

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **CARACTERIZACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA**

## **ANEXO A.1**

### **CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA**

## ANEXO A.1 CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA

### 1. INFORMACIÓN PLUVIOMETRICA

Se usa la información de precipitación de la estación Hornillos según se indica a continuación:

**Tabla 1.1: Estación fluviométrica utilizada**

| Nombre   | Coordenadas |           | Elevación<br>[msnm] | Información |
|----------|-------------|-----------|---------------------|-------------|
|          | Este [m]    | Norte [m] |                     |             |
| Hornillo | 308.838     | 6.028.644 | 810                 | 1961-Actual |

Fuente: Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea

La siguiente tabla muestra los valores de precipitación mensual en el periodo octubre-marzo y la precipitación acumulada:

**Tabla 1.2 Precipitación mensual y acumulada [mm]**

| AÑO       | ABR | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR-<br>SEPT | OCT-<br>MAR |
|-----------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|-------------|
| 1962 1963 | 74  | 77   | 552  | 51   | 210 | 62  | 145 | 23  | 0   | 0   | 0   | 63  | 1025         | 231         |
| 1963 1964 | 53  | 210  | 251  | 643  | 612 | 360 | 206 | 171 | 13  | 25  | 0   | 7   | 2128         | 421         |
| 1964 1965 | 7   | 104  | 173  | 53   | 393 | 47  | 16  | 7   | 167 | 12  | 77  | 7   | 777          | 286         |
| 1965 1966 | 670 | 373  | 291  | 824  | 750 | 62  | 179 | 86  | 41  | 0   | 0   | 0   | 2970         | 306         |
| 1966 1967 | 173 | 185  | 1058 | 463  | 175 | 69  | 74  | 25  | 230 | 57  | 13  | 0   | 2123         | 399         |
| 1967 1968 | 19  | 443  | 104  | 192  | 121 | 133 | 147 | 75  | 0   | 0   | 0   | 41  | 1012         | 263         |
| 1968 1969 | 66  | 11   | 108  | 81   | 112 | 110 | 81  | 72  | 134 | 0   | 0   | 16  | 488          | 303         |
| 1969 1970 | 261 | 287  | 718  | 364  | 232 | 112 | 125 | 22  | 0   | 2   | 5   | 32  | 1974         | 186         |
| 1970 1971 | 0   | 284  | 463  | 559  | 174 | 108 | 105 | 23  | 57  | 0   | 0   | 0   | 1588         | 185         |
| 1971 1972 | 17  | 419  | 531  | 376  | 251 | 106 | 81  | 0   | 124 | 16  | 0   | 90  | 1701         | 312         |
| 1972 1973 | 46  | 1214 | 763  | 344  | 826 | 421 | 320 | 88  | 0   | 0   | 9   | 5   | 3614         | 423         |
| 1973 1974 | 69  | 646  | 290  | 695  | 58  | 33  | 233 | 0   | 12  | 56  | 0   | 6   | 1791         | 306         |
| 1974 1975 | 0   | 652  | 1067 | 134  | 100 | 82  | 86  | 67  | 38  | 0   | 99  | 6   | 2034         | 295         |
| 1975 1976 | 157 | 440  | 569  | 731  | 165 | 50  | 29  | 101 | 49  | 0   | 23  | 17  | 2112         | 219         |
| 1976 1977 | 8   | 189  | 490  | 132  |     | 249 | 325 | 149 | 86  | 41  | 0   | 16  | 1068         | 616         |
| 1977 1978 | 63  | 366  | 501  | 912  | 315 | 64  | 270 | 198 | 4   | 1   | 7   | 0   | 2220         | 479         |
| 1978 1979 | 4   | 274  | 368  | 1095 | 123 | 342 | 291 | 263 | 3   | 21  | 4   | 0   | 2207         | 580         |
| 1979 1980 | 68  | 321  | 77   | 1133 | 562 | 262 | 18  | 170 | 112 | 0   | 102 | 55  | 2423         | 456         |
| 1980 1981 | 775 | 656  | 541  | 421  | 137 | 111 | 0   | 48  | 85  | 15  | 0   | 24  | 2642         | 172         |
| 1981 1982 | 191 | 1147 | 135  | 207  | 316 | 124 | 51  | 20  | 0   | 17  | 21  | 42  | 2120         | 150         |
| 1982 1983 | 59  | 642  | 834  | 754  | 368 | 501 | 294 | 54  | 0   | 38  | 16  | 0   | 3157         | 400         |
| 1983 1984 | 84  | 257  | 436  | 440  | 270 | 92  | 9   | 3   | 0   | 0   | 21  | 19  | 1579         | 51          |

| AÑO       | ABR | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP | OCT   | NOV  | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR-<br>SEPT | OCT-<br>MAR |
|-----------|-----|------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|-----|-----|--------------|-------------|
| 1984 1985 | 42  | 482  | 358  | 877  | 174 | 228 | 181   | 20   | 0   | 1   | 0   | 42  | 2162         | 244         |
| 1985 1986 | 109 | 404  | 217  | 432  | 36  | 172 | 320   | 50   | 0   | 2   | 7   | 41  | 1371         | 420         |
| 1986 1987 | 177 | 483  | 638  | 194  | 384 | 45  | 125   | 328  | 0   | 0   | 0   | 67  | 1920         | 519         |
| 1987 1988 | 29  | 269  | 143  | 1236 | 450 | 244 | 291   | 0    | 10  | 0   | 12  | 71  | 2371         | 384         |
| 1988 1989 | 88  | 104  | 526  | 255  | 551 | 74  | 49    | 10   | 0   | 5   | 0   | 9   | 1598         | 73          |
| 1989 1990 | 5   | 80   | 358  | 366  | 360 | 55  | 42    | 9    | 32  | 13  | 1   | 194 | 1223         | 290         |
| 1990 1991 | 109 | 228  | 86   | 161  | 189 | 362 | 31    | 61   | 5   | 7   | 0   | 0   | 1134         | 104         |
| 1991 1992 | 192 | 1189 | 397  | 438  | 34  | 197 | 130   | 50   | 179 | 0   | 23  | 76  | 2446         | 458         |
| 1992 1993 | 247 | 896  | 673  | 130  | 176 | 147 | 66    | 30   | 6   | 4   | 0   | 0   | 2270         | 105         |
| 1993 1994 | 173 | 519  | 806  | 166  | 218 | 60  | 70    | 39   | 116 | 0   | 7   | 0   | 1942         | 232         |
| 1994 1995 | 242 | 324  | 399  | 710  | 58  | 158 | 57    | 10   | 62  | 0   | 9   | 0   | 1890         | 138         |
| 1995 1996 | 291 | 89   | 601  | 477  | 273 | 77  | 86    | 0    | 0   | 0   | 0   | 24  | 1808         | 110         |
| 1996 1997 | 88  | 114  | 354  | 119  | 338 | 12  | 26    | 0    | 7   | 1   | 31  | 0   | 1024         | 65          |
| 1997 1998 | 338 | 260  | 1072 | 281  | 261 | 501 | 379   | 67   | 0   | 0   | 0   | 0   | 2711         | 446         |
| 1998 1999 | 284 | 121  | 177  | 26   | 47  | 93  | 0     | 5    | 32  | 0   | 31  | 17  | 746          | 84          |
| 1999 2000 | 24  |      | 456  | 133  | 346 | 479 | 2     | 0    | 5   | 0   | 159 | 0   | 1436         | 166         |
| 2000 2001 | 24  | 126  | 1394 | 131  | 119 | 484 | 22    | 31   | 0   | 52  | 0   | 9   | 2278         | 114         |
| 2001 2002 | 117 | 541  | 239  | 880  | 433 | 21  | 18    | 7    | 0   | 0   | 62  | 268 | 2231         | 354         |
| 2002 2003 | 95  | 589  | 348  | 322  | 892 | 246 | 196   | 34   | 28  | 99  | 0   | 0   | 2490         | 357         |
| 2003 2004 | 27  | 223  | 492  | 222  | 65  | 162 | 148   | 113  | 17  | 0   | 9   | 90  | 1191         | 376         |
| 2004 2005 | 270 | 32   | 327  | 352  | 147 | 268 | 177   | 68   | 58  | 4   | 0   | 26  | 1395         | 332         |
| 2005 2006 | 0   | 776  | 815  | 431  | 677 | 90  | 46    | 90   | 82  | 31  | 21  | 0   | 2789         | 269         |
| 2006 2007 | 120 | 230  | 703  | 897  | 414 | 127 | 199   | 0    | 29  | 20  | 65  | 28  | 2490         | 341         |
| 2007 2008 | 58  | 36   | 208  | 403  | 242 | 70  | 34    | 13   | 12  | 2   | 0   | 4   | 1017         | 65          |
| 2008 2009 | 117 | 1194 | 285  | 386  | 415 | 97  | 24    | 2    | 8   | 0   | 0   | 0   | 2494         | 34          |
| 2009 2010 | 8   | 290  | 427  | 332  | 451 | 182 | 155   | 117  | 0   | 11  | 14  | 0   | 1687         | 295         |
| 2010 2011 | 0   | 112  | 430  | 241  | 181 | 17  | 62    | 28   | 22  | 31  | 15  | 36  | 980          | 192         |
| 2011 2012 | 217 | 89   | 354  | 256  | 519 | 75  | 8     | 52   | 0   | 0   | 56  | 0   | 1508         | 115         |
| 2012 2013 | 30  | 0    | 0    | 36   | 223 | 12  | 156   | 31   | 263 | 0   | 30  | 0   | 300          | 480         |
| 2013 2014 | 5   | 408  | 231  | 333  | 183 | 145 | 103   | 5    | 0   | 14  | 0   | 40  | 1303         | 161         |
| 2014 2015 | 49  | 252  | 370  | 381  | 255 | 215 | 13    | 31   | 24  | 0   | 2   | 11  | 1522         | 81          |
| 2015 2016 | 31  | 74   | 159  | 448  | 550 | 169 | 188.5 | 16.5 | 0   | 9   | 0   | 0   | 1430         | 31          |

Fuente: Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea

## 2. ANÁLISIS DE FRECUENCIA

A la serie de precipitaciones acumuladas en el periodo octubre-marzo, se les realiza un análisis de frecuencias. Para este análisis se utilizaron distintas funciones de densidad de probabilidad, como Normal, Gumbel, Pearson, Log-Pearson, Log-Normal y Gamma, las cuales se muestran a continuación:

**Figura 2.1 Análisis de frecuencia Distribución Normal**

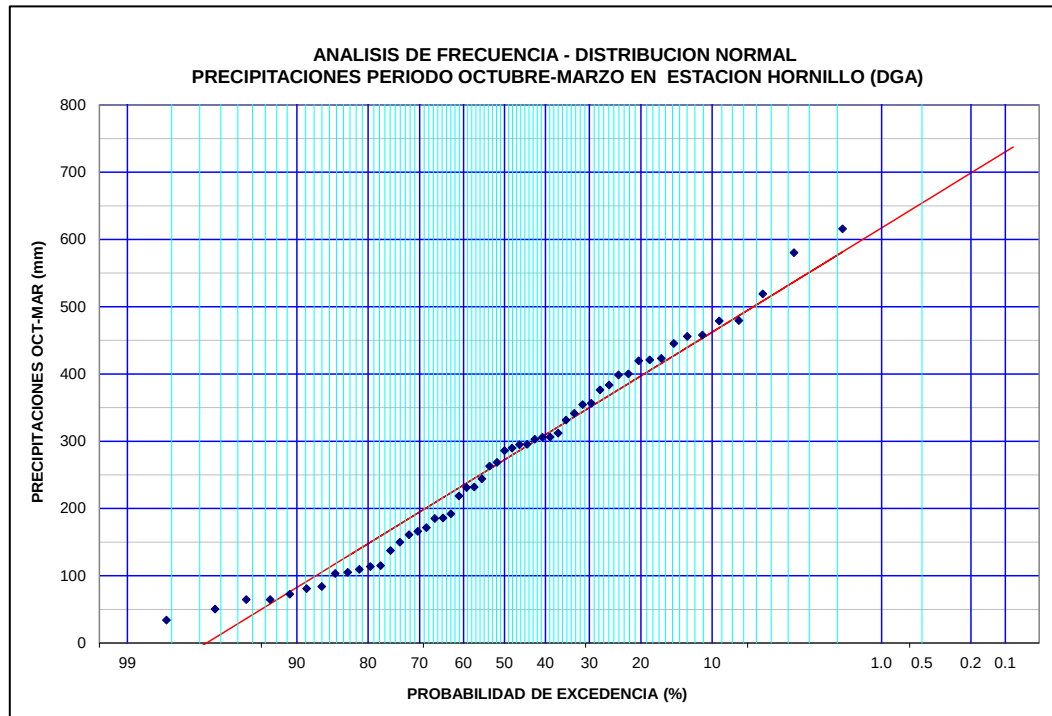


**Figura 2.2 Análisis de frecuencia Distribución Log-Normal**

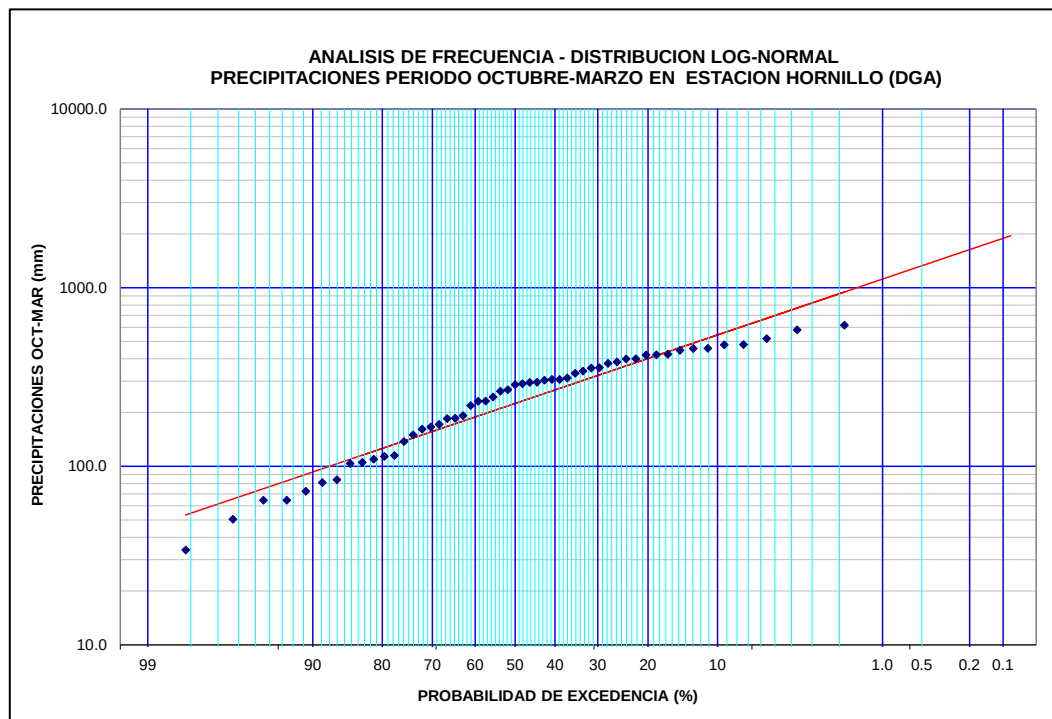
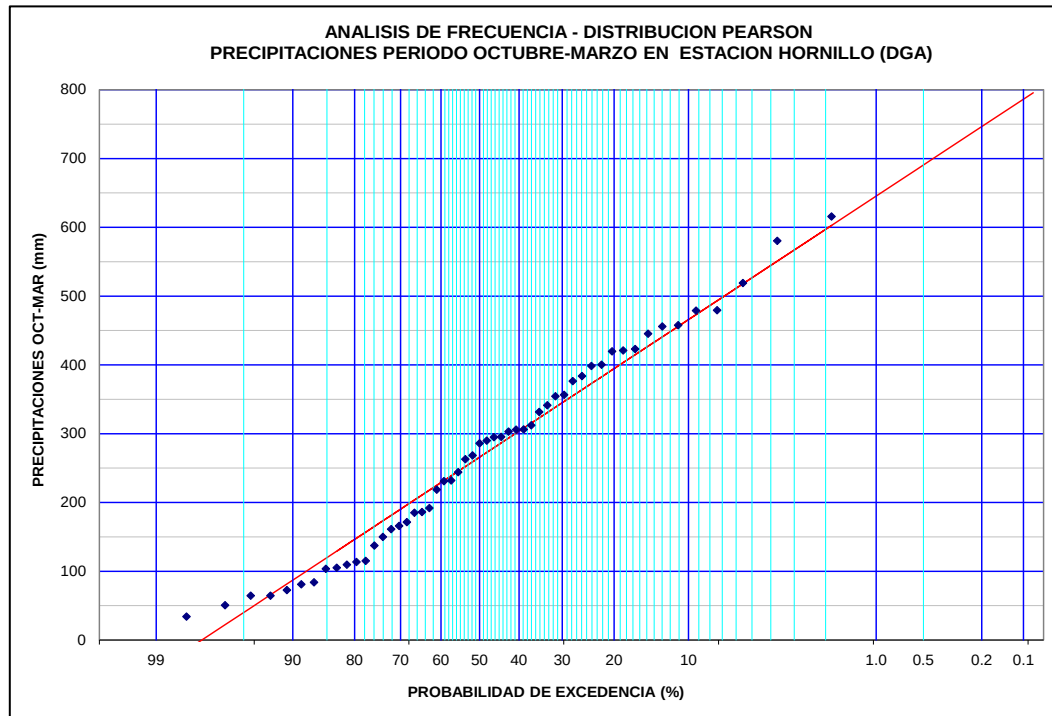
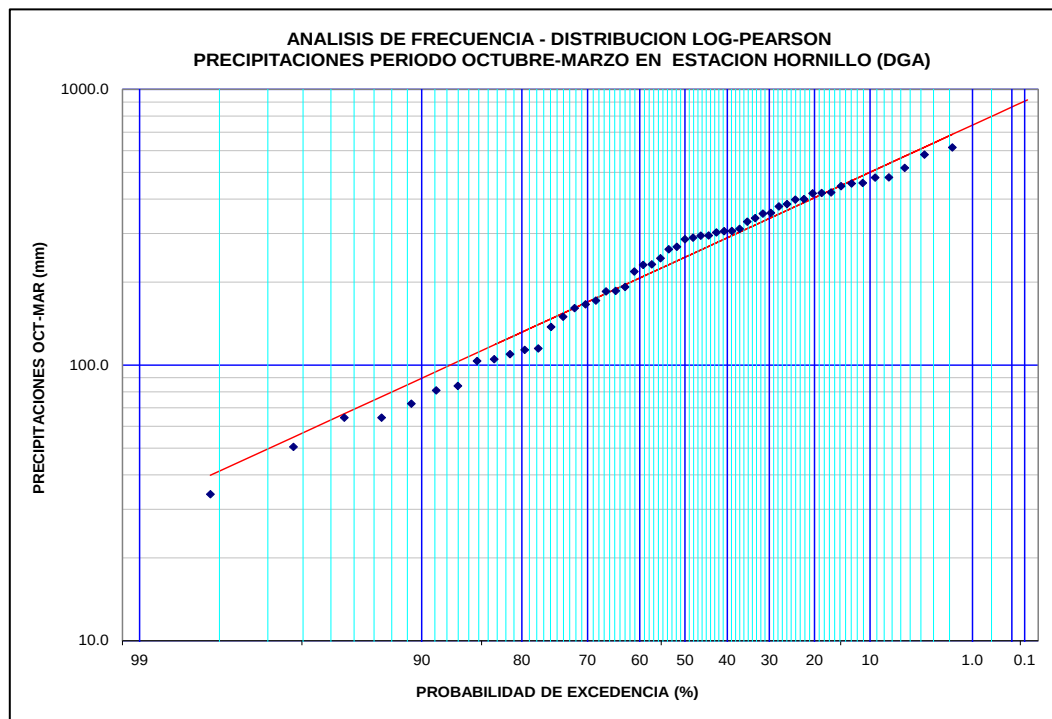


**Figura 2.3 Análisis de frecuencia Distribución Pearson**



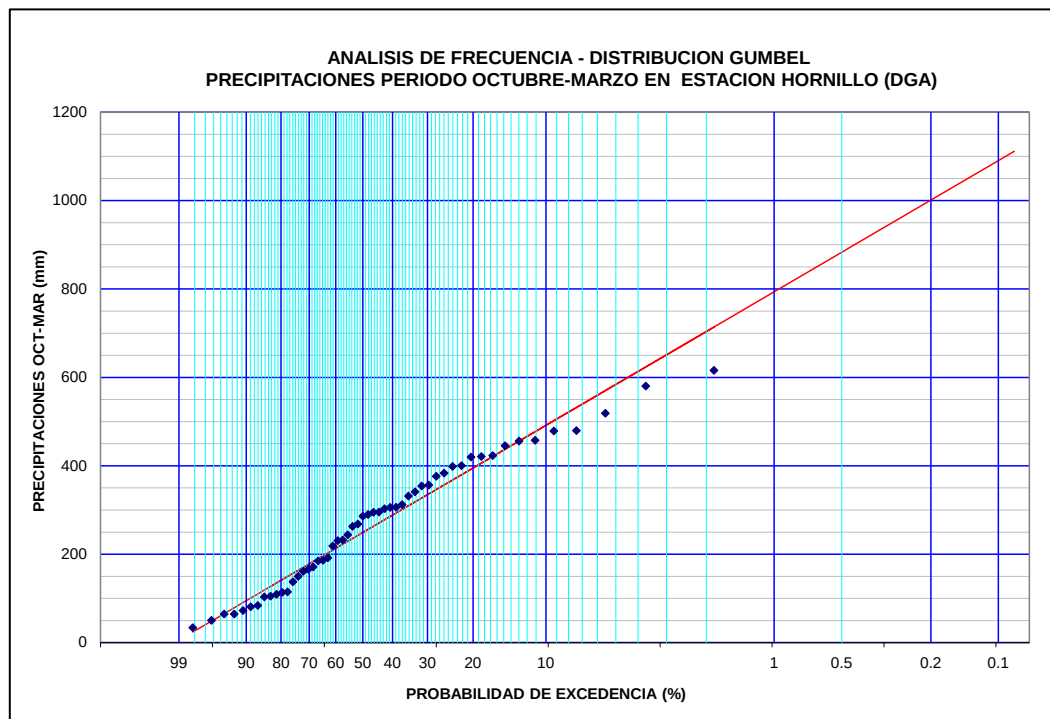
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 2.4 Análisis de frecuencia Distribución Log-Pearson**



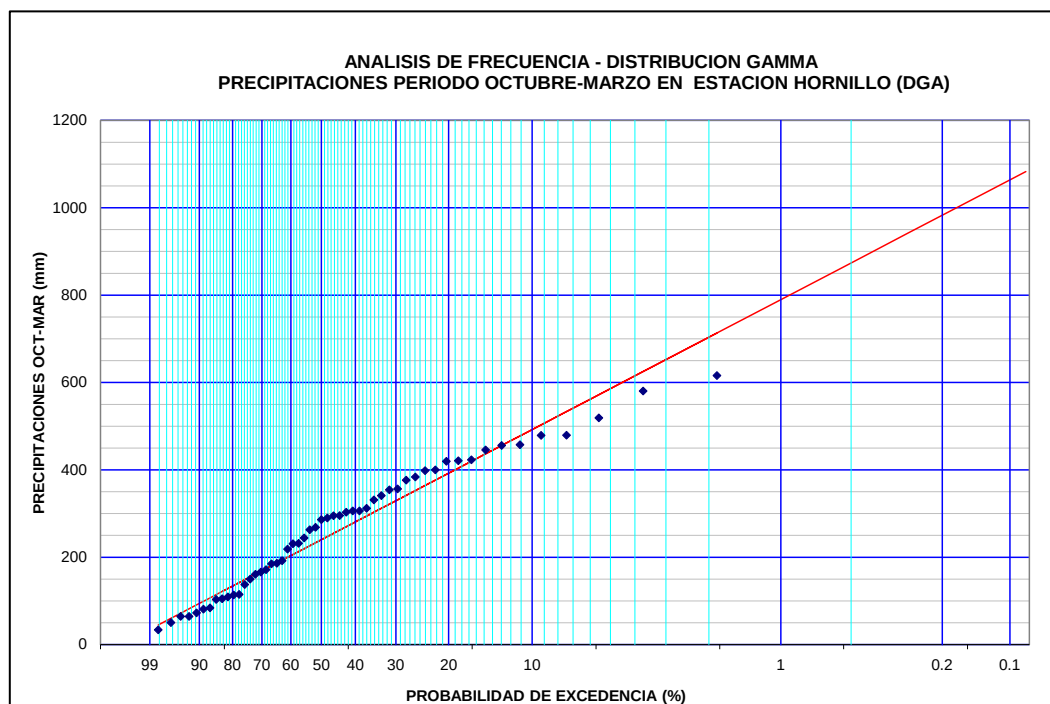
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 2.5 Análisis de frecuencia Distribución Gumbel**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 2.6 Análisis de frecuencia Distribución Gamma**



Fuente: Elaboración Propia

Empleando el test chi – cuadrado como descarte, en conjunto con el análisis gráfico de cada una de las funciones ajustadas (según distribución de Weibull). La siguiente tabla muestra los resultados del análisis de frecuencia de la precipitación acumulada en el periodo octubre-marzo:

**Tabla 2.1 Resultados análisis de frecuencia –Pp oct-mar**

| T [años]                | Pexc [%] | Distribución |            |          |             |          |          |
|-------------------------|----------|--------------|------------|----------|-------------|----------|----------|
|                         |          | Normal       | Log-Normal | Pearson  | Log-Pearson | Gumbel   | Gamma    |
| 100                     | 1        | 626.1        | 1164.9     | 656.4    | 756.1       | 814.9    | 809.8    |
| 50                      | 2        | 586.6        | 969.3      | 608.9    | 695.0       | 725.2    | 724.3    |
| 25                      | 4        | 542.9        | 791.0      | 557.5    | 626.3       | 634.9    | 636.4    |
| 20                      | 5        | 527.7        | 736.9      | 539.9    | 602.4       | 605.7    | 607.4    |
| 10                      | 10       | 475.8        | 578.9      | 481.0    | 521.5       | 513.6    | 514.9    |
| 5                       | 20       | 413.8        | 433.9      | 412.8    | 428.7       | 418.4    | 416.9    |
| 2.0                     | 50       | 300.5        | 256.1      | 294.2    | 278.4       | 278.4    | 270.4    |
| 1.3                     | 80       | 203.5        | 163.1      | 198.7    | 177.1       | 185.6    | 176.2    |
| 1.2                     | 85       | 185.4        | 149.9      | 181.4    | 161.3       | 170.5    | 161.6    |
| 1.1                     | 90       | 165.8        | 136.8      | 163.1    | 145.4       | 154.8    | 146.8    |
| 1.1                     | 95       | 144.2        | 123.8      | 143.0    | 129.0       | 138.3    | 131.6    |
| <b>chi2(calculado)=</b> |          | 1.6          | 8.9        | 2.2      | 2.9         | 4.0      | 4.2      |
| <b>chi2(0,05)=</b>      |          | 7.8          | 7.8        | 6.0      | 6.0         | 7.8      | 7.8      |
| <b>Test</b>             |          | Aceptado     | Rechazado  | Aceptado | Aceptado    | Aceptado | Aceptado |

Fuente: Elaboración Propia

La distribución con el mejor ajuste corresponde a Log-Pearson.

## **ANEXO A.2**

### **CARACTERIZACIÓN FLUVIOMÉTRICA**

## ANEXO A.2 CARACTERIZACIÓN FLUVIOMÉTRICA

### 1. INFORMACIÓN FLUVIOMÉTRICA

El punto de control corresponde a la estación Afluente Embalse Melado, cuya ubicación se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1.1: Estación fluviométrica utilizada**

| Nombre                  | Coordenadas |           | Elevación<br>[msnm] | Periodo de<br>Información |
|-------------------------|-------------|-----------|---------------------|---------------------------|
|                         | Este [m]    | Norte [m] |                     |                           |
| Afluente Embalse Melado | 311.179     | 6.040.761 | 645                 | 1961-2016                 |

Fuente: Centro de Despacho Económico de Carga - Sistema Interconectado Central

<https://www.coordinadorelectrico.cl/>

Dado que la información de esta estación se encuentra disponible desde el año 2003 en adelante, es necesario completar los caudales de los años anteriores.

**Tabla 1.2 Serie de Caudales Medios Mensuales Temporada 1960-2015 [m³/s]**

#### Afluente Embalse Melado

| Año     | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1960/61 | 42  | 31  | 74  | 78  | 65  | 75  | 170 | 209 | 120 | 58  | 36  | 67  |
| 1961/62 | 32  | 22  | 82  | 128 | 91  | 212 | 243 | 335 | 293 | 143 | 73  | 44  |
| 1962/63 | 33  | 33  | 55  | 51  | 77  | 74  | 128 | 132 | 61  | 34  | 26  | 23  |
| 1963/64 | 25  | 33  | 40  | 94  | 109 | 115 | 217 | 302 | 380 | 230 | 89  | 53  |
| 1964/65 | 40  | 31  | 34  | 42  | 45  | 78  | 129 | 128 | 103 | 54  | 41  | 27  |
| 1965/66 | 113 | 167 | 187 | 175 | 188 | 104 | 219 | 343 | 286 | 183 | 83  | 52  |
| 1966/67 | 48  | 65  | 133 | 151 | 90  | 107 | 173 | 276 | 252 | 176 | 84  | 51  |
| 1967/68 | 36  | 59  | 48  | 48  | 57  | 65  | 149 | 175 | 125 | 54  | 34  | 30  |
| 1968/69 | 24  | 29  | 23  | 25  | 35  | 36  | 46  | 63  | 42  | 34  | 21  | 19  |
| 1969/70 | 22  | 79  | 203 | 133 | 138 | 115 | 113 | 186 | 192 | 87  | 45  | 36  |
| 1970/71 | 28  | 40  | 53  | 67  | 74  | 87  | 151 | 212 | 188 | 87  | 40  | 30  |
| 1971/72 | 24  | 101 | 63  | 146 | 154 | 111 | 208 | 244 | 159 | 80  | 40  | 41  |
| 1972/73 | 30  | 302 | 307 | 126 | 303 | 186 | 204 | 288 | 387 | 243 | 117 | 60  |
| 1973/74 | 41  | 131 | 70  | 144 | 78  | 77  | 139 | 214 | 168 | 100 | 34  | 23  |
| 1974/75 | 16  | 82  | 106 | 80  | 67  | 88  | 176 | 233 | 185 | 96  | 61  | 36  |
| 1975/76 | 54  | 119 | 187 | 183 | 92  | 106 | 176 | 246 | 250 | 119 | 59  | 41  |
| 1976/77 | 30  | 31  | 93  | 52  | 54  | 65  | 154 | 217 | 161 | 77  | 45  | 34  |
| 1977/78 | 15  | 89  | 89  | 174 | 122 | 156 | 254 | 305 | 278 | 125 | 66  | 40  |
| 1978/79 | 34  | 65  | 82  | 255 | 99  | 136 | 275 | 301 | 272 | 125 | 58  | 43  |
| 1979/80 | 35  | 61  | 44  | 157 | 240 | 182 | 163 | 244 | 250 | 119 | 73  | 59  |
| 1980/81 | 230 | 298 | 235 | 209 | 132 | 113 | 163 | 183 | 208 | 108 | 70  | 59  |
| 1981/82 | 40  | 359 | 182 | 128 | 135 | 105 | 141 | 166 | 103 | 61  | 40  | 33  |
| 1982/83 | 29  | 83  | 175 | 234 | 129 | 223 | 213 | 278 | 408 | 258 | 130 | 67  |
| 1983/84 | 49  | 56  | 108 | 96  | 99  | 91  | 170 | 232 | 130 | 58  | 37  | 31  |
| 1984/85 | 28  | 50  | 61  | 144 | 78  | 151 | 318 | 321 | 374 | 223 | 91  | 63  |
| 1985/86 | 56  | 81  | 87  | 134 | 64  | 83  | 145 | 175 | 99  | 50  | 36  | 32  |
| 1986/87 | 64  | 221 | 347 | 140 | 156 | 124 | 231 | 218 | 228 | 110 | 60  | 54  |

| Año     | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1987/88 | 43  | 50  | 86  | 231 | 152 | 131 | 272 | 311 | 197 | 92  | 50  | 39  |
| 1988/89 | 32  | 37  | 58  | 83  | 123 | 85  | 155 | 242 | 146 | 59  | 36  | 28  |
| 1989/90 | 22  | 22  | 29  | 41  | 83  | 88  | 155 | 178 | 78  | 41  | 31  | 28  |
| 1990/91 | 49  | 72  | 43  | 41  | 77  | 150 | 122 | 102 | 66  | 37  | 25  | 21  |
| 1991/92 | 33  | 365 | 183 | 170 | 90  | 142 | 146 | 204 | 179 | 100 | 47  | 39  |
| 1992/93 | 49  | 196 | 164 | 95  | 76  | 125 | 201 | 302 | 247 | 121 | 56  | 39  |
| 1993/94 | 45  | 118 | 245 | 132 | 126 | 129 | 164 | 183 | 167 | 76  | 41  | 32  |
| 1994/95 | 44  | 60  | 113 | 206 | 93  | 135 | 174 | 197 | 145 | 66  | 41  | 28  |
| 1995/96 | 51  | 46  | 161 | 132 | 90  | 165 | 185 | 270 | 190 | 68  | 36  | 33  |
| 1996/97 | 32  | 29  | 82  | 49  | 70  | 66  | 83  | 64  | 35  | 28  | 21  | 19  |
| 1997/98 | 60  | 85  | 243 | 120 | 243 | 252 | 209 | 259 | 244 | 130 | 62  | 42  |
| 1998/99 | 50  | 39  | 42  | 31  | 26  | 34  | 46  | 29  | 25  | 23  | 19  | 17  |
| 1999/00 | 21  | 26  | 54  | 51  | 87  | 152 | 232 | 240 | 130 | 52  | 49  | 32  |
| 2000/01 | 25  | 28  | 232 | 158 | 119 | 140 | 203 | 228 | 238 | 111 | 54  | 36  |
| 2001/02 | 33  | 145 | 130 | 245 | 184 | 134 | 178 | 179 | 163 | 64  | 37  | 70  |
| 2002/03 | 47  | 129 | 128 | 112 | 258 | 159 | 236 | 296 | 306 | 165 | 71  | 45  |
| 2003/04 | 44  | 47  | 182 | 121 | 66  | 75  | 112 | 114 | 66  | 35  | 27  | 24  |
| 2004/05 | 104 | 38  | 81  | 94  | 83  | 118 | 123 | 144 | 118 | 50  | 28  | 24  |
| 2005/06 | 21  | 100 | 222 | 159 | 243 | 124 | 179 | 267 | 272 | 145 | 61  | 44  |
| 2006/07 | 46  | 67  | 217 | 263 | 140 | 129 | 212 | 227 | 191 | 102 | 40  | 31  |
| 2007/08 | 28  | 24  | 24  | 66  | 45  | 67  | 131 | 145 | 70  | 30  | 22  | 17  |
| 2008/09 | 21  | 266 | 115 | 97  | 142 | 103 | 155 | 173 | 88  | 39  | 27  | 23  |
| 2009/10 | 22  | 71  | 82  | 117 | 128 | 121 | 168 | 197 | 187 | 87  | 47  | 40  |
| 2010/11 | 30  | 27  | 43  | 46  | 55  | 67  | 141 | 125 | 60  | 30  | 21  | 21  |
| 2011/12 | 31  | 26  | 56  | 63  | 129 | 114 | 185 | 204 | 126 | 50  | 30  | 24  |
| 2012/13 | 20  | 89  | 134 | 91  | 74  | 83  | 101 | 92  | 98  | 54  | 40  | 18  |
| 2013/14 | 14  | 29  | 49  | 80  | 62  | 144 | 145 | 152 | 69  | 45  | 15  | 13  |
| 2014/15 | 11  | 40  | 110 | 77  | 236 | 121 | 169 | 165 | 110 | 63  | 43  | 12  |
| 2015/16 | 19  | 18  | 42  | 62  | 126 | 113 | 132 | 165 | 101 | 41  | 27  | 21  |

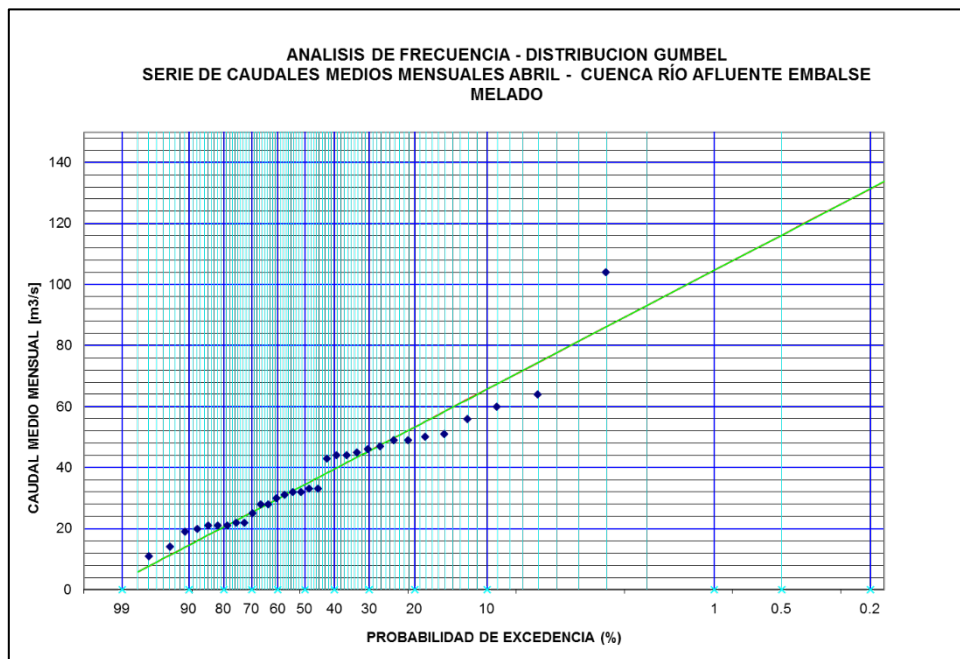
Fuente: Centro de Despacho Económico de Carga - Sistema Interconectado Central

<https://www.coordinadorelectrico.cl/>

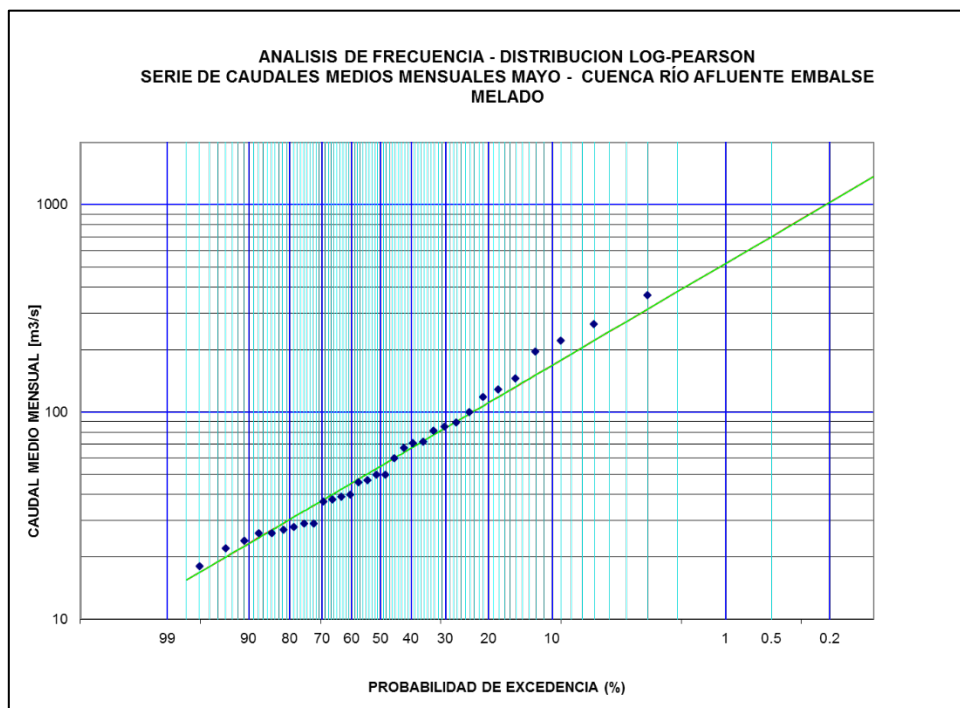
## 2. ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Sobre la base de los caudales presentados en la Tabla 1.2, se realizó el análisis de frecuencias de las series de caudales medios mensuales, considerando las funciones de probabilidad Normal, Log-Normal, Pearson Tipo III, Log-Pearson Tipo III y Gumbel. Como condición de descarte se utilizó el test Chi Cuadrado y la inspección mediante análisis gráfico de las series.

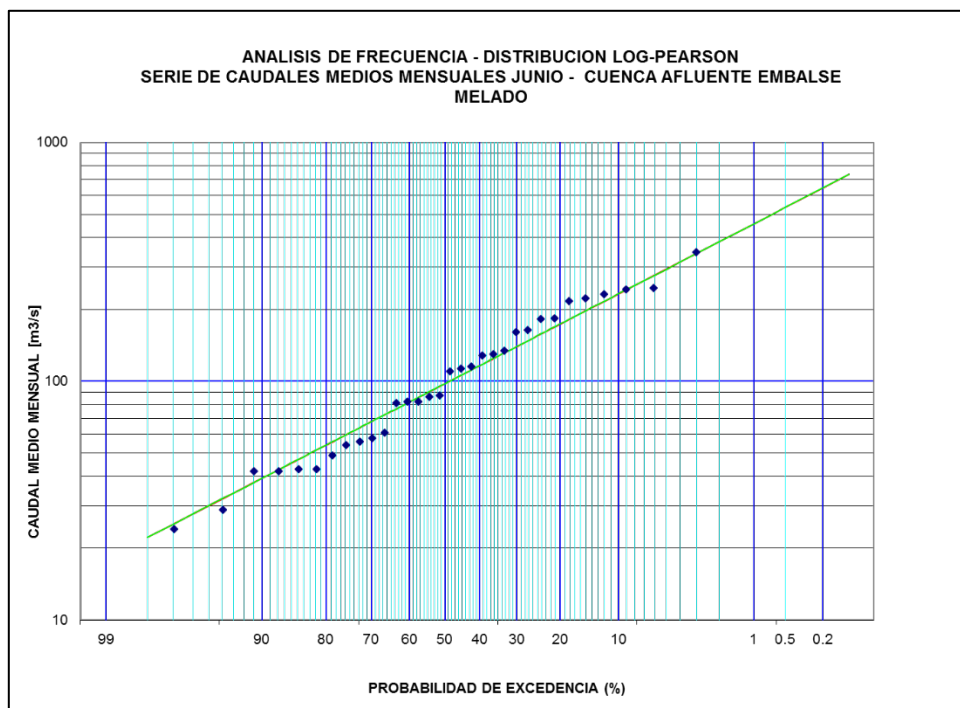
De los ajustes realizados para las distintas funciones de probabilidad y para las distintas series de caudales medios mensuales, se determinó que el mejor ajuste para cada mes, por lo que los resultados que se obtuvieron con esta distribución son los que se presentan a continuación:



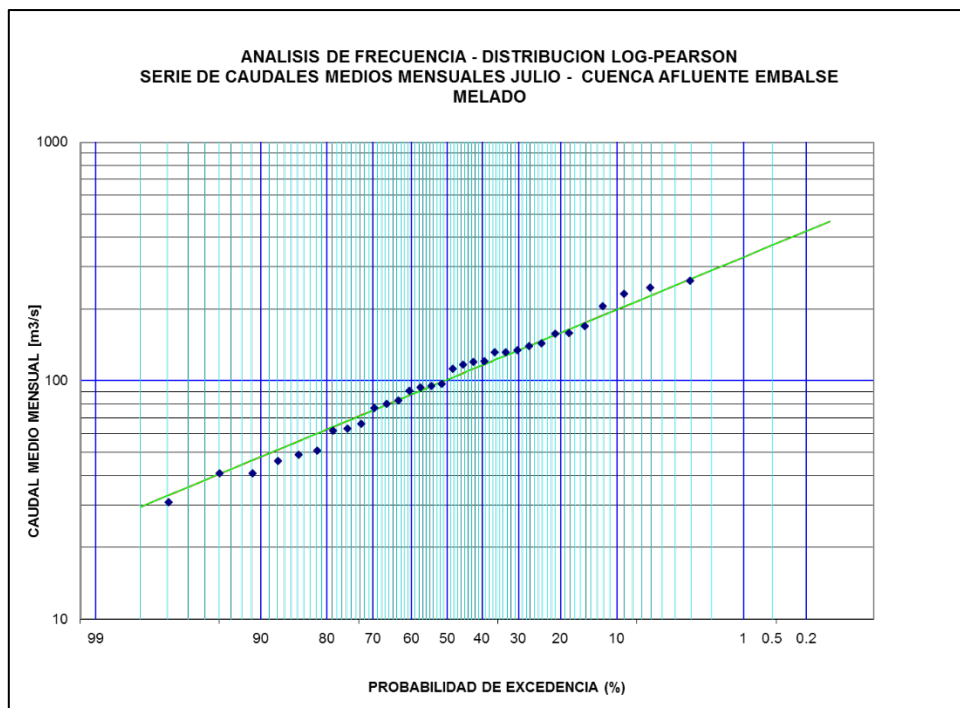
Fuente: Elaboración Propia



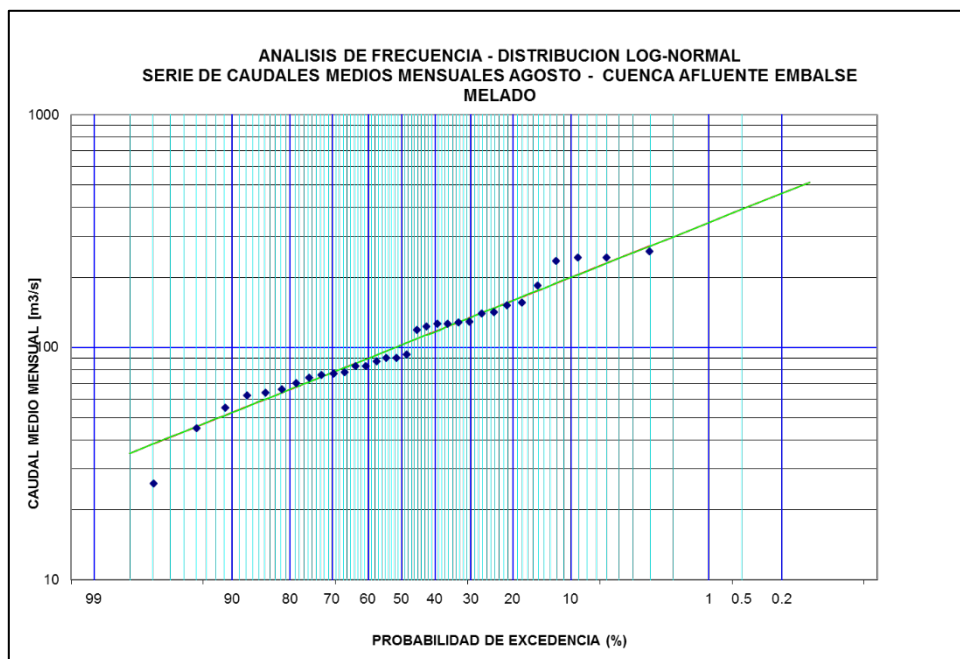
Fuente: Elaboración Propia



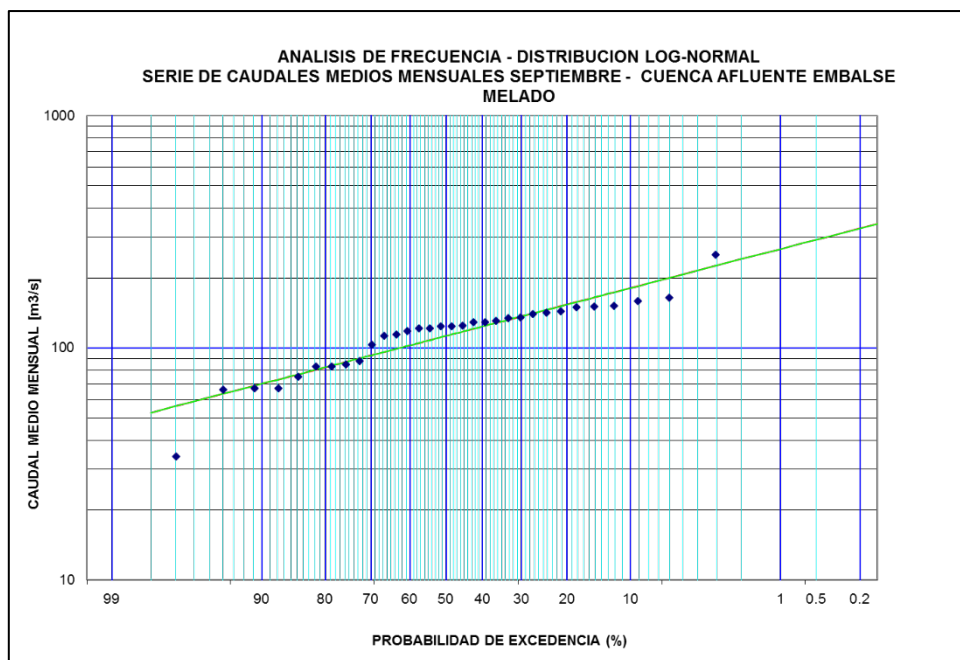
Fuente: Elaboración Propia



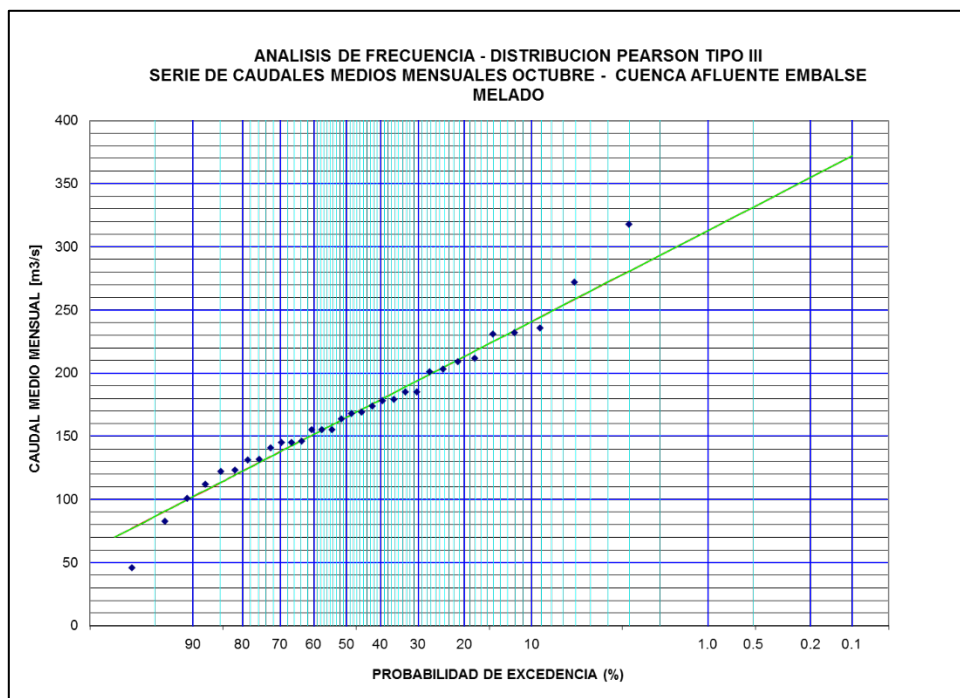
Fuente: Elaboración Propia



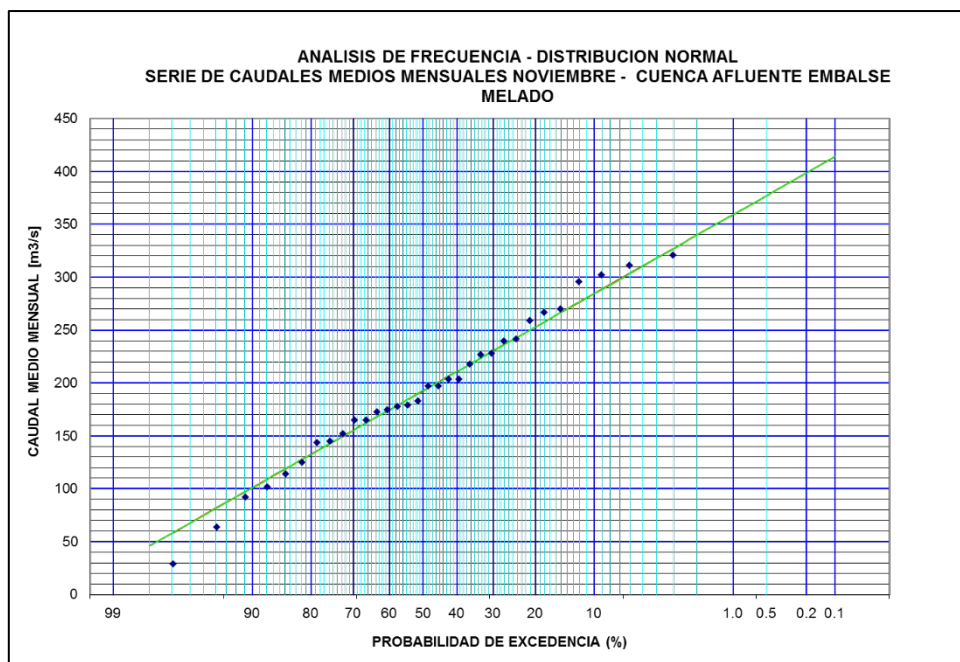
Fuente: Elaboración Propia



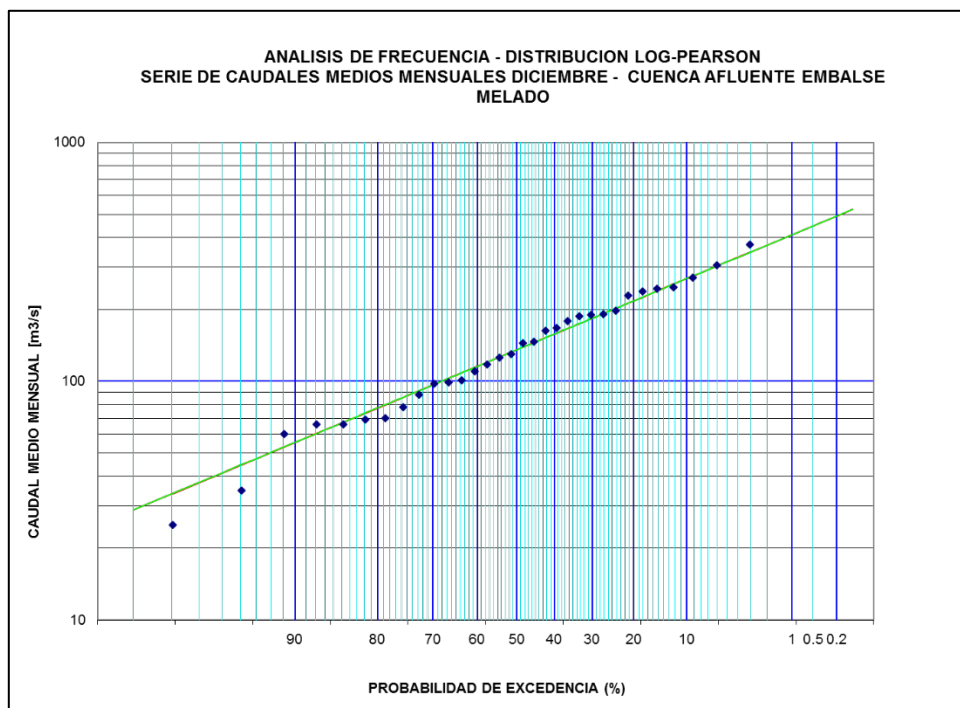
Fuente: Elaboración Propia



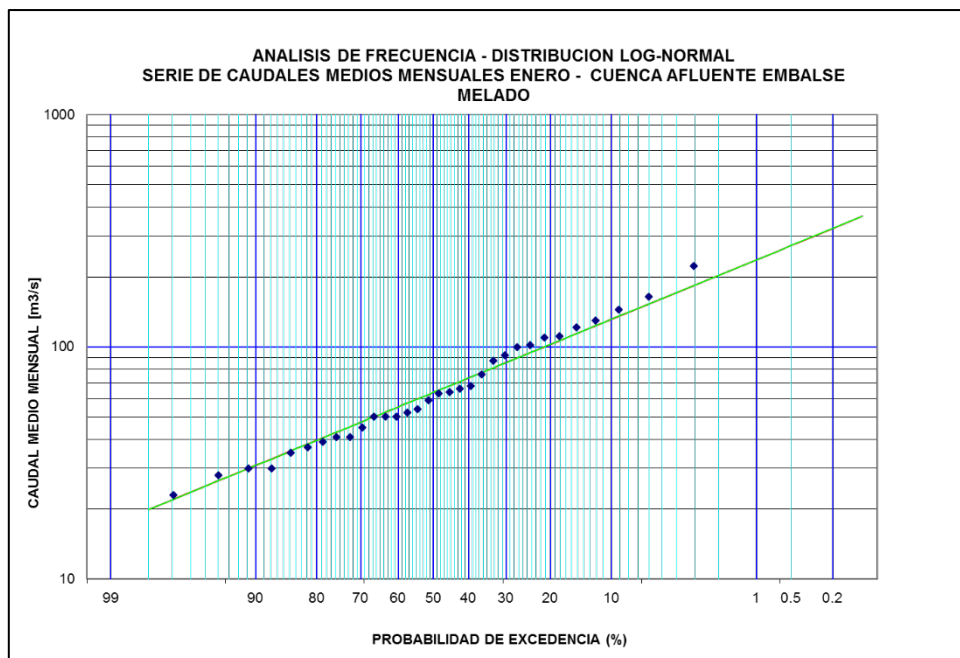
Fuente: Elaboración Propia



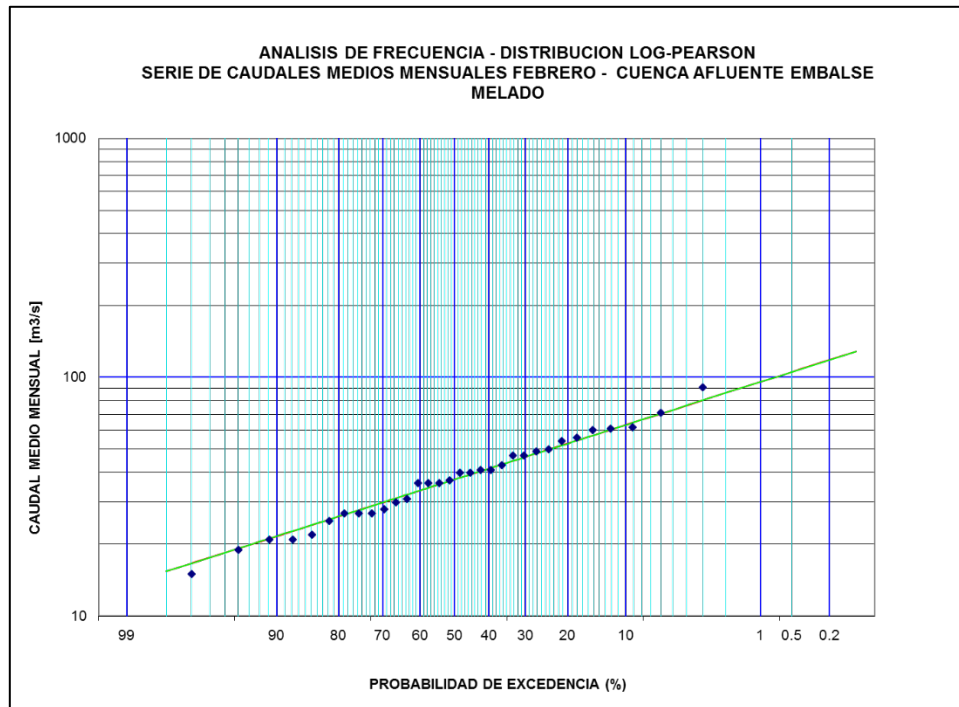
Fuente: Elaboración Propia



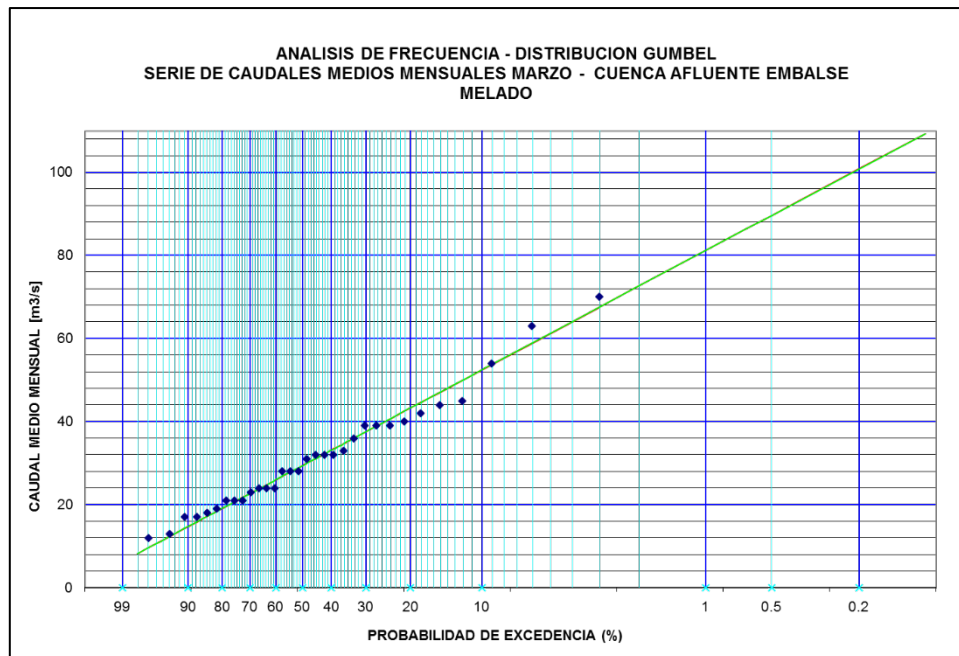
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

## 2.1 Determinación Curvas de Variación Estacional

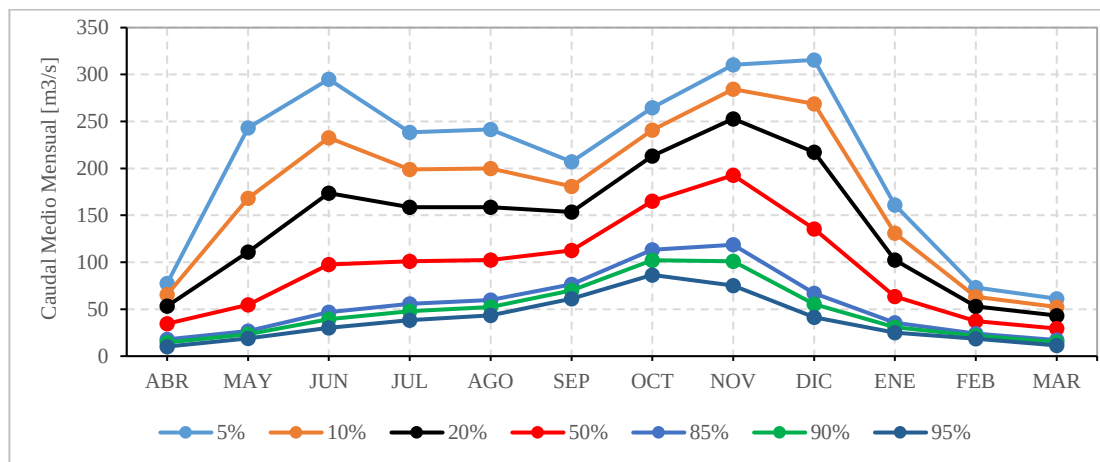
Sobre la base del análisis de frecuencias de las series mensuales, se obtuvieron curvas de variación estacional para el punto de control, considerando probabilidades de excedencia de 5, 10, 20, 50, 85, 90 y 95%. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2.1y se observa que los caudales peak se genera principalmente en el mes de noviembre.

**Tabla 2.1 Curvas de variación estacional Afluente Embalse Melado [m<sup>3</sup>/s]**

| Pexc [%] | Abr  | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   | Ene   | Feb  | Mar  |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 5%       | 77.6 | 243.3 | 294.9 | 238.3 | 241.6 | 207.1 | 264.8 | 310.4 | 315.6 | 161.1 | 73.0 | 61.2 |
| 10%      | 65.7 | 168.1 | 232.5 | 198.9 | 199.8 | 181.0 | 240.8 | 284.4 | 268.9 | 131.2 | 63.2 | 52.4 |
| 20%      | 53.3 | 110.9 | 173.5 | 158.8 | 158.8 | 153.7 | 213.3 | 252.9 | 217.2 | 102.3 | 52.9 | 43.3 |
| 50%      | 34.5 | 54.8  | 97.8  | 101.0 | 102.4 | 112.6 | 165.1 | 192.7 | 135.6 | 63.7  | 37.4 | 29.4 |
| 85%      | 17.8 | 26.9  | 47.0  | 55.7  | 59.7  | 76.7  | 113.3 | 118.6 | 67.0  | 35.5  | 24.1 | 17.1 |
| 90%      | 14.6 | 23.2  | 39.3  | 48.0  | 52.5  | 70.0  | 102.2 | 101.1 | 55.5  | 30.9  | 21.6 | 14.7 |
| 95%      | 10.2 | 19.0  | 30.1  | 38.4  | 43.4  | 61.2  | 86.5  | 75.1  | 41.3  | 25.2  | 18.5 | 11.5 |

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 2.1 Curvas de Variación Estacional**



Fuente: Elaboración Propia

## **ANEXO A.3**

### **DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA NIVAL**

## ANEXO A.3 DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA NIVAL

### 1. COBERTURA NIVAL

Se utilizan los datos de cobertura nival en la cuenca de estudio, de manera de determinar la superficie con y sin nieve. La cobertura nival se obtiene de imágenes satelitales tipo MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) y para extraer la información de cobertura nival desde estas imágenes se implementó una metodología basada en el uso del software ArcGis 10.2.

#### 1.1 Metodología De Análisis

##### 1.1.1 Caracterización de Imágenes satelitales MODIS

Existen 44 productos de datos estándar MODIS que son distribuidos a través de su página web (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>), los cuales son utilizados para el estudio de diferentes disciplinas como oceanografía, biología y ciencias atmosféricas. Parte de los productos de interés para el pronóstico encontrados en MODIS corresponden a:

**Tabla 1.1: Productos de Interés**

| Producto | Descripción                                    |
|----------|------------------------------------------------|
| MOD 06   | Producto de nubes                              |
| MOD 07   | perfiles atmosféricos                          |
| MOD 09   | Reflectancia de la Superficie                  |
| MOD 10   | Cobertura de Nieve                             |
| MOD 12   | Cobertura de la tierra y sus cambios           |
| MOD 13   | Índice de vegetación                           |
| MOD 23   | Concentración de sólidos suspendidos en el mar |
| MOD 28   | Temperatura de la superficie del océano        |
| MOD 29   | Cobertura de hielo en el mar                   |

Fuente: <http://modis.gsfc.nasa.gov/>

El procesamiento y análisis de las imágenes MODIS para determinar la cobertura nival es realizado en el National Snow and Ice Data Center (NSIDC, <http://nsidc.org/>), donde las imágenes son archivadas y distribuidas en forma gratuita.

Los datos de cobertura nival de las imágenes MODIS están basados en algoritmos de mapeo de nieve que utilizan el NDSI (Normalized Difference Snow Index) y otros test. Estas imágenes

presentan información diaria, cada 8 días o mensual según el tipo de producto en uso.

En la Tabla 1.2 se muestran los productos asociados a la cobertura nival y de hielo disponibles:

**Tabla 1.2: Productos disponibles de cobertura nival y hielo**

| Nombre del Producto                                      | Identificación |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| Snow CoverMonthly L3 Global 0.05Deg CMG                  | MOD10CM        |
| Snow Cover 8-Day L3 Global 500m Grid                     | MOD10A2        |
| Snow CoverDaily L3 Global 500m Grid                      | MOD10A1        |
| Snow Cover 8-Day L3 Global 0.05Deg CMG                   | MOD10C2        |
| Snow CoverDaily L3 Global 0.05Deg CMG                    | MOD10C1        |
| Snow Cover 5-Min L2 Swath 500m                           | MOD10_L2       |
| Sea Ice Extent 5-Min L2 Swath 1km                        | MOD29          |
| Sea Ice ExtentDaily L3 Global 1km EASE-Grid Day          | MOD29P1D       |
| Sea Ice ExtentDaily L3 Global 1km EASE-GridNight         | MOD29P1N       |
| Sea Ice Extent and IST Daily L3 Global 4km EASE-Grid Day | MOD29E1D       |

Fuente: <http://nsidc.org/>

Para el análisis de la cobertura nival de la cuenca en estudio, se utilizarán las imágenes MOD10A2, cuyas características se describe a continuación:

El producto MODIS/Terra Snow Cover 8-Day L3 Global 500m Grid (MOD10A2) contiene la información de la máxima cubierta de nieve durante un periodo de 8 días y se presenta en un formato comprimido llamado HDF-EOS (Hierarchical Data Format-Earth Observing System). La imagen corresponde celdas de 1200x1200 [km] de 500 [m] de resolución de la proyección sobre un mapa sinusoidal, esta información se encuentra disponible desde el 24 de febrero de 2000 en adelante y es de uso gratuito.

La información contenida en la imagen MOD10A2 corresponde a valores tabulados según se muestra en la Tabla 1.3.

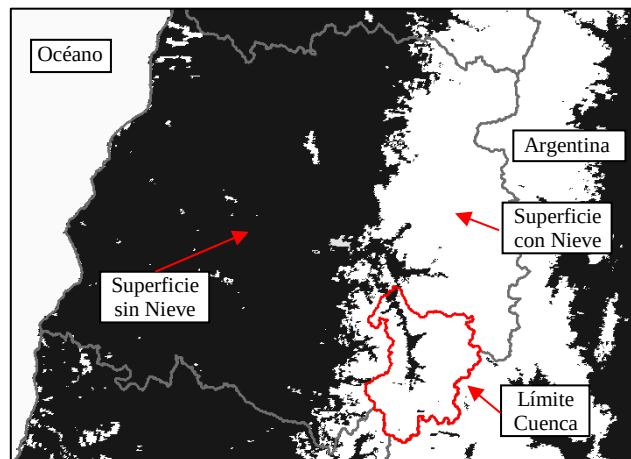
En la Figura 1.1 se muestra una imagen sin procesar del sector de interés, donde se destaca la superficie con nieve (en color blanco), el límite de las cuencas de interés (línea roja) y resto del área sin nieve (color negro y gris).

**Tabla 1.3: Rango de datos imagen MOD10A2**

| SampleValue | Explanation        |
|-------------|--------------------|
| 0           | Data Missing       |
| 1           | No Decision        |
| 11          | Night              |
| 25          | No Snow            |
| 37          | Lake               |
| 39          | Ocean              |
| 50          | Cloud              |
| 100         | Lake Ice           |
| 200         | Snow               |
| 254         | Detector Saturated |
| 255         | Fill               |

Fuente: [http://nsidc.org/data/docs/daac/modis\\_v5/mod10a2\\_modis\\_terra\\_snow\\_8-day\\_global\\_500m\\_grid.gd.html](http://nsidc.org/data/docs/daac/modis_v5/mod10a2_modis_terra_snow_8-day_global_500m_grid.gd.html)

**Figura 1.1: Imagen Modis sin procesar - 11 Agosto 2014**



Fuente: Elaboración Propia

### 1.1.2 Metodología de Proceso de Imágenes

Con el objeto de extraer la información de cobertura nival desde las imágenes MODIS de distinta data y para cada una de las cuencas aportantes a los puntos de pronóstico, se implementó una metodología basada en el uso del software ArcGis 10.2.

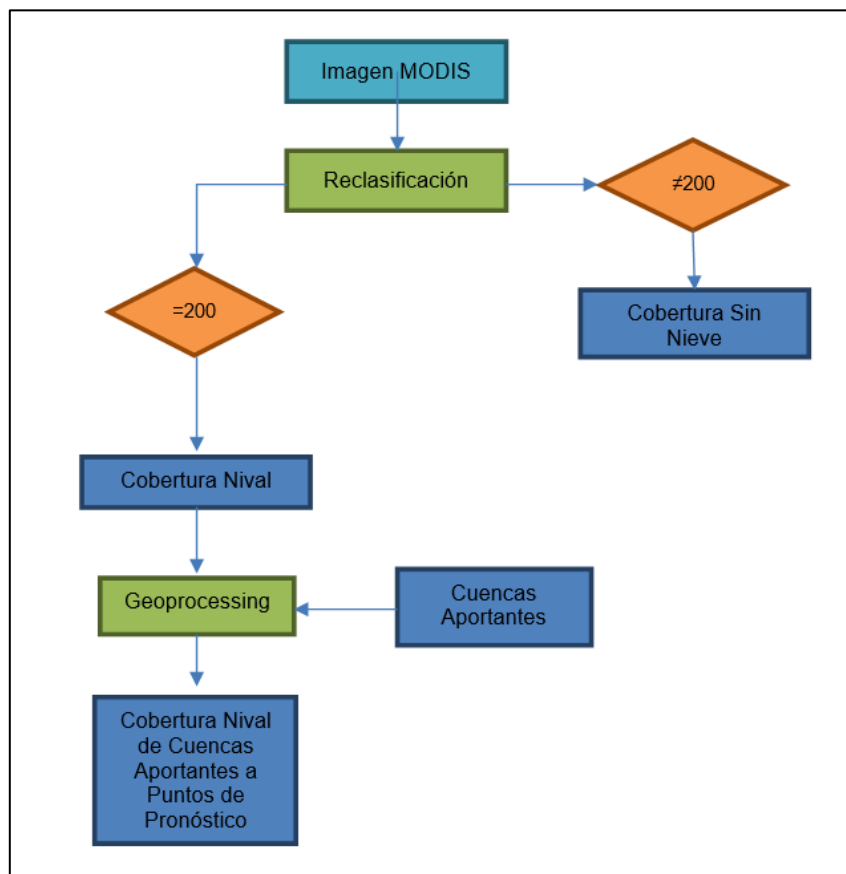
La metodología se orientó en primer lugar en discriminar la cobertura nival mediante la reclasificación de las imágenes adoptándose los valores informados anteriormente en la Tabla 1.3. De acuerdo a ello se definió la presencia de cobertura nival en todos los píxeles cuyo valor digital es de 200, mientras que los restantes fueron clasificados como áreas sin nieve.

Una vez discriminada la cobertura nival se identificó la superficie comprendida en cada una de las cuencas aportantes a los puntos de pronóstico a través del uso de herramientas de Geoprocessing disponibles en ArcGis.

Cabe señalar que las cuencas aportantes fueron digitalizadas previamente en el software ArcGis a partir de un modelo digital de elevación obtenido desde una señal del satélite Aster. Con ello se obtuvo la representación de la cobertura nival para las distintas fechas

En la figura siguiente se entrega un esquema con la metodología adoptada.

**Figura 1.2: Esquema de Procesos de Imagenes**



Fuente: Elaboración Propia

## 1.2 RESULTADOS

### 1.2.1 Evolución Histórica de la Cubierta Nival

Empleando la metodología descrita precedentemente, se analizaron las imágenes asociadas al período 2000-2015 en el cual se dispone de información, determinando la evolución de la cobertura nival a lo largo del año, considerando tanto el período de acumulación de nieve (abril-septiembre), como el de deshielo (octubre-marzo), donde se aprecia la ablación del manto de nieve.

En la Figura 1.3 se muestra la evolución de la cobertura nival de la cuenca Melado en El Salto, donde se observa una cobertura máxima de 2.131 [km<sup>2</sup>] correspondiente a la superficie total de esta cuenca; además el periodo durante el cual se tiene esta superficie con nieve corresponde al periodo desde principio de junio hasta los primeros días de septiembre y posteriormente decae hasta fines diciembre donde casi ya no se observa superficie nevada, excepto en caso puntuales.

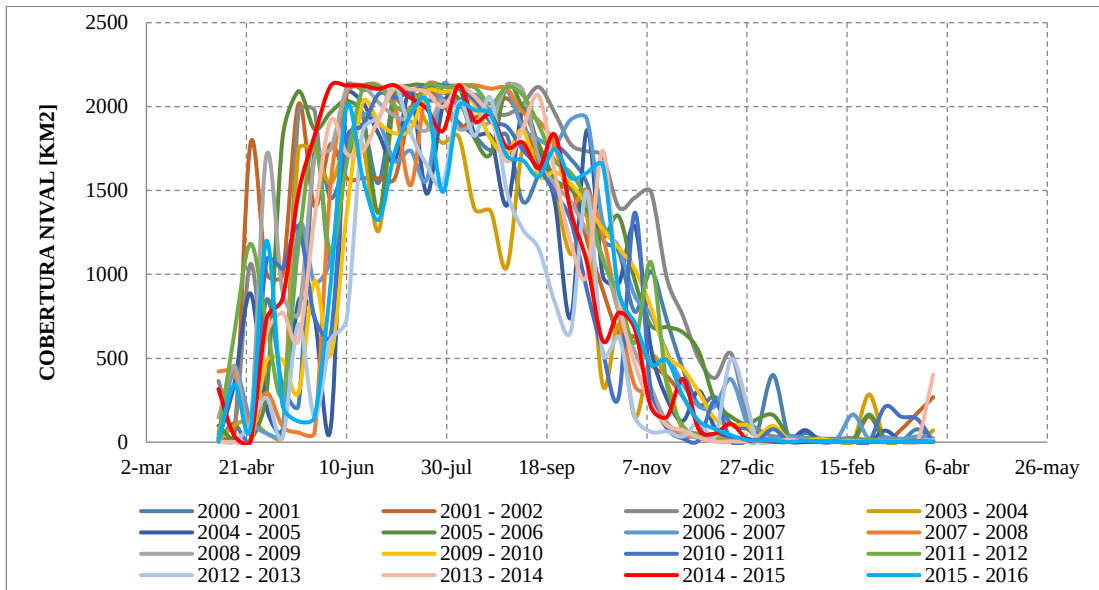
En la Tabla 1.4 se muestran los resultados de cobertura de nieve para el periodo septiembre-marzo desde el año 2000 a 2016. Esta información es usada para el desarrollo de los modelos descritos en el informe principal.

**Tabla 1.4: Cobertura Nival Mínima Mensual [km<sup>2</sup>] - Cuenca Melado en El Salto**

| AÑO     | sept | oct  | nov  | dic | ene | feb | mar |
|---------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 2000/01 | 1741 | 1433 | 1132 | 435 | 80  | 24  | 5   |
| 2001/02 | 1876 | 1509 | 644  | 270 | 10  | 4   | 2   |
| 2002/03 | 1953 | 1775 | 1399 | 752 | 150 | 26  | 11  |
| 2003/04 | 1041 | 1120 | 336  | 68  | 7   | 3   | 2   |
| 2004/05 | 1410 | 742  | 947  | 127 | 21  | 4   | 2   |
| 2005/06 | 1718 | 1507 | 1221 | 654 | 105 | 9   | 15  |
| 2006/07 | 1985 | 1772 | 1160 | 346 | 111 | 19  | 16  |
| 2007/08 | 2107 | 1427 | 763  | 32  | 3   | 3   | 2   |
| 2008/09 | 1867 | 1432 | 772  | 62  | 4   | 1   | 2   |
| 2009/10 | 1722 | 1539 | 1157 | 437 | 101 | 9   | 3   |
| 2010/11 | 1881 | 1319 | 275  | 21  | 2   | 1   | 1   |
| 2011/12 | 2016 | 1605 | 880  | 97  | 3   | 2   | 1   |
| 2012/13 | 1496 | 663  | 519  | 35  | 34  | 1   | 1   |
| 2013/14 | 1673 | 1188 | 855  | 71  | 3   | 1   | 1   |
| 2014/15 | 1758 | 1373 | 603  | 150 | 15  | 1   | 2   |
| 2015/16 | 1707 | 1575 | 890  | 274 | 13  | 1   | 1   |

Fuente: Información satelital MODIS (<ftp://n5eil01u.ecs.nsidc.org/SAN/MOST/>)

**Figura 1.3: Evolución de la Cobertura Nival a Nivel Anual - Cuenca Melado en El Salto**



## **ANEXO A.4**

### **INFORMACIÓN DE TEMPERATURAS**

## ANEXO A.4 INFORMACIÓN DE TEMPERATURAS

### 1. INFORMACIÓN DE TEMPERATURAS

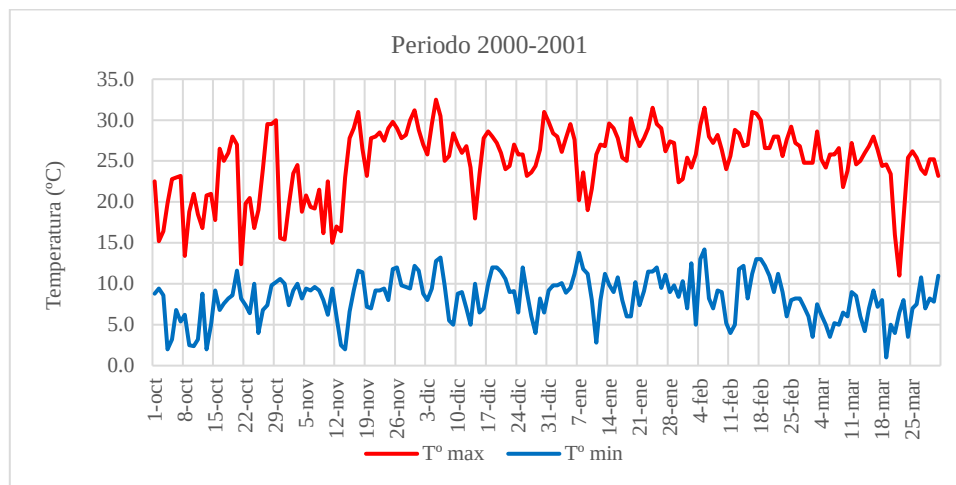
Se usa la información de precipitación de la estación Colorado según se indica a continuación:

**Tabla 3.1 Estaciones meteorológicas usadas en modelo SRM**

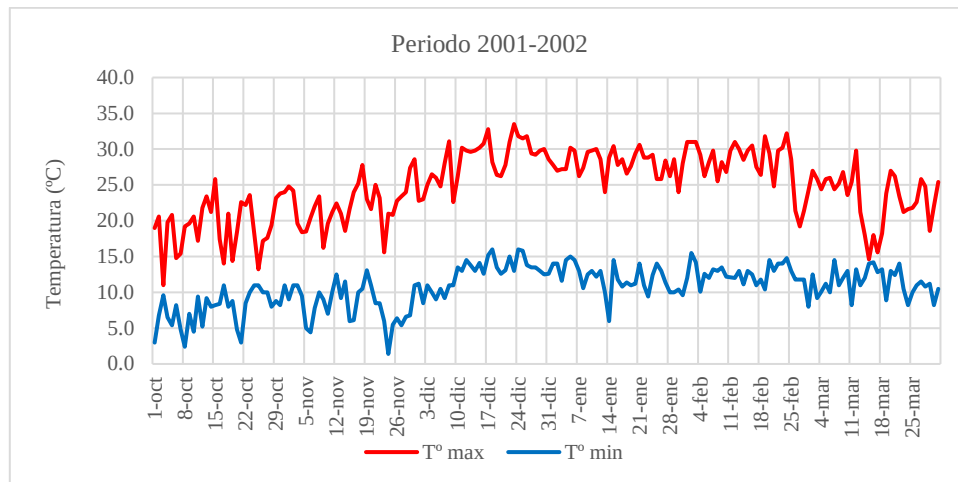
| Estación | Coordenadas |           | Elevación<br>[msnm] |
|----------|-------------|-----------|---------------------|
|          | Este [m]    | Norte [m] |                     |
| Colorado | 295.409     | 6.053.566 | 420                 |

Fuente: Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea

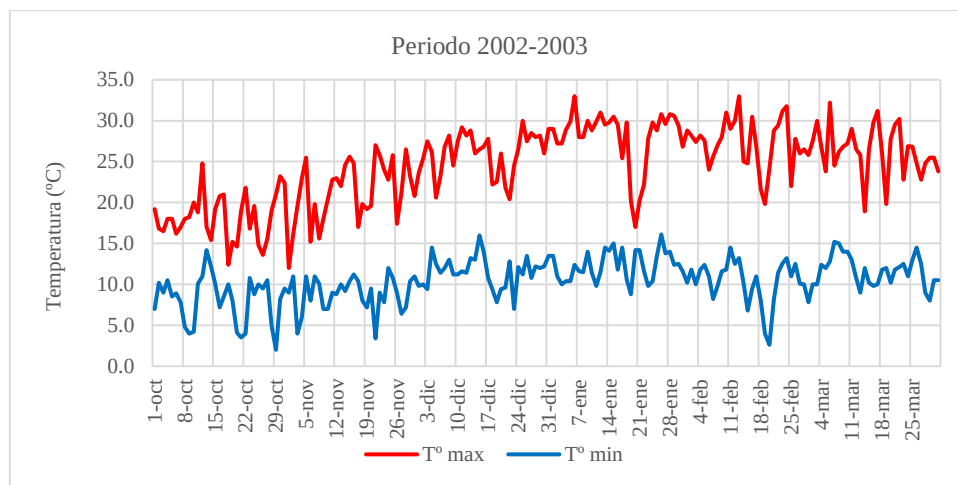
A continuación se presentan la distribución de temperaturas diarias máximas y mínimas para la temporada de deshielo (octubre-marzo) en entre los años 2000 y 2016.



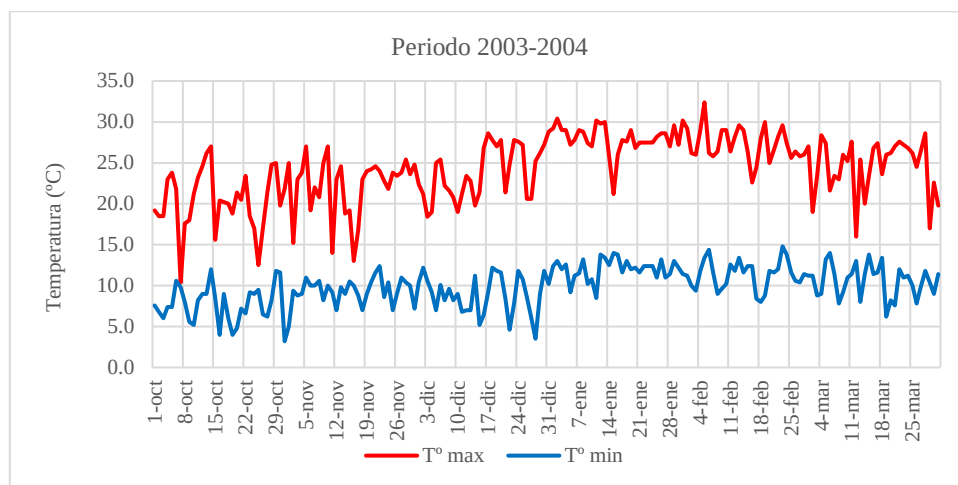
Fuente: Elaboración propia.



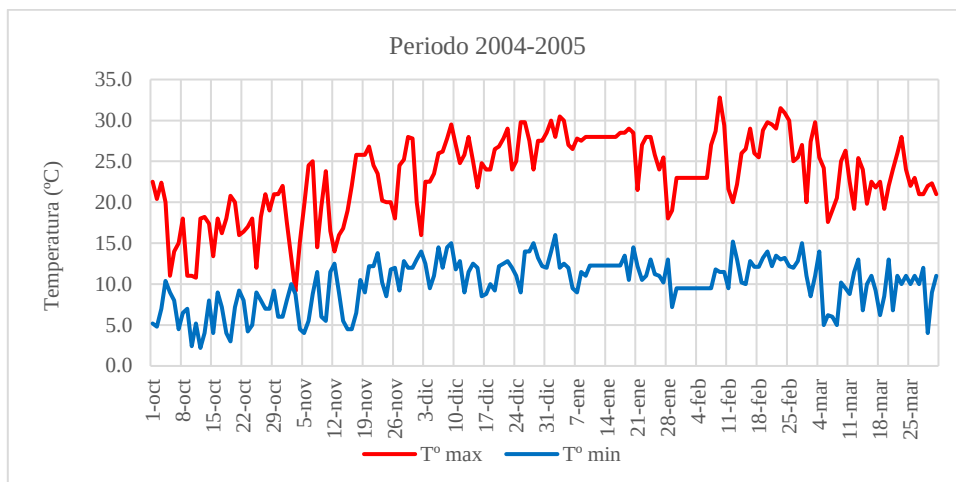
Fuente: Elaboración propia.



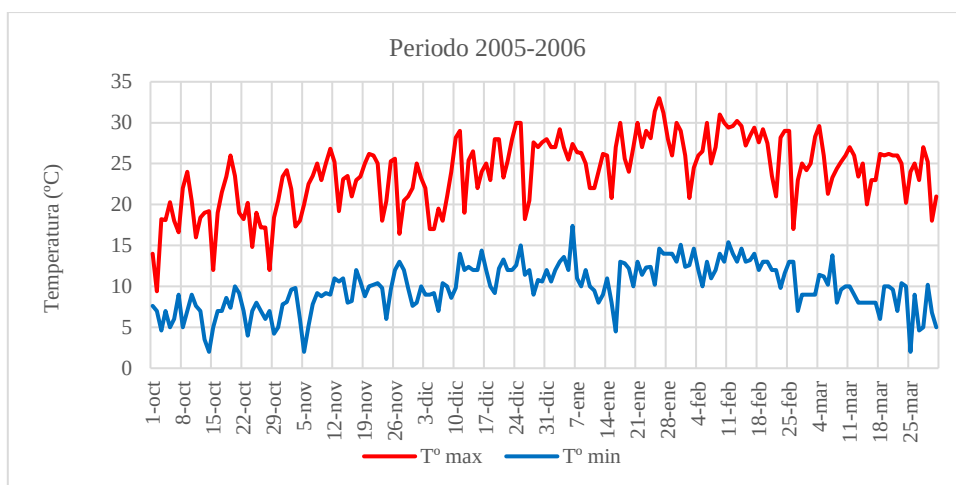
Fuente: Elaboración propia.



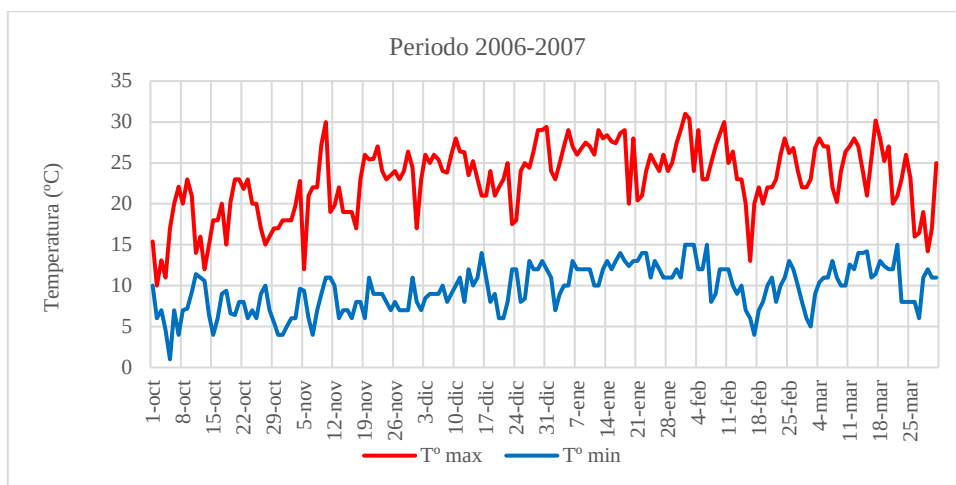
Fuente: Elaboración propia.



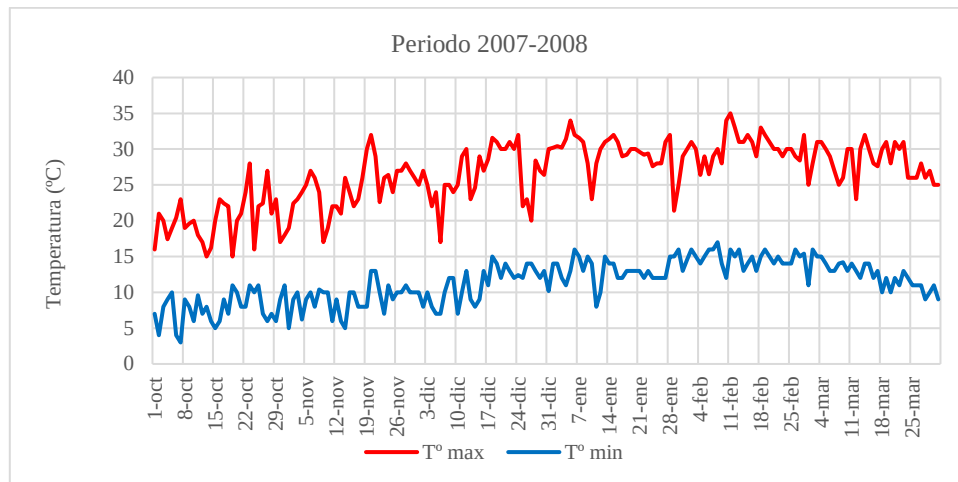
Fuente: Elaboración propia.



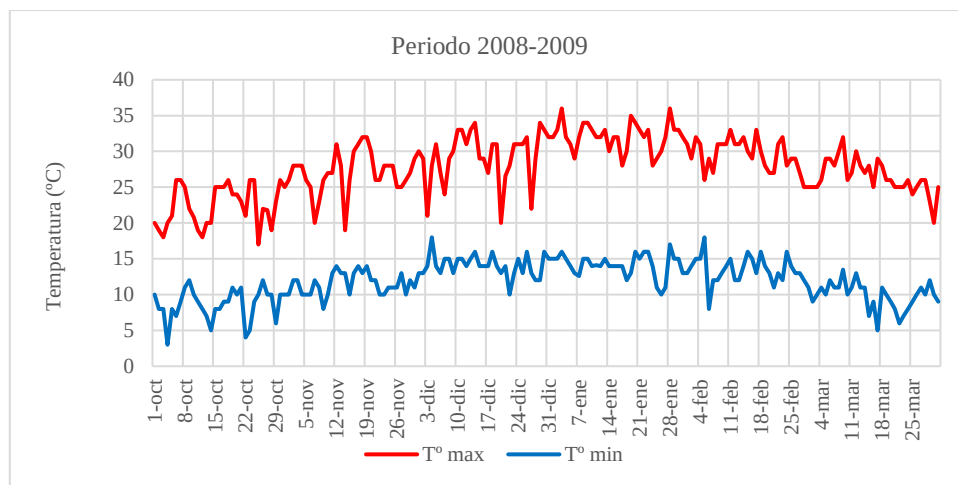
Fuente: Elaboración propia.



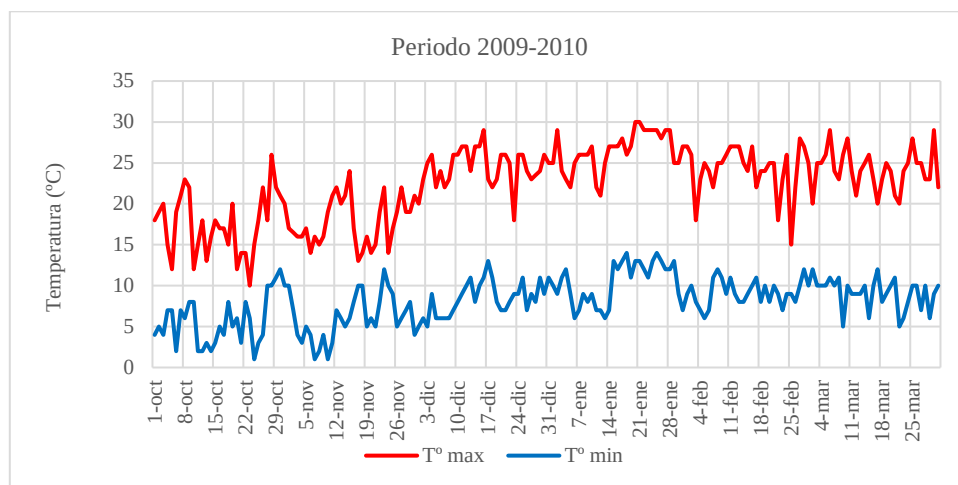
Fuente: Elaboración propia.



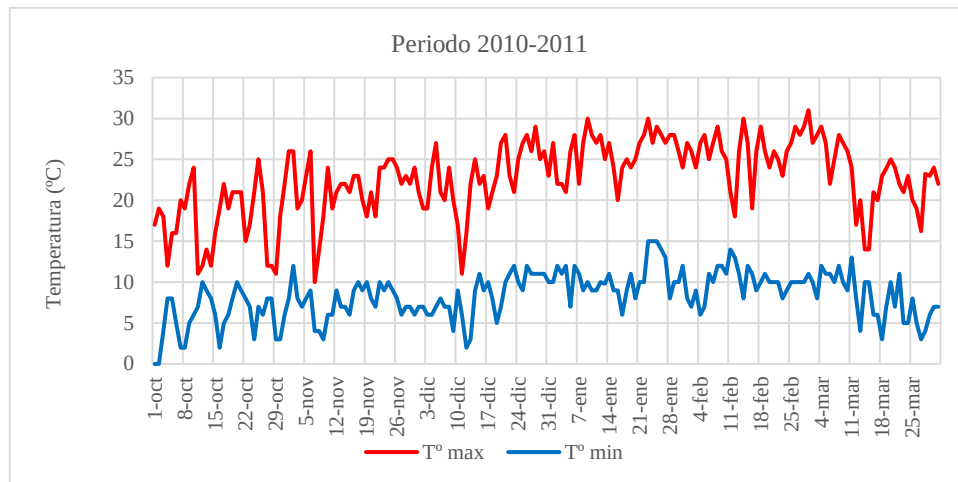
Fuente: Elaboración propia.



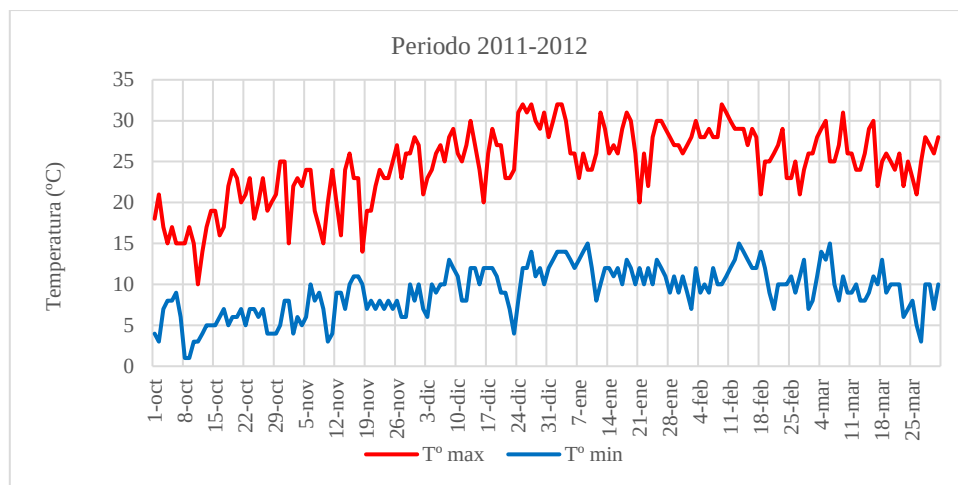
Fuente: Elaboración propia.



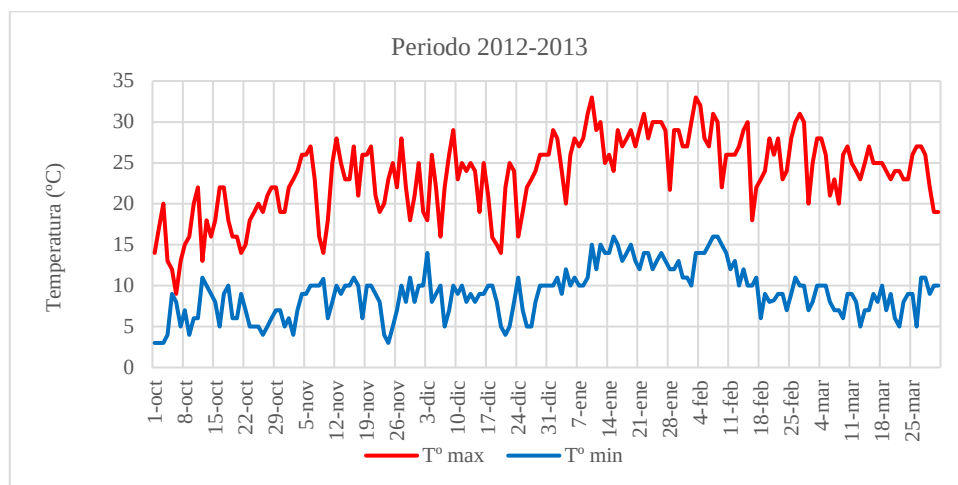
Fuente: Elaboración propia.



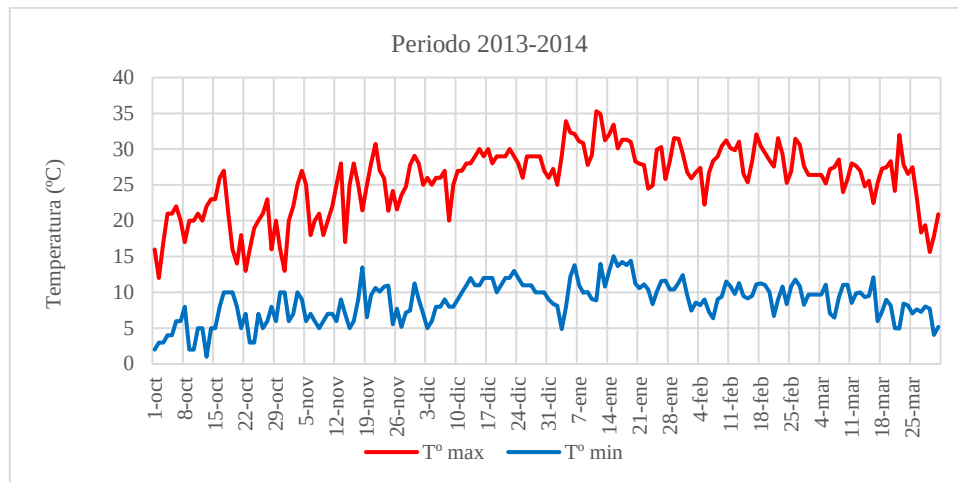
Fuente: Elaboración propia.



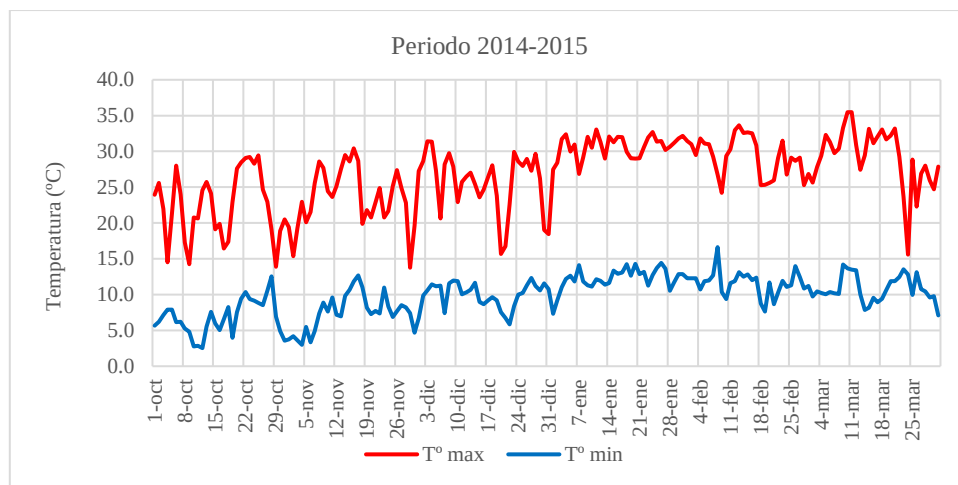
Fuente: Elaboración propia.



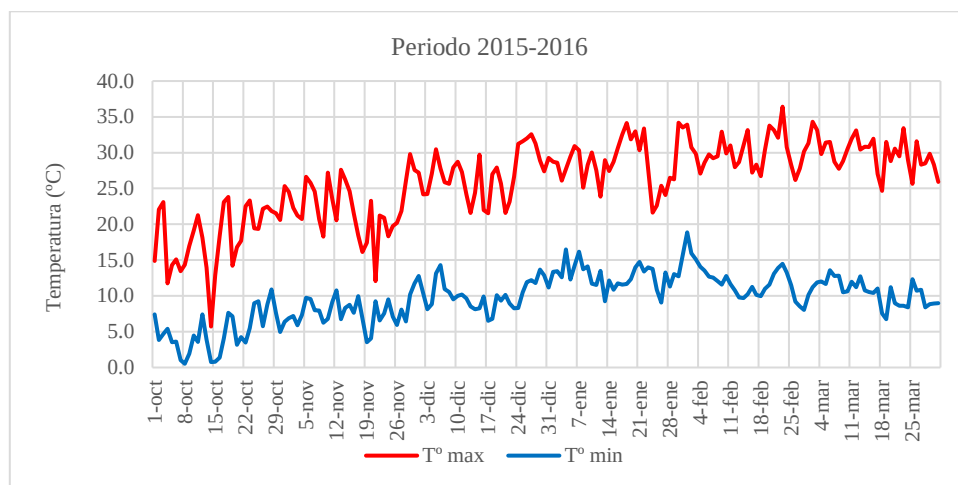
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO B**

### **RESULTADOS DE MODELOS ESTADÍSTICOS**

## ANEXO B RESULTADOS DE MODELOS ESTADÍSTICOS

### 1 RESULTADOS DE MODELOS ESTADÍSTICOS

A continuación se presentan los modelos descritos anteriormente con la información de los datos de las constantes de ponderación de cada una de las variables utilizadas según el modelo.

Además se incluyen los resultados del modelo, a través de los siguientes parámetros:

$R^2$ : Coeficiente de determinación de la curva de ajuste.

$e_y$ : Error estándar del caudal estimado.

N.S.: Eficiencia de Nash-Sutcliffe.

N.S.LN: Eficiencia de Nash-Sutcliffe asociado al logaritmo de los caudales.

% de acierto con error menor a X%: Porcentaje de acierto del caudal estimado con un error menor al X%.

Modelo: Indica si el modelo es Válido o No Válido (se considera un modelo NO VÁLIDO cuando uno de las constante de ponderación del modelo es un valor negativo, dado que en este caso el ajuste dejaría de tener sentido).

Adicionalmente se incluyen las tablas con las variables de cada modelo, caudales observados y caudales simulados, y los gráficos con la información de los puntos simulados, una banda de error de  $\pm 20\%$  y la función identidad, según se indica con un ejemplo en la siguiente:

**Figura 1 Ejemplo de Gráfico Q simulado vs Q observado.**

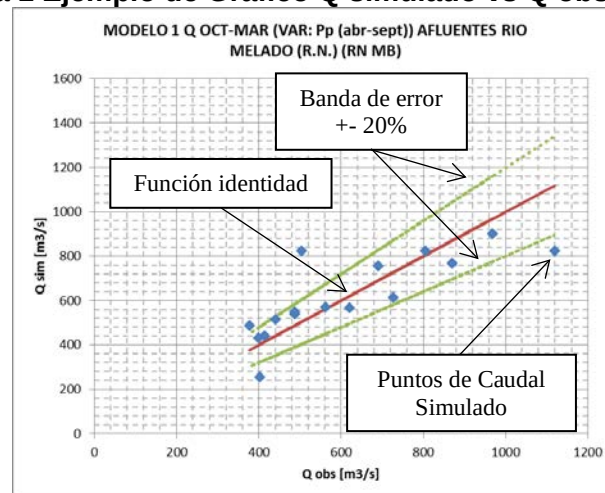


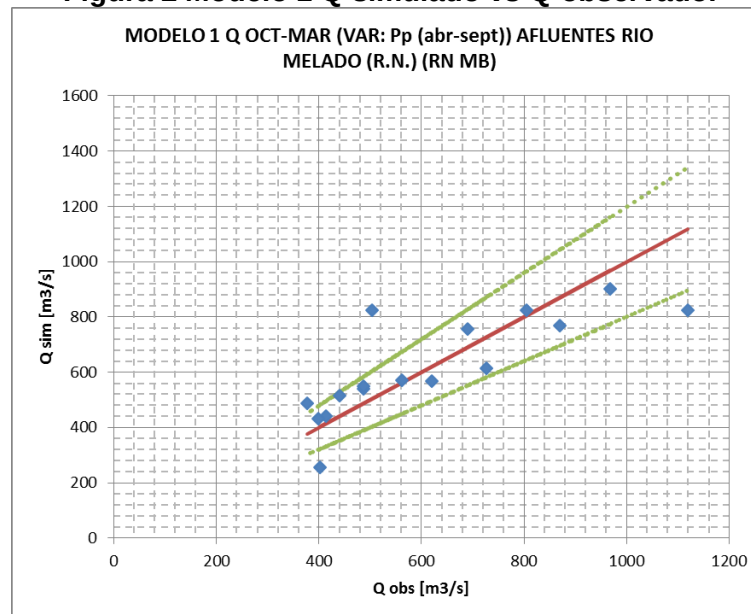
Tabla 1.1 Resultados de los modelos estadísticos

| Modelo                                                          |      |                               | Constantes de Ponderación del Modelo |       |               |         |        |       |       |       | Resultados del Modelo |                |      |        |                          |                          |                          |                          |        |
|-----------------------------------------------------------------|------|-------------------------------|--------------------------------------|-------|---------------|---------|--------|-------|-------|-------|-----------------------|----------------|------|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| Tipo                                                            | ID   | Variables                     | EA                                   | ICN   | Precipitación |         | Caudal |       |       | Cte   | R2                    | e <sub>y</sub> | N.S. | N.S.LN | % Acierto con error <5 % | % Acierto con error <10% | % Acierto con error <20% | % Acierto con error <50% | MODELO |
|                                                                 |      |                               |                                      |       | Abr-Sept      | Oct-Mar | Jul.   | Ago.  | Sept. |       |                       |                |      |        |                          |                          |                          |                          |        |
| Cobertura Nival /<br>Precipitación /<br>Autoregresivo en Caudal | 1.0  | Pp(abr-sept)                  |                                      |       | 0.260         |         |        |       |       | 176.7 | 0.64                  | 139            | 0.64 | 0.59   | 13%                      | 44%                      | 75%                      | 94%                      | VÁLIDO |
|                                                                 | 2.0  | EA                            | 0.488                                |       |               |         |        |       |       | 197.1 | 0.86                  | 87             | 0.86 | 0.81   | 19%                      | 56%                      | 81%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 3.0  | ICN                           |                                      | 282.3 |               |         |        |       |       | 254.9 | 0.91                  | 69             | 0.91 | 0.85   | 38%                      | 69%                      | 88%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 4.0  | EA-Pp(oct-mar)                | 0.493                                |       |               | 0.321   |        |       |       | 114.9 | 0.90                  | 80             | 0.90 | 0.86   | 25%                      | 69%                      | 88%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 5.0  | ICN-Pp(oct-mar)               |                                      | 282.3 |               | 0.249   |        |       |       | 195.5 | 0.93                  | 63             | 0.93 | 0.91   | 38%                      | 69%                      | 94%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 6.0  | EA-Pp(oct-mar)-Q(n-1)         | 0.422                                |       |               | 0.291   |        |       | 1.681 | -6.2  | 0.92                  | 70             | 0.92 | 0.90   | 44%                      | 81%                      | 88%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 7.0  | ICN-Pp(oct-mar)-Q(n-1)        |                                      | 250.1 |               | 0.233   |        |       | 1.337 | 89.2  | 0.95                  | 57             | 0.95 | 0.94   | 44%                      | 75%                      | 100%                     | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 8.0  | EA-Pp(oct-mar)-Q(n-1)-Q(n-2)  | 0.409                                |       |               | 0.288   |        | 0.125 | 1.612 | -3.0  | 0.92                  | 73             | 0.92 | 0.90   | 38%                      | 81%                      | 88%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 9.0  | ICN-Pp(oct-mar)-Q(n-1)-Q(n-2) |                                      | 250.1 |               | 0.233   |        | 0.000 | 1.337 | 89.2  | 0.95                  | 60             | 0.95 | 0.94   | 44%                      | 75%                      | 100%                     | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 10.0 | EA-Q(n-1)                     | 0.409                                |       |               |         |        |       | 1.887 | 50.8  | 0.89                  | 79             | 0.89 | 0.85   | 25%                      | 50%                      | 94%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 11.0 | ICN-Q(n-1)                    |                                      | 247.3 |               |         |        |       | 1.452 | 135.4 | 0.93                  | 64             | 0.93 | 0.88   | 25%                      | 69%                      | 81%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 12.0 | EA-Q(n-1)-Q(n-2)              | 0.389                                |       |               |         |        | 0.201 | 1.772 | 54.8  | 0.90                  | 82             | 0.89 | 0.86   | 19%                      | 44%                      | 94%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 13.0 | ICN-Q(n-1)-Q(n-2)             |                                      | 245.6 |               |         |        | 0.031 | 1.436 | 135.4 | 0.93                  | 67             | 0.93 | 0.88   | 25%                      | 69%                      | 81%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 14.0 | Pp(oct-mar)-Q(n-1)            |                                      |       |               | 0.178   |        |       | 5.941 | -97.8 | 0.55                  | 163            | 0.56 | 0.54   | 13%                      | 38%                      | 69%                      | 94%                      | VÁLIDO |
|                                                                 | 15.0 | Pp(abr-sept)-Q(n-1)           |                                      |       | 0.183         |         |        |       | 2.947 | -25.8 | 0.72                  | 129            | 0.72 | 0.65   | 6%                       | 31%                      | 81%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 16.0 | Pp(oct-mar)-Q(n-1)-Q(n-2)     |                                      |       |               | 0.178   |        | 1.684 | 3.299 | -18.8 | 0.71                  | 137            | 0.72 | 0.66   | 6%                       | 13%                      | 69%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 17.0 | Pp(abr-sept)-Q(n-1)-Q(n-2)    |                                      |       | 0.129         |         |        | 1.041 | 2.208 | 12.8  | 0.76                  | 123            | 0.77 | 0.72   | 13%                      | 25%                      | 75%                      | 100%                     | VÁLIDO |
| Autoregresivo en Caudal                                         | 18.0 | Q(n-1)                        |                                      |       |               |         |        |       | 5.989 | -60.9 | 0.54                  | 159            | 0.55 | 0.56   | 13%                      | 31%                      | 69%                      | 94%                      | VÁLIDO |
|                                                                 | 19.0 | Q(n-1)-Q(n-2)                 |                                      |       |               |         |        | 1.683 | 3.348 | 18.1  | 0.70                  | 134            | 0.71 | 0.69   | 19%                      | 19%                      | 69%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 20.0 | Q(n-1)-Q(n-2)-Q(n-3)          |                                      |       |               |         | 0.745  | 1.599 | 2.754 | 10.2  | 0.73                  | 131            | 0.73 | 0.71   | 6%                       | 25%                      | 69%                      | 100%                     | VÁLIDO |
|                                                                 | 21.0 | Q max                         |                                      |       |               |         |        |       |       | 3.7   | -71.1                 | 0.86           | 88   | 0.86   | 0.82                     | 6%                       | 50%                      | 88%                      | 100%   |

**Modelo 1: Variables Precipitación acumulada abril – septiembre ( $P_{pabr-sept}$ ).**

| AÑO     | Pp       | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|----------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sept | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 2278     | 870     | 769     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 2231     | 691     | 757     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 2490     | 1119    | 824     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 1191     | 378     | 486     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 1395     | 488     | 539     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 2789     | 968     | 902     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 2490     | 805     | 824     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 1017     | 414     | 441     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 2494     | 504     | 825     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 1687     | 727     | 615     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 980      | 399     | 431     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 1508     | 620     | 569     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 300      | 403     | 255     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 1303     | 440     | 515     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 1522     | 561     | 572     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 1430     | 487     | 548     | 585    | 390    |

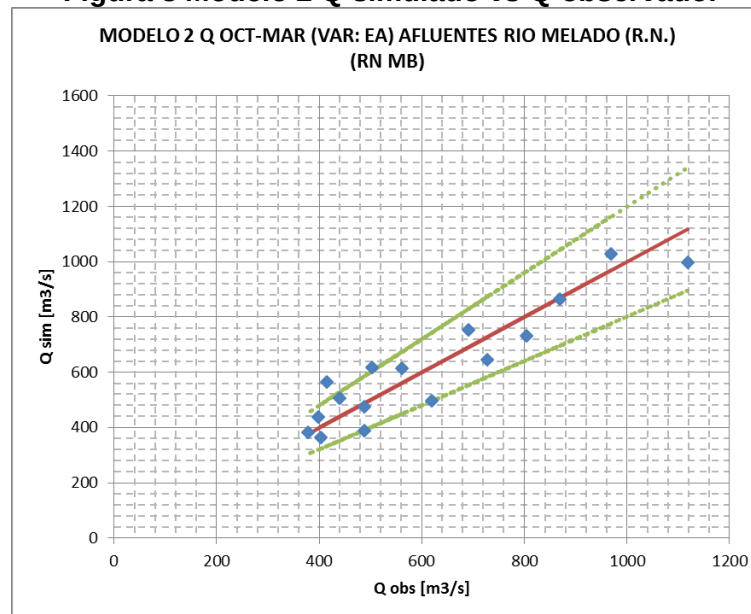
**Figura 2 Modelo 1 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 2: Variables Valor máximo de equivalente en agua de la temporada (RN).**

| AÑO     | RN max  | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 870     | 865     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 691     | 752     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 1119    | 997     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 378     | 384     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 488     | 390     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 968     | 1029    | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 805     | 731     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 414     | 566     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 504     | 618     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 727     | 646     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 399     | 437     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 620     | 498     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 403     | 364     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 440     | 506     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 561     | 615     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 487     | 476     | 585    | 390    |

**Figura 3 Modelo 2 Q simulado vs Q observado.**

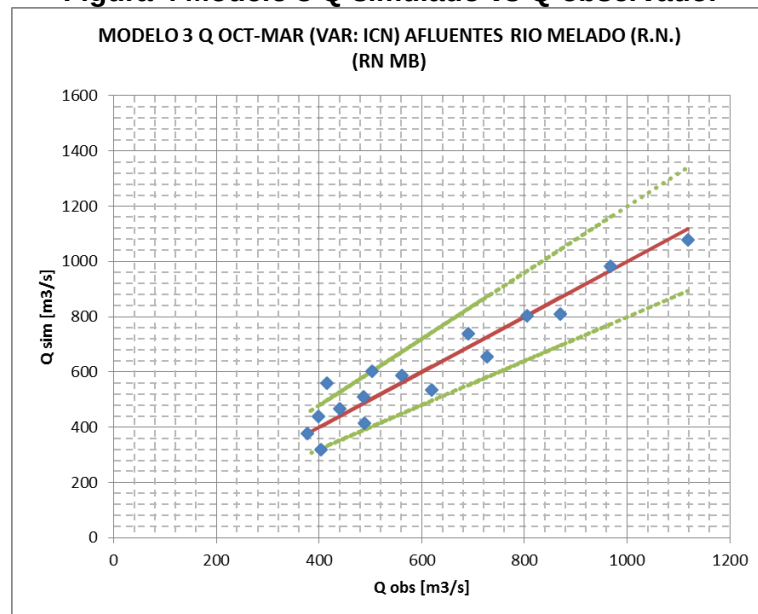


**Modelo 3: Variables**

**Índice de Cobertura Nival (ICN)**

| AÑO     | RN sept | CN MIN | ICN  | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|--------|------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sept   |      | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 1433   | 1.96 | 870     | 809     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 1509   | 1.72 | 691     | 740     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 1775   | 2.91 | 1119    | 1077    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 1120   | 0.43 | 378     | 376     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 1429   | 0.57 | 488     | 415     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 1507   | 2.57 | 968     | 981     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 1772   | 1.94 | 805     | 803     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 1427   | 1.08 | 414     | 559     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 1432   | 1.23 | 504     | 603     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 1539   | 1.42 | 727     | 655     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 1319   | 0.65 | 399     | 438     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 1605   | 0.99 | 620     | 534     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 663    | 0.23 | 403     | 319     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 1188   | 0.75 | 440     | 467     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 1373   | 1.18 | 561     | 587     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 1575   | 0.90 | 487     | 509     | 585    | 390    |

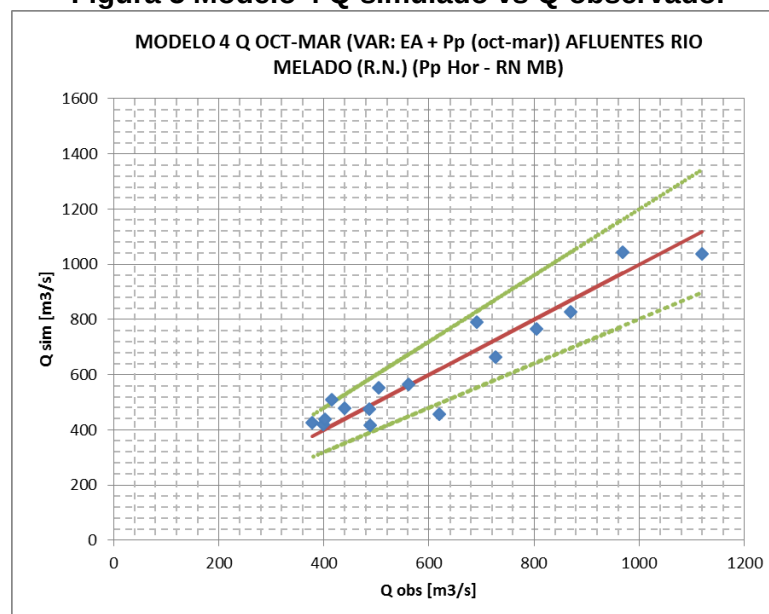
**Figura 4 Modelo 3 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 4: Variables Valor máximo de equivalente en agua de la temporada (RN) y Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{p_{oct-mar}}$ ).**

| AÑO     | RN      | Pp      | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | oct-mar | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 114     | 870     | 828     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 354     | 691     | 790     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 357     | 1119    | 1039    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 376     | 378     | 425     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 332     | 488     | 417     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 269     | 968     | 1043    | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 341     | 805     | 765     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 65      | 414     | 509     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 34      | 504     | 551     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 295     | 727     | 664     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 192     | 399     | 420     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 115     | 620     | 456     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 480     | 403     | 438     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 161     | 440     | 479     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 81      | 561     | 564     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 246     | 487     | 476     | 585    | 390    |

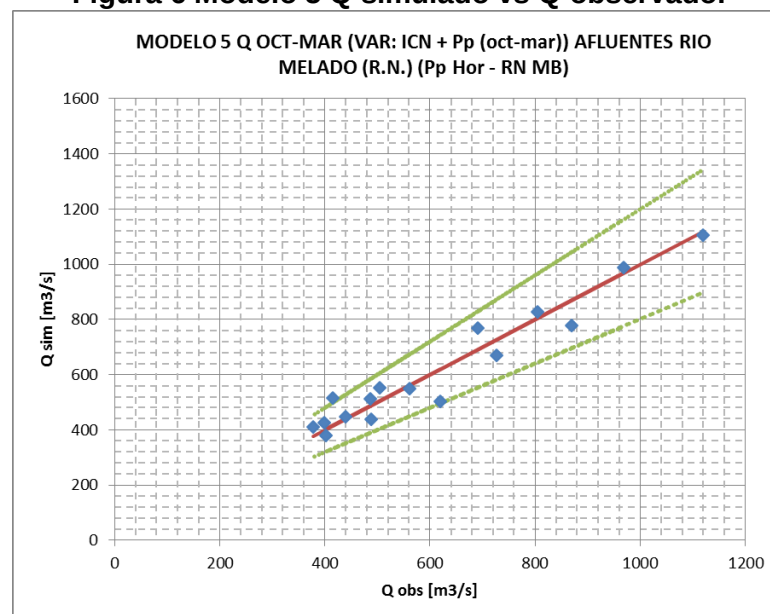
**Figura 5 Modelo 4 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 5: Variables Índice de Cobertura Nival (ICN) y Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{p_{oct-mar}}$ ).**

| AÑO     | RN      | CN MIN | ICN  | Pp      | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|--------|------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sept   |      | oct-mar | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 1433   | 1.96 | 114     | 870     | 778     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 1509   | 1.72 | 354     | 691     | 769     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 1775   | 2.91 | 357     | 1119    | 1107    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 1120   | 0.43 | 376     | 378     | 410     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 1429   | 0.57 | 332     | 488     | 438     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 1507   | 2.57 | 269     | 968     | 989     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 1772   | 1.94 | 341     | 805     | 828     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 1427   | 1.08 | 65      | 414     | 516     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 1432   | 1.23 | 34      | 504     | 553     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 1539   | 1.42 | 295     | 727     | 669     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 1319   | 0.65 | 192     | 399     | 427     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 1605   | 0.99 | 115     | 620     | 504     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 663    | 0.23 | 480     | 403     | 379     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 1188   | 0.75 | 161     | 440     | 448     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 1373   | 1.18 | 81      | 561     | 548     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 1575   | 0.90 | 246     | 487     | 511     | 585    | 390    |

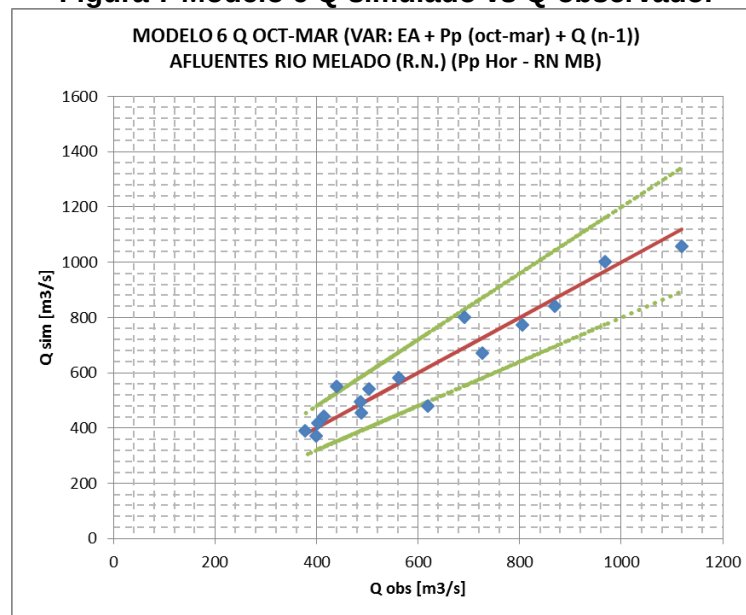
**Figura 6 Modelo 5 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 6: Variables** Valor máximo de equivalente en agua de la temporada (RN),  
Precipitación acumulada octubre-marzo ( $Pp_{\text{oct-mar}}$ ) y Caudal  
mensual observado del mes anterior ( $Q_{n-1}$ ).

| AÑO     | RN      | Q obs | Pp      | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sep   | oct-mar | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 140   | 114     | 870     | 841     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 134   | 354     | 691     | 802     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 159   | 357     | 1119    | 1057    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 75    | 376     | 378     | 391     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 118   | 332     | 488     | 456     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 124   | 269     | 968     | 1001    | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 129   | 341     | 805     | 773     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 67    | 65      | 414     | 444     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 103   | 34      | 504     | 542     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 121   | 295     | 727     | 672     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 67    | 192     | 399     | 371     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 114   | 115     | 620     | 479     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 83    | 480     | 403     | 417     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 144   | 161     | 440     | 550     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 121   | 81      | 561     | 583     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 113   | 246     | 487     | 496     | 585    | 390    |

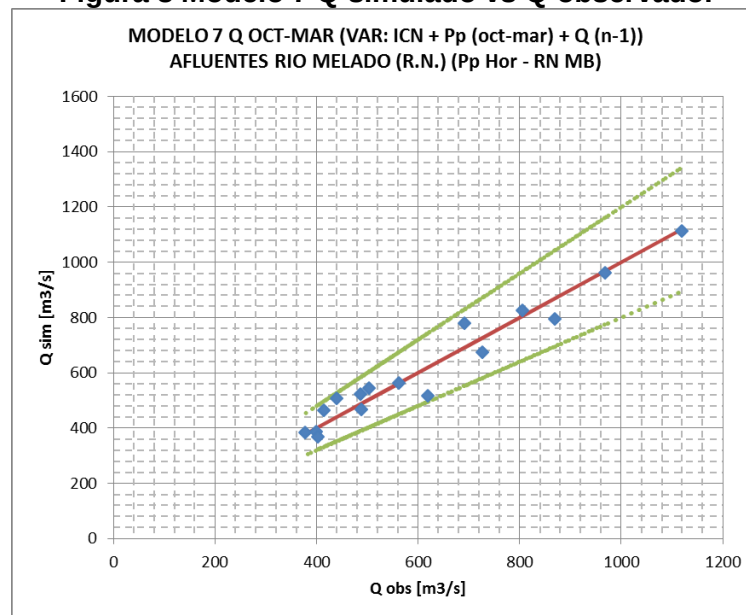
**Figura 7 Modelo 6 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 7: Variables Índice de Cobertura Nival (ICN), Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{p\text{oct-mar}}$ ) y Caudal mensual observado del mes anterior ( $Q_{n-1}$ ).**

| AÑO     | RN      | CN MIN | ICN  | Q obs | Pp      | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|--------|------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sept   |      | sep   | oct-mar | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 1433   | 1.96 | 140   | 114     | 870     | 794     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 1509   | 1.72 | 134   | 354     | 691     | 780     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 1775   | 2.91 | 159   | 357     | 1119    | 1113    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 1120   | 0.43 | 75    | 376     | 378     | 384     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 1429   | 0.57 | 118   | 332     | 488     | 466     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 1507   | 2.57 | 124   | 269     | 968     | 961     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 1772   | 1.94 | 129   | 341     | 805     | 827     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 1427   | 1.08 | 67    | 65      | 414     | 463     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 1432   | 1.23 | 103   | 34      | 504     | 544     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 1539   | 1.42 | 121   | 295     | 727     | 675     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 1319   | 0.65 | 67    | 192     | 399     | 386     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 1605   | 0.99 | 114   | 115     | 620     | 516     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 663    | 0.23 | 83    | 480     | 403     | 368     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 1188   | 0.75 | 144   | 161     | 440     | 507     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 1373   | 1.18 | 121   | 81      | 561     | 564     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 1575   | 0.90 | 113   | 246     | 487     | 522     | 585    | 390    |

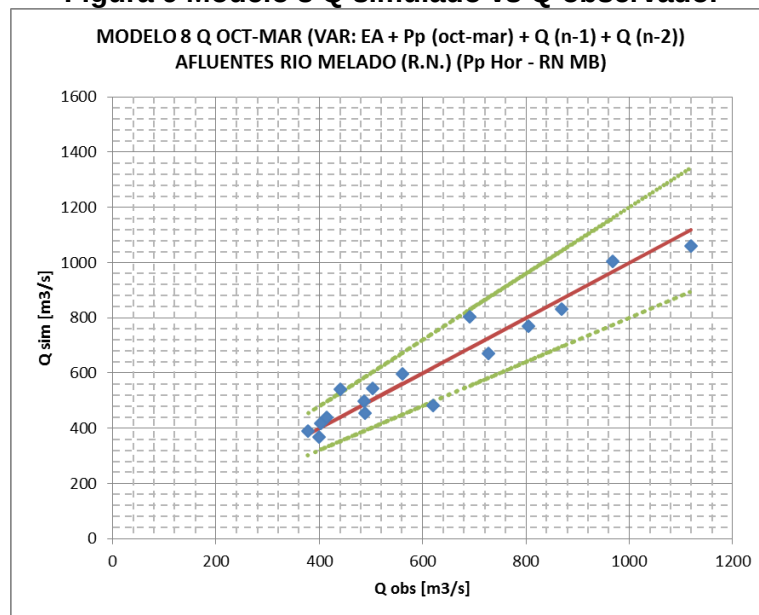
**Figura 8 Modelo 7 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 8: Variables** Valor máximo de equivalente en agua de la temporada (RN),  
Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{p_{oct-mar}}$ ) y Caudal  
mensual observado de 2 meses anteriores ( $Q_{n-1}$  y  $Q_{n-2}$ ).

| AÑO     | RN      | Q obs | Q obs | Pp      | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | ago   | sep   | oct-mar | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 119   | 140   | 114     | 870     | 831     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 184   | 134   | 354     | 691     | 803     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 258   | 159   | 357     | 1119    | 1060    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 66    | 75    | 376     | 378     | 391     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 83    | 118   | 332     | 488     | 455     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 243   | 124   | 269     | 968     | 1004    | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 140   | 129   | 341     | 805     | 769     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 45    | 67    | 65      | 414     | 438     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 142   | 103   | 34      | 504     | 544     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 128   | 121   | 295     | 727     | 671     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 55    | 67    | 192     | 399     | 369     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 129   | 114   | 115     | 620     | 483     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 74    | 83    | 480     | 403     | 417     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 62    | 144   | 161     | 440     | 542     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 236   | 121   | 81      | 561     | 596     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 126   | 113   | 246     | 487     | 499     | 585    | 390    |

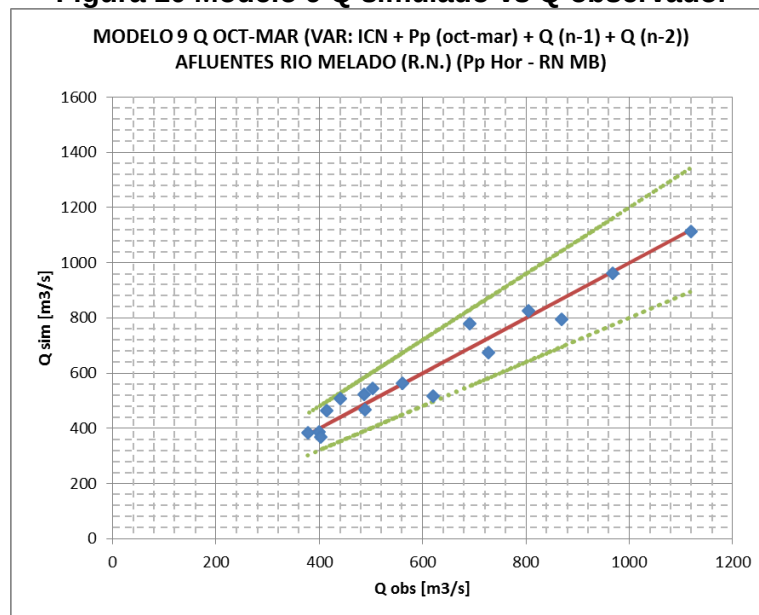
**Figura 9 Modelo 8 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 9: Variables Índice de Cobertura Nival (ICN), Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{p_{oct-mar}}$ ) y Caudal mensual observado de 2 meses anteriores ( $Q_{n-1}$  y  $Q_{n-2}$ ).**

| AÑO     | RN      | CN MIN | ICN  | Q obs | Q obs | Pp      | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|--------|------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sept   |      | ago   | sep   | oct-mar | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 1433   | 1.96 | 119   | 140   | 114     | 870     | 794     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 1509   | 1.72 | 184   | 134   | 354     | 691     | 780     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 1775   | 2.91 | 258   | 159   | 357     | 1119    | 1113    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 1120   | 0.43 | 66    | 75    | 376     | 378     | 384     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 1429   | 0.57 | 83    | 118   | 332     | 488     | 466     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 1507   | 2.57 | 243   | 124   | 269     | 968     | 961     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 1772   | 1.94 | 140   | 129   | 341     | 805     | 827     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 1427   | 1.08 | 45    | 67    | 65      | 414     | 463     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 1432   | 1.23 | 142   | 103   | 34      | 504     | 544     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 1539   | 1.42 | 128   | 121   | 295     | 727     | 675     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 1319   | 0.65 | 55    | 67    | 192     | 399     | 386     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 1605   | 0.99 | 129   | 114   | 115     | 620     | 516     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 663    | 0.23 | 74    | 83    | 480     | 403     | 368     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 1188   | 0.75 | 62    | 144   | 161     | 440     | 507     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 1373   | 1.18 | 236   | 121   | 81      | 561     | 565     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 1575   | 0.90 | 126   | 113   | 246     | 487     | 522     | 585    | 390    |

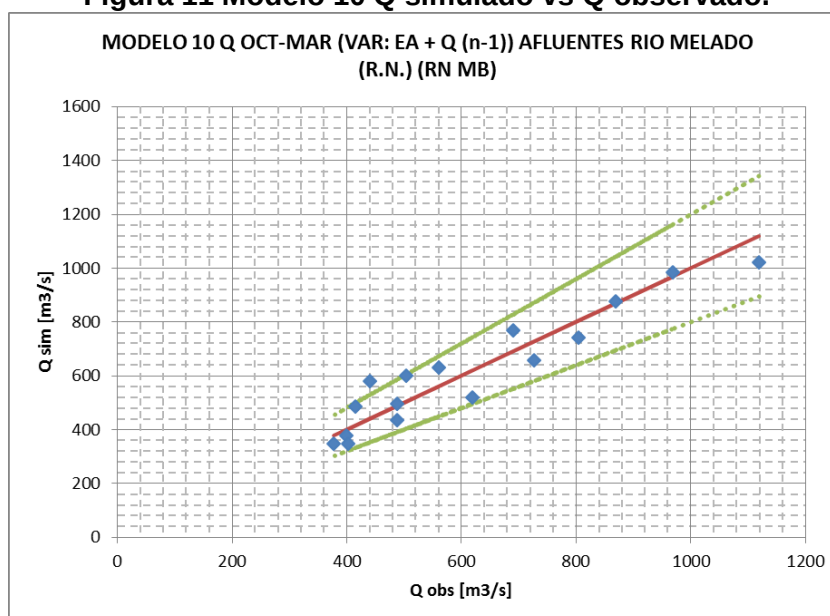
**Figura 10 Modelo 9 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 10: Variables Valor máximo de equivalente en agua de la temporada (RN) y  
Caudal mensual observado del mes anterior ( $Q_{n-1}$ ).**

| AÑO     | RN      | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 140   | 870     | 876     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 134   | 691     | 769     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 159   | 1119    | 1022    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 75    | 378     | 348     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 118   | 488     | 436     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 124   | 968     | 984     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 129   | 805     | 743     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 67    | 414     | 486     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 103   | 504     | 599     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 121   | 727     | 657     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 67    | 399     | 379     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 114   | 620     | 518     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 83    | 403     | 347     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 144   | 440     | 582     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 121   | 561     | 630     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 113   | 487     | 497     | 585    | 390    |

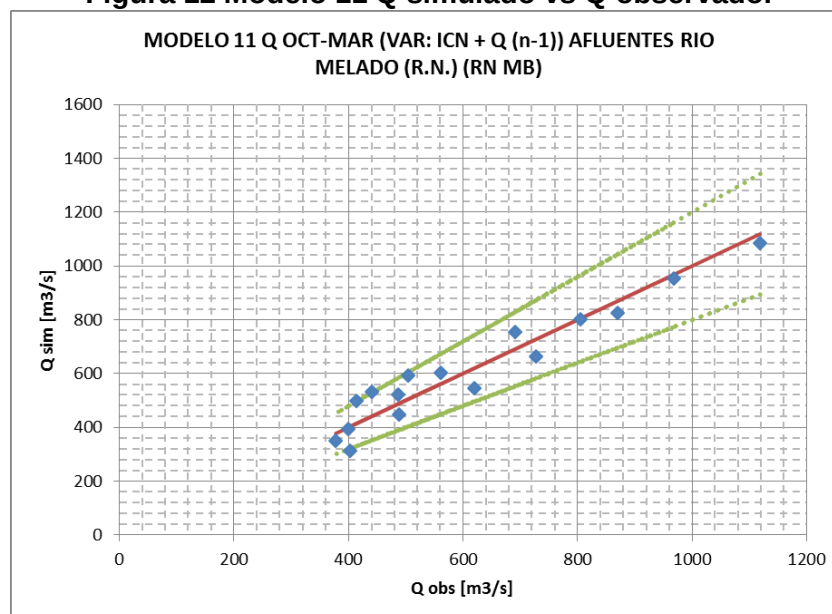
**Figura 11 Modelo 10 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 11: Variables Índice de Cobertura Nival (ICN) y Caudal mensual observado del mes anterior ( $Q_{n-1}$ ).**

| AÑO     | RN      | CN MIN | ICN  | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|--------|------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sept   |      | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 1433   | 1.96 | 140   | 870     | 824     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 1509   | 1.72 | 134   | 691     | 754     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 1775   | 2.91 | 159   | 1119    | 1086    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 1120   | 0.43 | 75    | 378     | 350     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 1429   | 0.57 | 118   | 488     | 447     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 1507   | 2.57 | 124   | 968     | 952     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 1772   | 1.94 | 129   | 805     | 803     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 1427   | 1.08 | 67    | 414     | 499     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 1432   | 1.23 | 103   | 504     | 591     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 1539   | 1.42 | 121   | 727     | 662     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 1319   | 0.65 | 67    | 399     | 394     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 1605   | 0.99 | 114   | 620     | 546     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 663    | 0.23 | 83    | 403     | 311     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 1188   | 0.75 | 144   | 440     | 530     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 1373   | 1.18 | 121   | 561     | 602     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 1575   | 0.90 | 113   | 487     | 522     | 585    | 390    |

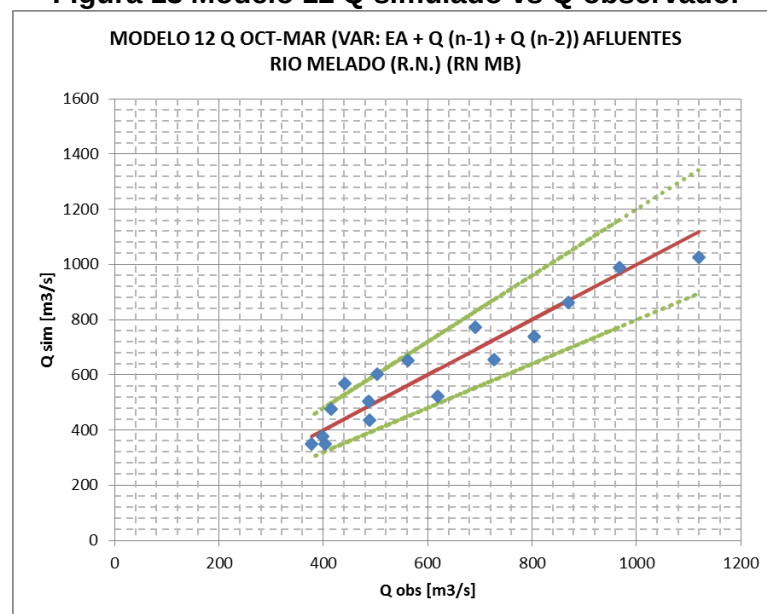
**Figura 12 Modelo 11 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 12: Variables Valor máximo de equivalente en agua de la temporada (RN) y  
Caudal mensual observado de 2 meses anteriores ( $Q_{n-1}$  y  $Q_{n-2}$ ).**

| AÑO     | RN      | Q obs | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | ago   | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 119   | 140   | 870     | 860     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 184   | 134   | 691     | 772     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 258   | 159   | 1119    | 1027    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 66    | 75    | 378     | 349     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 83    | 118   | 488     | 435     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 243   | 124   | 968     | 988     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 140   | 129   | 805     | 738     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 45    | 67    | 414     | 476     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 142   | 103   | 504     | 602     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 128   | 121   | 727     | 654     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 55    | 67    | 399     | 377     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 129   | 114   | 620     | 523     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 74    | 83    | 403     | 349     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 62    | 144   | 440     | 569     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 236   | 121   | 561     | 651     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 126   | 113   | 487     | 502     | 585    | 390    |

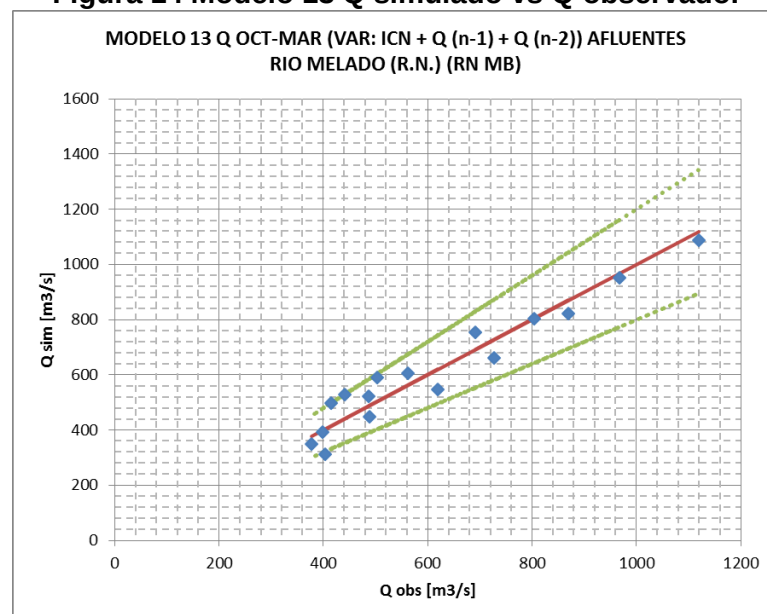
**Figura 13 Modelo 12 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 13: Variables Índice de Cobertura Nival (ICN) y Caudal mensual observado de 2 meses anteriores ( $Q_{n-1}$  y  $Q_{n-2}$ ).**

| AÑO     | RN      | CN MIN | ICN  | Q obs | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|--------|------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sep | sept   |      | ago   | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 1371    | 1433   | 1.96 | 119   | 140   | 870     | 823     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 1138    | 1509   | 1.72 | 184   | 134   | 691     | 755     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 1641    | 1775   | 2.91 | 258   | 159   | 1119    | 1086    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 383     | 1120   | 0.43 | 66    | 75    | 378     | 350     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 396     | 1429   | 0.57 | 83    | 118   | 488     | 447     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 1707    | 1507   | 2.57 | 243   | 124   | 968     | 953     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 1095    | 1772   | 1.94 | 140   | 129   | 805     | 802     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 756     | 1427   | 1.08 | 45    | 67    | 414     | 498     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 862     | 1432   | 1.23 | 142   | 103   | 504     | 591     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 921     | 1539   | 1.42 | 128   | 121   | 727     | 662     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 493     | 1319   | 0.65 | 55    | 67    | 399     | 393     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 617     | 1605   | 0.99 | 129   | 114   | 620     | 546     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 342     | 663    | 0.23 | 74    | 83    | 403     | 312     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 633     | 1188   | 0.75 | 62    | 144   | 440     | 529     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 857     | 1373   | 1.18 | 236   | 121   | 561     | 606     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 572     | 1575   | 0.90 | 126   | 113   | 487     | 522     | 585    | 390    |

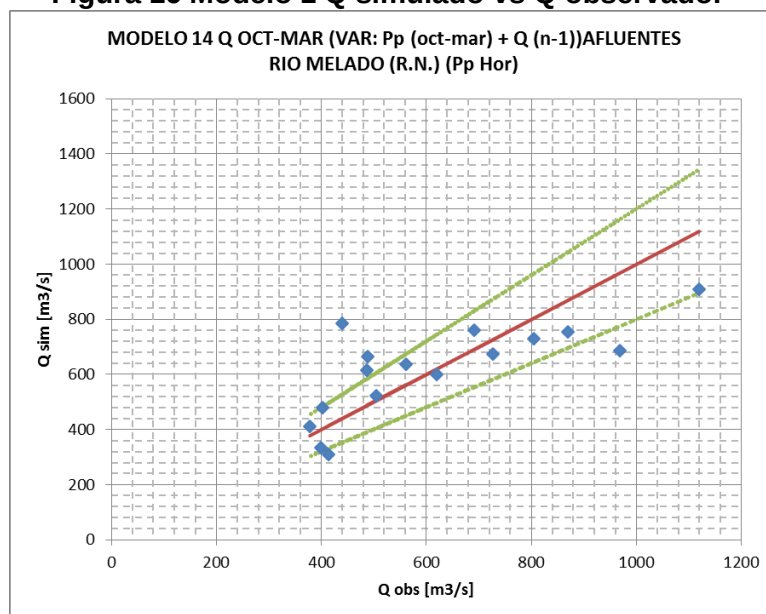
**Figura 14 Modelo 13 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 14: Variables Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{p_{oct-mar}}$ ) y Caudal mensual observado del mes anterior ( $Q_{n-1}$ ).**

| AÑO     | Pp      | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|---------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | oct-mar | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 114     | 140   | 870     | 754     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 354     | 134   | 691     | 759     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 357     | 159   | 1119    | 908     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 376     | 75    | 378     | 413     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 332     | 118   | 488     | 663     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 269     | 124   | 968     | 687     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 341     | 129   | 805     | 731     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 65      | 67    | 414     | 310     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 34      | 103   | 504     | 523     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 295     | 121   | 727     | 675     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 192     | 67    | 399     | 335     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 115     | 114   | 620     | 600     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 480     | 83    | 403     | 478     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 161     | 144   | 440     | 786     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 81      | 121   | 561     | 637     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 246     | 113   | 487     | 615     | 585    | 390    |

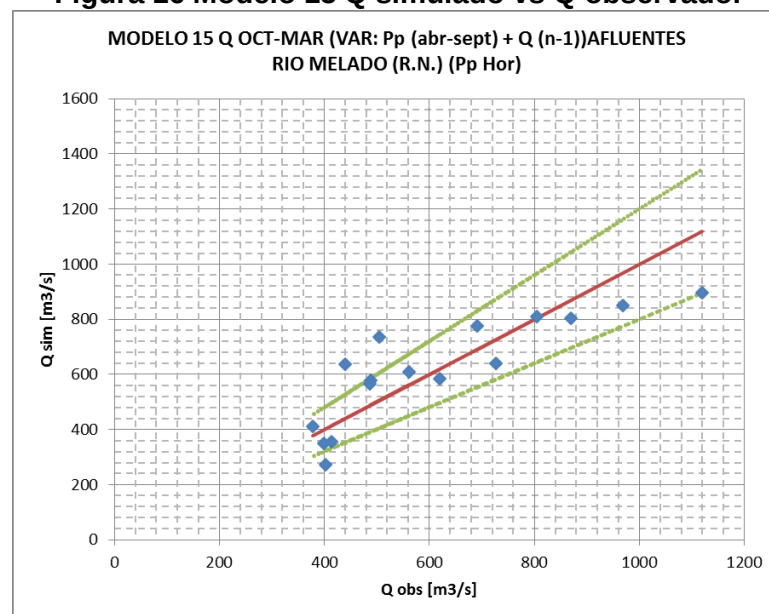
**Figura 15 Modelo 1 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 15: Variables Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{pabr-sept}$ ) y Caudal mensual observado del mes anterior ( $Q_{n-1}$ ).**

| AÑO     | Pp       | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|----------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | abr-sept | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 2278     | 140   | 870     | 803     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 2231     | 134   | 691     | 776     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 2490     | 159   | 1119    | 896     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 1191     | 75    | 378     | 412     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 1395     | 118   | 488     | 577     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 2789     | 124   | 968     | 849     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 2490     | 129   | 805     | 810     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 1017     | 67    | 414     | 356     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 2494     | 103   | 504     | 734     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 1687     | 121   | 727     | 640     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 980      | 67    | 399     | 351     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 1508     | 114   | 620     | 585     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 300      | 83    | 403     | 272     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 1303     | 144   | 440     | 636     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 1522     | 121   | 561     | 609     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 1430     | 113   | 487     | 567     | 585    | 390    |

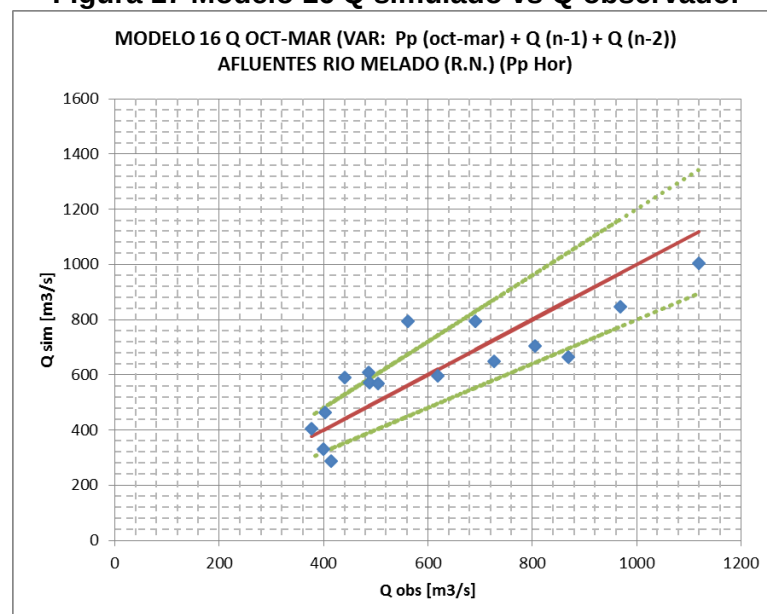
**Figura 16 Modelo 15 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 16: Variables Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{p_{oct-mar}}$ ) y Caudal mensual observado de 2 meses anteriores ( $Q_{n-1}$  y  $Q_{n-2}$ ).**

| AÑO     | Q obs | Q obs | Pp      | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         | ago   | sep   | oct-mar | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 119   | 140   | 114     | 870     | 664     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 184   | 134   | 354     | 691     | 795     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 258   | 159   | 357     | 1119    | 1003    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 66    | 75    | 376     | 378     | 406     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 83    | 118   | 332     | 488     | 570     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 243   | 124   | 269     | 968     | 847     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 140   | 129   | 341     | 805     | 705     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 45    | 67    | 65      | 414     | 289     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 142   | 103   | 34      | 504     | 568     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 128   | 121   | 295     | 727     | 649     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 55    | 67    | 192     | 399     | 330     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 129   | 114   | 115     | 620     | 595     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 74    | 83    | 480     | 403     | 464     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 62    | 144   | 161     | 440     | 589     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 236   | 121   | 81      | 561     | 793     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 126   | 113   | 246     | 487     | 608     | 585    | 390    |

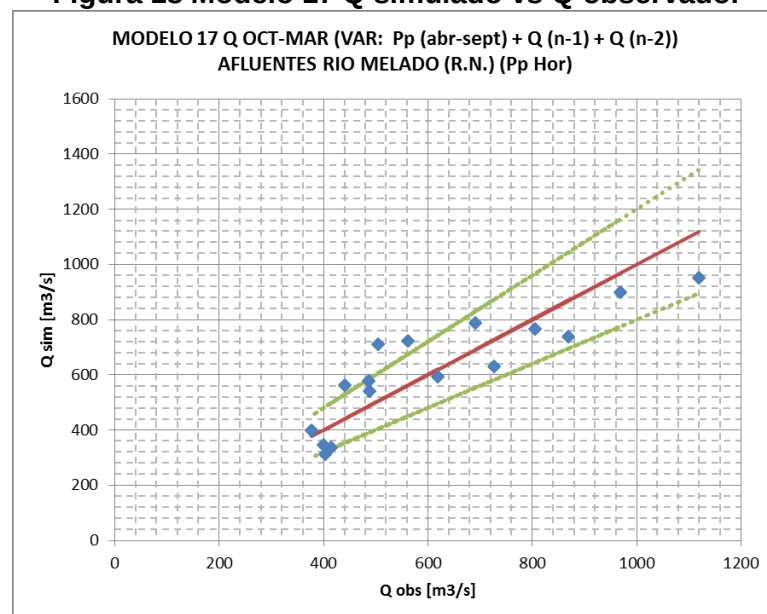
**Figura 17 Modelo 16 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 17: Variables Precipitación acumulada octubre-marzo ( $P_{pabr-sept}$ ) y Caudal mensual observado de 2 meses anteriores ( $Q_{n-1}$  y  $Q_{n-2}$ ).**

| AÑO     | Q obs | Q obs | Pp       | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|-------|-------|----------|---------|---------|--------|--------|
|         | ago   | sep   | abr-sept | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 119   | 140   | 2278     | 870     | 739     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 184   | 134   | 2231     | 691     | 787     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 258   | 159   | 2490     | 1119    | 953     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 66    | 75    | 1191     | 378     | 400     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 83    | 118   | 1395     | 488     | 540     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 243   | 124   | 2789     | 968     | 899     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 140   | 129   | 2490     | 805     | 765     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 45    | 67    | 1017     | 414     | 338     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 142   | 103   | 2494     | 504     | 710     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 128   | 121   | 1687     | 727     | 631     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 55    | 67    | 980      | 399     | 345     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 129   | 114   | 1508     | 620     | 593     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 74    | 83    | 300      | 403     | 311     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 62    | 144   | 1303     | 440     | 563     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 236   | 121   | 1522     | 561     | 722     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 126   | 113   | 1430     | 487     | 576     | 585    | 390    |

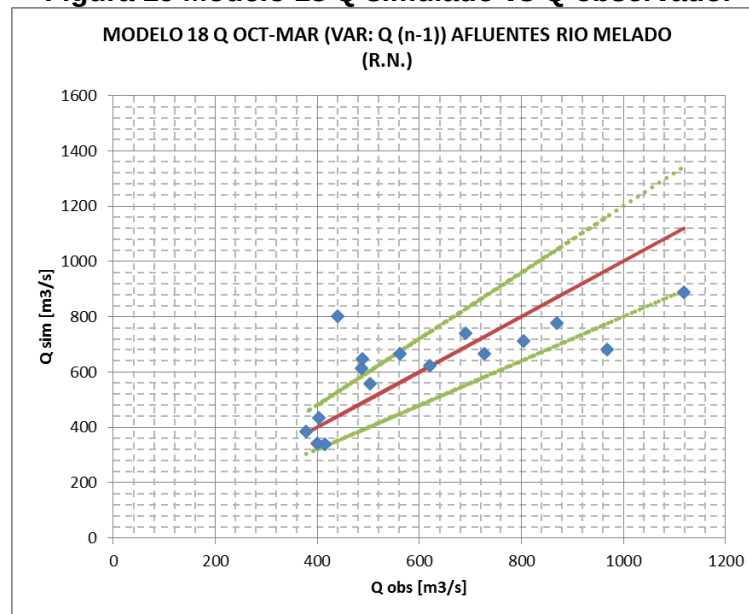
**Figura 18 Modelo 17 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 18: Variables Caudal mensual del mes anterior ( $Q_{n-1}$ ).**

| AÑO     | Q obs. | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
|         | sep    | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 140    | 870     | 777     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 134    | 691     | 740     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 159    | 1119    | 889     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 75     | 378     | 386     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 118    | 488     | 647     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 124    | 968     | 682     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 129    | 805     | 713     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 67     | 414     | 339     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 103    | 504     | 558     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 121    | 727     | 666     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 67     | 399     | 341     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 114    | 620     | 622     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 83     | 403     | 434     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 144    | 440     | 801     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 121    | 561     | 665     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 113    | 487     | 613     | 585    | 390    |

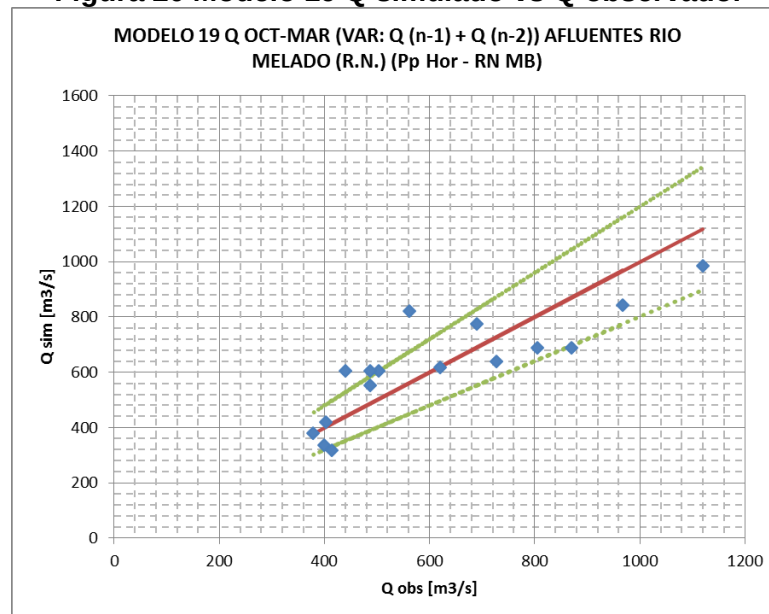
**Figura 19 Modelo 18 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 19: Variables Caudal mensual de 2 meses anteriores ( $Q_{n-1}$  y  $Q_{n-2}$ ).**

| AÑO     | Q obs | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | ago   | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 119   | 140   | 870     | 687     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 184   | 134   | 691     | 775     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 258   | 159   | 1119    | 984     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 66    | 75    | 378     | 379     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 83    | 118   | 488     | 554     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 243   | 124   | 968     | 843     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 140   | 129   | 805     | 687     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 45    | 67    | 414     | 318     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 142   | 103   | 504     | 604     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 128   | 121   | 727     | 639     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 55    | 67    | 399     | 336     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 129   | 114   | 620     | 617     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 74    | 83    | 403     | 419     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 62    | 144   | 440     | 604     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 236   | 121   | 561     | 821     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 126   | 113   | 487     | 606     | 585    | 390    |

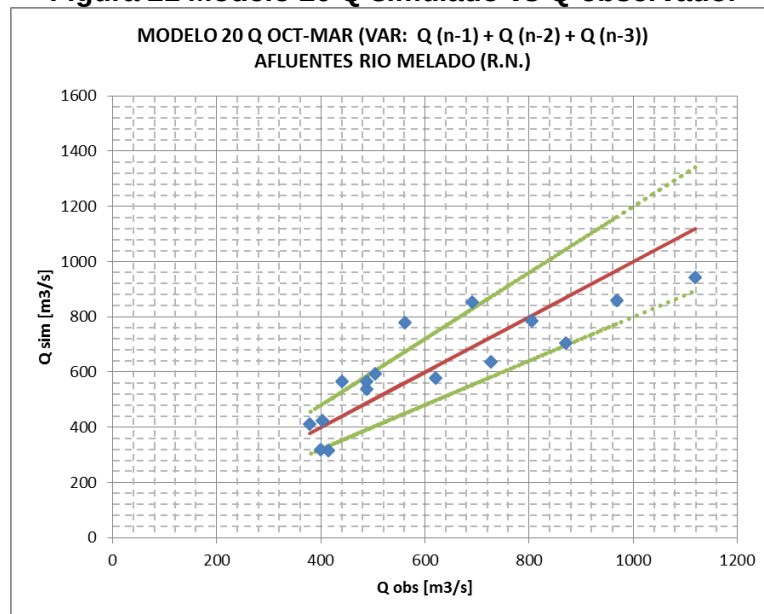
**Figura 20 Modelo 19 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 20: Variables Caudal mensual de 3 meses anteriores ( $Q_{n-1}$ ,  $Q_{n-2}$  y  $Q_{n-3}$ ).**

| AÑO     | Q obs | Q obs | Q obs | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|--------|
|         | jul   | ago   | sep   | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 158   | 119   | 140   | 870     | 704     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 245   | 184   | 134   | 691     | 855     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 112   | 258   | 159   | 1119    | 943     | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 121   | 66    | 75    | 378     | 412     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 94    | 83    | 118   | 488     | 539     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 159   | 243   | 124   | 968     | 859     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 263   | 140   | 129   | 805     | 787     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 66    | 45    | 67    | 414     | 315     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 97    | 142   | 103   | 504     | 595     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 117   | 128   | 121   | 727     | 636     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 46    | 55    | 67    | 399     | 318     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 63    | 129   | 114   | 620     | 578     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 91    | 74    | 83    | 403     | 424     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 80    | 62    | 144   | 440     | 565     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 77    | 236   | 121   | 561     | 779     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 62    | 126   | 113   | 487     | 567     | 585    | 390    |

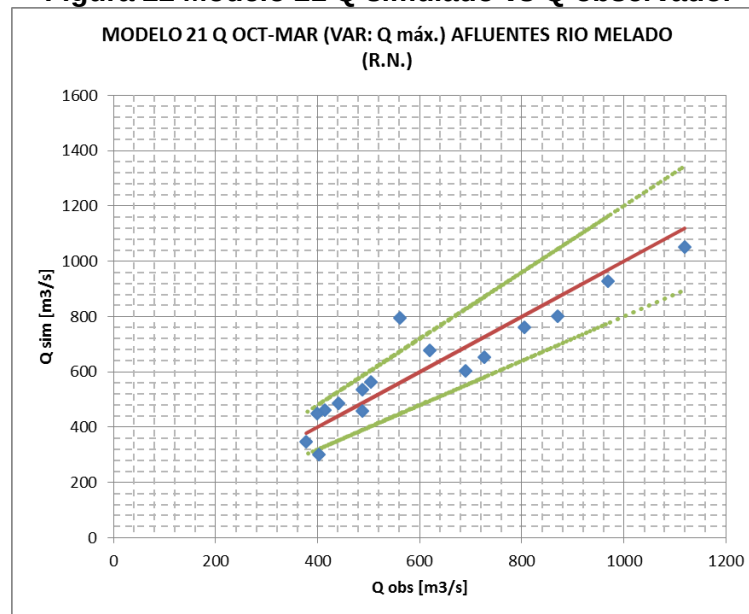
**Figura 21 Modelo 20 Q simulado vs Q observado.**



**Modelo 21: Variables Caudal máximo del periodo octubre-marzo ( $Q_{\max}$ )**

| AÑO     | Q obs. | Q obs.  | Q sim.  | Q +20% | Q -20% |
|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
|         | Max    | oct-mar | oct-mar |        |        |
| 2000/01 | 238    | 870     | 802     | 1044   | 696    |
| 2001/02 | 184    | 691     | 604     | 829    | 552    |
| 2002/03 | 306    | 1119    | 1053    | 1343   | 895    |
| 2003/04 | 114    | 378     | 348     | 453    | 302    |
| 2004/05 | 144    | 488     | 458     | 585    | 390    |
| 2005/06 | 272    | 968     | 928     | 1162   | 775    |
| 2006/07 | 227    | 805     | 763     | 965    | 644    |
| 2007/08 | 145    | 414     | 460     | 497    | 332    |
| 2008/09 | 173    | 504     | 563     | 605    | 403    |
| 2009/10 | 197    | 727     | 652     | 872    | 581    |
| 2010/11 | 141    | 399     | 448     | 479    | 319    |
| 2011/12 | 204    | 620     | 677     | 744    | 496    |
| 2012/13 | 101    | 403     | 300     | 484    | 322    |
| 2013/14 | 152    | 440     | 488     | 528    | 352    |
| 2014/15 | 236    | 561     | 795     | 674    | 449    |
| 2015/16 | 165    | 487     | 536     | 585    | 390    |

**Figura 22 Modelo 21 Q simulado vs Q observado.**



**ANEXO C**  
**RESULTADOS DE CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL**  
**MODELO SRM**

## ANEXO C RESULTADOS DE CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO SRM

### 1 CALIBRACIÓN DEL MODELO

La calibración del modelo se realiza con 1/3 de los datos disponibles. En la Tabla 1.1 se presentan los años utilizados para el proceso de calibración, con los resultados del coeficiente de determinación diario y mensual entregado por el modelo. Los parámetros de calibración se muestran en la Tabla 1.2 y Tabla 1.3.

**Tabla 1.1 Años hidrológicos utilizados para calibración del modelo**

| Año hidrológico | Proceso     | Coefficiente R2 diario | Coefficiente R2 mensual | Porcentaje error 1:1 |
|-----------------|-------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| 2005-2006       | Calibración | 0.76                   | 0.94                    | 5.3%                 |
| 2006-2007       | Calibración | 0.81                   | 0.91                    | 1.9%                 |
| 2009-2010       | Calibración | 0.73                   | 0.98                    | 13.0%                |
| 2011-2012       | Calibración | 0.78                   | 0.94                    | 21.0%                |
| 2015-2016       | Calibración | 0.86                   | 0.99                    | 8.7%                 |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1.2 Parámetros para bandas en Embalse Melado (un set de parámetros)**

|           | $\Delta T$ | T crit | Lag time | CS                      | CR   | RCA | X    | Y    |
|-----------|------------|--------|----------|-------------------------|------|-----|------|------|
| Octubre   | 0.45       | 1      | 18       | 0.8-0.9 $\uparrow^{30}$ | 0.10 | 0-1 | 1.2  | 0.08 |
| Noviembre | 0.45       | 1      | 18       | 0.9                     | 0.10 | 1   | 1.2  | 0.06 |
| Diciembre | 0.40       | 1      | 18       | 0.9                     | 0.10 | 1   | 1.3  | 0.06 |
| Enero     | 0.35       | 1      | 18       | 0.9                     | 0.10 | 1   | 1.21 | 0.07 |
| Febrero   | 0.35       | 1      | 18       | 0.9                     | 0.10 | 1   | 1.21 | 0.07 |
| Marzo     | 0.35       | 1      | 18       | 0.9                     | 0.10 | 1   | 1.21 | 0.07 |

$\uparrow^{30}$ : Variación lineal en el mes (30 días) entre valor mínimo y máximo

Fuente: Elaboración propia

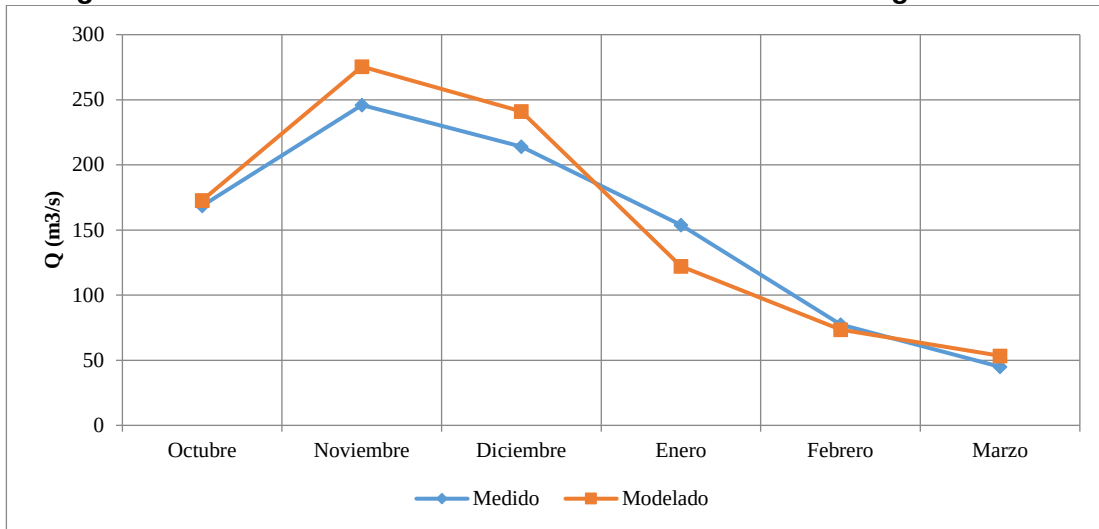
**Tabla 1.3 Factor grado día de bandas para Embalse Melado (un set de parámetros)**

|           | An     |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | Zona 5 |
| Octubre   | 0.10   | 0.20   | 0.20   | 0.50   | 0.50   |
| Noviembre | 0.10   | 0.40   | 0.50   | 0.50   | 0.50   |
| Diciembre | 0.10   | 0.40   | 0.60   | 0.65   | 0.65   |
| Enero     | 0.10   | 0.40   | 0.60   | 0.65   | 0.65   |
| Febrero   | 0.10   | 0.40   | 0.60   | 0.65   | 0.65   |
| Marzo     | 0.10   | 0.40   | 0.60   | 0.65   | 0.65   |

Fuente: Elaboración propia

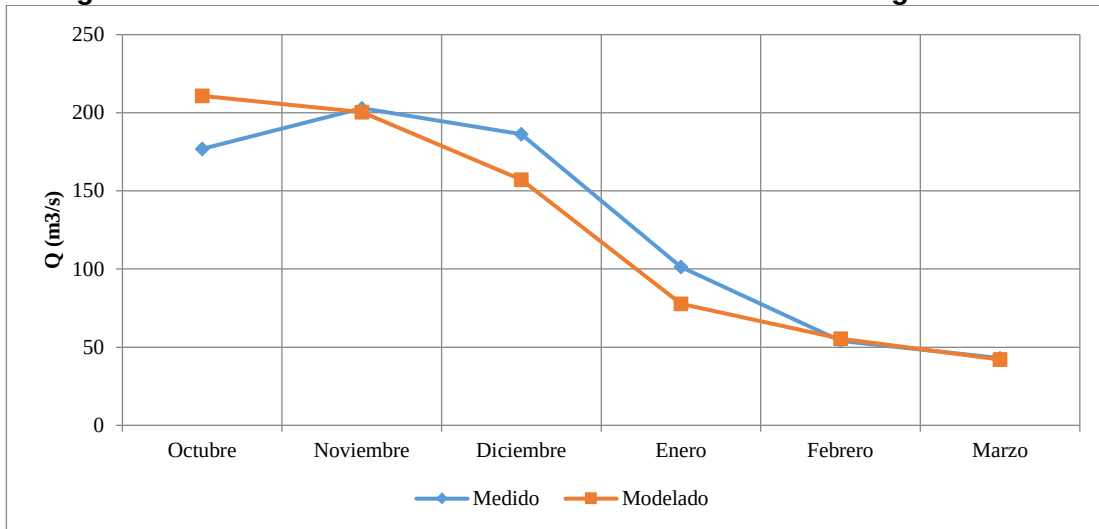
A continuación se presentan los resultados mensuales de la simulación del modelo SRM para el periodo de calibración.

**Figura 1.1 Resultados de calibración del modelo año hidrológico 2006/07**



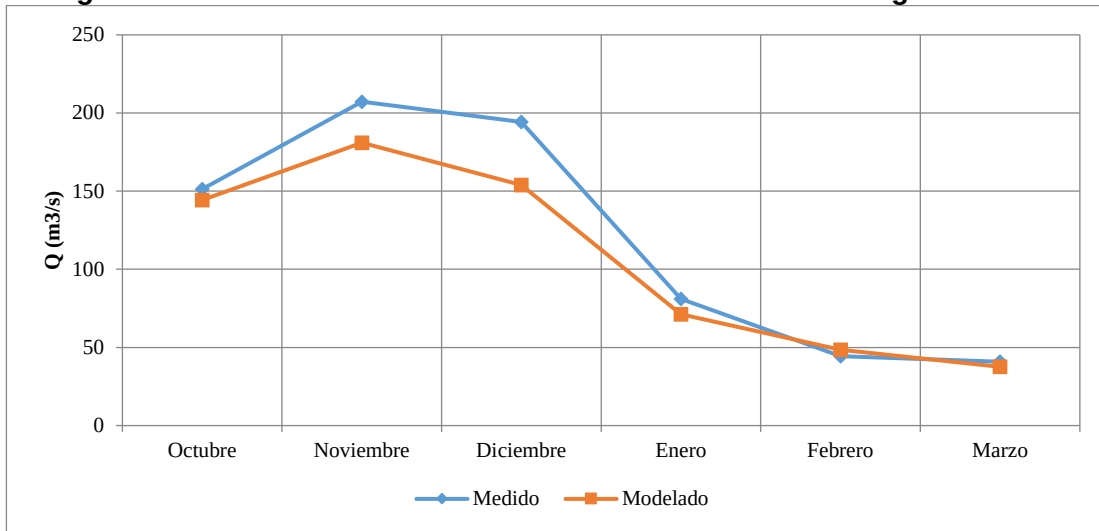
Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.2 Resultados de calibración del modelo año hidrológico 2006/07**



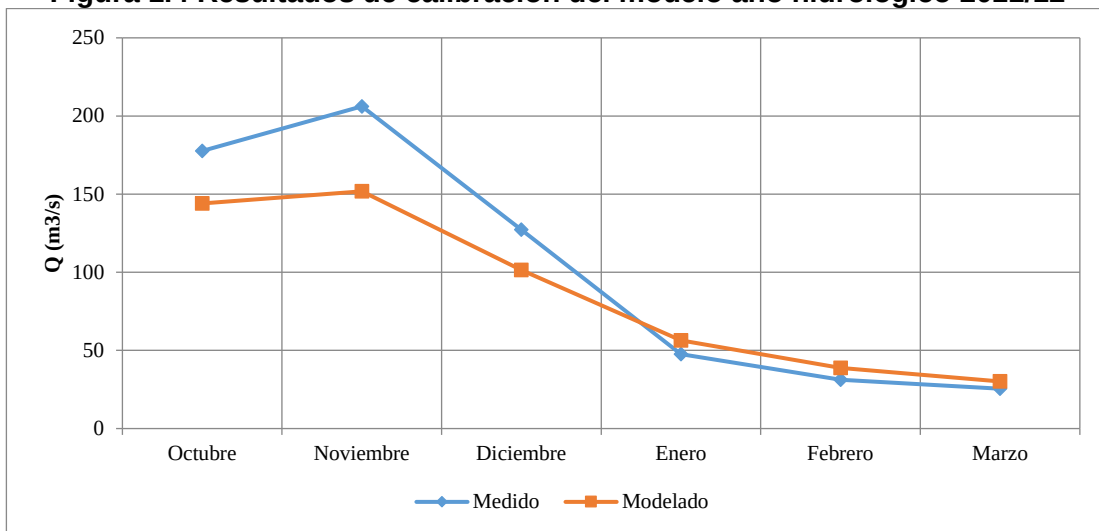
Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.3 Resultados de calibración del modelo año hidrológico 2009/10**



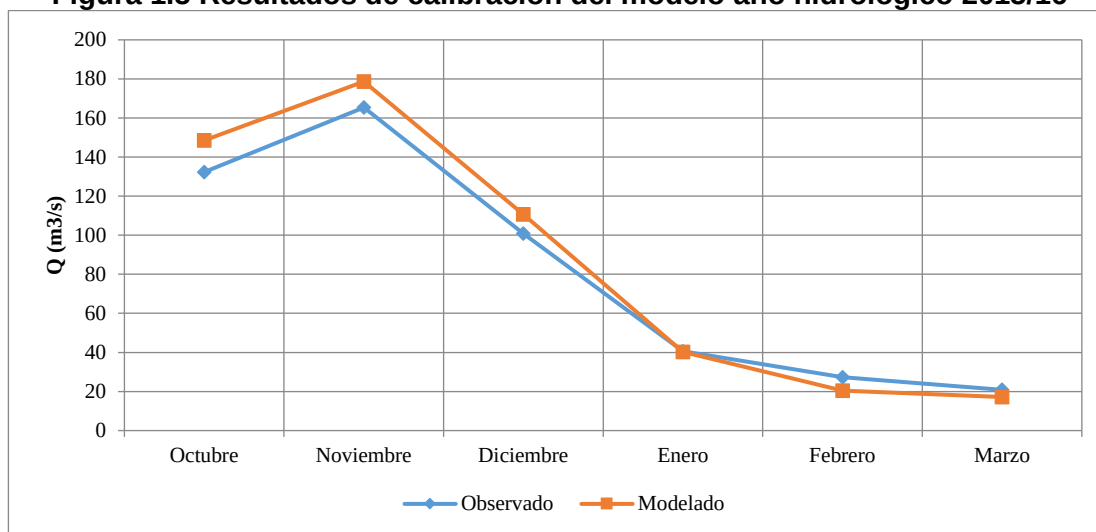
Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.4 Resultados de calibración del modelo año hidrológico 2011/12**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.5 Resultados de calibración del modelo año hidrológico 2015/16**



Fuente: Elaboración propia

## 2 VALIDACIÓN DEL MODELO

La validación del modelo se realiza con 2/3 de los datos disponibles. En la Tabla 2.1 se presentan los años utilizados para el proceso de validación, con los resultados del coeficiente de determinación diario y mensual entregado por el modelo.

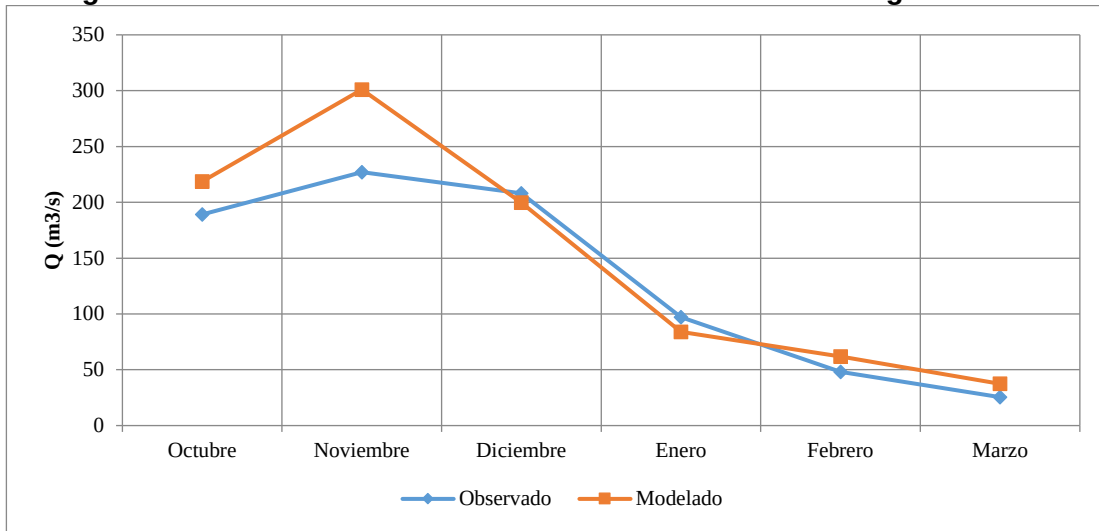
**Tabla 2.1 Años hidrológicos utilizados para validación del modelo**

| Año hidrológico | Proceso    | Coeficiente R2 diario | Coeficiente R2 mensual | Porcentaje error 1:1 |
|-----------------|------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 2000-2001       | Validación | 0.68                  | 0.93                   | 14.2%                |
| 2001-2002       | Validación | 0.57                  | 0.84                   | 1.4%                 |
| 2002-2003       | Validación | 0.57                  | 0.92                   | 11.8%                |
| 2003-2004       | Validación | 0.40                  | 0.86                   | 19.5%                |
| 2007-2008       | Validación | 0.62                  | 0.77                   | 3.0%                 |
| 2008-2009       | Validación | 0.74                  | 0.90                   | 12.1%                |
| 2010-2011       | Validación | 0.66                  | 0.94                   | 18.4%                |
| 2012-2013       | Validación | 0.71                  | 0.80                   | 1.5%                 |
| 2013-2014       | Validación | 0.79                  | 0.94                   | 8.0%                 |
| 2014-2015       | Validación | 0.70                  | 0.92                   | 13.2%                |

Fuente: Elaboración propia

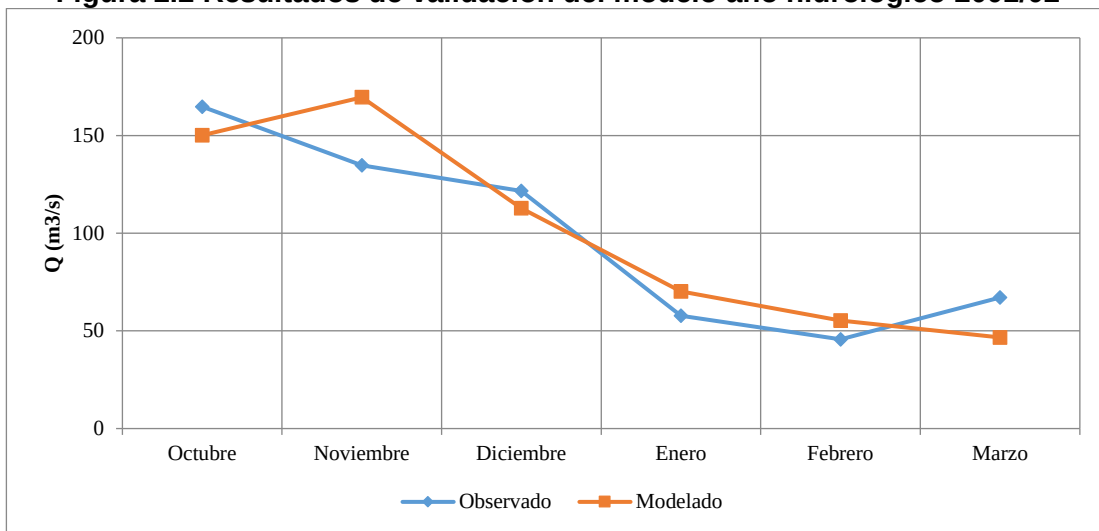
A continuación se presentan los resultados mensuales de la simulación del modelo SRM para el periodo de validación.

**Figura 2.1 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2000/01**



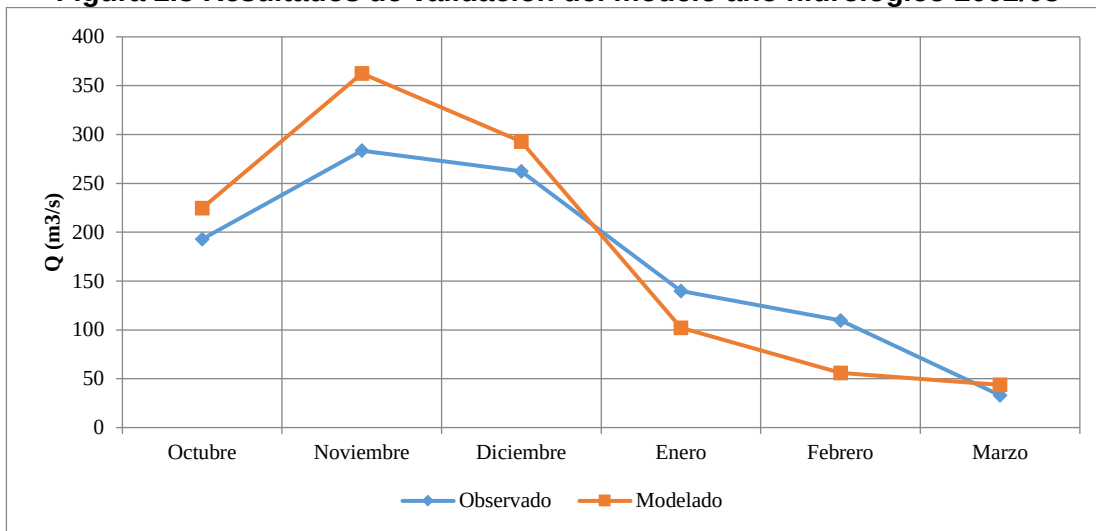
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.2 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2001/02**



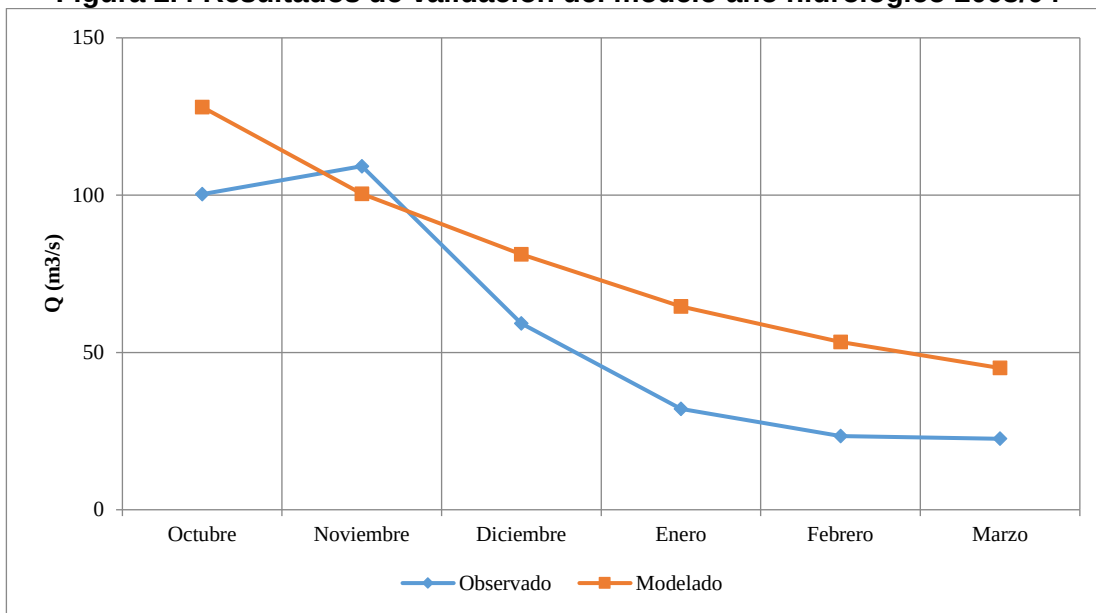
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.3 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2002/03**



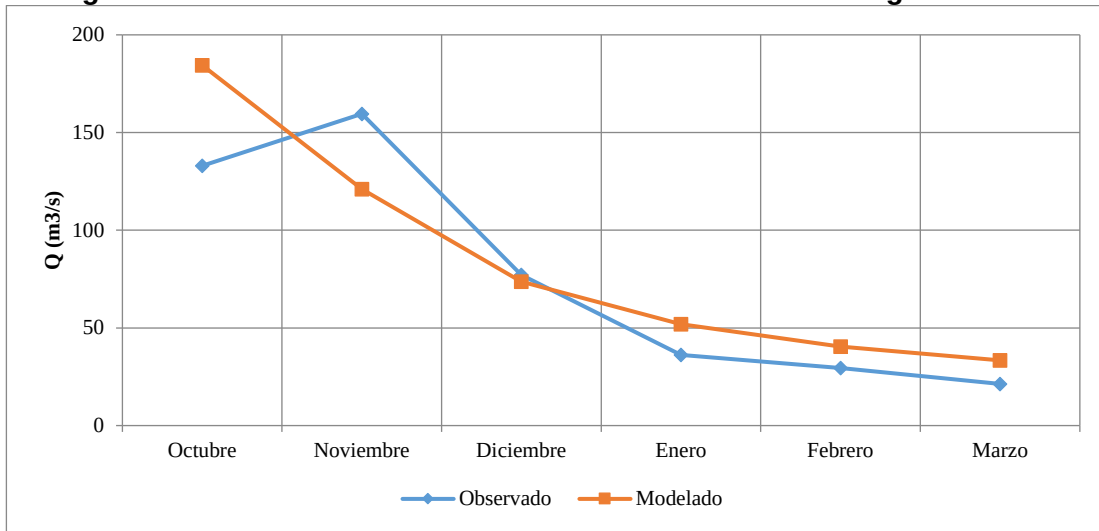
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.4 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2003/04**



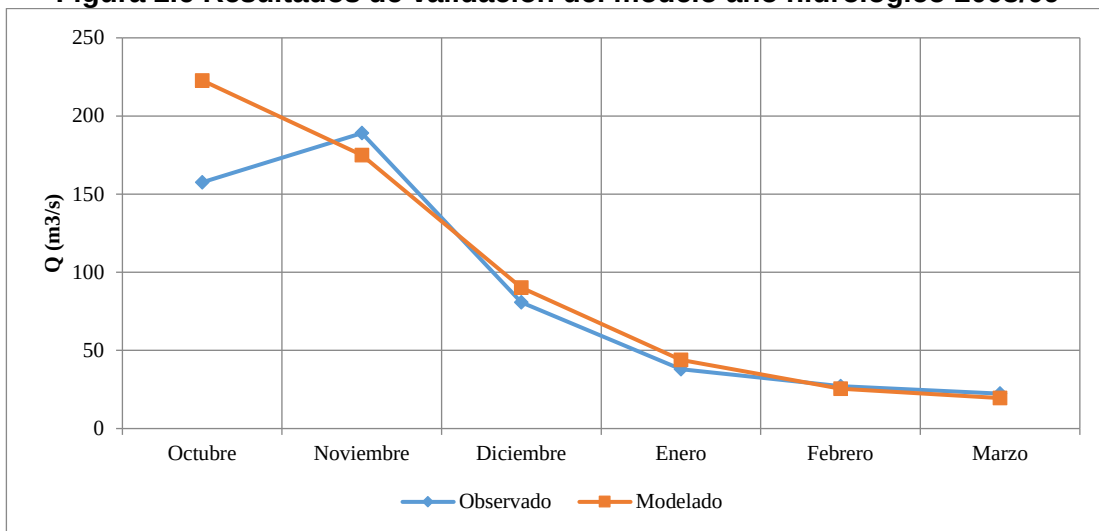
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.5 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2007/08**



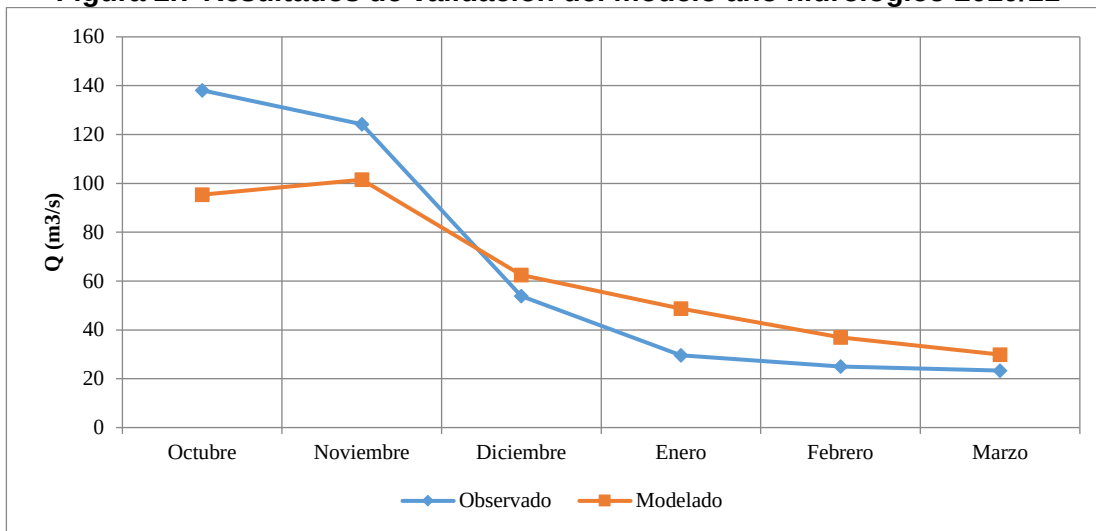
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.6 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2008/09**



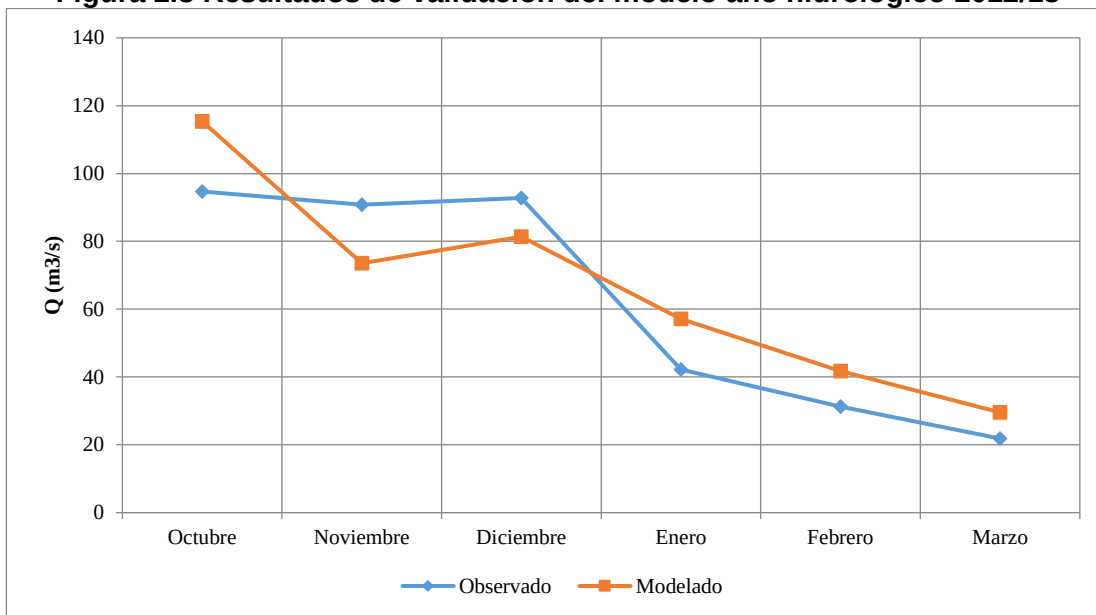
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.7 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2010/11**



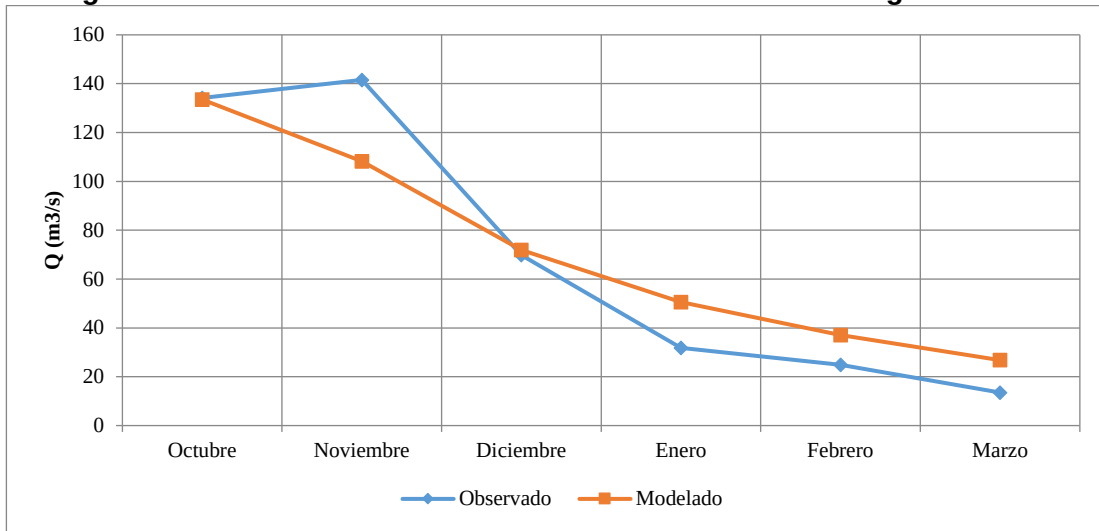
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.8 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2012/13**



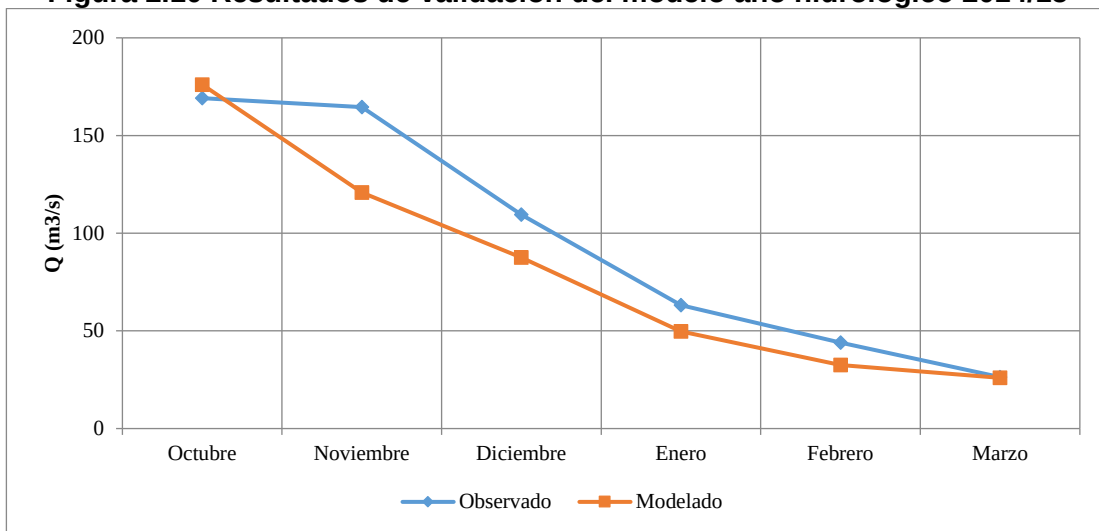
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.9 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2013/14**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.10 Resultados de validación del modelo año hidrológico 2014/15**



Fuente: Elaboración propia