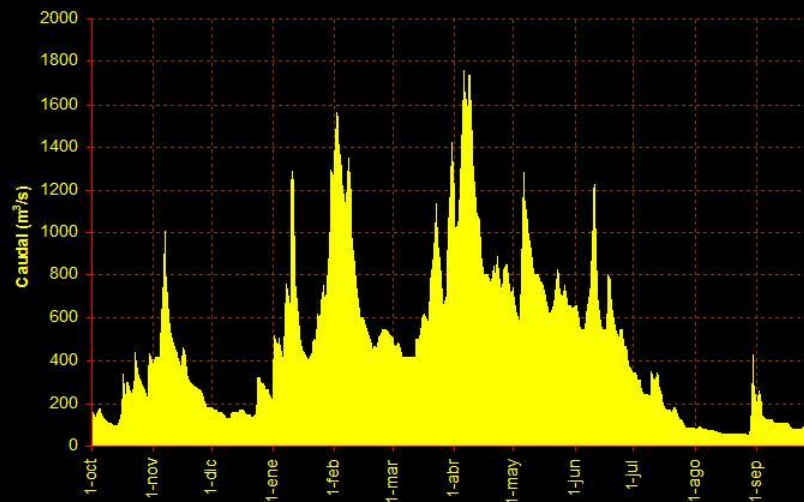
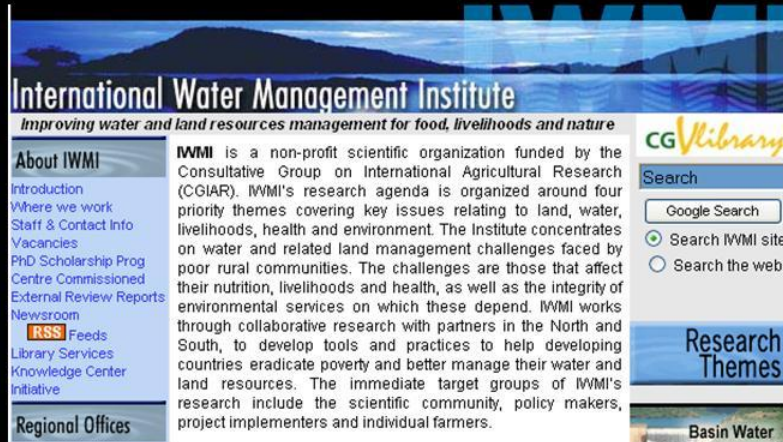


# ESTIMACIÓN DE CAUDAL ECOLÓGICO MEDIANTE LAS METODOLOGÍAS HIDROLÓGICAS

## MÉTODOS DE CÁLCULO



# LOS METODOS



**International Water Management Institute**  
Improving water and land resources management for food, livelihoods and nature

**About IWMI**

- Introduction
- Where we work
- Staff & Contact Info
- Vacancies
- PhD Scholarship Prog
- Centre Commissioned
- External Review Reports
- Newsroom
- RSS Feeds**
- Library Services
- Knowledge Center
- Initiative

**Regional Offices**

**IWMI** is a non-profit scientific organization funded by the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). IWMI's research agenda is organized around four priority themes covering key issues relating to land, water, livelihoods, health and environment. The Institute concentrates on water and related land management challenges faced by poor rural communities. The challenges are those that affect their nutrition, livelihoods and health, as well as the integrity of environmental services on which these depend. IWMI works through collaborative research with partners in the North and South, to develop tools and practices to help developing countries eradicate poverty and better manage their water and land resources. The immediate target groups of IWMI's research include the scientific community, policy makers, project implementers and individual farmers.

**CG Library**

Search

Google Search

Search IWMI site

Search the web

**Research Themes**

Basin Water

10% of MAF  
10% of Q90  
20% of Q90  
25% of MAF  
30% of MAF  
30% of Mean Monthly Flow  
30-75% of 1 in 5 year low flow  
33-46% MAF  
50% of 7Q10  
5-20% of Q90  
70% of 7Q10  
7Q10  
Average Base Flow Methodology  
Basic Flow Method  
BWE  
Desktop Estimate  
Ecotype-based Modified Tennant Method  
FDC Analysis (FDCA)  
FDC percentiles  
Flow indices from frequency analyses (unspecified)  
Flow Translucency Approach  
Hoppe and Fennell Method  
Low flow indices from FDC analysis (unspecified)  
Mean Monthly Flow  
Median Monthly Flow  
Minimum Q of 50 litres s-1 or Q347 (with minimum depth=0.20m, for Q>50 litres s-1)  
MNQ

Modified Hoppe & Fennell Method  
Modified Tennant Method  
MQ  
Northern Great Plains Resource Program (NGPRP) Method  
NPF (approx. 10 x OCFR value per 100 km2)  
OCFR (0.1-0.3 cm per 100 km2)  
Orth & Leonard Regionalisation Method  
Q347

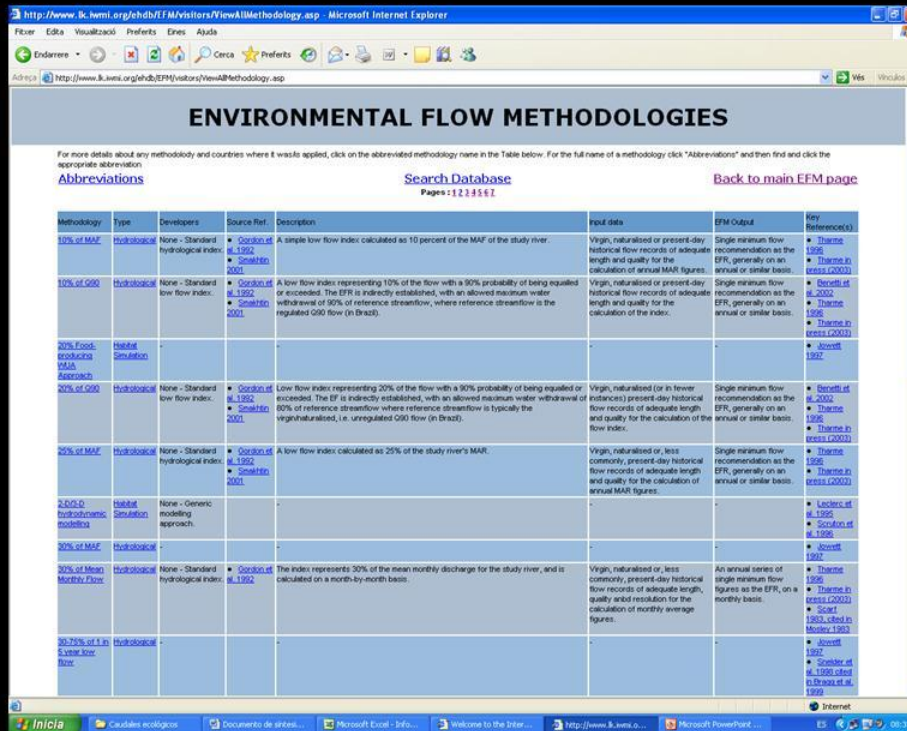
Q355  
Q80 of unregulated mean daily flow regime  
Q90 (of regulated/unregulated flow)  
Q95 based on mean monthly discharge  
Q95 or a multiple thereof  
Q96

Regionalisation of %AAFs from Tennant Method  
Regionalisation of Q95 values, based on geology & catchment area  
Robinson's 1969 Method  
RQ Index of disturbance  
RVA (and/or IHA)

Simple hydrological formulae (unspecified, desktop)  
Tennant Method  
Tessman Modification of Tennant Method  
Texas Method

Two-level Seasonal Modified Tennant Method (with PJ)  
Various FDC percentiles (incl/excl. ecological and/or geomorphological data)  
Various percentages of pre-regulation MAR (e.g. 10%, 22%)

VH1  
VH1 (use of PAWN Hydrological Model/other Methods)  
Washington Base Flow Methodology



**ENVIRONMENTAL FLOW METHODOLOGIES**

For more details about any methodology and countries where it was applied, click on the abbreviated methodology name in the Table below. For the full name of a methodology click "Abbreviations" and then find and click the appropriate abbreviation.

[Abbreviations](#) [Search Database](#) [Back to main EFM page](#)

Pages: 1 2 3 4 5 6 7

| Methodology                           | Type         | Developers                          | Source Ref.                       | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Input data                                                                                                                                                            | EFM Output                                                                              | Key References                                                                     |
|---------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 10% of MAF                            | Hydrological | None - Standard hydrological index  | Corbett et al. 1992<br>Smith 2001 | A simple low flow index calculated as 10 percent of the MAF of the study river.                                                                                                                                                                                                                              | Virgin, naturalised or present-day historical flow records of adequate length and quality for the calculation of annual MAR figures.                                  | Single minimum flow recommendation as the EFR, generally on an annual or similar basis. | Thorne 1996<br>Thorne in press (2003)                                              |
| 10% of Q90                            | Hydrological | None - Standard low flow index.     | Corbett et al. 1992<br>Smith 2001 | A low flow index representing 10% of the flow with a 90% probability of being equalled or exceeded. The EFR is indirectly established, with an allowed maximum water withdrawal of 50% of reference streamflow, where reference streamflow is the regulated Q90 flow (in Brazil).                            | Virgin, naturalised or present-day historical flow records of adequate length and quality for the calculation of the index.                                           | Single minimum flow recommendation as the EFR, generally on an annual or similar basis. | Corbett et al. 2002<br>Thorne 1996<br>Thorne in press (2003)                       |
| 20% Food, Ecological and VMA Approach | Hydrological | Hydrological                        |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                       |                                                                                         | Alcott 1997                                                                        |
| 20% of Q90                            | Hydrological | None - Standard low flow index.     | Corbett et al. 1992<br>Smith 2001 | Low flow index representing 20% of the flow with a 90% probability of being equalled or exceeded. The EFR is indirectly established, with an allowed maximum water withdrawal of 80% of reference streamflow where reference streamflow is typically the unregulated, i.e. unregulated Q90 flow (in Brazil). | Virgin, naturalised (or in fewer instances) present-day historical flow records of adequate length and quality for the calculation of the flow index.                 | Single minimum flow recommendation as the EFR, generally on an annual or similar basis. | Corbett et al. 2002<br>Thorne 1996<br>Thorne in press (2003)                       |
| 25% of MAF                            | Hydrological | None - Standard hydrological index. | Corbett et al. 1992<br>Smith 2001 | A low flow index calculated as 25% of the study river's MAR.                                                                                                                                                                                                                                                 | Virgin, naturalised or, less commonly, present-day historical flow records of adequate length and quality for the calculation of annual MAR figures.                  | Single minimum flow recommendation as the EFR, generally on an annual or similar basis. | Thorne 1996<br>Thorne in press (2003)                                              |
| 2,600-Q hydrodynamic modelling        | Hydrological | None - Generic modeling approach.   |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                       |                                                                                         | Leckner et al. 1995<br>Scatena et al. 1996                                         |
| 30% of MAF                            | Hydrological |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                       |                                                                                         | Leckner 1997                                                                       |
| 30% of Mean Monthly Flow              | Hydrological | None - Standard hydrological index. | Corbett et al. 1992               | The index represents 30% of the mean monthly discharge for the study river, and is calculated on a month-by-month basis.                                                                                                                                                                                     | Virgin, naturalised or, less commonly, present-day historical flow records of adequate length, quality and resolution for the calculation of monthly average figures. | An annual series of single minimum flow figures as the EFR, on a monthly basis.         | Thorne 1996<br>Thorne in press (2003)<br>Scatena 1983, cited in Thorne et al. 1993 |
| 30-75% of 1 in 5 year low flow        | Hydrological |                                     |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                       |                                                                                         | Leckner 1997<br>Scatena et al. 1996, cited in Thorne et al. 1993                   |

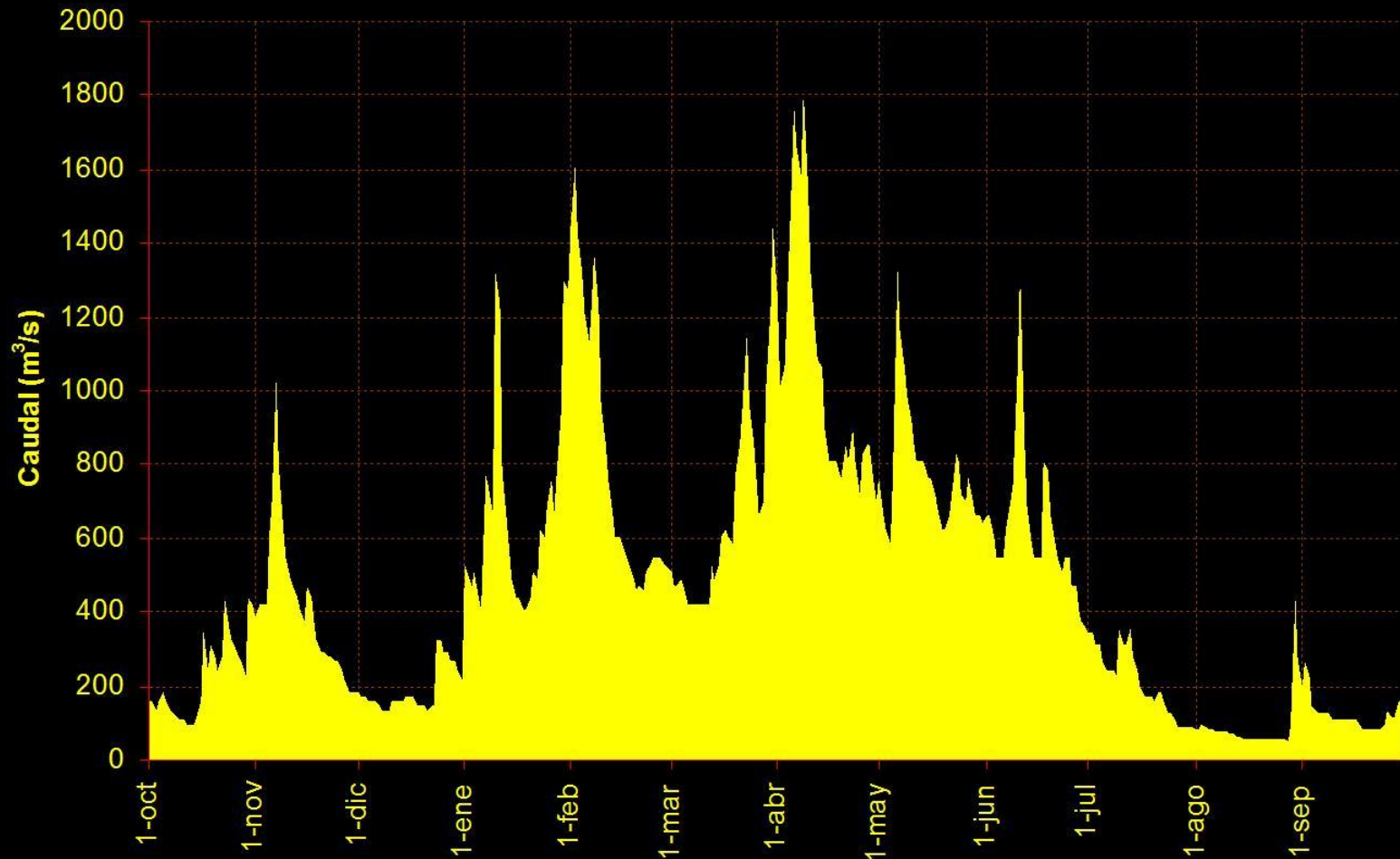
Internet

**NO TODOS VALEN**

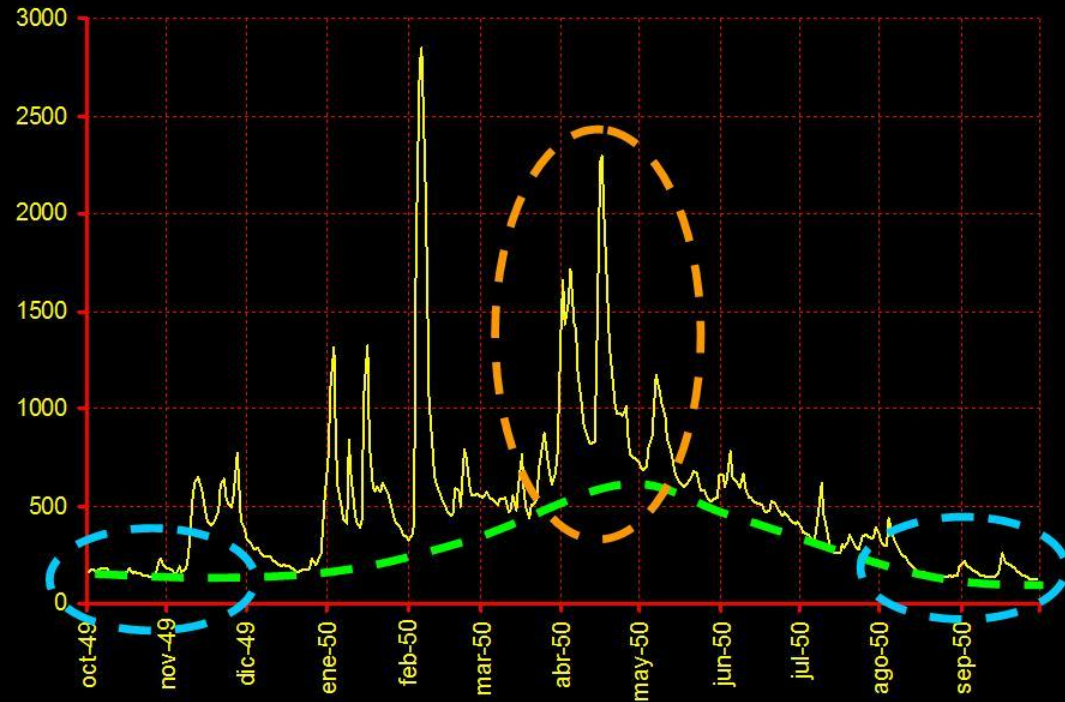
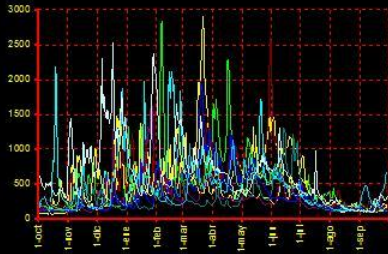
**¿QUE SE LE PIDE A LOS  
MÉTODOS?**

**(NMX)**

# 1. CONSIDERAR LOS ELEMENTOS HIDROLÓGICOS RESPONSABLES DE LA DINÁMICA ECOSISTÉMICAS



# LAS PROPUESTAS DE CAUDALES ECOLÓGICOS DEBEN CONSIDERAR DIFERENTES COMPONENTES HIDROLÓGICOS



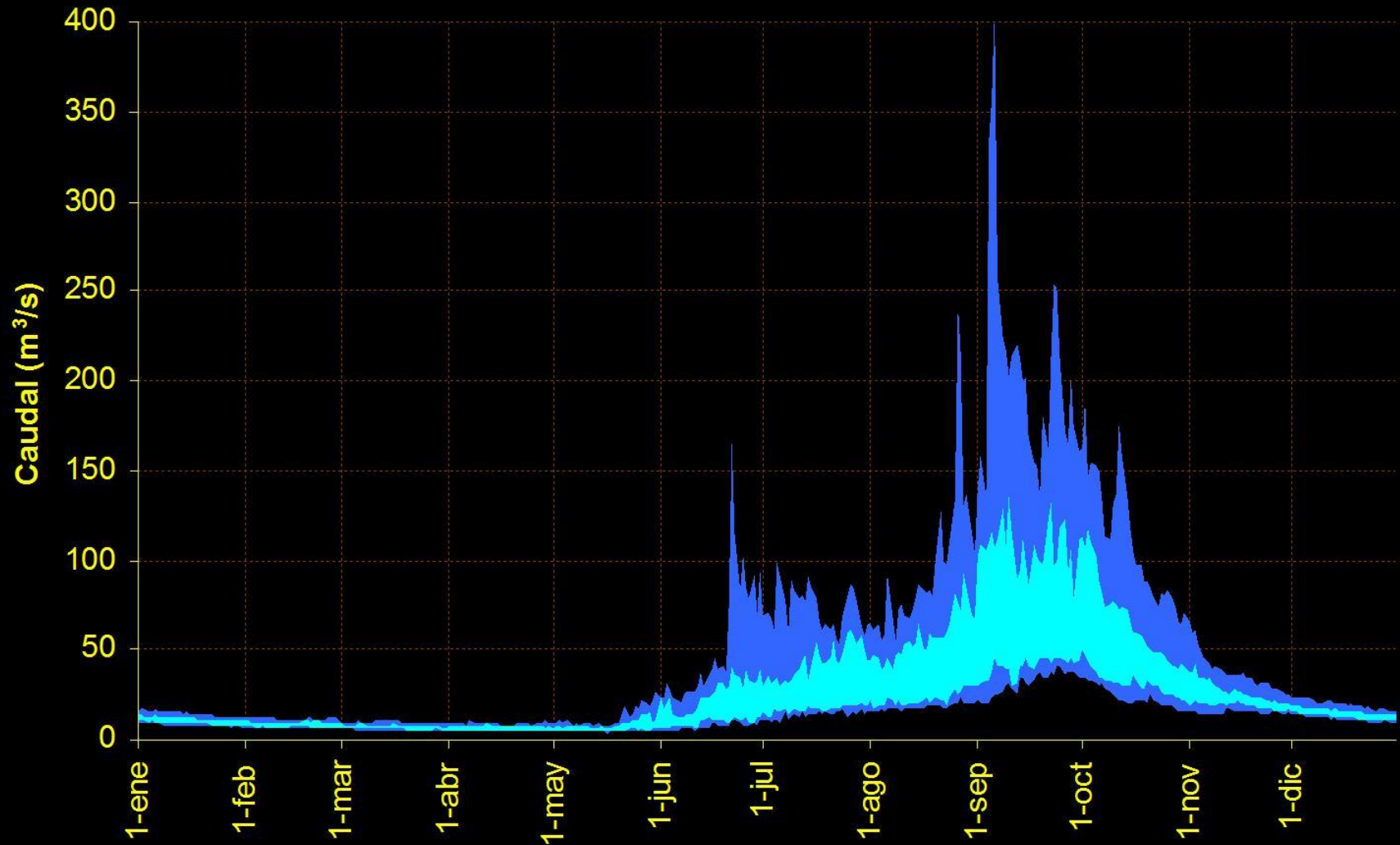
**Caudales mínimos**

**Caudales de base y su patrón estacional**

**Episodios de inundación**

**Variabilidad interanual**

## 2. RESPETAR EL RANGO NATURAL DE VARIABILIDAD.



### 3. SER COHERENTES CON EL GRADIENTE DE LA CONDICIÓN BIOLÓGICA



# **PRINCIPALES APROXIMACIONES MATEMÁTICAS DE LOS MÉTODOS HIDROLÓGICOS**

- 1. Basadas en porcentajes (Tennant)**
- 2. Basadas en percentiles (RVA)**
- 3. Basadas en la media móvil (7q10)**

## **ANEXO TÉCNICO 1**

**METODOLOGÍA HIDROLÓGICA PARA DETERMINAR EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA DE PROPIEDAD NACIONAL A NIVEL DE CUENCA HIDROLÓGICA, CON BASE EN EL MÉTODO PROPUESTO POR GARCÍA et. al. (1999) Y EXPUESTO EN CONAGUA (2007)**

**(Basado en Tennant)**

# 1. Se parte de las series mensuales en condiciones naturales

| es<br>ño  | Enero | Febrer<br>o | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio      | Agost<br>o<br>m³/s | Septiemb<br>e | Octubr<br>e | Noviemb<br>e | Diciembr<br>e | Promedi<br>o |
|-----------|-------|-------------|-------|-------|------|-------|------------|--------------------|---------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
| 144       | 41.6  | 32.6        | 71.5  | 33.5  | 20.2 | 33.5  | 128.6      | 291.2              | 633.0         | 88.9        | 127.4        | 44.2          | 128.856      |
| 145       | 29.2  | 37.0        | 9.6   | 4.7   | 3.5  | 2.9   | 201.9      | 219.7              | 163.5         | 146.6       | 13.0         | 4.3           | 69.670       |
| 146       | 42.9  | 7.9         | 4.7   | 2.9   | 2.0  | 31.8  | 157.4      | 208.9              | 216.3         | 220.5       | 34.2         | 14.1          | 78.623       |
| 147       | 76.7  | 10.1        | 7.3   | 3.7   | 3.2  | 24.9  | 75.6       | 308.1              | 364.8         | 49.6        | 13.4         | 9.1           | 78.874       |
| 148       | 24.2  | 21.7        | 4.5   | 2.7   | 5.7  | 57.4  | 186.0      | 246.3              | 415.0         | 132.2       | 62.2         | 21.0          | 98.242       |
| 149       | 29.8  | 14.9        | 6.3   | 4.1   | 3.0  | 39.2  | 212.3      | 175.3              | 231.2         | 131.4       | 15.2         | 9.3           | 72.665       |
| 150       | 7.3   | 5.2         | 3.7   | 2.6   | 1.8  | 83.9  | 264.5      | 151.2              | 219.4         | 87.5        | 10.4         | 6.6           | 70.356       |
| 151       | 15.0  | 4.9         | 3.9   | 3.1   | 2.3  | 10.2  | 109.0      | 120.7              | 196.6         | 31.3        | 10.9         | 9.5           | 43.110       |
| 152       | 4.7   | 3.7         | 2.8   | 2.0   | 1.6  | 53.8  | 213.4      | 207.1              | 122.9         | 45.2        | 8.9          | 6.5           | 56.048       |
| 153       | 3.5   | 69.9        | 19.1  | 4.7   | 2.0  | 13.1  | 105.0      | 191.9              | 241.2         | 64.1        | 12.2         | 9.1           | 61.328       |
| 154       | 8.4   | 4.1         | 2.7   | 1.7   | 1.2  | 38.1  | 176.7      | 226.6              | 173.2         | 99.0        | 12.7         | 6.6           | 62.604       |
| 155       | 27.4  | 6.9         | 3.7   | 2.2   | 1.5  | 10.2  | 179.4      | 450.4              | 455.0         | 112.3       | 15.2         | 7.2           | 105.940      |
| 156       | 5.5   | 4.4         | 3.0   | 1.8   | 6.7  | 65.0  | 146.8      | 167.6              | 145.0         | 21.1        | 7.2          | 5.2           | 48.274       |
| 157       | 4.3   | 3.3         | 3.4   | 2.4   | 1.5  | 2.8   | 68.4       | 81.0               | 101.7         | 206.7       | 17.0         | 5.7           | 41.513       |
| 158       | 8.1   | 6.9         | 29.6  | 2.7   | 1.8  | 94.9  | 297.9      | 248.4              | 584.8         | 290.9       | 221.9        | 38.5          | 152.216      |
| 159       | 18.4  | 7.9         | 4.5   | 16.6  | 2.9  | 40.8  | 201.8      | 372.0              | 156.9         | 111.5       | 37.7         | 11.3          | 81.848       |
| 160       | 35.1  | 6.8         | 3.6   | 1.8   | 1.0  | 3.9   | 93.0       | 182.6              | 113.6         | 30.8        | 13.7         | 48.0          | 44.484       |
| 161       | 39.2  | 9.9         | 3.9   | 2.3   | 1.0  | 38.0  | N/D        | 311.0              | 348.0         | 66.3        | 11.2         | 8.9           | 76.327       |
| 162       | 5.3   | 8.2         | 2.8   | 1.4   | 0.6  | 53.7  | 158.6      | 120.3              | 247.8         | 139.5       | 19.4         | 13.1          | 64.217       |
| 163       | 11.2  | 3.5         | 3.3   | 1.3   | 1.2  | 34.2  | 289.7      | 308.2              | 346.3         | 254.6       | 28.1         | 61.4          | 111.916      |
| 164       | 13.1  | 9.7         | 4.1   | 2.1   | 1.1  | 26.1  | 120.9      | 208.9              | 460.4         | 213.9       | 18.1         | 16.6          | 91.255       |
| 165       | 9.6   | 7.8         | 2.9   | 1.4   | 0.9  | 4.9   | 71.0       | 243.6              | 336.9         | 74.8        | 11.1         | 67.8          | 69.392       |
| 166       | 38.4  | 68.0        | 9.0   | 4.9   | 4.5  | 40.5  | 173.8      | 471.6              | 475.3         | 145.6       | 24.9         | 18.3          | 122.905      |
| 167       | 51.0  | 10.5        | 5.4   | 3.4   | 1.6  | 21.1  | 178.8      | 376.5              | 604.2         | 105.0       | 22.3         | 46.5          | 118.848      |
| 168       | 13.8  | 35.2        | 175.5 | 12.3  | 5.8  | 12.3  | 231.4      | 353.7              | 722.1         | 202.5       | 57.4         | 138.8         | 163.393      |
| 169       | 50.1  | 20.7        | 7.9   | 4.1   | 2.5  | 3.6   | 161.7      | 150.5              | 254.9         | 297.3       | 22.2         | 102.0         | 89.794       |
| 170       | 80.0  | 49.3        | 19.1  | 4.5   | 2.1  | 29.5  | 207.3      | 365.9              | 427.8         | 222.2       | 25.0         | 11.0          | 120.320      |
| 171       | 7.9   | 5.2         | 3.1   | 1.9   | 1.5  | 41.9  | 172.0      | 258.3              | 297.0         | 180.3       | 21.1         | 11.2          | 83.457       |
| 172       | 13.5  | 6.0         | 3.2   | 1.4   | 1.1  | 10.0  | 69.1       | 109.7              | 205.3         | 42.4        | 202.0        | 51.6          | 59.601       |
| 173       | 54.4  | 25.9        | 11.3  | 3.0   | 2.6  | 14.6  | 145.1      | 614.0              | 456.5         | 153.0       | 39.3         | 12.0          | 127.637      |
| 174       | 8.5   | 5.3         | 2.7   | 1.7   | 3.8  | 37.8  | 145.0      | 176.7              | 198.0         | 88.7        | 10.1         | 31.7          | 59.181       |
| 175       | 28.1  | 6.2         | 3.1   | 1.6   | 0.9  | 6.3   | 250.2      | 386.9              | 222.1         | 51.5        | 7.7          | 1.7           | 80.513       |
| medl<br>o | 25.19 | 16.24       | 13.79 | 4.38  | 2.92 | 30.65 | 167.4<br>9 | 259.53             | 316.76        | 128.36      | 36.04        | 26.53         | 85.66        |

0: No existen datos. Su ausencia se considera no significativa debido a que del total de meses de la serie (384), en el 99.7% en datos. No obstante, se podrán utilizar metodologías para completar series de datos.

## 2. Se identifica el años más seco y el año más húmedo de la serie

| Año  | Volumen              |
|------|----------------------|
|      | Hm <sup>3</sup> /año |
| 1944 | 4063.62              |
| 1945 | 2197.12              |
| 1946 | 2479.45              |
| 1947 | 2487.36              |
| 1948 | 3098.17              |
| 1949 | 2291.58              |
| 1950 | 2218.74              |
| 1951 | 1359.52              |
| 1952 | 1767.54              |
| 1953 | 1934.05              |
| 1954 | 1974.29              |
| 1955 | 3340.93              |
| 1956 | 1522.36              |
| 1957 | 1309.14              |
| 1958 | 4800.28              |
| 1959 | 2581.17              |
| 1960 | 1402.84              |
| 1961 | 2407.03              |
| 1962 | 2025.16              |
| 1963 | 3529.40              |
| 1964 | 2877.82              |
| 1965 | 2188.33              |
| 1966 | 3875.92              |
| 1967 | 3748.00              |
| 1968 | 5152.76              |
| 1969 | 2831.74              |
| 1970 | 3794.40              |
| 1971 | 2631.90              |
| 1972 | 1879.59              |
| 1973 | 4025.17              |
| 1974 | 1866.32              |
| 1975 | 2539.06              |

### 3. Se calcula el año promedio

|            | Estiaje        | Año<br>Avenida<br>m <sup>3</sup> /s | Medio          |                                                       |
|------------|----------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|
| Enero      | 4.252          | 13.808                              | 9.030          |                                                       |
| Febrero    | 3.347          | 35.242                              | 19.294         |                                                       |
| Marzo      | 3.367          | <b>175.466</b>                      | 89.416         |                                                       |
| Abril      | 2.426          | 12.336                              | 7.381          |                                                       |
| Mayo       | 1.494          | 5.753                               | 3.624          |                                                       |
| Junio      | 2.810          | 12.297                              | 7.553          |                                                       |
| Julio      | <b>68.373</b>  | <b>231.372</b>                      | <b>149.872</b> | <b>Meses de<br/>avenidas &gt; a<br/>los promedios</b> |
| Agosto     | <b>81.005</b>  | <b>353.726</b>                      | <b>217.365</b> |                                                       |
| Septiembre | <b>101.674</b> | <b>722.090</b>                      | <b>411.882</b> |                                                       |
| Octubre    | <b>206.693</b> | <b>202.478</b>                      | <b>204.585</b> |                                                       |
| Noviembre  | 17.031         | 57.379                              | 37.205         |                                                       |
| Diciembre  | 5.682          | 138.767                             | 72.225         |                                                       |
| Promedio   | 41.513         | 163.393                             | 102.453        |                                                       |

#### 4. A partir de las reglas de Tennant se tiene la referencia entre el % y el objetivo ambiental

| Criterios cualitativos para fijar caudales ecológicos | Objetivo ambiental | Caudales recomendados<br>(en relación al escurrimiento medio anual) |             |
|-------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                       |                    | Estiaje                                                             | Avenidas    |
| Intervalo óptimo                                      | A                  | 60% a 100%                                                          | 60% al 100% |
| Excepcional                                           |                    | 40%                                                                 | 60%         |
| Excelente                                             |                    | 30%                                                                 | 50%         |
| Bueno                                                 | B                  | 20%                                                                 | 40%         |
| Justo                                                 | C                  | 10%                                                                 | 30%         |
| Mínimo o pobre                                        | D                  | 10%                                                                 | 10%         |
| Degradación severa                                    |                    | <10%                                                                | <10%        |

## 5. Sobre el CMM se aplican estos porcentajes según los diferentes objetivos de manejo

| Tabla 5. Régimen de caudal ecológico (Qecol) mensual y régimen anual para año de estiaje (m³/s) |        |        |       |       |           |                     |      |        |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|-------|-----------|---------------------|------|--------|-------------------|
| MES                                                                                             | CMM    | MÍNIMO | JUSTO | BUENO | EXCELENTE | INTERVALO<br>ÓPTIMO |      | MÁXIMO | Q <sub>ecol</sub> |
|                                                                                                 |        | 10%    | 10%   | 20%   | 30%       | 60%                 | 100% | 200%   | BUENO             |
| Enero                                                                                           | 25.19  | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |
| Febrero                                                                                         | 16.24  | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |
| Marzo                                                                                           | 13.79  | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |
| Abril                                                                                           | 4.38   | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |
| Mayo                                                                                            | 2.92   | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |
| Junio                                                                                           | 30.65  | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |
| Julio                                                                                           | 167.49 | 16.75  | 16.75 | 33.50 | 50.25     | 100.49 - 167.49     |      | 334.98 | 33.50             |
| Agosto                                                                                          | 259.53 | 25.95  | 25.95 | 51.91 | 77.86     | 155.72 - 259.53     |      | 519.06 | 51.91             |
| Septiembre                                                                                      | 316.76 | 31.68  | 31.68 | 63.35 | 95.03     | 190.06 - 316.76     |      | 633.53 | 63.35             |
| Octubre                                                                                         | 128.36 | 12.84  | 12.84 | 25.67 | 38.51     | 77.01 - 128.36      |      | 256.71 | 25.67             |
| Noviembre                                                                                       | 36.04  | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |
| Diciembre                                                                                       | 26.53  | 8.57   | 8.57  | 17.13 | 25.70     | 51.39 - 85.66       |      | 171.31 | 17.13             |

EMA= 85.66

CMM= Caudal Medio Mensual

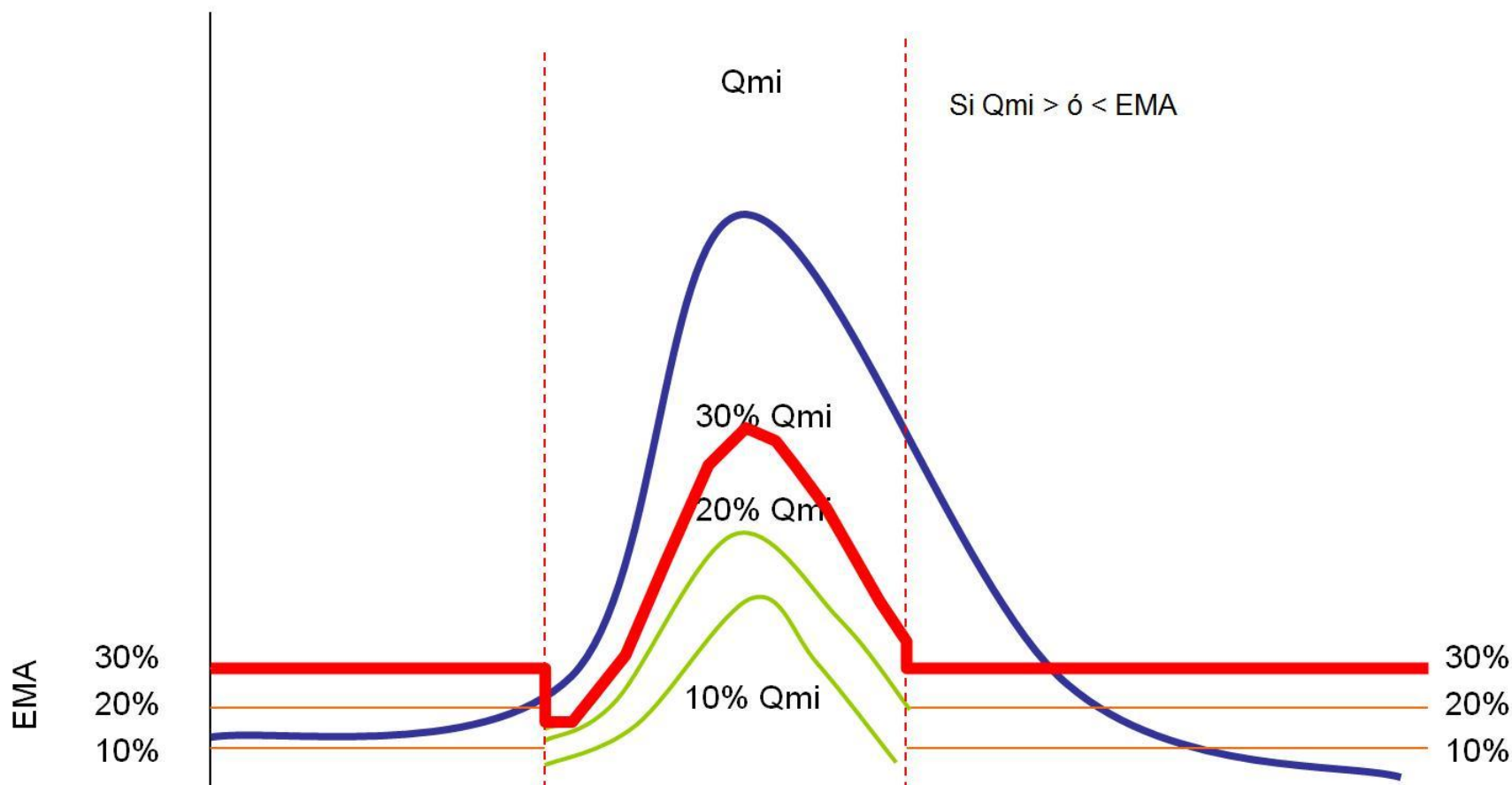
EMA = Esguerrimiento Medio Anual



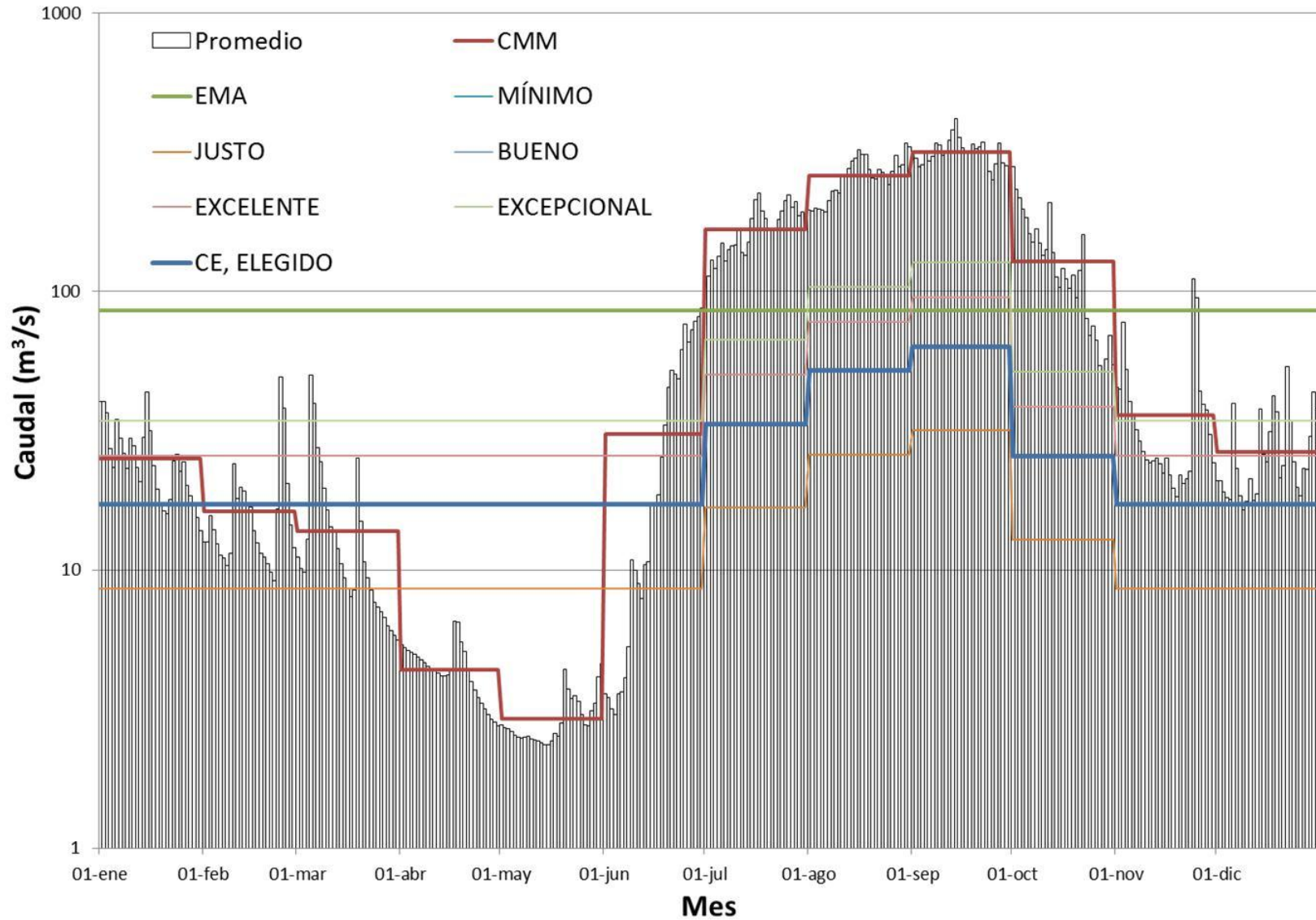
**La identificación del objetivo de manejo del tramo lleva a la selección de la propuesta de caudales ecológicos**

# CONAGUA 2011

1. Criterio para diferenciar estaciones: **SI**  $Q_{mi} > \text{ó} < EMA$
2. Variables de cálculo: **% EMA y %Qmi**
3. Forma de utilización de las variables: **En función del objetivo**
4. Adecuación a los objetivos ambientales: **SI**
5. Criterios numéricos de referencia: **Valores de Tennant**
6. Criterios para diferenciar años húmedos, medios y secos: **SI**



# RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO MENSUAL Y REGIMEN ANUAL PARA AÑO DE ESTIAJE

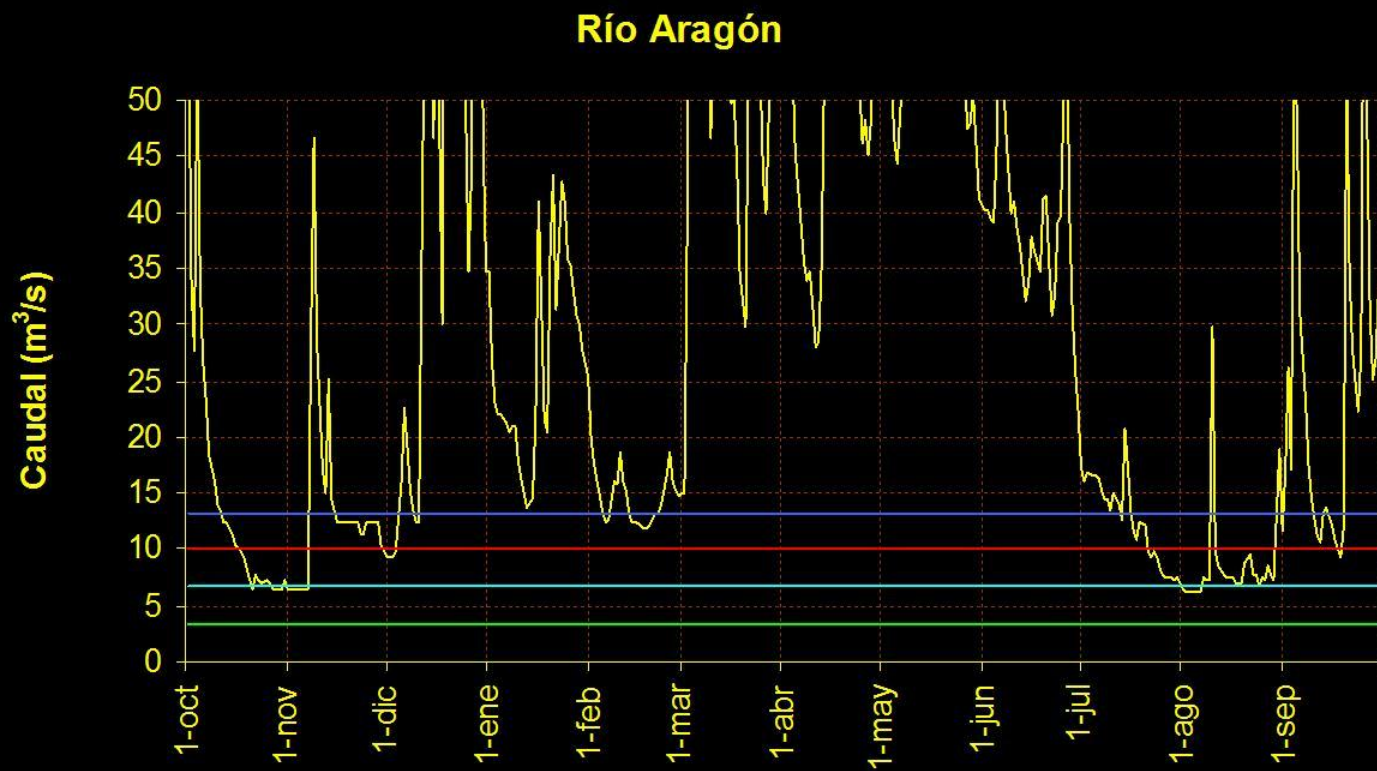
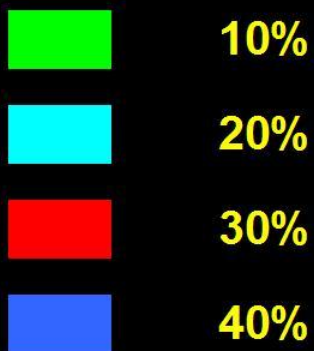
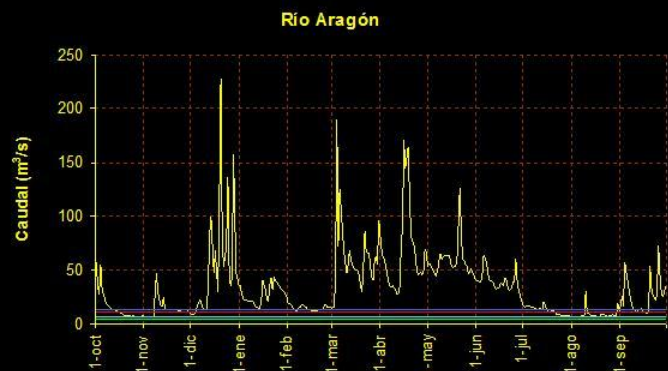


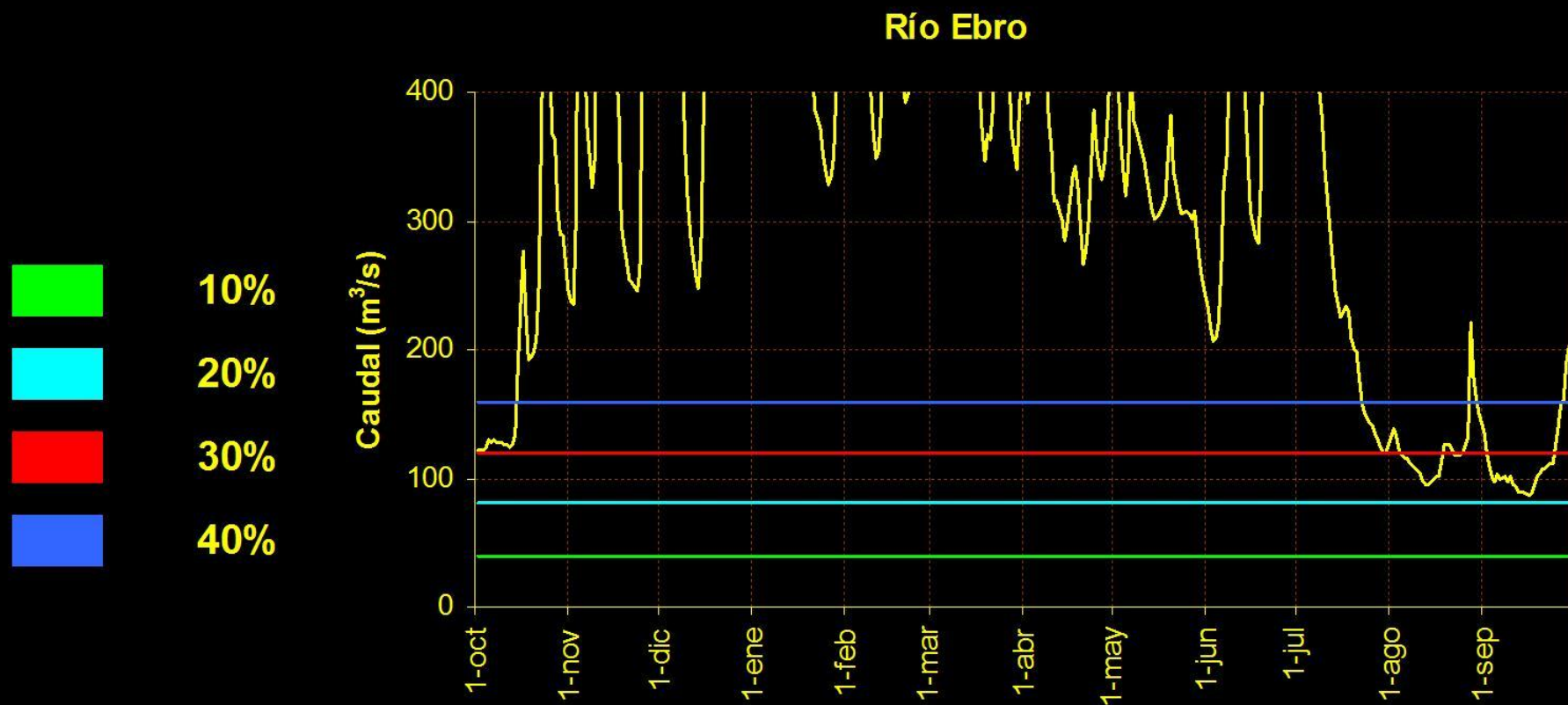
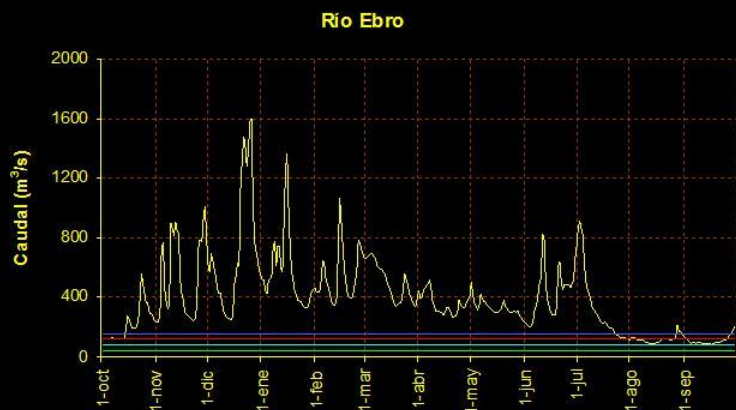
# **ALGUNAS REFLEXIONES EN TORNO A TENNANT**

**CAUDALES DE PERIODO SECO:**

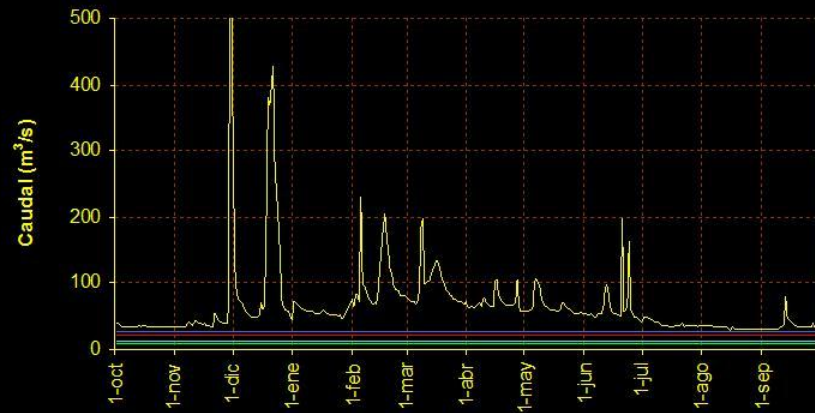
**10%, 15%, 20%, ....**

**SERVIR DE BASE PARA LOS  
METODOS DE CALCULO DE  
CAUDALES ECOLOGICOS**

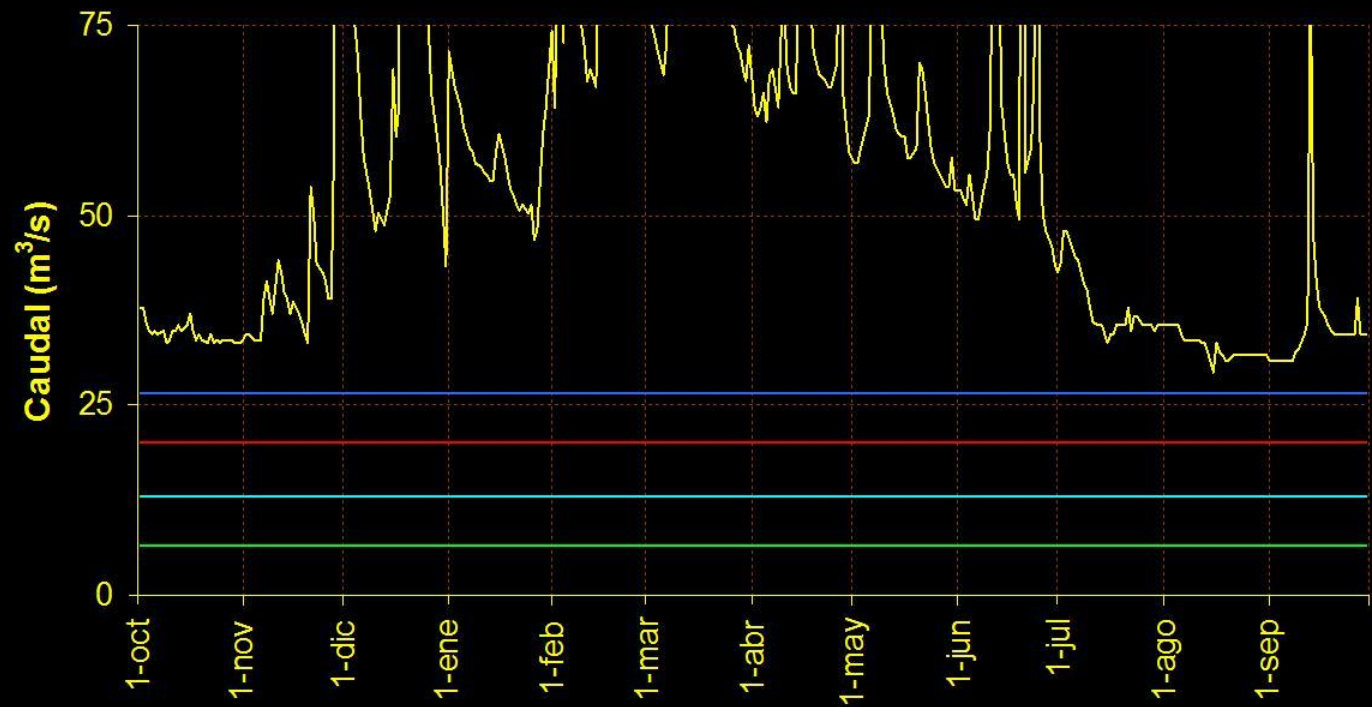




Río Júcar



Río Júcar



# SINTESIS DE LAS PROPUESTAS DE CONAGUA 2007 y 2011

|                                                     | <b>COMENTARIO</b>                                                                             |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Criterio para diferenciar estaciones</b>         | Fundamentos CONAGUA 2007 y 2011 son buenos                                                    |
| <b>Variables de cálculo</b>                         | Variables CONAGUA 2007 y 2011 son buenas                                                      |
| <b>Forma de utilización de variables</b>            | Bien en CONAGUA 2007. Hay que mejorarlo en CONAGUA 2011                                       |
| <b>Criterios numéricos de referencia</b>            | <b>Hay que revisarlos. SON ESENCIALES!!!!</b>                                                 |
| <b>Criterios para diferenciar años hidrológicos</b> | Se puede mejorar en CONAGUA 2007. En CONAGUA 2011 no hay suficiente justificación hidrológica |
| <b>Adecuación a objetivos ambientales</b>           | Se puede mejorar en CONAGUA 2011. En CONAGUA 2001 no hay suficientes criterios                |

# POSIBLE PROPUESTA DE VALORES

**% EMA**

| OBJETIVO AMBIENTAL | ESTACION  |                                            |           |                                            |
|--------------------|-----------|--------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------|
|                    | ESTIAJE   |                                            | LLUVIAS   |                                            |
|                    | %         | COMENTARIO                                 | %         | COMENTARIO                                 |
| <b>A</b>           | <b>30</b> | Condicionado al régimen particular del río | <b>60</b> | Condicionado al régimen particular del río |
| <b>B</b>           | <b>20</b> |                                            | <b>40</b> |                                            |
| <b>C</b>           | <b>10</b> | Ya utilizado en CONAGUA 2007 Y 2011        | <b>30</b> | Ya utilizado en CONAGUA 2007 Y 2011        |
| <b>D</b>           | <b>10</b> |                                            | <b>10</b> |                                            |

**Basado en Tennat.....**

# POSIBLE PROPUESTA DE VALORES

% Qmi

| OBJETIVO AMBIENTAL | ESTACION    |                                                                                   |           |                                     |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
|                    | ESTIAJE     |                                                                                   | LLUVIAS   |                                     |
|                    | %           | COMENTARIO                                                                        | %         | COMENTARIO                          |
| <b>A</b>           | <b>100*</b> | Criterios equivalentes se utilizan en el Reino Unido y también es usado por Lyons | <b>50</b> | 40% utilizado por Tessman           |
| <b>B</b>           | <b>80</b>   |                                                                                   | <b>40</b> |                                     |
| <b>C</b>           | <b>60</b>   |                                                                                   | <b>30</b> |                                     |
| <b>D</b>           | <b>40</b>   | Es otro Standard del Reino Unido                                                  | <b>20</b> | En CONAGUA 2011 10% parece muy bajo |

..... pero ajustado a las peculiaridades hidrológicas de los ríos mexicanos

# TABLA DE CRITERIOS

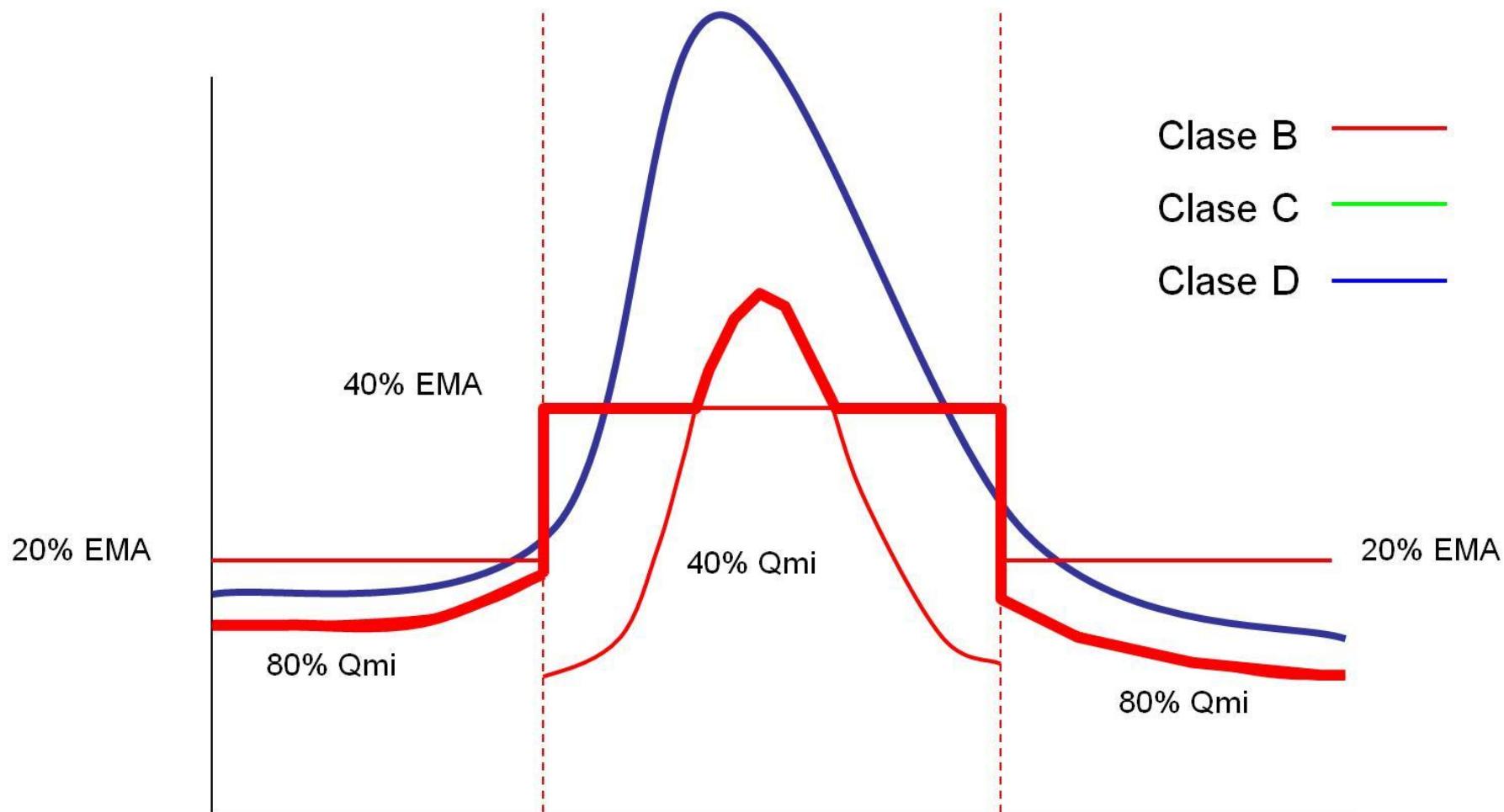
| OBJETIVO<br>AMBIENTAL | ESTACION  |             |           |           |
|-----------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
|                       | ESTIAJE   |             | LLUVIAS   |           |
|                       | % EMA     | % Qmi       | % EMA     | % Qmi     |
| <b>A</b>              | <b>30</b> | <b>100*</b> | <b>60</b> | <b>50</b> |
| <b>B</b>              | <b>20</b> | <b>80</b>   | <b>40</b> | <b>40</b> |
| <b>C</b>              | <b>10</b> | <b>60</b>   | <b>30</b> | <b>30</b> |
| <b>D</b>              | <b>10</b> | <b>40</b>   | <b>10</b> | <b>20</b> |

# POSIBLE PROPUESTA

|                                                     |                                          |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Criterio para diferenciar estaciones</b>         | Según CONAGUA                            |
| <b>Variables de cálculo</b>                         | Según CONAGUA                            |
| <b>Forma de utilización de variables</b>            | Según CONAGUA 2007.                      |
| <b>Criterios numéricos de referencia</b>            | Según CONAGUA 2007 y 2011 pero revisados |
| <b>Criterios para diferenciar años hidrológicos</b> | Según CONAGUA 2007 pero mejorada.        |
| <b>Adecuación a objetivos ambientales</b>           | Según CONAGUA 2011 pero mejorada.        |

# COMPARACION

| OBJETIVO AMBIENTAL | ESTACION |       |         |       |
|--------------------|----------|-------|---------|-------|
|                    | ESTIAJE  |       | LLUVIAS |       |
|                    | % EMA    | % Qmi | % EMA   | % Qmi |
| A                  | 30       | 100*  | 60      | 50    |
| B                  | 20       | 80    | 40      | 40    |
| C                  | 10       | 60    | 30      | 30    |
| D                  | 10       | 40    | 10      | 20    |



## **ANEXOTÉCNICO 2**

**METODOLOGÍA HIDROLÓGICA PARA DETERMINAR EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA DE PROPIEDAD NACIONAL A NIVEL DE CUENCA HIDROLÓGICA.**

**APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PROPUESTA POR LA ALIANZA WWF – FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.**

# **APLICACIÓN 1: GRAN VISION**

## Aplicación 1: Estudio de “Gran Visión”

Elementos de caudal ecológico a determinar: Volumen anual de agua a reservar con finalidad ambiental

○ Información requerida:

• Objetivo ambiental o de conservación por cuenca

- ✓ Importancia ecológica
- ✓ Presión de uso

○ Procedimiento:

1. Determinación del objetivo ambiental para la cuenca
2. Según objetivo ambiental y la naturaleza de la corriente, se considerarán intervalos de porcentajes del EMA (Valores de referencia)

# Valores de referencia para el contexto mexicano

- Excelente instrumento para alcanzar un objetivo ambiental o estado de conservación deseado
- Intervalos a manera de porcentaje del escurrimiento medio anual (%EMA) por tipo o naturaleza de corrientes

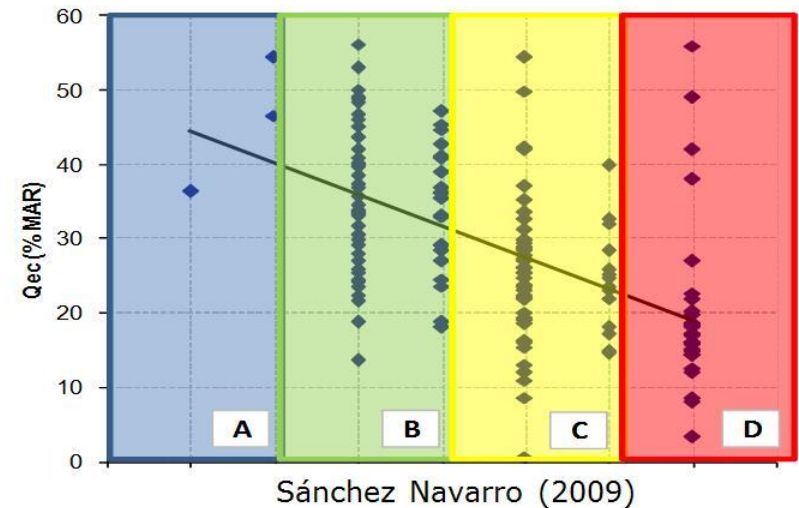
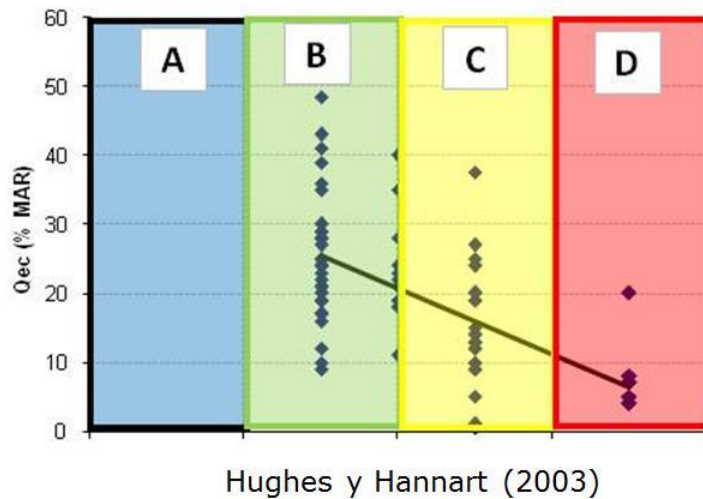
- Valores de referencia para el contexto mexicano

1. Tennant modificado

| Porcentaje de EMA | Características esperadas en las corrientes                                                                                                                         |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 60                | Volumen de corriente que provee de hábitat excelente para la vida acuática durante las primeras etapas de crecimiento y para la mayoría de los usos recreacionales. |
| 30                | Volumen recomendado como base de corriente para sostener buenas condiciones de supervivencia para la vida acuática y actividades recreativas generales.             |
| 10                | Volumen mínimo instantáneo recomendado para sostener a corto plazo el hábitat la supervivencia la vida acuática.                                                    |

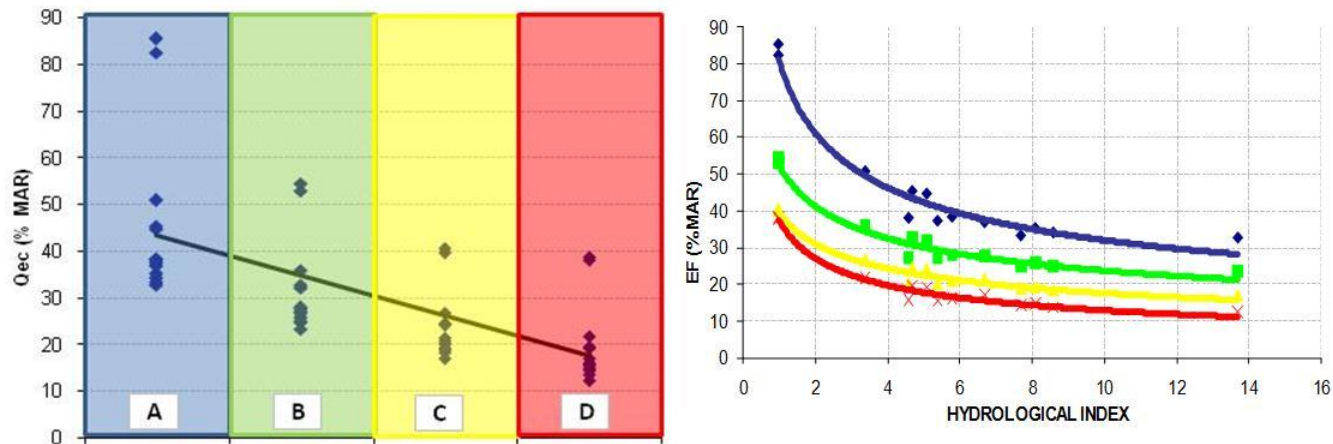
- Valores de referencia para el contexto mexicano

## 2. Tendencia en experiencias internacionales



- Valores de referencia para el contexto mexicano

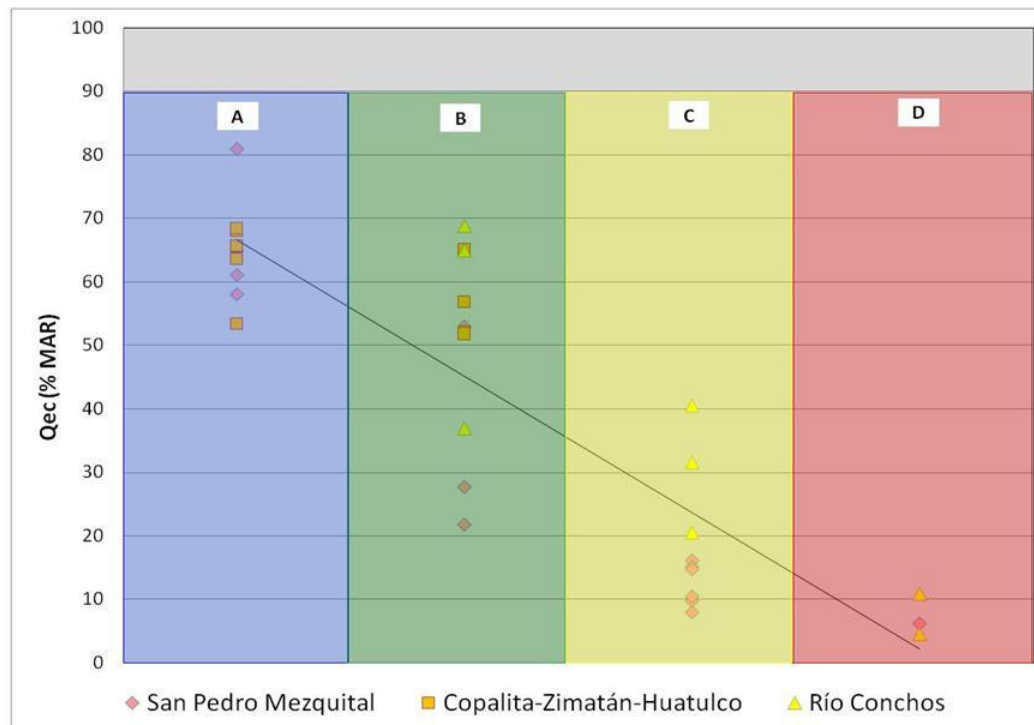
## 2. Tendencia en experiencias internacionales



Smakhtin y Anputhas (2006)

- Valores de referencia para el contexto mexicano

### 3. Tendencia en experiencias nacionales



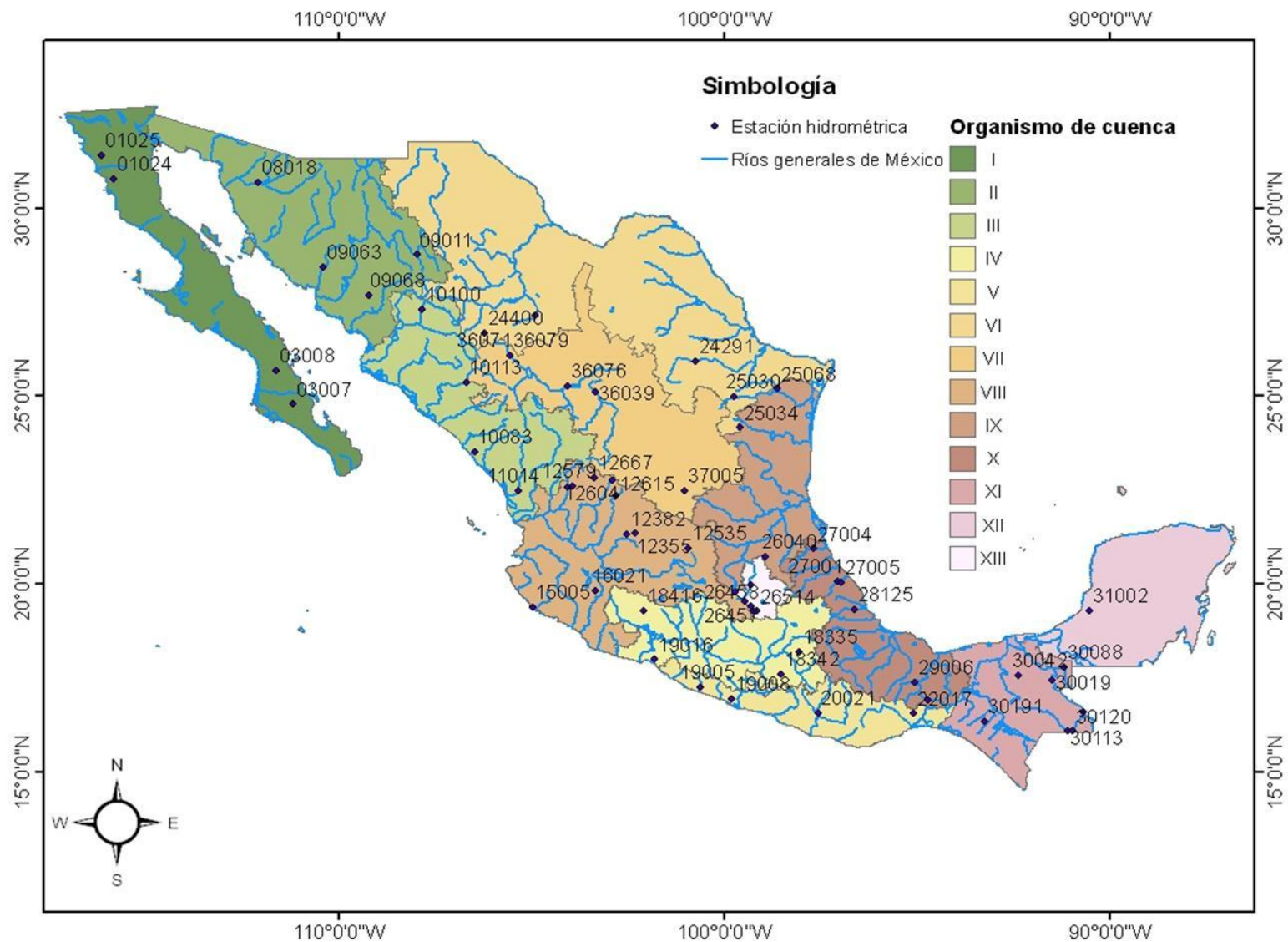
# • Valores de referencia para el contexto mexicano

## 5. Análisis de ríos mexicanos

Análisis sobre el comportamiento hidrológico de distintos ríos del país, a partir de los datos aforados por 60 estaciones hidrométricas, criterios de selección:

- Localización: Aguas arriba de infraestructuras hidráulicas o hidroeléctricas
- Tiempo de aforo o cantidad de información: 10 años consecutivos
- Cantidad o muestra: 2 estaciones hidrométricas por cada Organismo de Cuenca.

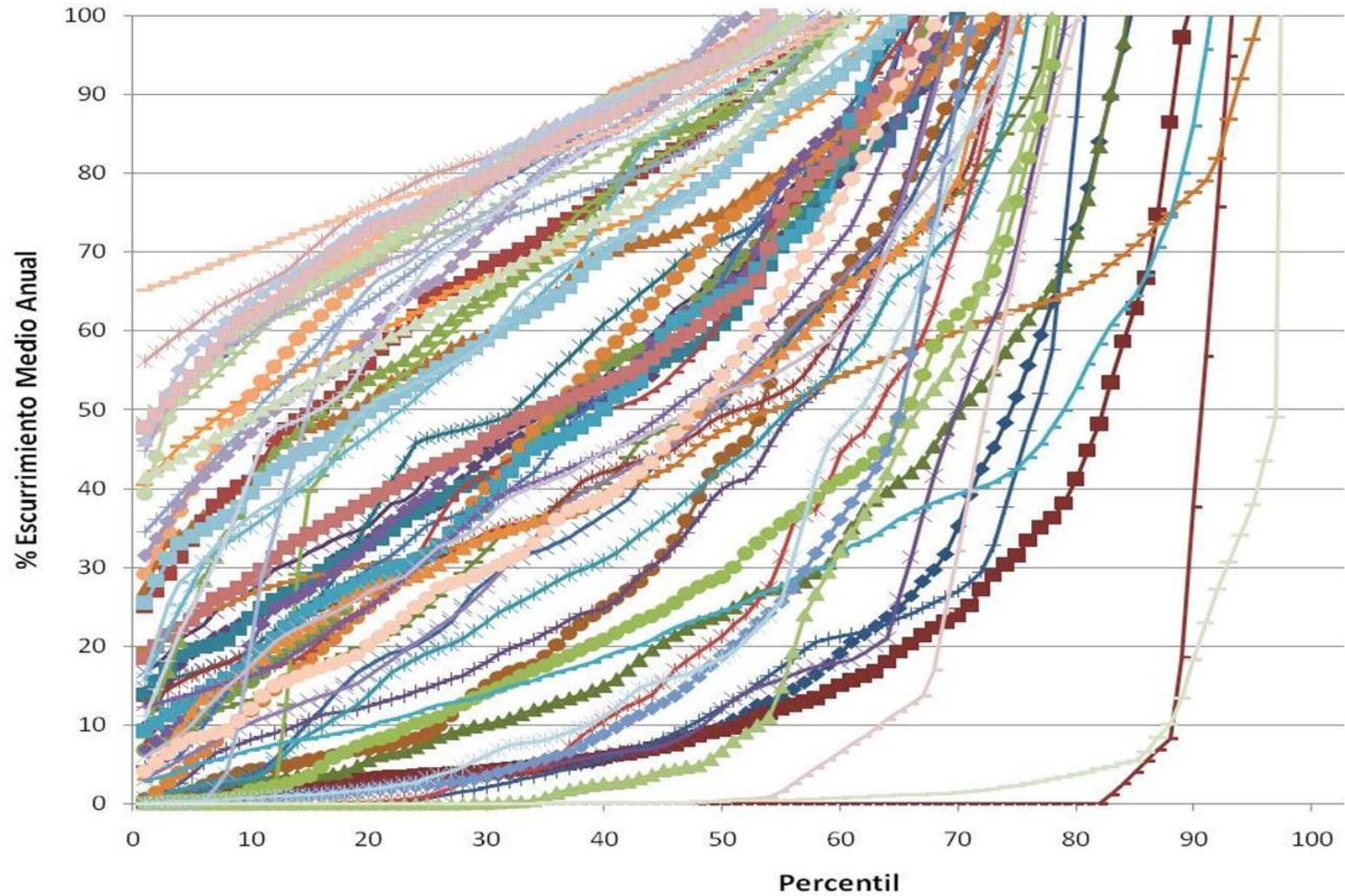
La información hidrométrica para este análisis fue obtenida del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (IMTA, 2002)

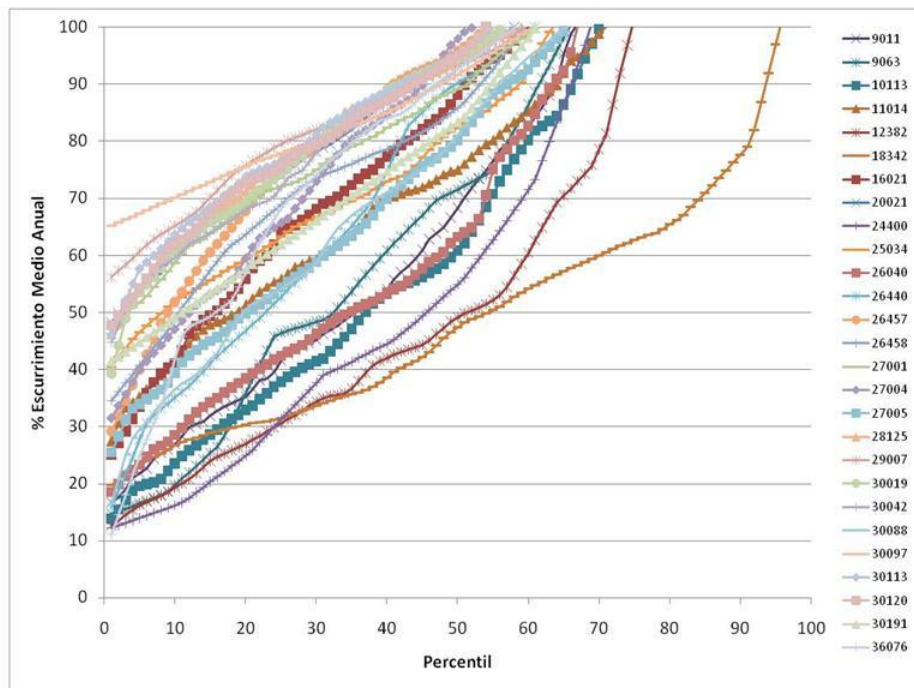


# RASGOS PRINCIPALES

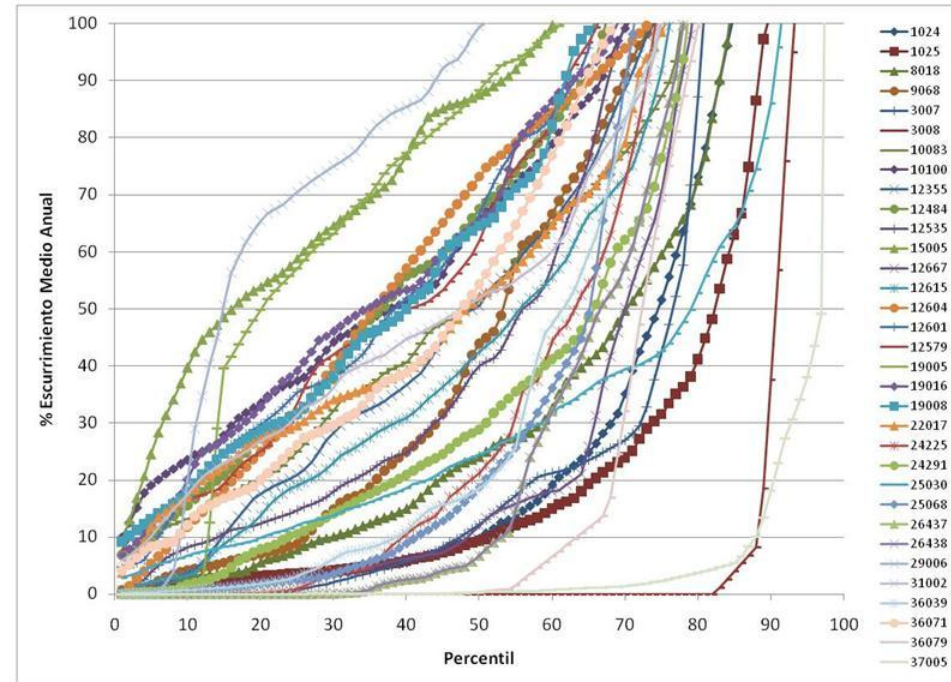
- ✓ Gran variabilidad hidrológica
- ✓ Análisis de componentes principales sobre el %EMA
- ✓ Análisis de conglomerados para corrientes perennes e intermitentes:
  - Percentil 0 > 10% del EMA = Corriente perenne
  - Percentil 0 < 10% del EMA = Corriente intermitente

# LOS RIOS MEXICANOS





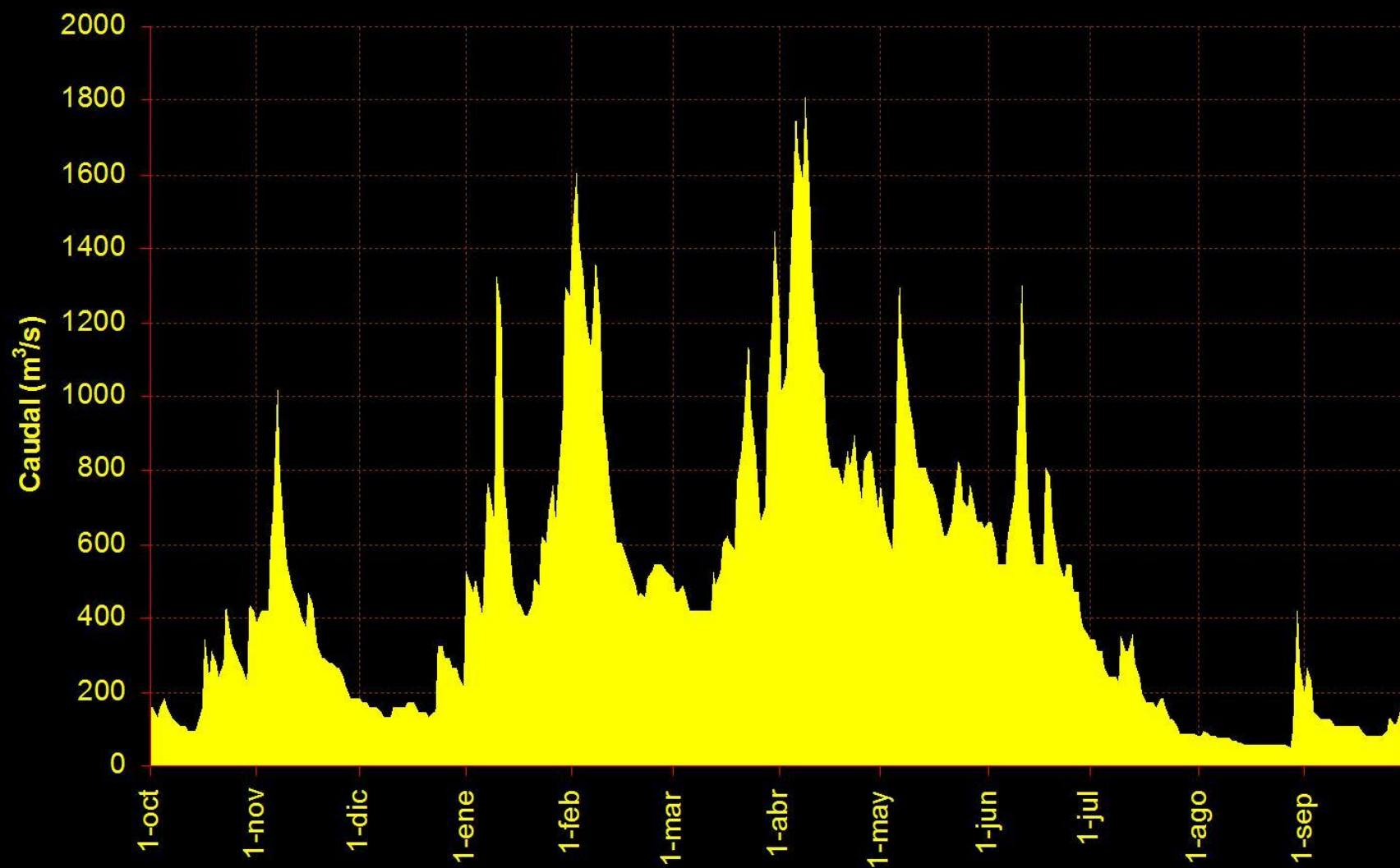
**SE PUEDEN  
DIFERENCIAR  
PERMANENTES DE  
TEMPORALES**



## Valores de referencia para el contexto mexicano

| OBJETIVO AMBIENTAL | ESTADO DE CONSERVACION | Qec (% EMA)            |                       |
|--------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
|                    |                        | CORRIENTES PERMANENTES | CORRIENTES TEMPORALES |
| A                  | Muy bueno              | >40                    | >20                   |
| B                  | Bueno                  | 25-40                  | 15-20                 |
| C                  | Moderado               | 15-25                  | 10-15                 |
| D                  | Deficiente             | 5-15                   | 5-10                  |

# **APLICACIÓN 2: DETALLADA**



## Aplicación 2. Formulación de propuesta hidrológica “Detallada”

### Elementos de caudal ecológico a determinar:

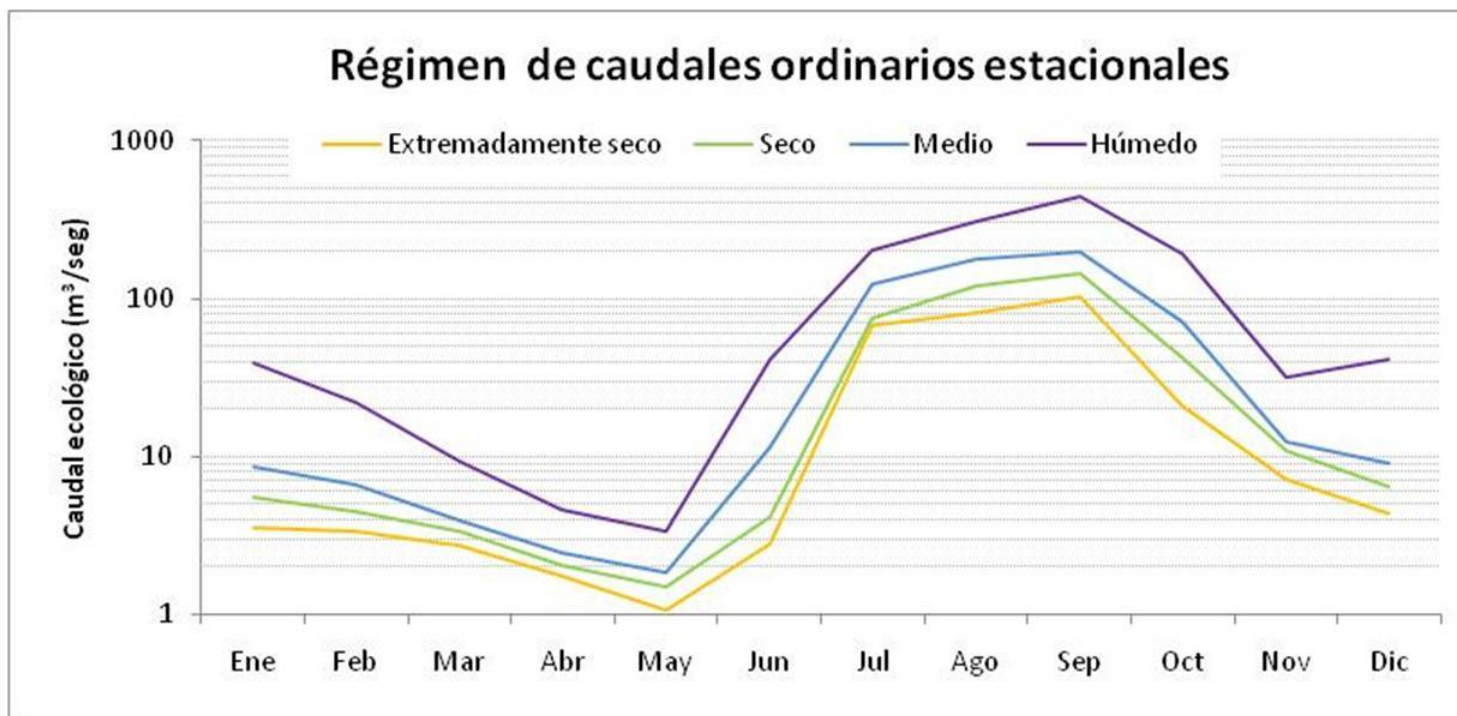
1. Régimen estacional de caudales de base para años:
  - Muy secos
  - Secos
  - Medios
  - Húmedos
2. Régimen de avenidas (magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia y tasa de cambio)
  - Intraanuales
  - Interanuales de baja magnitud
  - Interanuales de media magnitud
3. Volumen anual a reservas con finalidad ambiental

## Elementos de caudal ecológico a determinar:

### 1. Régimen de caudales ordinarios estacionales para años:

- Muy secos
- Secos
- Medios
- Húmedos

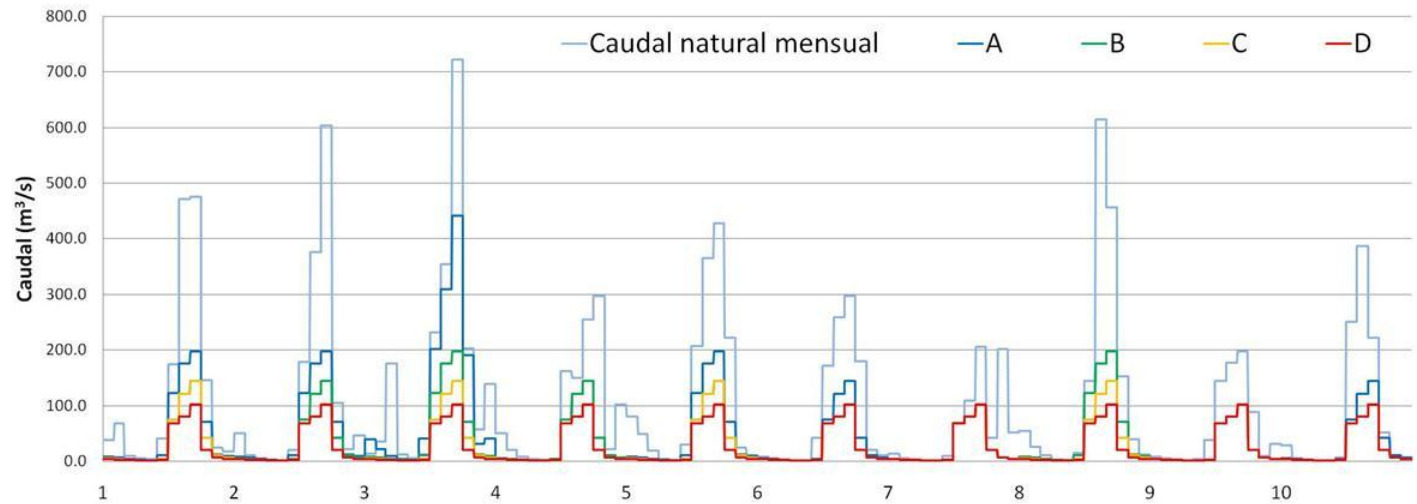
| CONDICIONES HIDROLOGICAS                | PERCENTILES |
|-----------------------------------------|-------------|
| Régimen de caudales para años húmedos   | 75          |
| Régimen de caudales para años medios    | 25          |
| Régimen de caudales para años secos     | 10          |
| Régimen de caudales para años muy secos | 0           |



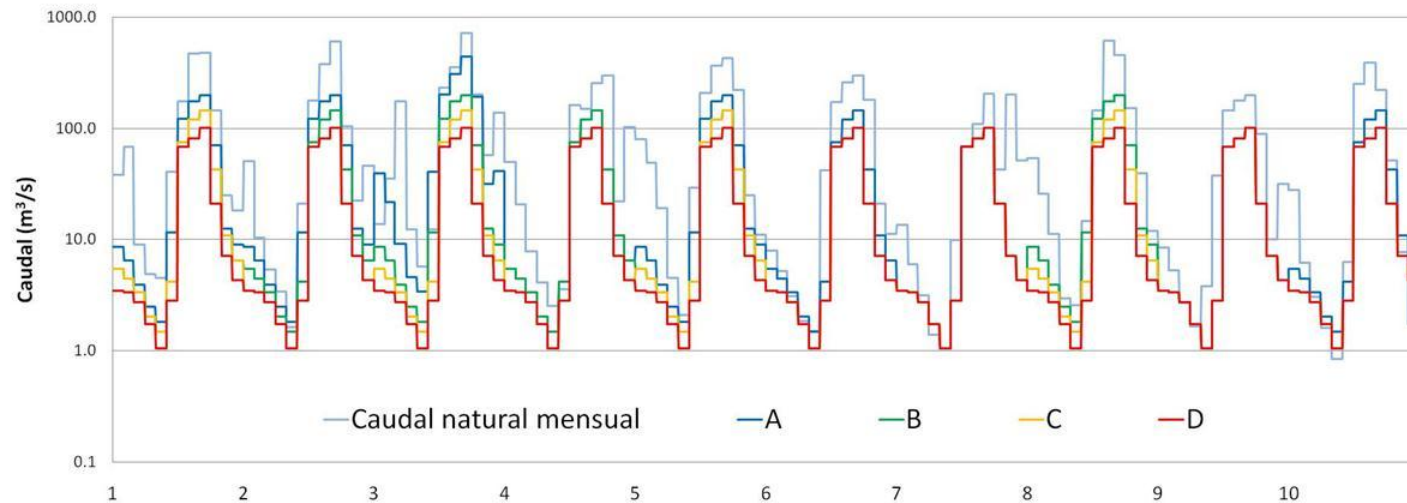
## Criterio de integración: Frecuencias de ocurrencia

| OBJETIVO AMBIENTAL | HUMEDO | MEDIO | SECO | MUY SECO |
|--------------------|--------|-------|------|----------|
| A                  | 0.1    | 0.4   | 0.3  | 0.2      |
| B                  | 0      | 0.2   | 0.4  | 0.4      |
| C                  | 0      | 0     | 0.4  | 0.6      |
| D                  | 0      | 0     | 0    | 1        |

## Escenario - Objetivos Ambientales



## Escenario - Objetivos Ambientales



Escala logarítmica

Proyección hipotética a 10 años



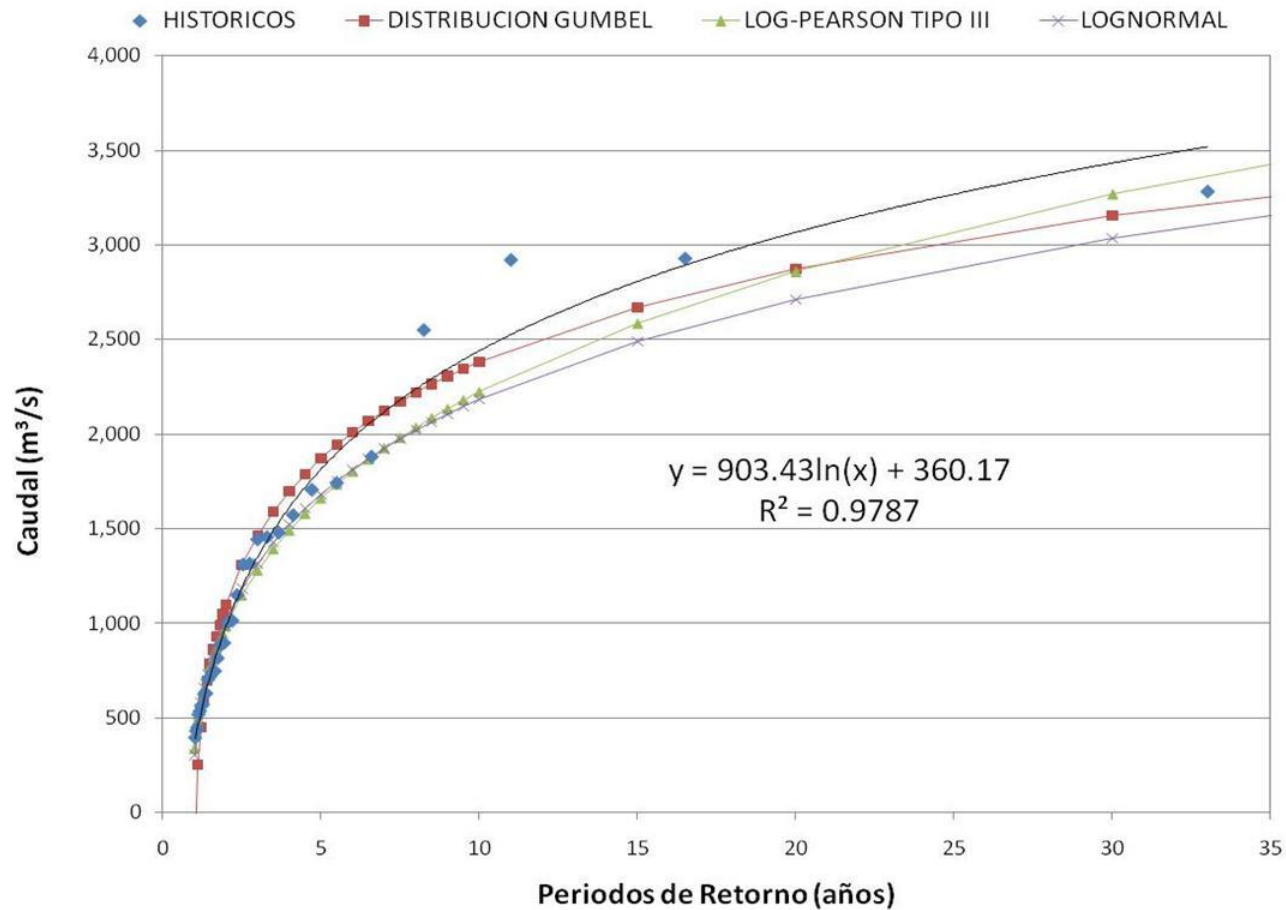
# 1,464 hm<sup>3</sup> al año

## 2. Régimen de avenidas (magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia y tasa de cambio)

### □ Tipificación y caracterización

- Intraanuales ( $Pr = 1$  año = Avenida Tipo I)
- Interanuales de baja magnitud ( $Pr = 1.5$  años = Avenida Tipo II)
- Interanuales de media magnitud ( $Pr = 5$  años = Avenida Tipo III)

# Método hidrológico



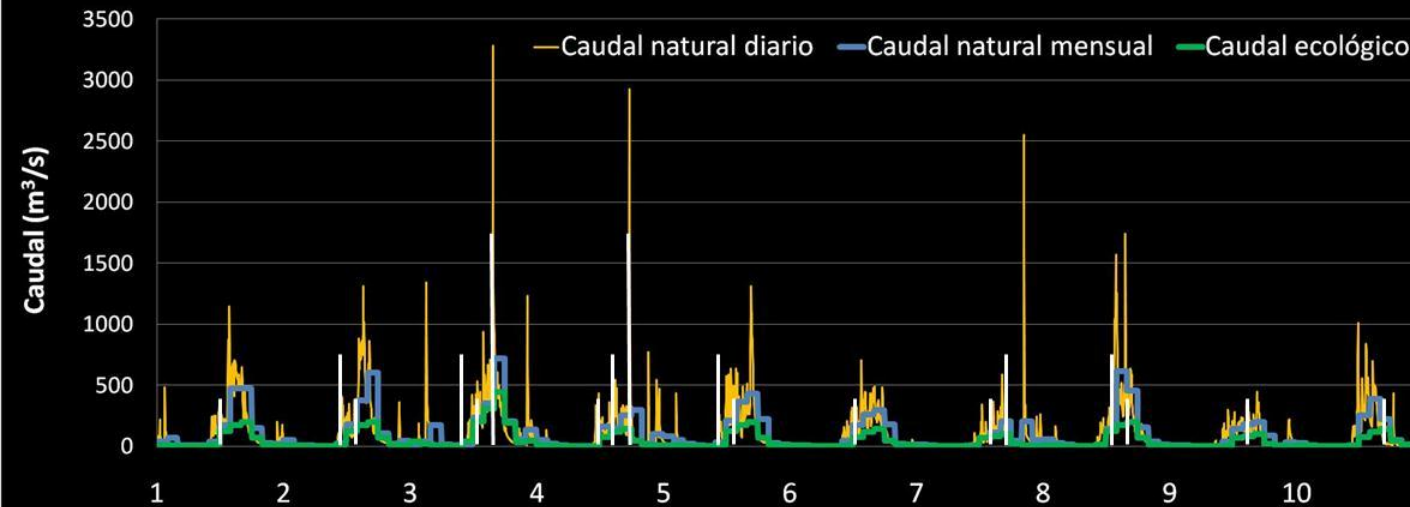
# Método hidrológico

| m <sup>3</sup> /s  |      | HISTORICOS | DISTRIBUCION ESTADISTICA |          |            | PROMEDIO | VALOR SELECCIONADO |
|--------------------|------|------------|--------------------------|----------|------------|----------|--------------------|
|                    |      |            | GUMBEL                   | LOG III  | LOG NORMAL |          |                    |
| PERIODO DE RETORNO | 1.0  | 360.13     |                          | 336.23   | 302.60     | 332.99   | 325.00             |
|                    | 1.5  | 718.15     | 784.04                   | 770.16   | 789.81     | 765.54   | 750.00             |
|                    | 2.0  | 946.85     | 1,097.99                 | 986.06   | 1,018.80   | 1,012.42 |                    |
|                    | 5.0  | 1,717.11   | 1,870.63                 | 1,660.95 | 1,681.35   | 1,732.51 | 1,725.00           |
|                    | 10.0 | 2,784.01   | 2,382.19                 | 2,224.12 | 2,185.22   | 2,393.88 |                    |
|                    | 20.0 | 3,000.97   | 2,872.88                 | 2,859.42 | 2,713.17   | 2,861.61 |                    |

- ☐ Criterio de integración del régimen de avenidas: Frecuencias de ocurrencia

| <b>OBJETIVO<br/>AMBIENTAL</b> | <b>REGIMEN DE AVENIDAS</b> |                |               |
|-------------------------------|----------------------------|----------------|---------------|
|                               | <b>TIPO III</b>            | <b>TIPO II</b> | <b>TIPO I</b> |
| A                             | 2                          | 6              | 10            |
| B                             | 2                          | 3              | 5             |
| C                             | 1                          | 2              | 3             |
| D                             | 1                          | 1              | 2             |

## Escenario - Objetivo Ambiental "A"



Tipo III

Tipo II

Tipo I

### Régimen de avenidas:

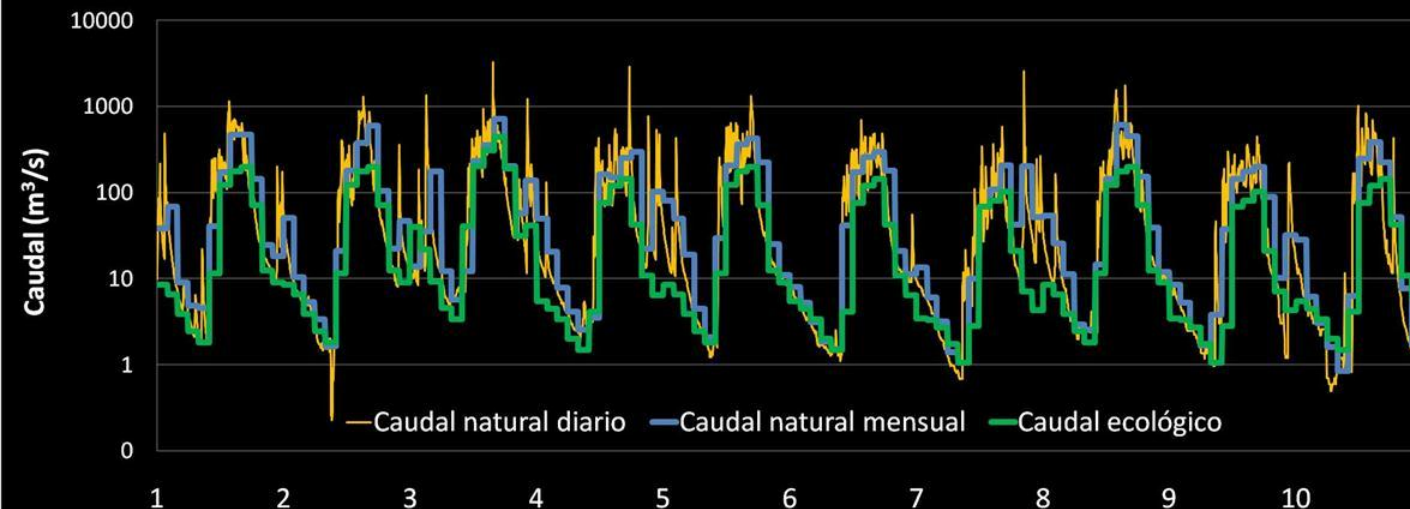
- *Tipo I*
  - ✓ Magnitud: 325 m<sup>3</sup>/seg
  - ✓ Frecuencia: 10/10 años
  - ✓ Duración: 7 días
- *Tipo II*
  - ✓ Magnitud: 750 m<sup>3</sup>/seg
  - ✓ Frecuencia: 6/10 años
  - ✓ Duración: 3 días
- *Tipo III*
  - ✓ Magnitud: 1725 m<sup>3</sup>/seg
  - ✓ Frecuencia: 2/10 años
  - ✓ Duración: 1 día

- ✓ Momento: Jul-Oct
- ✓ Tasa de cambio :  
+65 : -38

Escala logarítmica

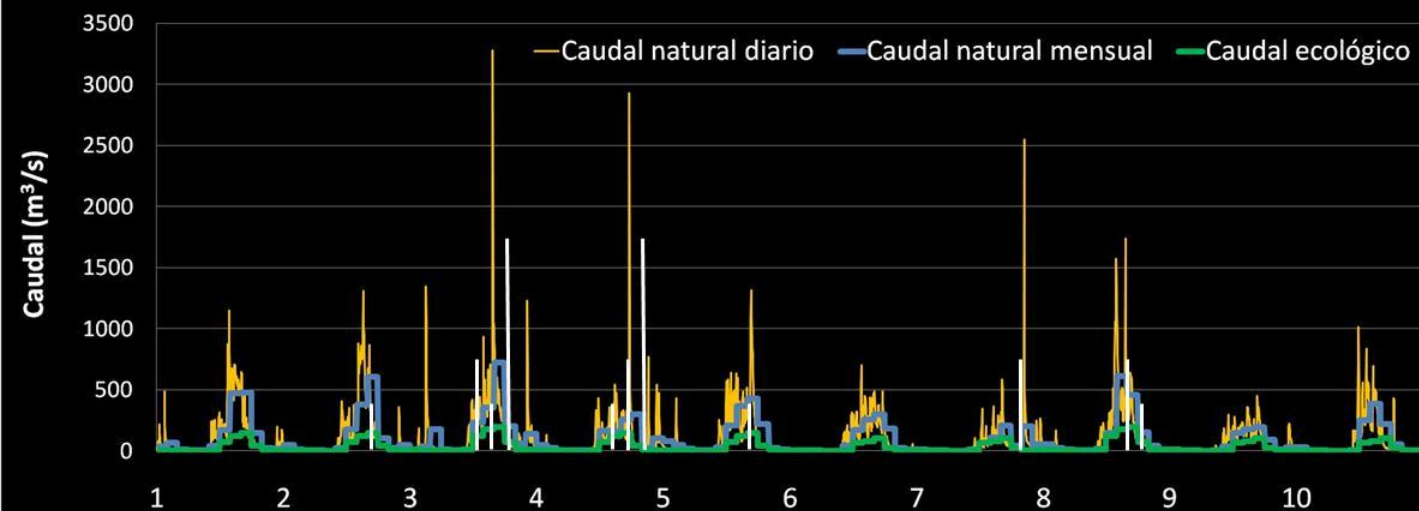
65 % EMA

## Escenario - Objetivo Ambiental "A"



Proyección hipotética a 10 años

## Escenario - Objetivo Ambiental "B"



Tipo III

Tipo II

Tipo I

## Régimen de avenidas:

### • Tipo I

- ✓ Magnitud:  $325 \text{ m}^3/\text{seg}$
- ✓ Frecuencia: 5/10 años
- ✓ Duración: 7 días

### • Tipo II

- ✓ Magnitud:  $750 \text{ m}^3/\text{seg}$
- ✓ Frecuencia: 3/10 años
- ✓ Duración: 3 días

### • Tipo III

- ✓ Magnitud:  $1725 \text{ m}^3/\text{seg}$
- ✓ Frecuencia: 2/10 años
- ✓ Duración: 1 día

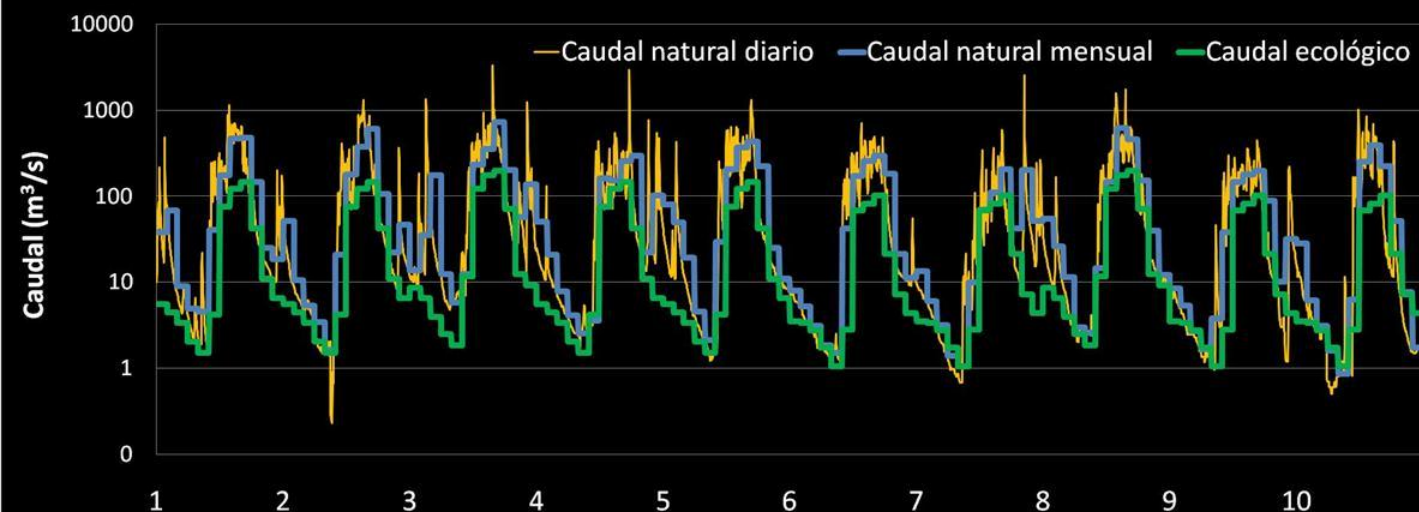
✓ Momento: Jul-Oct

✓ Tasa de cambio :  
+65 : -38

Escala logarítmica

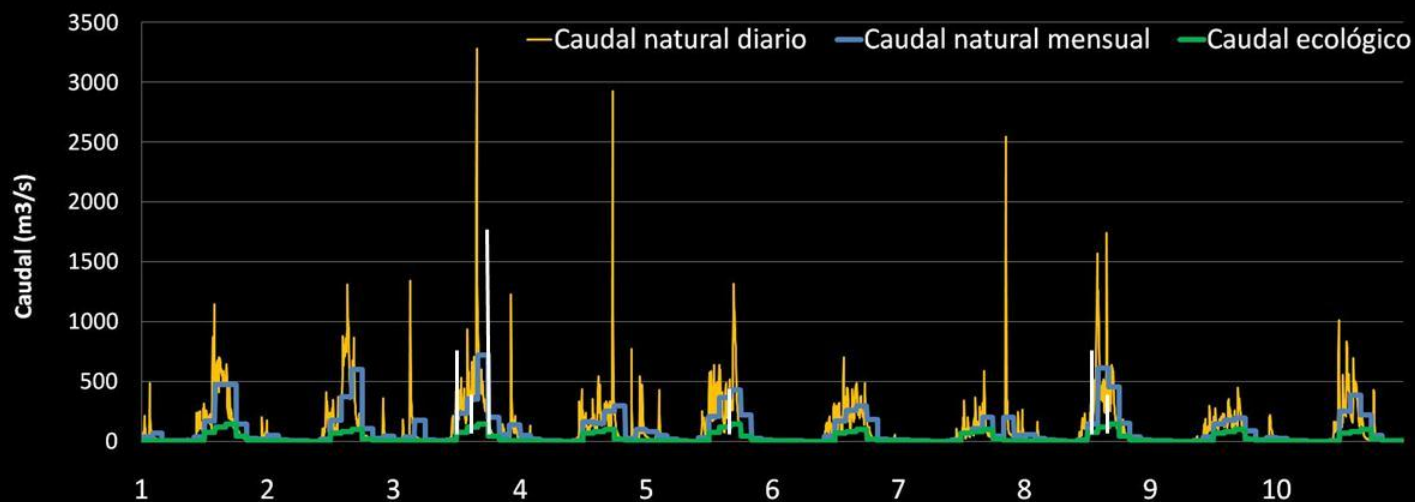
45 % EMA

## Escenario - Objetivo Ambiental "B"



Proyección hipotética a 10 años

## Escenario - Objetivo Ambiental "C"



Tipo III

Tipo II

Tipo I

### Régimen de avenidas:

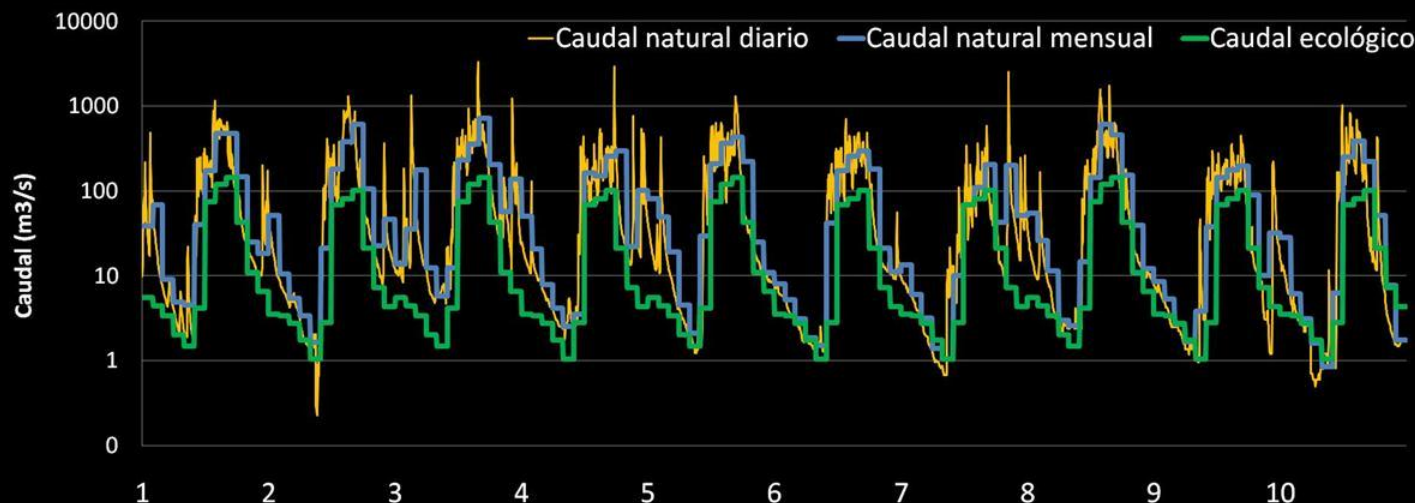
- *Tipo I*
  - ✓ Magnitud: 325 m<sup>3</sup>/seg
  - ✓ Frecuencia: 3/10 años
  - ✓ Duración: 7 días
- *Tipo II*
  - ✓ Magnitud: 750 m<sup>3</sup>/seg
  - ✓ Frecuencia: 2/10 años
  - ✓ Duración: 3 días
- *Tipo III*
  - ✓ Magnitud: 1725 m<sup>3</sup>/seg
  - ✓ Frecuencia: 1/10 años
  - ✓ Duración: 1 día

- ✓ Momento: Jul-Oct
- ✓ Tasa de cambio :  
+65 : -38

Escala logarítmica

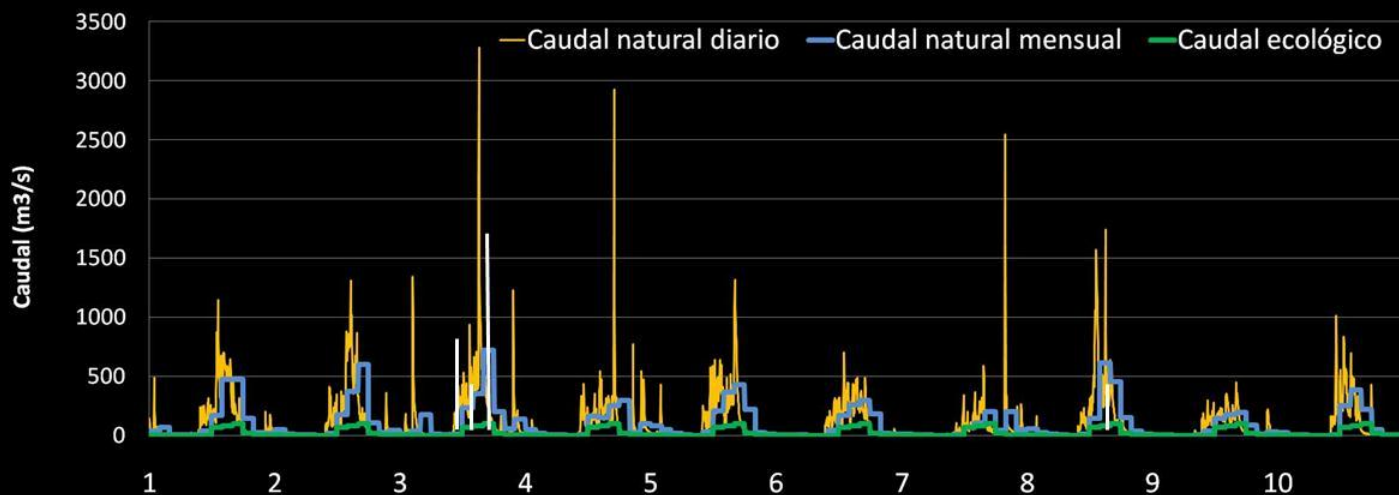
37 % EMA

## Escenario - Objetivo Ambiental "C"



Proyección hipotética a 10 años

## Escenario - Objetivo Ambiental "D"



Tipo III

Tipo II

Tipo I

### Régimen de avenidas:

#### •Tipo I

- ✓Magnitud: 325  $\text{m}^3/\text{seg}$
- ✓Frecuencia: 2/10 años
- ✓Duración: 7 días

#### •Tipo II

- ✓Magnitud: 750  $\text{m}^3/\text{seg}$
- ✓Frecuencia: 1/10 años
- ✓Duración: 3 días

#### •Tipo III

- ✓Magnitud: 1725  $\text{m}^3/\text{seg}$
- ✓Frecuencia: 1/10 años
- ✓Duración: 1 día

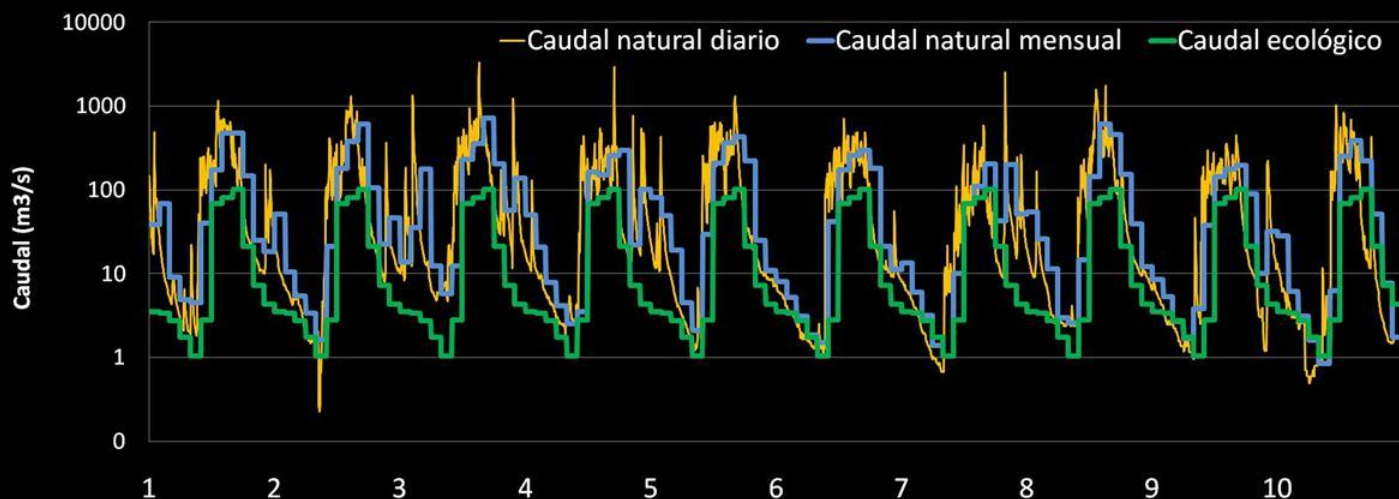
✓Momento: Jul-Oct

✓Tasa de cambio :  
+65 : -38

Escala logarítmica

31 % EMA

## Escenario - Objetivo Ambiental "D"



Proyección hipotética a 10 años

# Método hidrológico

## ➤ Volumen anual del régimen de avenidas

$$V_{t_{Ra}} = (F_{al} * D_{al} * V_{al}) + (F_{all} * D_{all} * V_{all}) + (F_{aIII} * D_{aIII} * V_{aIII})$$

$V_{t_{Ra}}$  = Volumen total del régimen de avenidas

$F_{al}$  = Frecuencia de ocurrencia de una avenida “i”

$D_{al}$  = Duración de una avenida “i”

$V_{al}$  = Volumen de una avenida “i”

Siendo “i” las avenidas Tipo (I, II y III)

➤ Régimen de avenidas del caudal ecológico

| Atributo del régimen hidrológico   |                                  | Tipo I                   | Tipo II | Tipo III |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------|----------|
| Magnitud                           | m <sup>3</sup> /s                | 325                      | 750     | 1,725    |
|                                    | hm <sup>3</sup> al día ( $V_a$ ) | 28                       | 65      | 149      |
| Frecuencia de ocurrencia ( $F_a$ ) |                                  | 10                       | 6       | 2        |
| Duración (número de días - $D_a$ ) |                                  | 7                        | 3       | 1        |
| Momento de ocurrencia              |                                  | Jul-Oct                  |         |          |
| Tasa de cambio (%)                 | Ascenso                          | 65                       |         |          |
|                                    | Descenso                         | 38                       |         |          |
| $Vt_{Ra}$ a 10 años                |                                  | 3,041                    |         |          |
| $Vt_{Ra}$ al año                   |                                  | <b>304hm<sup>3</sup></b> |         |          |

# Método hidrológico

- Resumen a efecto de caudal ecológico anual

**Ejemplo = Objetivo ambiental “A”**

$$V_{fr} = V_{t_{Coe}} + V_{t_{Ra}}$$

$$V_{fr} = 1,464 + 304 = 1,768 \text{ hm}^3$$

$$V_{fr} = 1,768 \text{ hm}^3 \text{ al año}$$

$$V_{fr} = 65 \% \text{ EMA}$$