 | 0.138 | 0.138 | 0.296                     | 0.290 | 0.189 | 0.189 | 0.077                 | 0.080 | 0.053 | 0.053 | 0.298                    | 0.286 | 0.280 | 0.280 | 0.235                  | 0.231 | 0.213 | 0.213 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2002   | 0.216                     | 0.168 | 0.216 | 0.168 | 0.711                     | 0.575 | 0.657 | 0.575 | 0.251                 | 0.227 | 0.185 | 0.185 | 0.208                    | 0.192 | 0.193 | 0.192 | 0.142                  | 0.141 | 0.127 | 0.127 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2003   | 0.234                     | 0.312 | 0.195 | 0.195 | 0.419                     | 0.591 | 0.369 | 0.369 | 0.127                 | 0.140 | 0.127 | 0.127 | 0.338                    | 0.307 | 0.346 | 0.307 | 0.132                  | 0.162 | 0.142 | 0.132 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2004   | 1.077                     | 1.254 | 0.917 | 0.917 | 0.411                     | 0.534 | 0.341 | 0.341 | 0.125                 | 0.144 | 0.153 | 0.125 | 0.530                    | 0.163 | 0.127 | 0.127 | 0.168                  | 0.183 | 0.178 | 0.168 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2005   | 0.545                     | 0.413 | 0.277 | 0.277 | 0.300                     | 0.320 | 0.280 | 0.280 | 0.143                 | 0.143 | 0.107 | 0.107 | 0.536                    | 0.386 | 0.282 | 0.282 | 0.143                  | 0.184 | 0.178 | 0.143 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2006   | 0.868                     | 0.815 | 0.802 | 0.802 | 0.137                     | 0.105 | 0.091 | 0.091 | 0.166                 | 0.132 | 0.130 | 0.130 | 0.526                    | 0.183 | 0.115 | 0.115 | 0.232                  | 0.216 | 0.220 | 0.216 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2007   | 0.952                     | 0.700 | 0.595 | 0.595 | 0.261                     | 0.302 | 0.186 | 0.186 | 0.108                 | 0.095 | 0.103 | 0.095 | 0.190                    | 0.206 | 0.198 | 0.190 | 0.180                  | 0.174 | 0.159 | 0.159 |  |  |      |  |  |  |  |
| 2008   | 0.348                     | 0.344 | 0.496 | 0.344 | 0.486                     | 0.299 | 0.267 | 0.267 | 0.326                 | 0.162 | 0.201 | 0.162 | 0.005                    | 0.005 | 0.010 | 0.005 | 0.173                  | 0.185 | 0.166 | 0.166 |  |  |      |  |  |  |  |
|        |                           |       |       | Min1  |                           |       |       |       | Min1                  |       |       |       |                          |       |       |       |                        | Min1  |       |       |  |  | Min1 |  |  |  |  |
|        |                           |       |       | Min2  |                           |       |       |       | Min2                  |       |       |       |                          |       |       |       |                        | Min2  |       |       |  |  | Min2 |  |  |  |  |
|        |                           |       |       | Min3  |                           |       |       |       | Min3                  |       |       |       |                          |       |       |       |                        | Min3  |       |       |  |  | Min3 |  |  |  |  |
|        |                           |       |       | Min4  |                           |       |       |       | Min4                  |       |       |       |                          |       |       |       |                        | Min4  |       |       |  |  | Min4 |  |  |  |  |
|        |                           |       |       | Prom  |                           |       |       |       | Prom                  |       |       |       |                          |       |       |       |                        | Prom  |       |       |  |  | Prom |  |  |  |  |

| Cuenca | RIO HUATACONDO EN COPAQUIRE |       |       |       | RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA |       |       |       | RIO SALADO A. J. LOA |       |       |       | RIO SALADO A. J. CURTI |       |       |       |
|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|
| año    | jun                         | jul   | ago   | Min   | jun                           | jul   | ago   | Min   | jun                  | jul   | ago   | Min   | jun                    | jul   | ago   | Min   |
| 1970   | 0.126                       | 0.190 | 0.126 | 0.126 | 0.216                         | 0.313 | 0.173 | 0.173 | 0.621                | 0.435 | 0.369 | 0.369 | 0.034                  | 0.068 | 0.034 | 0.034 |
| 1971   | 0.031                       | 0.031 | 0.031 | 0.031 | 0.518                         | 0.418 | 0.158 | 0.158 | 0.693                | 1.045 | 0.700 | 0.693 | 0.060                  | 0.060 | 0.060 | 0.060 |
| 1972   | 0.005                       | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.144                         | 0.118 | 0.135 | 0.118 | 0.632                | 0.576 | 0.631 | 0.576 | 0.005                  | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| 1973   | 0.153                       | 0.076 | 0.076 | 0.076 | 0.267                         | 0.193 | 0.193 | 0.193 | 0.768                | 0.829 | 0.679 | 0.679 | 0.214                  | 0.214 | 0.107 | 0.107 |
| 1974   | 0.009                       | 0.009 | 0.018 | 0.009 | 0.097                         | 0.105 | 0.105 | 0.097 | 0.906                | 0.356 | 0.687 | 0.356 | 0.049                  | 0.049 | 0.099 | 0.049 |
| 1975   | 0.021                       | 0.021 | 0.042 | 0.021 | 0.569                         | 0.571 | 0.542 | 0.542 | 0.522                | 0.584 | 0.565 | 0.522 | 0.031                  | 0.015 | 0.031 | 0.015 |
| 1976   | 0.259                       | 0.259 | 0.259 | 0.259 | 0.572                         | 0.575 | 0.558 | 0.558 | 0.603                | 0.445 | 0.611 | 0.445 | 0.173                  | 0.191 | 0.187 | 0.173 |
| 1977   | 0.015                       | 0.015 | 0.015 | 0.015 | 0.629                         | 0.631 | 0.629 | 0.629 | 0.664                | 0.266 | 0.658 | 0.266 | 0.024                  | 0.150 | 0.134 | 0.024 |
| 1978   | 0.044                       | 0.044 | 0.050 | 0.044 | 0.528                         | 0.532 | 0.494 | 0.494 | 0.775                | 0.492 | 0.668 | 0.492 | 0.160                  | 0.161 | 0.201 | 0.160 |
| 1979   | 0.043                       | 0.044 | 0.044 | 0.043 | 0.412                         | 0.428 | 0.444 | 0.412 | 1.044                | 0.885 | 0.805 | 0.805 | 0.135                  | 0.108 | 0.108 | 0.108 |
| 1980   | 0.019                       | 0.022 | 0.029 | 0.019 | 0.054                         | 0.493 | 0.504 | 0.054 | 0.954                | 0.593 | 0.642 | 0.593 | 0.147                  | 0.143 | 0.089 | 0.089 |
| 1981   | 0.022                       | 0.022 | 0.025 | 0.022 | 0.495                         | 0.508 | 0.513 | 0.495 | 0.847                | 0.565 | 0.685 | 0.565 | 0.080                  | 0.075 | 0.095 | 0.075 |
| 1982   | 0.015                       | 0.010 | 0.011 | 0.010 | 0.496                         | 0.497 | 0.504 | 0.496 | 0.834                | 0.620 | 0.596 | 0.596 | 0.058                  | 0.090 | 0.051 | 0.051 |
| 1983   | 0.012                       | 0.013 | 0.004 | 0.004 | 0.511                         | 0.548 | 0.488 | 0.488 | 0.781                | 0.466 | 0.633 | 0.466 | 0.078                  | 0.147 | 0.070 | 0.070 |
| 1984   | 0.028                       | 0.025 | 0.026 | 0.025 | 0.481                         | 0.668 | 0.710 | 0.481 | 0.645                | 0.668 | 0.530 | 0.530 | 0.090                  | 0.082 | 0.064 | 0.064 |
| 1985   | 0.031                       | 0.037 | 0.041 | 0.031 | 0.572                         | 0.594 | 0.547 | 0.547 | 0.672                | 0.445 | 0.440 | 0.440 | 0.074                  | 0.108 | 0.066 | 0.066 |
| 1986   | 0.014                       | 0.009 | 0.013 | 0.009 | 0.698                         | 0.626 | 0.633 | 0.626 | 0.515                | 0.358 | 0.586 | 0.358 | 0.071                  | 0.083 | 0.098 | 0.071 |
| 1987   | 0.027                       | 0.028 | 0.040 | 0.027 | 0.563                         | 0.665 | 0.724 | 0.563 | 0.894                | 1.177 | 0.593 | 0.593 | 0.056                  | 0.050 | 0.051 | 0.050 |
| 1988   | 0.008                       | 0.009 | 0.014 | 0.008 | 0.770                         | 0.595 | 0.600 | 0.595 | 1.114                | 0.901 | 1.138 | 0.901 | 0.055                  | 0.041 | 0.042 | 0.041 |
| 1989   | 0.018                       | 0.008 | 0.014 | 0.008 | 0.546                         | 0.584 | 0.591 | 0.546 | 0.549                | 0.441 | 0.522 | 0.441 | 0.058                  | 0.034 | 0.030 | 0.030 |
| 1990   | 0.008                       | 0.007 | 0.011 | 0.007 | 0.691                         | 0.565 | 0.606 | 0.565 | 0.730                | 1.073 | 0.671 | 0.671 | 0.049                  | 0.044 | 0.053 | 0.044 |
| 1991   | 0.014                       | 0.016 | 0.020 | 0.014 | 0.602                         | 0.639 | 0.612 | 0.602 | 0.809                | 1.000 | 0.583 | 0.583 | 0.052                  | 0.104 | 0.040 | 0.040 |
| 1992   | 0.002                       | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.625                         | 0.720 | 0.638 | 0.625 | 0.849                | 0.358 | 0.589 | 0.358 | 0.055                  | 0.060 | 0.046 | 0.046 |
| 1993   | 0.000                       | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.531                         | 0.571 | 0.598 | 0.531 | 0.883                | 0.586 | 0.784 | 0.586 | 0.061                  | 0.072 | 0.082 | 0.061 |
| 1994   | 0.002                       | 0.003 | 0.005 | 0.002 | 0.550                         | 0.558 | 0.583 | 0.550 | 0.755                | 0.761 | 0.652 | 0.652 | 0.047                  | 0.052 | 0.063 | 0.047 |
| 1995   | 0.002                       | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.521                         | 0.516 | 0.542 | 0.516 | 0.798                | 0.253 | 0.692 | 0.253 | 0.155                  | 0.150 | 0.160 | 0.150 |
| 1996   | 0.002                       | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.558                         | 0.607 | 0.645 | 0.558 | 0.866                | 1.299 | 0.612 | 0.612 | 0.030                  | 0.043 | 0.068 | 0.030 |
| 1997   | 0.002                       | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.739                         | 0.684 | 0.702 | 0.684 | 0.691                | 0.365 | 0.549 | 0.365 | 0.074                  | 0.083 | 0.094 | 0.074 |
| 1998   | 0.004                       | 0.005 | 0.006 | 0.004 | 0.521                         | 0.525 | 0.537 | 0.521 | 0.694                | 0.562 | 0.677 | 0.562 | 0.180                  | 0.067 | 0.060 | 0.060 |
| 1999   | 0.384                       | 0.384 | 0.000 | 0.000 | 0.589                         | 0.535 | 0.540 | 0.535 | 0.890                | 0.888 | 0.753 | 0.753 | 0.176                  | 0.183 | 0.138 | 0.138 |
| 2000   | 0.005                       | 0.006 | 0.006 | 0.005 | 0.745                         | 0.623 | 0.626 | 0.623 | 0.745                | 0.388 | 0.674 | 0.388 | 0.139                  | 0.023 | 0.140 | 0.023 |
| 2001   | 0.087                       | 0.073 | 0.048 | 0.048 | 0.065                         | 0.065 | 0.049 | 0.049 | 0.865                | 0.430 | 0.617 | 0.430 | 0.315                  | 0.281 | 0.236 | 0.236 |
| 2002   | 0.017                       | 0.016 | 0.017 | 0.016 | 0.505                         | 0.585 | 0.569 | 0.505 | 0.748                | 1.051 | 0.526 | 0.526 | 0.187                  | 0.205 | 0.147 | 0.147 |
| 2003   | 0.010                       | 0.011 | 0.011 | 0.010 | 0.567                         | 0.589 | 0.559 | 0.559 | 0.509                | 0.494 | 0.456 | 0.456 | 0.222                  | 0.220 | 0.189 | 0.189 |
| 2004   | 0.014                       | 0.016 | 0.017 | 0.014 | 0.601                         | 0.545 | 0.534 | 0.534 | 0.596                | 0.651 | 0.556 | 0.556 | 0.168                  | 0.166 | 0.153 | 0.153 |
| 2005   | 0.020                       | 0.007 | 0.008 | 0.007 | 0.566                         | 0.586 | 0.581 | 0.566 | 0.681                | 0.727 | 0.703 | 0.681 | 0.168                  | 0.174 | 0.157 | 0.157 |
| 2006   | 0.062                       | 0.063 | 0.063 | 0.062 | 0.497                         | 0.545 | 0.543 | 0.497 | 0.683                | 0.650 | 0.629 | 0.629 | 0.099                  | 0.093 | 0.089 | 0.089 |
| 2007   | 0.015                       | 0.012 | 0.009 | 0.009 | 0.515                         | 0.522 | 0.510 | 0.510 | 0.824                | 0.611 | 0.572 | 0.572 | 0.228                  | 0.268 | 0.216 | 0.216 |
| 2008   | 0.004                       | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.450                         | 0.467 | 0.469 | 0.450 | 0.536                | 0.505 | 0.469 | 0.469 | 0.210                  | 0.110 | 0.207 | 0.110 |
|        |                             |       |       | Min1  |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | Min2  |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | Min3  |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | Min4  |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | Prom  |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | 0.002 |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | 0.004 |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | 0.000 |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | 0.000 |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       | 0.002 |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |
|        |                             |       |       |       |                               |       |       |       |                      |       |       |       |                        |       |       |       |