

Departamento: **Ingeniería Civil**

Cátedra: **Proyecto Final**

Tema:

Estudio hidrológico del Río Mendoza

Equipo de Cátedra:

Prof. Titular: Ing. José Luis Mendoza

JTP: Ing. Gustavo Castro

Prof. Ayudante: Dr. Ing. Pablo Martín

Prof. Ayudante: Ing. Helvio Grilli

Alumno:

Frau, Francisco Javier - Leg: 40.103
franciscojfrau@gmail.com

2019 - 2020

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. OBJETIVOS.....	5
2. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	6
2.1. ÁREA DE ESTUDIO	6
2.2. HIDROLOGÍA	8
2.3. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES	14
2.4. CORRELACIÓN Y REGRESIÓN	19
2.5. EXTRAPOLACIONES	25
2.6. POSICIONES DE GRAFICACIÓN	30
2.7. MOMENTOS ORDINARIOS DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD	32
2.8. MOMENTOS-L DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD	38
2.9. AJUSTES A LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD.....	42
3. RESULTADOS	46
3.1. INTRODUCCIÓN.....	46
3.2. HIDROLOGÍA	46
3.3. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES	48
3.4. REGRESIONES.....	50
3.5. EXTRAPOLACIONES	52
4. CONCLUSIONES	56
5. AGRADECIMIENTOS.....	57
6. BIBLIOGRAFÍA.....	58
7. ÍNDICES	60
7.1. ÍNDICE DE FIGURAS	60
7.2. ÍNDICE DE TABLAS.....	62
7.3. ÍNDICE DE ECUACIONES.....	64
A. RESULTADOS	67
A.I. FORMATO DE PRESENTACIÓN	67
A.II. HIDROLOGÍA	68
A.II.1. Estación Guido – Río Mendoza.....	68
A.II.2. Estación Tupungato – Río Tupungato	72
A.II.3. Estación Cuevas – Río Cuevas.....	76
A.II.4. Estación Vacas – Río Vacas	80
A.III. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES	84
A.III.1. Estación Guido – Río Mendoza.....	84
A.III.2. Estación Tupungato – Río Tupungato	92
A.III.3. Estación Cuevas – Río Cuevas.....	100
A.III.4. Estación Vacas – Río Vacas	108
A.IV. REGRESIONES.....	115
A.IV.1. Río Mendoza – Río Tupungato	115
A.IV.2. Río Mendoza – Río Cuevas	128
A.IV.3. Río Mendoza – Río Vacas	140
A.V. EXTRAPOLACIONES	152
A.V.1. Estación Guido – Río Mendoza.....	152
A.V.2. Estación Tupungato – Río Tupungato	156
A.V.3. Estación Cuevas – Río Cuevas.....	160
A.V.4. Estación Vacas – Río Vacas	164
B. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.....	168
B.I. GENERAL DE VALORES EXTREMOS – GEV	168
B.II. DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS TIPO I – EVI	171
B.III. GENERAL PARETO – GP	175

B.IV.	DISTRIBUCIÓN EXPONENCIAL – EXP	177
B.V.	VARIABLE REDUCIDA	183
B.VI.	ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS	183

1. Introducción

El presente estudio surge de la necesidad de diversas cátedras tanto troncales como electivas de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza de generar, desarrollar, publicar y difundir un trabajo integrador que nuclea los contenidos transversales y horizontales del plan de estudios para poder ser abordados por los alumnos.

Para ello se busca ejecutar a modo de proyecto un trabajo íntegro que abarque los temas hoy contemplados en los programas de las asignaturas y ampliar los horizontes hacia nuevas metodologías y avances en la investigación. Asimismo, se remite a bibliografía específica para aquellos interesados en profundizar los temas abarcados.

El trabajo se centrará en el estudio de la cuenca del Río Mendoza, contando con una breve presentación de la cuenca donde está integrado este río, principal fuente de agua superficial del Gran Mendoza.

A continuación, se plantea el estado hidrológico actual del Río Mendoza, en 4 estaciones de medición. En este procedimiento se incluye metodologías para el cálculo del caudal medio anual (módulo), derrame medio anual, caudales medios mensuales. Asimismo, se presenta la curva de duración de caudales con los correspondientes valores de aguas altas, medias y bajas para el año de abundancia decenal, el año medio y el de sequía decenal.

Se realizará un trabajo de regresiones y correlaciones de los caudales medios mensuales entre los datos obtenidos del Río Mendoza con sus principales afluentes.

Posteriormente, se estudiará la posibilidad de extrapolar los caudales para así obtener un valor representativo, con la menor incertidumbre posible y acertado para distintos tiempos de retorno, variando desde los 50 años hasta los 10000.

Para realizar las extrapolaciones, primero es necesario ajustar los datos a una función o distribución de probabilidad. En consecuencia, diversos parámetros y metodologías son seleccionadas y aplicadas. El presente trabajo buscará no sólo realizar la extrapolación directa, sino comparar los resultados de distintas funciones y estimación de parámetros. Se usará como referencia el método propuesto por Hosking y Wallis (1997).

Asimismo, se realizará previamente un análisis de los datos para comprender qué tipo de serie de información es la que se está manejando.

Las extrapolaciones se llevarán adelante en diversos tipos de caudales a modo de ilustrar las desviaciones que generan algunos datos crudos y cuales son, o deberían ser, las más convenientes y usadas.

Los contenidos del trabajo están divididos en 4 secciones: Introducción, Métodos y procedimientos, resultados y conclusiones. En la primera se explica el modo de trabajo y la estructura del informe; en métodos y procedimientos se desarrollarán las procedimientos seguidos, ilustrados con figuras y tablas para mayor comprensión. En el capítulo de resultados se publicarán los valores obtenidos con mayor relevancia, acompañados de una interpretación de los mismos y en el capítulo conclusiones se

desarrollará un corolario tanto del proceso de obtención y desarrollo como de los resultados en sí mismos.

Finalmente, se incorporan 2 anexos. El primero cuenta con la totalidad de los resultados, tablas y gráficos que sustentan el trabajo y en el segundo se listan las distribuciones de probabilidad usadas, con sus ecuaciones y parámetros respectivos.

1.1. Objetivos

El proyecto buscará generar una resolución estadística e hidrológica general para el Río Mendoza. Sin embargo, dada la envergadura de la cuenca, de la composición del caudal total y la complejidad requerida, descartará el aporte de la fusión nival y se limitará a la hidrología superficial de los ríos, reduciendo el alcance del trabajo a un caso de uso académico exclusivamente.

Se buscará comprender contenidos que usualmente se observan inconexos en el estudio de caracterización y análisis de ríos, específicamente, las regresiones, correlaciones, cálculo de derrames, ajustes estadísticos y extrapolaciones para distintas series de caudales.

2. Métodos y procedimientos

2.1. Área de estudio

El Río Mendoza, se forma en sus orígenes por 3 ríos: río Vacas, que nace al sur de la ladera oriental del Aconcagua; el río Cuevas que llega del oeste y el río Tupungato, que llega desde el sur con aguas provenientes de los cerros Nevados del Plomo, Juncal y Tupungato.

En el río Vacas desembocan las aguas de las quebradas de Los Relinchos y Fiera mientras que el río Cuevas tiene como principales afluentes las aguas provenientes de la quebrada de Horcones y Santa María. Las aguas del río Tupungato, el afluente más importante del río Mendoza, confluyen primero con las aguas del río Cuevas para luego unirse a las del río Vacas y dar origen al río Mendoza. El río Tupungato llega desde el sur con sus aguas provenientes del deshielo en la alta montaña del glaciar Tupungato donde nace este río. Desde este glaciar fluye con dirección norte recibiendo por margen izquierda las aguas del río Plomo que se forma del deshielo del cerro Nevado Plomo y del río Morado de las Toscas. Por margen izquierda también recibe las aguas del arroyo los Chorrillos y del río Blanco. Por margen derecha recibe las aguas de la quebrada del Salto, del arroyo Santa Clara y Quebrada Fea, cuyas aguas provienen de la falda occidental del Cordón del Plata.



Figura 2-1 Cuenca hidrográfica del Río Mendoza

Los límites norte y sur corresponden a las divisorias de agua que limita la provincia con San Juan y con la cuenca del río Tunuyán respectivamente. Al este con la cuenca del Río desaguadero y al Oeste el límite se corresponde con la frontera internacional con Chile.

La cuenca tiene una superficie de 20000km² aproximadamente, escurriendo finalmente en modo difuso sobre las lagunas de Guanacache.

Desde el punto de vista político, la cuenca comprende los departamentos de Lujan de Cuyo, Las Heras, Godoy Cruz, Capital, Guaymallén, Maipú y parte de Junín, Lavalle y San Martín.



Figura 2-2 División política de la cuenca

En la cuenca del río Mendoza, la altitud varía desde los 500 metros, en la zona de las lagunas de Guanacache en el noreste, hasta formaciones montañosas mayores a los 6000 metros pertenecientes a la Cordillera de los Andes, incluyendo su pico más alto, el Cerro Aconcagua, con 6962 metros sobre el nivel del mar. Está comprendida, como ya se mencionó, desde la estación Guido a 1300 msnm (coordenadas 32°54'55" S; 69°14'16" O) y el rectángulo que circunscribe a la cuenca tiene coordenadas comprendidas entre las latitudes Sur 32°12'35"; 33°24'02" y longitud Este 70°10'17"; 69°03'51".

Las estaciones y puntos de referencia que se estudiarán en el presente trabajo se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2-1 Estaciones de medición

Número	Nombre	Río	Latitud	Longitud
1413	Mendoza - Guido	Mendoza	32° 54' 55,00"	69° 14' 16,00"
1420	Tupungato - Punta de Vacas	Tupungato	32° 52' 51,00"	69° 46' 06,00"
1407	Cuevas - Punta de Vacas	Cuevas	32° 51' 55,00"	69° 46' 05,00"
1421	Vacas - Punta de Vacas	Vacas	32° 50' 49,00"	69° 45' 45,00"

2.2. Hidrología

La información obtenida para este estudio proviene principalmente de la Base de Datos Hidrológica Integrada de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Complementándose con elaboraciones propias.

El río Mendoza está actualmente regulado por el embalse Potrerillos, ubicado aguas abajo de la estación Guido. El análisis de los caudales en esta estación cobra relevancia al ser la última medición sobre el río en su estado natural, pudiendo observar así los procesos físicos que lo rigen. Los registros de caudales medios mensuales de la estación Guido sobre el Río Mendoza determinan un módulo anual de $44.83 \text{ m}^3/\text{s}$.

Se registra un máximo en el año 1987-88 de $93.84 \text{ m}^3/\text{s}$ con un derrame anual de 2959.19 hm^3 y un mínimo en el año 1970-71 de $20.35 \text{ m}^3/\text{s}$ con un derrame de 736.23 hm^3 .

El hidrograma medio anual muestra que el periodo de crecidas es producido entre los meses de octubre y mayo, encontrando los valores promedios máximos en el mes de enero. El máximo absoluto es de $140.03 \text{ m}^3/\text{s}$ registrado en noviembre de 1987

En el presente trabajo se desarrollará la metodología usada para hallar estos valores, mientras que en el capítulo de resultados se publicarán los gráficos más representativos, encontrándose la totalidad de las tablas y valores numéricos que respaldan los cálculos y que presentan la serie de valores totales mensuales y anuales para la estación Guido en el Anexo A Resultados. A continuación, se presenta el hidrograma con los caudales medios mensuales promedios, con el módulo señalado en el gráfico. La muestra contiene registros desde Julio del 1956 hasta junio de 2018, con 62 años completos, ya que se descartaron los incompletos, con datos erróneos o faltantes.

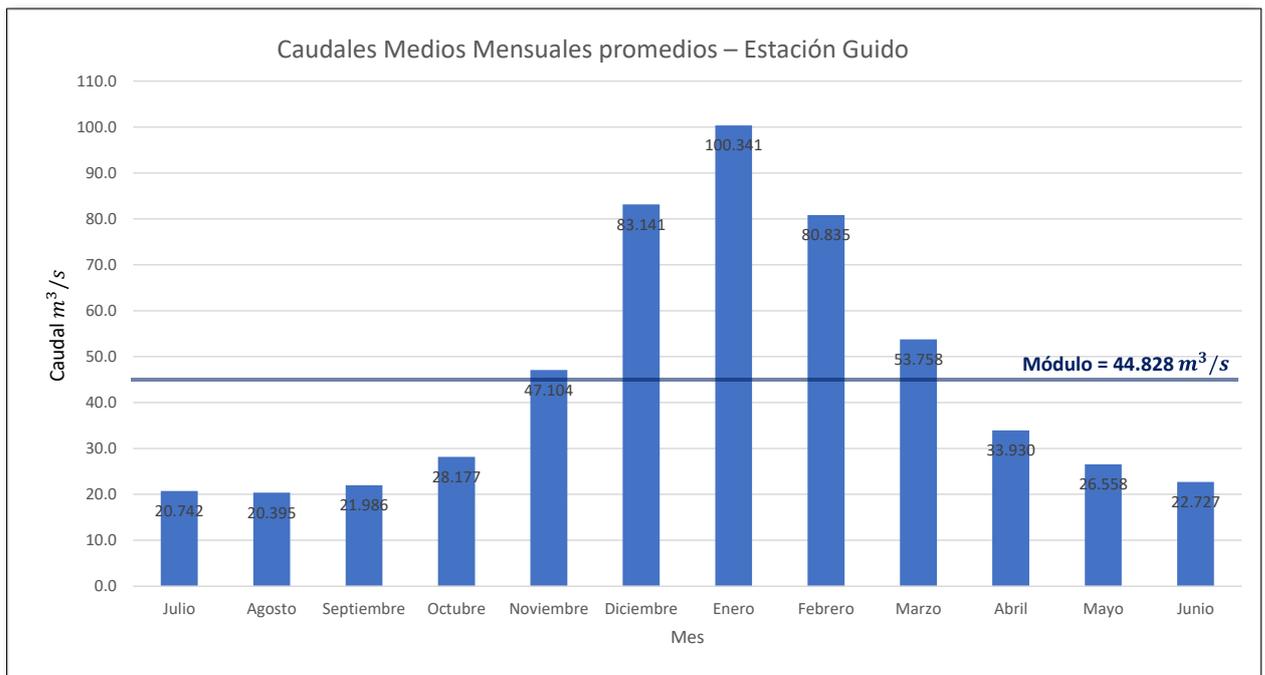


Figura 2-3 Caudales medios mensuales Promedio

Para la obtención de los caudales medios anuales correspondientes a cada año, se realizó una ponderación de los caudales escurridos en cada mes del año.

Este procedimiento consiste en considerar la cantidad de días del mes en cuestión, multiplicarlo por el caudal observado, realizar la sumatoria de los 12 valores obtenidos y dividirlo por la cantidad de días del año. Una vez obtenido el caudal medio anual, normalmente expresado en m^3/s , se lo convierte a derrame anual mediante un pasaje de unidades a hm^3 por año (el factor de conversión es 31.5360). Esta unidad en su sentido más estricto es de caudal, pero se expresa solo el volumen ya que el intervalo de tiempo, al ser de un año, puede omitirse sin dar lugar a ambigüedades.

Este método es necesario para transformar un caudal medio mensual en derrame medio mensual debido a que no todos los meses del año tienen la misma cantidad de días: un caudal observado en el mes de febrero estará escurriendo sólo durante 28 días, mientras un mismo caudal, pero de enero, escurrirá, en promedio, 3 días más. Como ejemplo para ilustrar la magnitud del error que se cometería si se desprecia la ponderación, suponemos un año donde el caudal medio mensual de enero es de $100 m^3/s$ y el de febrero es de $80 m^3/s$, el volumen escurrido sin ponderación, asumiendo meses de 30 días sería de $456.66 hm^3$. Ponderando el derrame será de $461.38 hm^3$. Esta diferencia de $5 hm^3$ o $500 m^3$ en algunos casos puede parecer insignificante, pero además de representar un error de concepto grave, particularmente se ve atenuado debido a que sólo se consideraron 2 meses de un único año. Si se considera la serie completa, abarcando en algunos casos más de 100 años de datos como es el caso de algunas estaciones sobre el Río Paraná, en Santa Fe, la diferencia no puede ser despreciada.

A continuación, se incluye un cálculo de la ponderación para el año hidrológico 2017-2018 de los caudales mensuales de la estación Guido. Se pueden corroborar los datos propuestos con los informados en las secciones siguientes.

Tabla 2-2 Caudales medios mensuales, año 2017-2018

Fecha	Mes y nº de días	Caudal [m^3/s]	Ponderación [m^3/s]
01/07/17	Julio 31	20.670	640.768
01/08/17	Agosto 31	18.101	561.144
01/09/17	Septiembre 30	19.954	598.623
01/10/17	Octubre 31	21.014	651.436
01/11/17	Noviembre 30	27.078	812.339
01/12/17	Diciembre 31	57.514	1782.938
01/01/18	Enero 31	63.964	1982.880
01/02/18	Febrero 28	80.419	2251.723
01/03/18	Marzo 31	40.567	1257.591
01/04/18	Abril 30	27.523	825.676
01/05/18	Mayo 31	20.215	626.663
01/06/18	Junio 30	16.401	492.020
	365	QMA	34.202

Discriminamos los datos directos de la Base de Datos por mes, considerando los días que tiene y realizamos los siguientes cálculos:

$$Q_M = Q_{MM} \cdot n^{\circ} \text{ de días}$$

$$Q_{julio} = 20.670 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 640.768 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{agosto} = 18.101 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 561.144 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{septiembre} = 19.954 \frac{m^3}{s} \cdot 30 = 598.623 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{octubre} = 21.014 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 651.436 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{noviembre} = 27.078 \frac{m^3}{s} \cdot 30 = 812.339 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{diciembre} = 57.514 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 1782.938 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{enero} = 63.964 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 1982.880 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{febrero} = 80.419 \frac{m^3}{s} \cdot 28 = 2251.723 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{marzo} = 40.567 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 1257.590 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{abril} = 27.535 \frac{m^3}{s} \cdot 30 = 825.676 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{mayo} = 20.215 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 626.663 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{junio} = 16.401 \frac{m^3}{s} \cdot 31 = 508.431 \frac{m^3}{s}$$

El caudal medio anual es la sumatoria de todos los caudales mensuales ponderados del año hidrológico en cuestión, desde julio a junio:

$$QMA = \sum_{i=1}^{12} Q_{M_i} / 365$$

$$QMA = \frac{[640.768 + 561.144 + \dots + 626.663 + 508.431]}{365} \frac{m^3}{s}$$

$$QMA = \frac{12483.802 \frac{m^3}{s}}{365} = 34.202 \frac{m^3}{s}$$

Y se calcula el derrame, que se puede obtener mediante el factor de conversión previamente explicado. Sin embargo, se realizará la conversión de unidades.

Ecuación 2-3 Derrame anual

$$DERRAME = QMA [hm^3]$$

$$DERRAME = 34.202 \frac{m^3}{s} \cdot \frac{3600s}{1hs} \cdot \frac{24hs}{1día} \cdot \frac{365día}{año} \cdot \frac{1hm^3}{100^3m^3} = 1078.600hm^3$$

Vemos que el factor de conversión es en realidad la simplificación del pasaje de unidades:

$$\frac{3600s}{1hs} \cdot \frac{24hs}{1día} \cdot \frac{365día}{año} \cdot \frac{1hm^3}{100^3m^3} = 31.536 \frac{s \cdot hm^3}{m^3}$$

$$DERRAME = 34.202 \frac{m^3}{s} \cdot 31.536 \frac{s \cdot hm^3}{m^3} = 1078.600hm^3$$

Para obtener el módulo del río, mediante los caudales medios anuales se usa su promedio:

Ecuación 2-4 Módulo del río (1)

$$Módulo = \sum_{j=1}^n QMA_j / n$$

Donde n es el número de años de la muestra. En nuestro caso, contamos con 62 años hidrológicos completos.

$$Módulo = 44.83 \frac{m^3}{s}$$

Existe otro modo de calcular al módulo, trabajando algebraicamente y partiendo desde las mismas hipótesis y condiciones iniciales, la demostración se expresa a continuación para ilustrar que son procedimientos distintos pero que inequívocamente deben llegar al mismo valor de módulo.

Comenzamos combinando todas las ecuaciones usadas hasta el momento:

$$Módulo = \frac{\sum_{j=1}^n QMA_j}{n} = \frac{\sum_{j=1}^n \left[\frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{M_i}}{365} \right]_j}{n} = \frac{\sum_{j=1}^n \left[\frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{MM_i} \cdot n^{\circ} \text{ de días}}{365} \right]_j}{n}$$

Las constantes n y 365, pueden extraerse de las sumatorias.

$$\text{Módulo} = \frac{\sum_{j=1}^n [\sum_{i=1}^{12} Q_{MM_i} \cdot n^{\circ} \text{ de días}]_j}{n \cdot 365}$$

Se conmutan las sumatorias:

$$\text{Módulo} = \frac{\sum_{i=1}^{12} [\sum_{j=1}^n Q_{MM_j}]_i \cdot n^{\circ} \text{ de días}}{n \cdot 365}$$

Reordenando las constantes:

$$\text{Módulo} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \left\{ \left[\frac{\sum_{j=1}^n Q_{MM_j}}{n} \right]_i \cdot n^{\circ} \text{ de días} \right\}}{365} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \overline{Q_{MM_i}} \cdot n^{\circ} \text{ de días}}{365}$$

Ecuación 2-5 Módulo del río (2)

$$\text{Módulo} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \overline{Q_{MM_i}} \cdot n^{\circ} \text{ de días}}{365}$$

Finalmente, vemos que este procedimiento consiste en calcular el promedio de todos los caudales para cada mes con todos los años, y luego ponderar este valor medio. Posteriormente, hace la sumatoria de todos estos valores medios ya ponderados y los divide por los días del año.

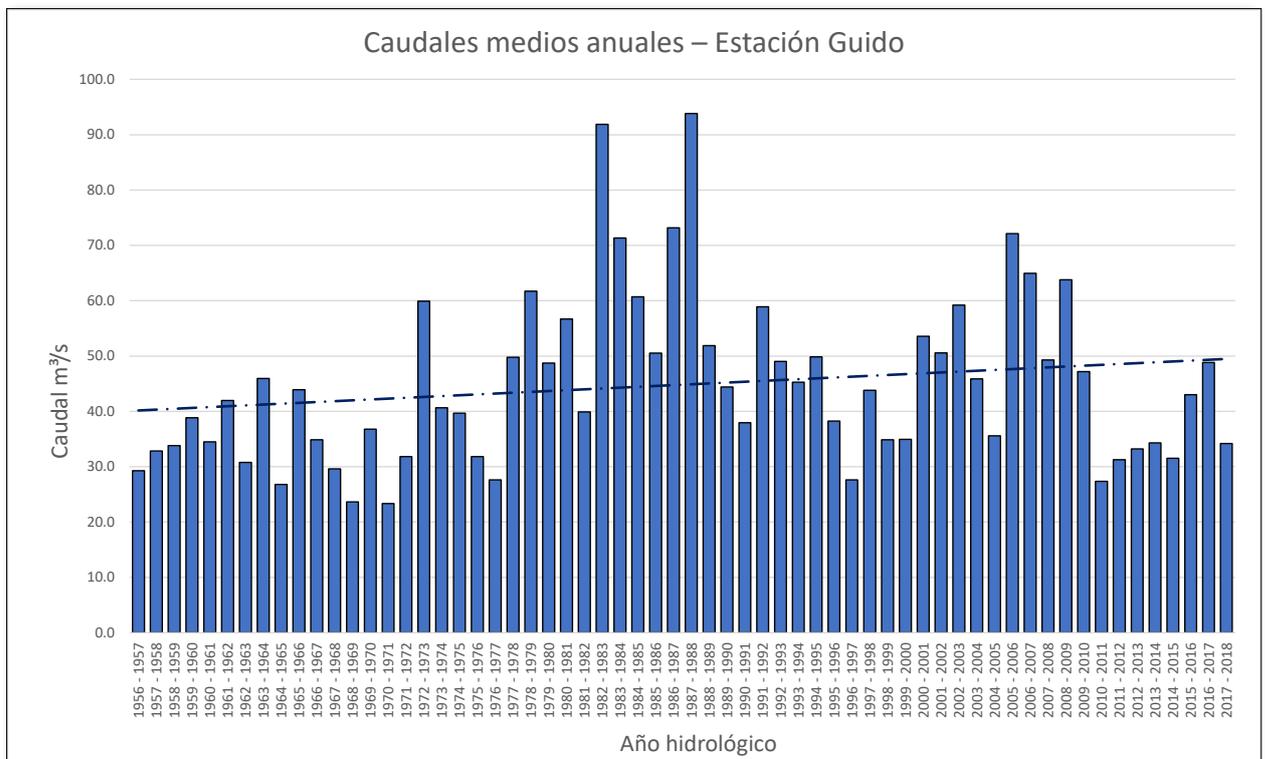


Figura 2-4 Caudales medios anuales - Estación Guido

En resumen, la diferencia radica en cuándo realizamos la ponderación: puede ser resuelta mes a mes de un año, para luego promediar y llegar al valor medio de ese año;

o puede hacerse según cada mes para todos los años y luego promediar el valor medio mensual.

Las ventajas de cada método son relativas, y dependerá de la información disponible o de la precisión deseada. Si se cuenta con el mismo nivel de significancia en ambos datos o si se dispone de todos los datos, los procedimientos no presentan contrastes.

En la ejecución de los cálculos, se descubrió que, aún dada la difícil situación hídrica de la provincia de Mendoza, registrando varios años secos durante la última década (para el período 2019 – 2020, todos los ríos están pronosticados como año hidrológico seco según su derrame anual) la tendencia del módulo va en aumento. Dejaremos el análisis y la interpretación de esta tendencia de lado ya que supera los alcances del proyecto, pero es dable a mencionar que aún con el leve aumento, debemos tomar conciencia de la importancia del agua, de su aprovechamiento y su almacenamiento ya que se encuentra muy por debajo de la media histórica.

Se adjunta un gráfico publicado por el Departamento General de Irrigación en marzo de 2020 donde se ven los derrames de los últimos 10 años y el pronosticado actual, ajustado hasta la fecha. Se compara con el módulo o media histórica.

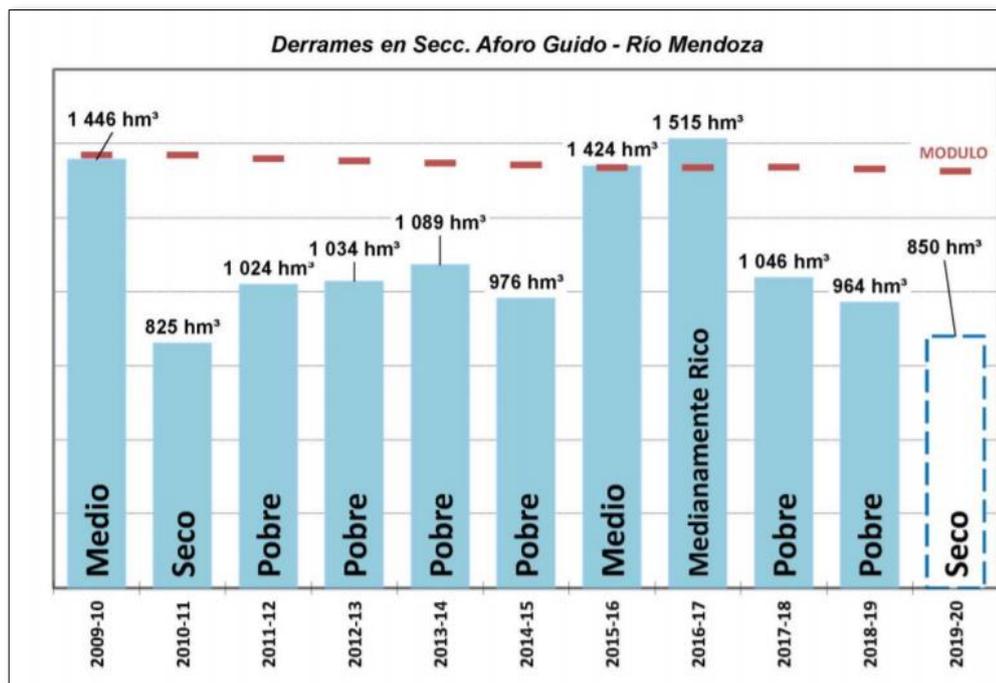


Figura 2-5 Derrames – Estación Guido. DGI

Esta información proviene del boletín de información hidronivometeorológica y del boletín de pronóstico de caudales de los ríos de Mendoza. El primero se publica a diario en el sitio web del Departamento. En ellos se puede encontrar información sobre el caudal actual y comparado al histórico de los otros ríos de Mendoza, como el Tunuyán, Diamante, Atuel, Malargüe, Grande; informes del volumen de embalse acumulado, porcentual y comparado al histórico actualizado de las presas de Potrerillos, Carrizal, Agua del Toro, Los Reyunos, Nihuil y Valle Grande.

La información previamente detallada también fue extraída del boletín, y se elaboró con los siguientes cuadros:

Tabla 2–3 Criterios de pronósticos. DGI

Año	Criterio	
Extraordinario	volumen pronosticado superior a un +35% de la media histórica	$135\% * \bar{D} < V_{PRON}$
Rico	volumen pronosticado comprendido entre un +15% y un +35% de la media histórica	$115\% * \bar{D} < V_{PRON} \leq 135\% * \bar{D}$
Medianamente Rico	volumen pronosticado comprendido entre un +5 % y +15% por encima de la media histórica	$105\% * \bar{D} < V_{PRON} \leq 115\% * \bar{D}$
Medio	volumen pronosticado comprendido entre un +5 % y -5% del valor de la media histórica	$95\% * \bar{D} \leq V_{PRON} \leq 105\% * \bar{D}$
Medianamente Pobre	volumen pronosticado comprendido entre un -5 % y -15% por debajo de la media histórica	$85\% * \bar{D} \leq V_{PRON} < 95\% * \bar{D}$
Pobre	volumen pronosticado comprendido entre un -15% y un -35% de la media histórica	$65\% * \bar{D} \leq V_{PRON} < 85\% * \bar{D}$
Seco	volumen pronosticado por debajo de un -35% de la media histórica	$V_{PRON} < 65\% * \bar{D}$

Tabla 2–4 Pronóstico de caudales – Estación Guido. DGI

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA - DIRECCIÓN DE GESTIÓN HÍDRICA - DGI
PRONÓSTICO DE ESCURRIMIENTO DE CAUDALES AÑO 2019/20
RÍO MENDOZA
 ESTACIÓN DE AFORO GUIDO - LAT.: 32° 51' - LON.: 69° 16'

MES	PRONÓSTICO		MEDIA HISTÓRICA	
	CAUDAL	VOLUMEN	CAUDAL	VOLUMEN
OCTUBRE	17 m ³ /s	46 hm ³	28.0 m ³ /s	75.1 hm ³
NOVIEMBRE	28 m ³ /s	73 hm ³	46.9 m ³ /s	121.6 hm ³
DICIEMBRE	47 m ³ /s	126 hm ³	82.6 m ³ /s	221.2 hm ³
ENERO	60 m ³ /s	160 hm ³	99.8 m ³ /s	267.3 hm ³
FEBRERO	56 m ³ /s	135 hm ³	80.6 m ³ /s	196.5 hm ³
MARZO	31 m ³ /s	83 hm ³	53.4 m ³ /s	143.1 hm ³
ABRIL	20 m ³ /s	53 hm ³	33.8 m ³ /s	87.5 hm ³
MAYO	15 m ³ /s	41 hm ³	26.4 m ³ /s	70.8 hm ³
JUNIO	14 m ³ /s	35 hm ³	22.5 m ³ /s	58.3 hm ³
JULIO	12 m ³ /s	32 hm ³	20.6 m ³ /s	55.3 hm ³
AGOSTO	11 m ³ /s	30 hm ³	20.3 m ³ /s	54.2 hm ³
SEPTIEMBRE	14 m ³ /s	36 hm ³	21.9 m ³ /s	56.7 hm ³
Derrame Anual	850 hm ³		1407.3 hm ³	
Módulo Anual	27.0 m ³ /s		44.7 m ³ /s	
Porcentaje Año Medio	60% Seco			
Año Hidrológico Pronosticado				
Período	Derrame	623 hm ³		
Oct/Mar	Caudal Medio	40 m ³ /s		

2.3. Curva de duración de caudales

La curva de duración de caudales o de permanencia de caudales es la representación gráfica en orden decreciente de los caudales observados. Se expresa en porcentaje. Debido a que cada dato de caudal corresponde a un intervalo determinado, hay una correspondencia entre el porcentaje y el periodo total de datos. Esta herramienta permite determinar si se necesita o no una obra de regulación en el río.

El procedimiento elegido para la realización de estas curvas fue comenzar con ordenar en orden decreciente y de mayor a menor los caudales medios anuales de la estación Guido. Luego, se le asignó un orden de jerarquía comenzando con 1 para el primer y mayor caudal, seguido de 2 para el segundo hasta llegar al último caudal igual a n , donde n es el número de años hidrológicos en cuestión.

Una vez ordenados se les asigna una probabilidad, que, en este caso, la probabilidad elegida fue la de Weibull. De este modo se aplica la ecuación que se detalla a continuación:

$$P(X \geq x_m) = \frac{m}{n + 1}$$

Dónde m es el valor de la jerarquía asignada a cada dato de caudal medio anual.

La tabla resuelta y completa para la estación Guido se puede consultar en el anexo de resultados (Tabla A-9). En ella están remarcados los caudales máximos ordenados con colores en degradé para poder distinguirlos de la serie cronológica.

Se seleccionan valores exactos de probabilidad y por medio de interpolaciones lineales se construye la siguiente tabla.

Tabla 2-5 Caudales medios mensuales ordenados para CDC

CDC	
%	Q [m³/s]
Máximo	93.84
5%	73.01
10%	64.59
15%	60.35
20%	57.58
25%	50.89
30%	49.79
35%	48.83
40%	45.93
45%	44.24
50%	42.49
55%	39.77
60%	38.01
65%	34.97
70%	34.49
75%	33.68
80%	31.81
85%	31.01
90%	28.11
95%	26.89
Mínimo	23.35

Ecuación 2-6 Interpolador (1)

$$QMA_a = \left(\frac{QMA_{i+1} - QMA_i}{P_{i+1} - P_i} \right) \cdot (P_a - P_i) + QMA_i$$

Donde QMA_i es el valor más cercano por defecto, el subíndice a señala ajustado, P es la probabilidad según Weibull.

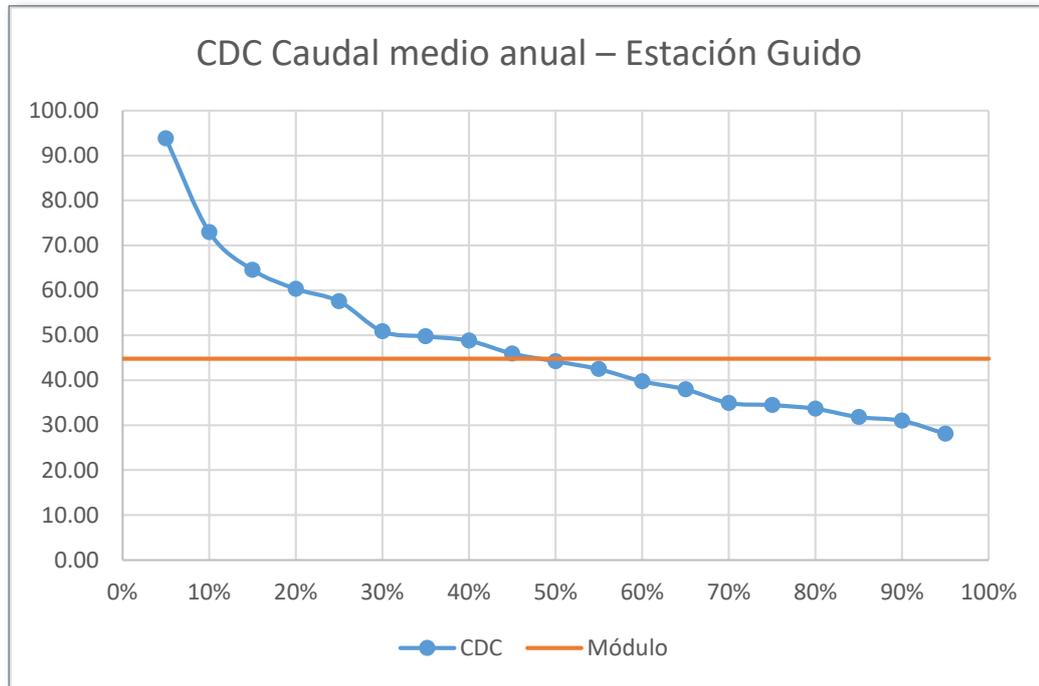


Figura 2–6 CDC – Estación Guido

Habiendo identificado los años de abundancia decenal, año medio y de sequía decenal (se nota que el término decenal hace referencia al 10% de probabilidad; para el caso de sequía decenal se refiere a que, al estar por debajo del 90%, existe un 10% de que se produzca esa condición) se accede nuevamente a los datos de los caudales medios mensuales y se extraen todos los valores de los meses correspondientes a ese año hidrológico. Este procedimiento, planteado a continuación, es el mismo para los 3 casos.

Para la abundancia decenal, el año es el 2006-2007:

Tabla 2–6 Caudales para CDC para abundancia decenal – Estación Guido

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2006 - 2007					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	31.35	8.3%	161.83	160.96
8	31	27.72	16.7%	138.89	138.14
9	30	31.20	25.0%	86.80	86.34
10	31	44.92	33.3%	85.36	84.90
11	30	85.36	41.7%	69.79	69.41
12	31	138.89	50.0%	44.92	44.68
1	31	161.83	58.3%	42.80	42.57
2	28	86.80	66.7%	32.11	31.94
3	31	69.79	75.0%	31.35	31.18
4	30	42.80	83.3%	31.20	31.03
5	31	32.11	91.7%	27.72	27.57
6	30	26.26	100.0%	26.26	26.11
Q medio anual		64.94	Q medio anual P=10%		64.59

Nuevamente se clasifican en orden decreciente y se acumula la probabilidad mensual en porcentaje a partir del nuevo orden. En otras palabras, se independiza del mes acontecido; para el mayor caudal, su probabilidad será de 1/12, para el segundo mayor 2/12, hasta llegar a 12/12.

Con el valor clasificado, se calculan los caudales ajustados mediante una interpolación lineal, análogamente que para el caudal medio anual, ajustando la magnitud conforme a la relación entre el caudal medio anual del año de la abundancia decenal con el de la probabilidad exacta del 10%.

Se usa la siguiente expresión

Ecuación 2-7 Interpolador (2)

$$QMM_a = QMM \cdot \left(\frac{QMA_a - QMA}{QMA} \right) + QMM$$

El subíndice a señala ajustado.

En nuestro ejemplo, para el primer caudal:

$$QMM_a = 161.83 \frac{m^3}{s} \cdot \left(\frac{64.59 - 64.94}{64.94} \right) \frac{m^3}{s} + 161.83 \frac{m^3}{s} = 160.96 \frac{m^3}{s}$$

Con los datos ya ajustados y clasificados, se prepara una gráfica como la siguiente, a la cual se le deberá ajustar una curva con una función matemática que describa todos los puntos.

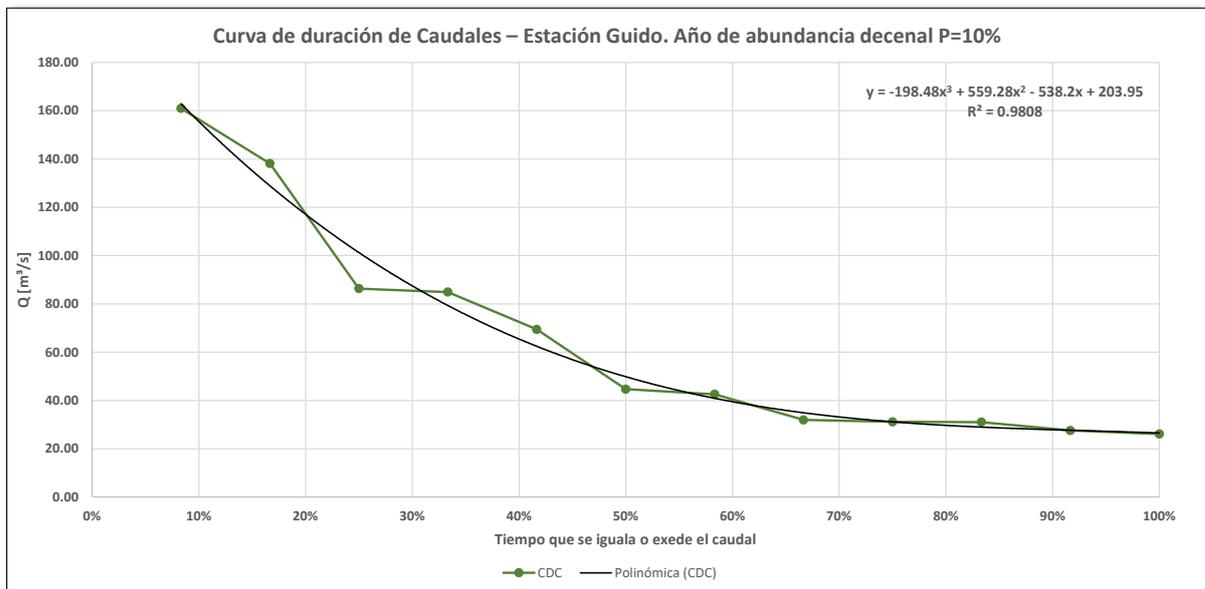


Figura 2-7 CDC para abundancia decenal – Estación Guido

La elección y justificación de la curva excede este trabajo, por lo que se trabaja con el ajuste aportado por la función matemática de Microsoft Excel. Los autores Quimpo et al. (1983) y Mimikou y Kaemaki (1985) presentan métodos mejores y más adecuados.

Es importante notar que en algunos casos el ajuste matemático arroja funciones que en el tramo final resultan crecientes; indicando que para 90% del tiempo, por ejemplo, hay caudales más bajos que para el 100% o 80%. Este fenómeno carece de sentido y suele ocurrir más frecuentemente cuando se ajustan funciones cuadráticas cuyo vértice se encuentra en valores más bajos que el 100%. A fines de un mejor ajuste se debe asegurar que el vértice coincida con el 100% (o se encuentre desplazado más allá del gráfico) o elegir otra función matemática para el ajuste, como puede ser una exponencial o una potencia.

A partir de entonces, se trabaja con los puntos dados por la función planteada en el gráfico.

Con la función:

$$Q = -198.48x^3 + 559.28x^2 - 538.2x + 203.95$$

Se construye la siguiente tabla, en dónde las curvas de aguas altas, aguas medias y bajas se pueden leer directamente.

Tabla 2-7 Aguas altas, medias y bajas para CDC para abundancia decenal – Estación Guido

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2006 - 2007			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m³/s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	162.87	Altas
16.67%	61	128.87	Altas
25.00%	91	101.25	Altas
33.33%	122	79.34	Medias
41.67%	152	62.44	Medias
50.00%	183	49.86	Medias
58.33%	213	40.91	Medias
66.67%	243	34.91	Medias
75.00%	274	31.16	Medias
83.33%	304	28.98	Bajas
91.67%	335	27.67	Bajas
100.00%	365	26.55	Bajas

Q característicos P=10% [m³/s]		
Altas	12.5%	145.03
Límite	25.0%	101.26
Medias	50.0%	49.86
Límite	75.0%	31.16
Bajas	87.5%	28.26

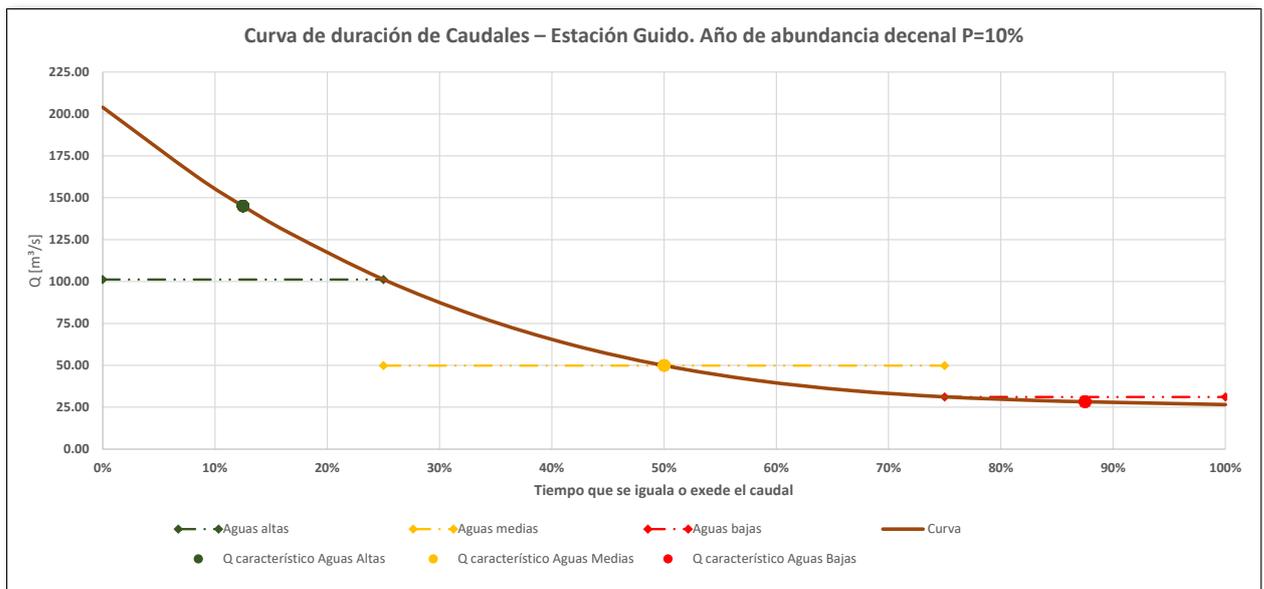


Figura 2–8 CDC para abundancia decenal – Estación Guido

2.4. Correlación y regresión

Ya se tiene una idea general de las características del río en estudio, sin embargo, puede ocurrir que no se tenga la totalidad de los datos de la serie temporal o que la información obtenida no sea fiable. Algunos motivos pueden ser identificados y prevenidos, pero pueden ocurrir errores sistemáticos, debido a causas naturales o humanas, cambios en la exposición y ubicación del instrumento, modificaciones en la técnica de medición, averías del sistema de medición, errores de lectura, etc.

Para poder continuar con el estudio y la investigación, se debe analizar si es conveniente rellenar los datos, ya que existen casos donde la variabilidad de los datos es tan alta que en lugar de rellenar huecos se estaría distorsionando la muestra.

La correlación lineal y la regresión lineal son métodos estadísticos que estudian la relación lineal entre 2 variables. La correlación, podemos decir, es un paso previo que cuantifica qué tan relacionadas son las variables. La regresión consiste en generar una ecuación que permite predecir los valores de una partiendo de la otra y viceversa. Para que la regresión sea válida, se debe analizar su correlación, y en caso de estarlo, se procede al modelado.

Para la correlación lineal se define el parámetro R^2 como el coeficiente de determinación. Este indica el grado de ajuste de la recta de regresión a los valores de la muestra. Cuanto menos dispersos estén los puntos, mejor será la bondad del ajuste. El R^2 es adimensional y toma valores comprendidos entre 0 y 1. Si $R^2=0$ no existe ninguna relación lineal entre las variables y para $R^2=1$ es una asociación lineal perfecta, pudiendo ser directa si la pendiente de la función de ajuste es creciente o inversa si la función es decreciente

A continuación, se presentan ejemplos de funciones directas para distintos valores de R^2 posibles.

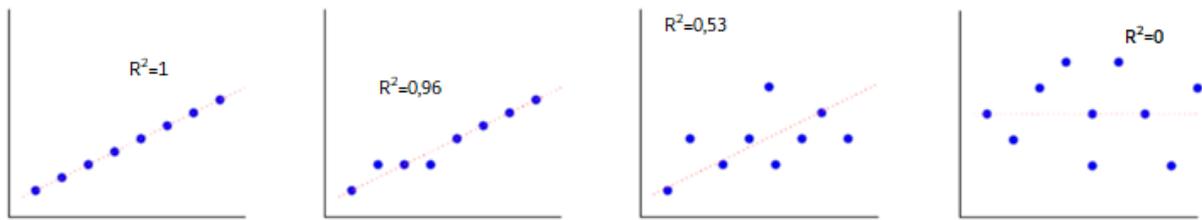


Figura 2-9 Ejemplos para distintos valores de R^2

Si bien matemáticamente es posible dar con una relación perfecta, es recomendable no fiarse cuando se manejen valores muy cercanos a 1 ya que al igual que en cualquier proceso matemático o estadístico, hay hipótesis, consideraciones y hasta variables no consideradas que transforman en teóricos los valores muy cercanos a la unidad. Valores altos usualmente aceptados van de 0.900 a 0.990; una asociación moderada está entre 0.50 y 0.70. No obstante, siempre debe quedar a criterio del profesional la aceptación o descarte y adecuar los niveles de exigencia a los datos y las incertidumbres que se manejan.

Se trabajará con los datos de la Base de Datos Hidrológica Integrada, generando la correlación entre la estación Guido y cada una de las otras 3 estaciones mencionadas, Tupungato, Vacas y Cuevas. Considerando que estos 3 ríos son los afluentes principales y que una crecida en el río Mendoza será causada mayormente por una crecida en alguno de los otros ríos.

Para las estaciones de Guido y Tupungato se observó que, para los caudales medios mensuales (ya usados previamente para la obtención del caudal medio anual, el módulo y la curva de duración de caudales) del Río Tupungato existen mediciones desde el enero de 1949, mientras que para la estación Guido, en el Río Mendoza, los datos empiezan en julio de 1956. Son 7 años menos que podrían ser rellenados ya que frente a la muestra completa, que cuenta con 62 años, es un porcentaje respetable.

Para ello se procedió a analizar las muestras, observando para una misma fecha si ambos ríos contaban con caudales medidos. En ese caso, ese dato es apto para analizarlo. Si para una fecha cualquiera existe faltante de medición en una u otra estación, se descarta la medición completa de la otra estación. Las fechas en dónde faltan mediciones para ambas estaciones no se consideran ni afectan el proceso.

Se dibujó un gráfico de dispersión X e Y, siendo X los puntos para Guido e Y para Tupungato. Los caudales que no tenían correspondencia en el otro río fueron descartados.

El proceso de correlación se encuentra ampliamente difundido e integrado en cualquier herramienta matemática actual, por lo que se llevó a cabo automáticamente mediante el uso de Microsoft Excel, a través de la función Línea de tendencia > Lineal > Presentar ecuación en el gráfico y Presentar el valor de R^2 en el gráfico. Se agruparon los datos completos y luego mes a mes para la construcción de los gráficos.

El resultado para la muestra completa es el siguiente:

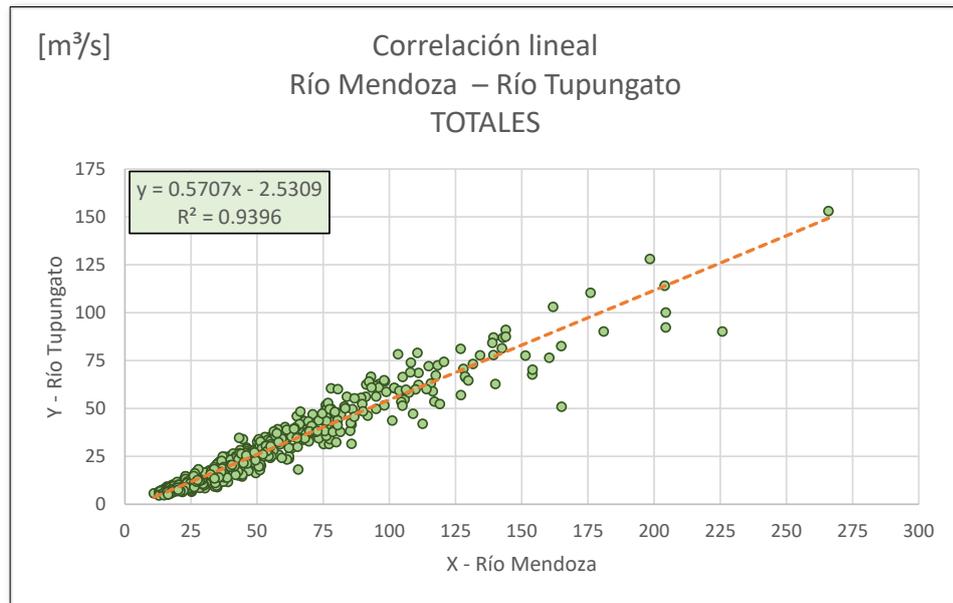


Figura 2–10 Correlación totales. Río Mendoza – Río Tupungato

Luego, todos los caudales de enero de cada río se agruparon para construir la correlación de enero y se hizo lo mismo para todos los meses del año, obteniendo gráficos similares al expuesto previamente, encontrándose la totalidad de estos en el anexo.

Se incluye el siguiente gráfico resumiendo las ecuaciones y los coeficientes de determinación R^2 . Recordamos que la convención adoptada es X para el Río Mendoza e Y para el Río Tupungato, en las estaciones Guido y Tupungato respectivamente.

Tabla 2–8 Coeficientes R^2 y ecuaciones de correlación. Río Mendoza – Río Tupungato

Año hidrológico		
Mes	Y =	$R^2 =$
Julio	$0.3153x + 1.7758$	0.6186
Agosto	$0.3489x + 1.1287$	0.5393
Septiembre	$0.3942x + 0.4287$	0.6614
Octubre	$0.3771x + 1.5907$	0.7446
Noviembre	$0.4253x + 2.0883$	0.8807
Diciembre	$0.4147x + 9.0057$	0.8445
Enero	$0.541x + 4.4616$	0.9186
Febrero	$0.6131x - 1.9386$	0.9271
Marzo	$0.5662x - 0.0789$	0.8677
Abril	$0.4374x + 1.4283$	0.7952
Mayo	$0.3178x + 2.9807$	0.7312
Junio	$0.3178x + 2.1029$	0.6580
Totales	$0.5707x - 2.5309$	0.9396

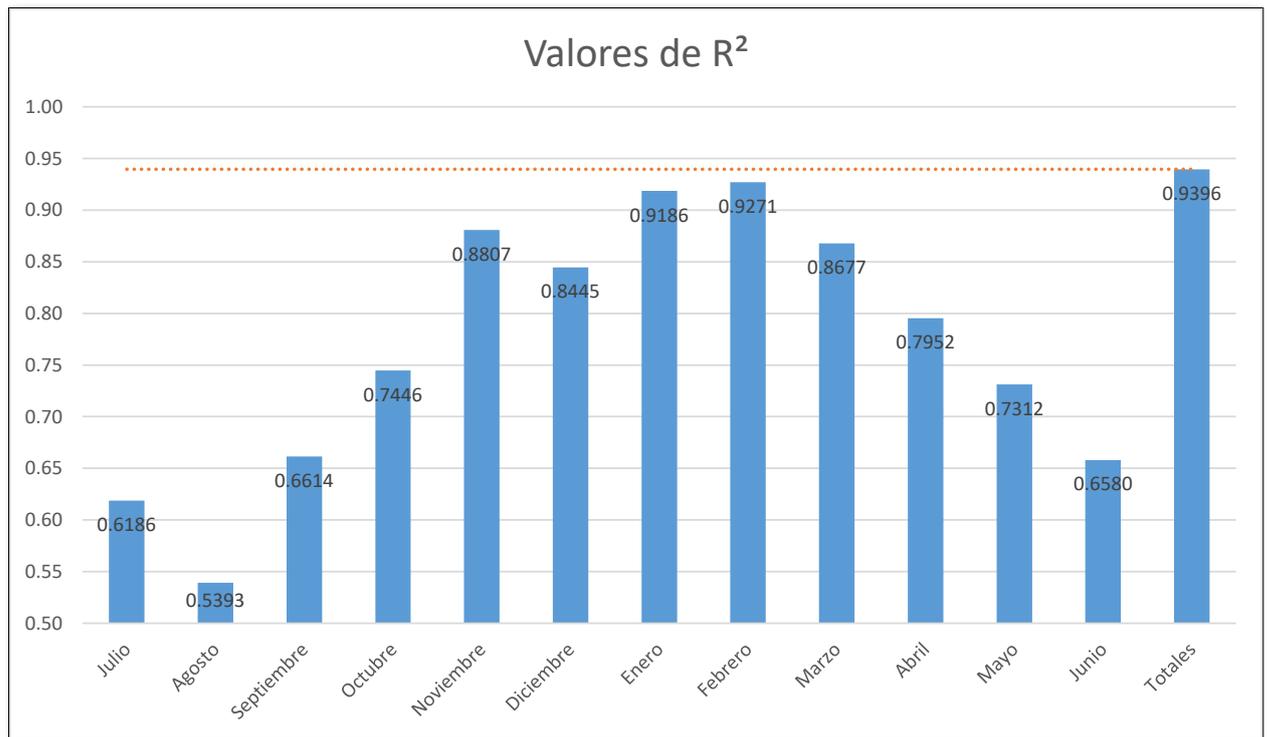


Figura 2-11 Valores de R^2 . Río Mendoza – Río Tupungato

Una vez calculados los distintos valores de R^2 y la ecuación para realizar la regresión lineal, se deben evaluar los resultados obtenidos.

Se observa fácilmente que los valores más altos corresponden a los meses donde el caudal es más alto y en los meses de sequía la correlación tiende a ser muy mala, llegando al mínimo en el mes de agosto. Esto quiere decir que, durante los meses de invierno, una crecida o un determinado caudal en el Tupungato no implica necesariamente una crecida de magnitud proporcional en el Río Mendoza (recordemos siempre que estos valores están referidos a una estación fija de medición, en un punto sobre el cauce). Teniendo en cuenta que los caudales son muy bajos y hay una gran distancia entre los puntos de medición, el uso, consumo del agua, intercepciones y pérdidas podrían ser causales de la falta de correlación. Asimismo, hay que tener en cuenta que en esos meses de sequía se aprovecha para hacer mantenimientos y obras hidráulicas, por lo que se espera que los datos se vean afectados, no existan, o las mediciones estén alteradas.

En los meses de verano, en la abundancia, se llega a un R^2 de 0.927, lo cual es un valor que indica una buena correlación. Dadas estas condiciones, se podrían generar las regresiones y rellenar los datos faltantes teniendo en cuenta el mes y usando la ecuación correspondiente. Sin embargo, se destaca que la correlación con todos los datos arroja un coeficiente mayor que el máximo del mes de febrero.

En apariencia, se podría señalar que la regresión se debiera completar con los datos totales. Sin embargo, la correlación total, compuesta mezclando todos los caudales tanto de los meses de verano como de invierno no puede ser, por definición, más certera que la de mes a mes.

Lo que sucede en este caso, se conoce como autocorrelación, que se puede definir como la correlación entre series de una misma familia de observaciones ordenadas en el tiempo o espacio de una muestra dada. Es decir, los caudales del Río Mendoza tienen una correlación entre ellos mismos muy fuerte, al igual que los del Tupungato entre sí. Por ende, cuando se genera la correlación, el R^2 global aumenta debido a que se están relacionando a sí mismos y se fuerza la reciprocidad.

Este fenómeno, evidentemente, no es deseado, ya que el modelo de regresión lineal supone que no debe existir autocorrelación: la desviación relacionada con una observación cualquiera no debería estar influenciada por la desviación de cualquier otra observación. La presencia de autocorrelación tiende a modificar la posibilidad de detección de tendencia de una serie.

Para independizar las autocorrelaciones se pueden seguir 2 métodos: Se pre-blanquea la serie mediante un modelado, proponiéndose como referencia el procedimiento propuesto por Yue et al. (2002) denominado pre-blanqueo libre de tendencia (trend-free pre-whitening TFPW). La otra alternativa es realizar un estudio y análisis completo regional y temporal de las frecuencias. Finalmente, si el R^2 de los totales es aceptable, se continúa con las regresiones.

Si bien quedó demostrado que para la muestra en estudio una regresión a fines científicos o investigativos debe considerar la autocorrelación de los datos, se adjuntará a modo ilustrativo una tabla con los datos completos en los meses donde se carece de datos.

Tabla 2–9 Ejemplo de correlación. Río Mendoza y Tupungato

Correlación: Caudal medio mensual – Río Mendoza y Tupungato [m³/s]							
Estación: Guido				Estación: Tupungato			
Fecha	Mes	Medición	Regresión	Fecha	Mes	Medición	Regresión
01/11/85	11	58.296	-	01/11/85	11	25.800	-
01/12/85	12	85.698	-	01/12/85	12	41.500	-
01/01/86	1	101.100	-	01/01/86	1	43.700	-
01/02/86	2	89.300	-	01/02/86	2	55.500	-
01/03/86	3	57.800	-	01/03/86	3	35.000	-
01/04/86	4	35.600	-	01/04/86	4	17.700	-
01/05/86	5	32.000	-	01/05/86	5	13.700	-
01/06/86	6	28.000	-	-	6	-	11.00
01/07/86	7	28.896	-	-	7	-	10.89
01/08/86	8	26.496	-	-	8	-	10.37
01/09/86	9	28.196	-	-	9	-	11.54
01/10/86	10	36.196	-	-	10	-	15.24
01/11/86	11	62.096	-	-	11	-	28.50
01/12/86	12	165.090	-	01/12/86	12	50.910	-
01/01/87	1	176.000	-	01/01/87	1	110.300	-
01/02/87	2	134.300	-	01/02/87	2	77.740	-

En las columnas de mediciones se presenta el dato proveniente de la Base de Datos Hidrológica integrada. Si el mismo está perdido, aparece el guion, pero en la columna de regresión se completa con la ecuación oportuna al mes. Si se desean todos los datos, indiferentemente de su naturaleza real o calculado se complementan ambas columnas.

Para el primer valor faltante, por ejemplo, se aplicó la siguiente ecuación:

$$Y = 0.3178x + 2.1029$$

$$Y = 0.3178 \cdot 28.000 \frac{m^3}{s} + 2.1029 \frac{m^3}{s}$$

$$Y = 11.0013 \frac{m^3}{s}$$

2.5. Extrapolaciones

Una vez que hemos completado la serie o decidido que no se rellenará, lo que se busca es estimar la probabilidad de eventos extremos mediante el uso de métodos paramétricos y no paramétricos aplicados a series de datos.

El cálculo de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos se basa en el ajuste de ciertas distribuciones de probabilidad a los datos. Las distribuciones de probabilidad son funciones matemáticas que relacionan la magnitud de un evento con la probabilidad de ocurrencia o su tiempo de retorno (TR). El TR es el promedio del intervalo de tiempo para que se repita el evento y se define como la inversa de la probabilidad de que ocurra un evento de magnitud igual o superior. El TR es comúnmente confundido con el tiempo que *debe* pasar hasta que ocurra un evento. Si se lo quiere ejemplificar, se puede decir que es el tiempo medio que *puede* pasar para ocurra el evento. Lo que significa que quizás ocurra mucho antes o después del tiempo dado.

Los eventos extremos se analizan siguiendo las siguientes hipótesis:

- Aleatoriedad, dónde los cambios de las variables son producidos por la naturaleza sin intervención humana.
- Independencia, que significa que ninguna observación afecta la probabilidad de cualquier otra observación.
- Homogeneidad, implica que los elementos provienen de una única e idéntica población.
- Estacionariedad, que la distribución de probabilidad que intentaría explicar el proceso extremo no varía en el tiempo, ni tampoco cambia en función de la magnitud de la variable.

Con la totalidad de los datos, se conforman las series de información hidrológica. Esto consiste en tomar cierta cantidad de datos según un criterio adoptado o según intervalos de tiempo, intentando que la muestra tomada sea lo más representativa posible de la población. En ningún caso se considera a la muestra completa de datos como una población, puesto que esto implicaría que se cuenta con todos los datos de un fenómeno de la naturaleza, desde los orígenes y la génesis del acontecimiento hasta la actualidad (precipitaciones de miles de años de antigüedad, primeros caudales que originaron el río, etc.). En la Figura 2–12 se ilustra una serie de datos en un período de 20 años. La serie ejemplifica los caudales medios mensuales y en la misma se encuentran marcados los máximos de cada año.

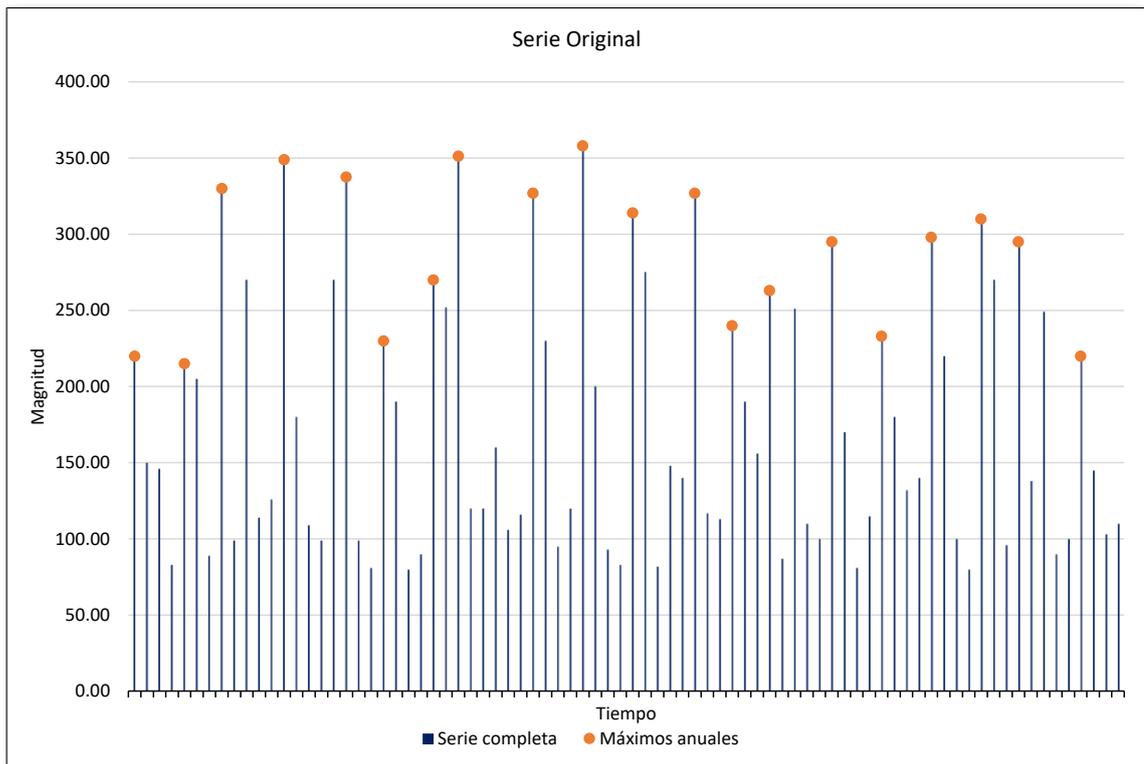


Figura 2–12 Serie original. N = 20 años

De las series empleadas, una de las más usadas es la **serie de valores extremos**, que consiste en seleccionar los máximos dentro de un intervalo de tiempo especificado. Si se elige un año, la serie se puede llamar anual máxima o de máximos anuales. Esta serie, al proporcionar un gran intervalo de tiempo, asegura la independencia de la variable entre crecidas, aunque puede estar descartando crecidas que se hallen en un mismo año y sean completamente independientes.

En la Figura 2–13 se presenta la serie de máximos de la misma muestra que se demarca en la Figura 2–12. Ahora se han descartado los demás valores, permitiendo observar la gran distancia entre las crecidas que asegura su independencia y aleatoriedad, a costa de considerar valores que no necesariamente sean extraordinarios, pero que no pueden excluirse ya que representan el máximo para ese año pobre.

Si en lugar de aplicar un intervalo de tiempo, fijamos un valor umbral, de modo que todos los valores que están por debajo son descartados y sólo se contabilizan los que se exceden, estamos generando una **serie de excedencia o de duración parcial**. La selección del valor de umbral permite definir con precisión lo que se considera un evento extremo de la variable, además, permite controlar el tamaño final de la muestra (muchas veces la fiabilidad de los resultados está ligada al tamaño de la muestra).

En la Figura 2–14 se encuentra la serie de excedencia de la muestra ejemplo. En ella se fijó un umbral de magnitud 250 (en este caso, la muestra provenía de caudales, por lo que serían m^3/s , pero es aplicable a cualquier unidad en función de la muestra). Para obtener así una serie de excedencia anual (20 valores). Se aprecia que en algunos períodos cortos se encuentran varios puntos, peligrando la independencia, mientras que en otros existe un gran intervalo de tiempo, asegurándola. Se menciona que un umbral excesivamente bajo puede hacer que las ocurrencias aparezcan agrupadas en el tiempo,

en lugar de aleatorias o que no descarte dos valores de un mismo fenómeno, incumpliendo la condición de independencia.

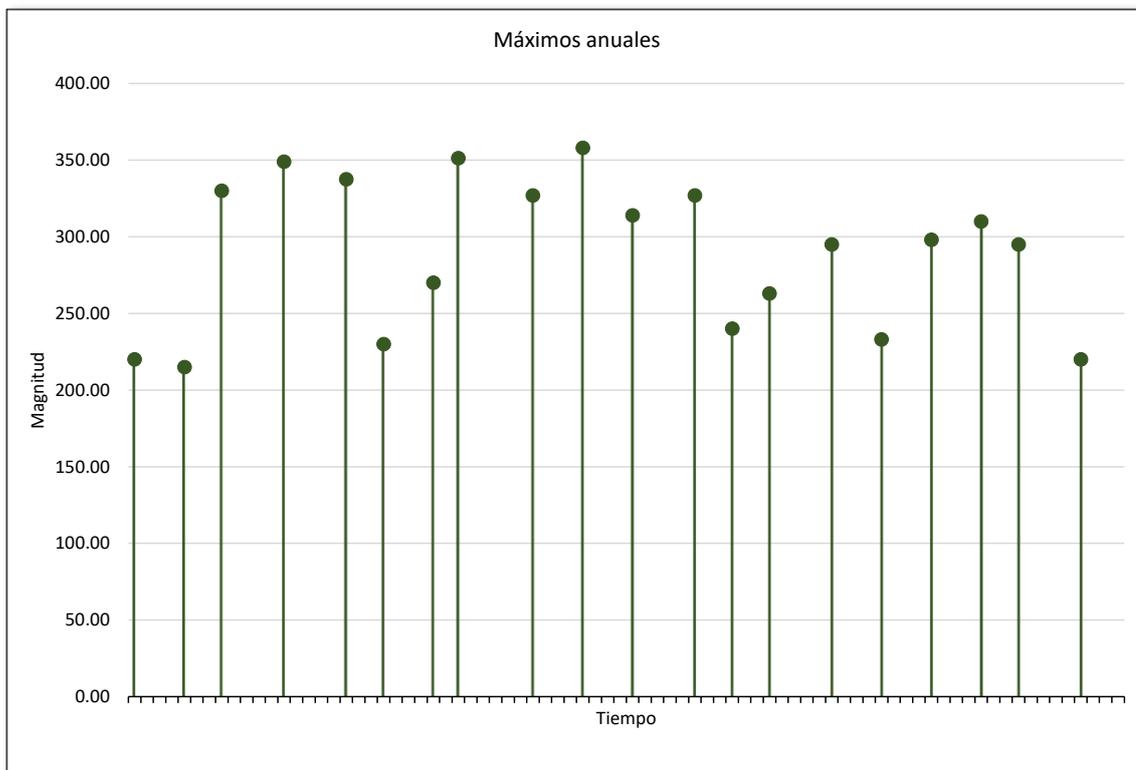


Figura 2–13 Serie de valores extremos (máximos anuales). N = 20 años

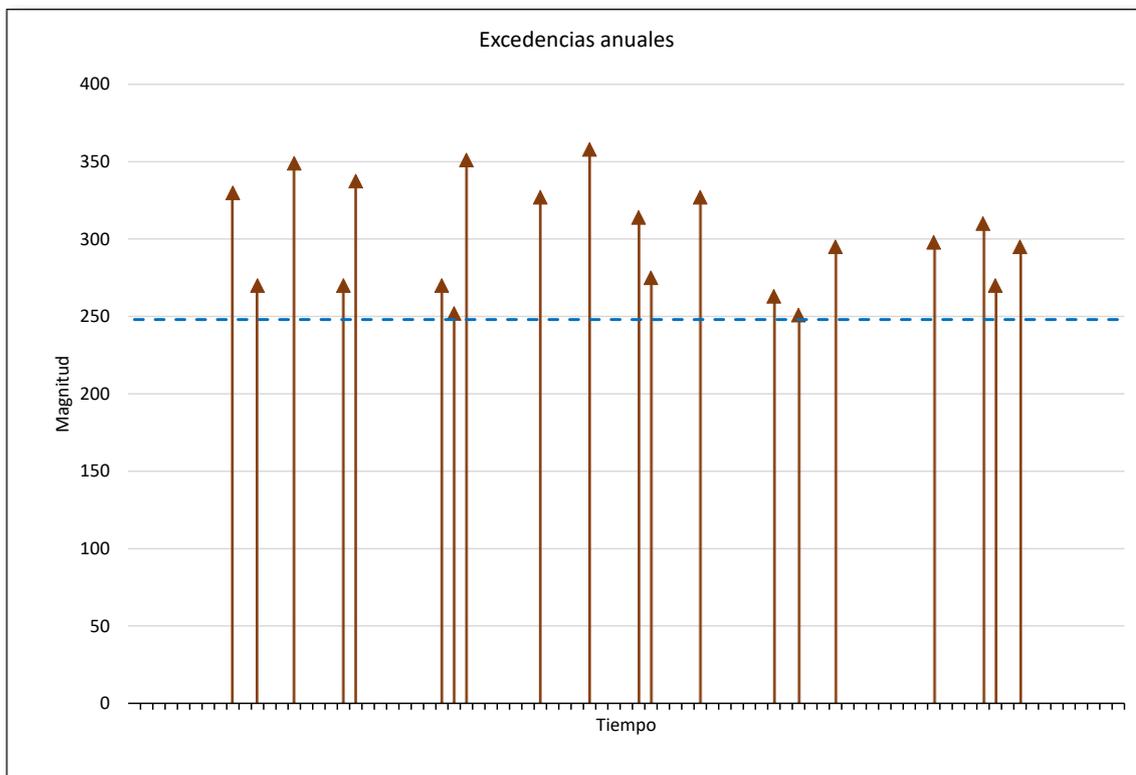


Figura 2–14 Serie de excedencia anual. N = 20 años

Las ventajas de estas series es que hacen un uso mucho más eficiente de la información contenida en las series originales ya que permiten incluir más de un evento por año si éste supera el umbral, asimismo, en las series de máximos anuales se pierden muchos eventos secundarios que pueden ser mayores que los máximos de otros años, y por tanto proporcionan valiosa información. Las desventajas yacen en la selección del umbral, que debe estar debidamente justificado y proveer buena confiabilidad, mientras que al tomar algunos valores casi arbitrariamente y otros no, a la vez que se fija un límite inferior, se deben realizar ajustes y correcciones estadísticas para que puedan ser ajustados mediante las distribuciones clásicas de probabilidad, ya que, de otro modo, el sesgo inferior que tienen distorsiona el cálculo de los parámetros.

Cuando se selecciona un umbral tal que la cantidad de datos es igual al número de años, la serie se parece en forma a la de valores extremos, solo que está considerando si en un año hubieron 2 o más crecidas y descartando un año pobre donde no existieron eventos extremos, la serie se denomina **serie de excedencia anual**.

Existe bibliografía que intenta determinar, en función de la cantidad de datos disponibles, que serie debería usarse: las series de excedencia son preferibles a las series de máximos anuales cuando se tiene más de 1.62 valores por año. Beguería (2002). Sin embargo, para el presente trabajo se usará la serie de caudales diarios máximos, la cual está conformada por los valores máximos de cada año

Cabe destacar que, según la necesidad y el estudio, el profesional deberá aplicar y seleccionar con mucho cuidado el criterio a la serie de datos. Los procesos posteriores se ven fuertemente condicionados por pequeñas desviaciones numéricas en esta etapa.

Finalmente, mencionamos la **serie de duración completa**, que abarca todos los datos registrados. Esta se vio representada en la Figura 2–12.

En las figuras siguientes se observa la diferencia radical existente entre las series de excedencias y las anuales. En la Figura 2–15 están graficados todos los datos de la serie ejemplo ordenados de mayor a menor según su orden de magnitud. La Figura 2–16 es un detalle de los valores máximos. Se puede apreciar que los eventos extremos mayores son coincidentes tanto para las excedencias como para los máximos, sin embargo, a medida que nos desplazamos a eventos menores, existen diferencias.

Esto se debe a que las excedencias consideran todos los eventos que ocurran en un año, mientras que los máximos anuales han descartado alguno de esos ya que no era el mayor de ese año, y tomado otros menores correspondientes a años secos.

Además de lo ya expuesto en lo referente a estas series, finalmente agregamos que, en extrapolaciones o análisis estadísticos, como se ve en el detalle, la curva de las excedencias toma, en promedio, valores más altos, pero la curva de distribución está más achatada o aplanada que la curva de los máximos. Esto es origen de malas aplicaciones prácticas o falsas estimaciones si no es tenido en cuenta este fenómeno.

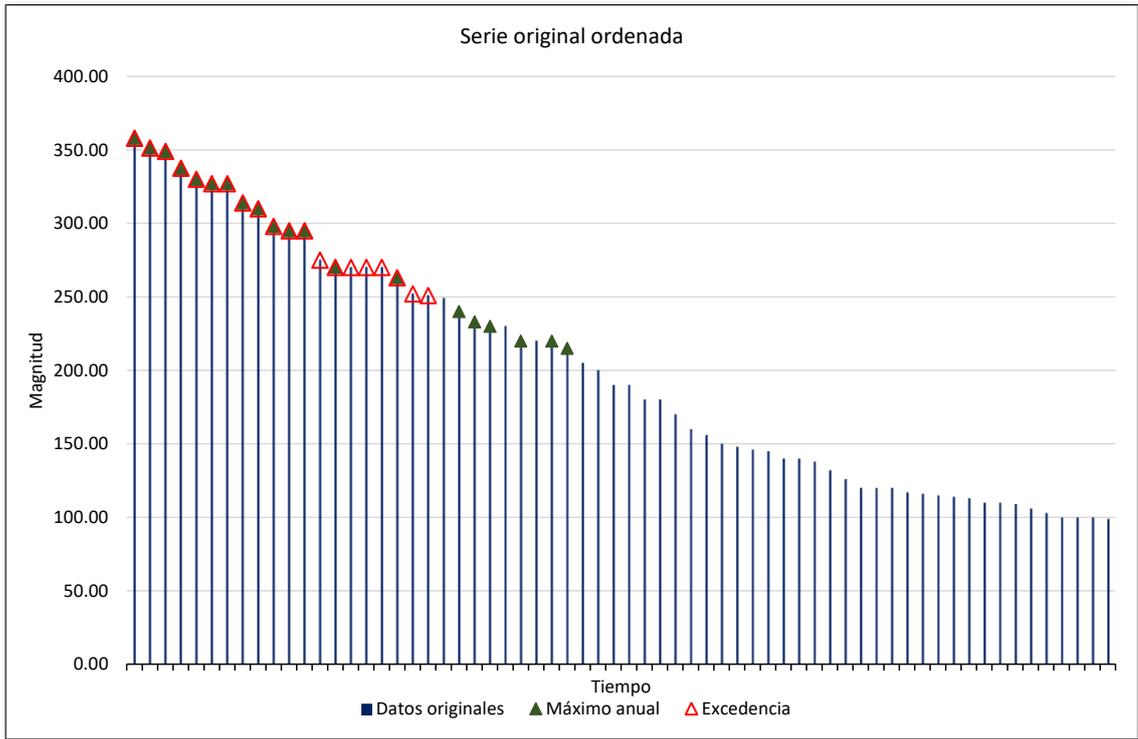


Figura 2–15 Información ordenada por orden de magnitud

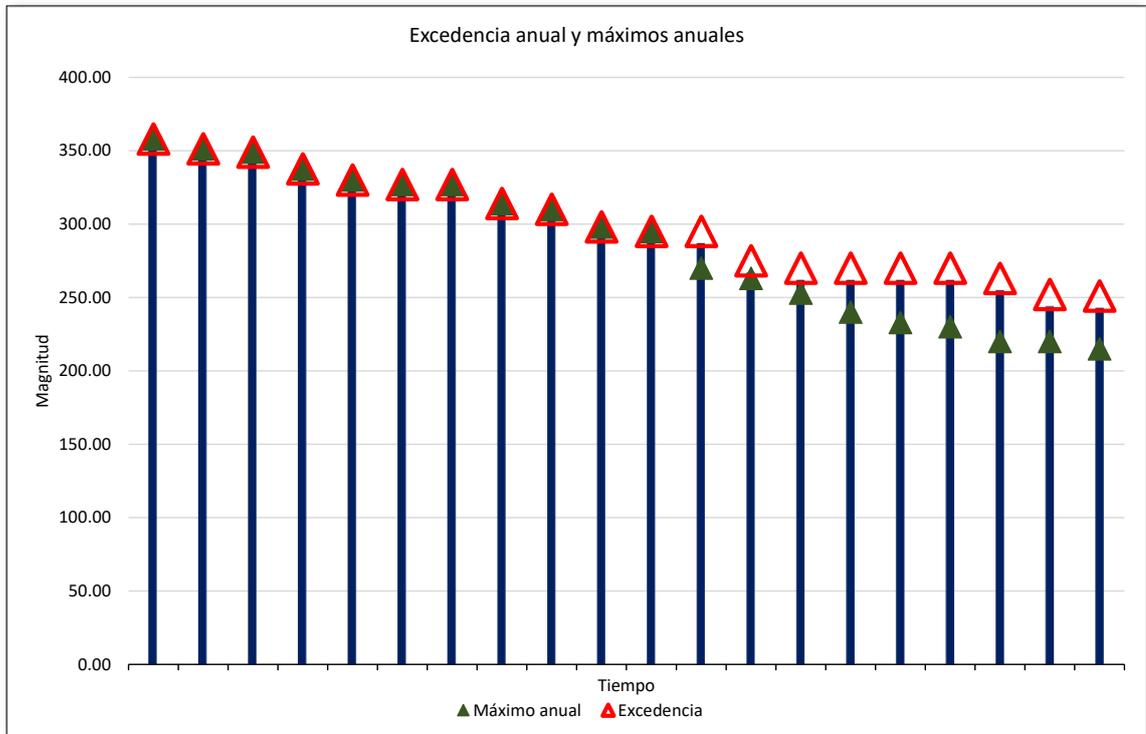


Figura 2–16 Detalle de los eventos extremos

2.6. Posiciones de graficación

Una posición de graficación se refiere al valor de probabilidad asignada a cada uno de los datos que se dispone posteriormente a ser ordenados. La mayoría de los métodos surgen del empirismo y definen a n como el número total de valores y m como la posición de un valor en una lista ordenada (ya mencionamos que se ordenan en magnitud decreciente, por lo que el mayor dato tendrá la posición 1, el segundo mayor será el 2 hasta el último valor será $m = n$)

La fórmula general de posición de graficación tiene la siguiente forma. Chow et al. (1994):

$$P(X \geq x_m) = \frac{m - b}{n + 1 - 2b}$$

Dónde b es un parámetro y representa la probabilidad de excedencia del m -ésimo valor mayor o x_m . Se presenta una tabla con algunas de las propuestas de a los parámetros mencionados.

Tabla 2–10 Posiciones de graficación

Autor	b	Ecuación	Observaciones/Usos
Weibull (1939)	0	$P(X \geq x_m) = \frac{m}{n + 1}$	Usos comunes, sesgada
Hazen (1914)	0.5	$P(X \geq x_m) = \frac{m - 0.5}{n}$	Asimétricas / Distribución Gamma de 3 parámetros
Blom (1958)	3/8	$P(X \geq x_m) = \frac{m - 0.375}{n + 0.25}$	Distribución normal y log-normal
Gringorten (1963)	0.44	$P(X \geq x_m) = \frac{m - 0.44}{n + 0.12}$	Distribución Gumbel
Cunnane (1978)	0.4	$P(X \geq x_m) = \frac{m - 0.4}{n + 0.2}$	Distribución Pearson tipo 3 y Gumbel

En el presente trabajo se utilizará la ecuación de Gringorten, dónde $b=0.44$ y la ecuación general queda:

$$P(X \geq x_m) = \frac{m - 0.44}{n + 0.12}$$

Si bien se plantearán diversas distribuciones para estudiar cual es la que mejor ajusta, se debe elegir un único valor de posición de graficación para poder realizar las comparaciones en igualdad de factores. Chow et al. (1994), Beguerías (2002) y Gutiérrez (2004) han demostrado que la distribución de Gumbel o Valores Extremos tipo I (EVI) es una de las más robustas a la hora de la determinación de eventos hidrológicos extremos, por lo que se consideró elegir una ecuación que respondiera adecuadamente a ella. La

ecuación de Gringorten es una que, por su gran uso y difusión, ha demostrado ser fiable cuando se trabaja con EVI y GEV. Hosking y Wallis (1997).

Una vez que se ha determinado la posición de graficación correspondiente, se calcula el TR, que es igual a la inversa de la probabilidad de excedencia acumulada determinada previamente:

$$TR = \frac{1}{P(X \geq x_m)}$$

Antes de continuar se destaca que para la extrapolación de eventos extremos se plantean TR muy superiores de los que se dispone con la serie, por lo que, para extrapolar para esos casos, se parte planteando el TR deseado y luego se lo invierte.

Tabla 2-11 Probabilidad de excedencia versus tiempo de retorno

P(x)	TR
0.9999	1
0.5000	2
0.2000	5
0.1000	10
0.0200	50
0.0100	100
0.0040	250
0.0020	500
0.0010	1000
0.0001	10000

Se expone una tabla acotada a los primeros y últimos valores clasificados de los caudales medios diarios máximos con un tamaño de muestra de 63 valores.

Tabla 2-12 Ejemplo de posiciones de graficación

Caudales medios diarios máximos		
Caudales	Nº de orden	prob. de exc.
401.50	1	0.01
398.00	2	0.02
337.50	3	0.04
260.56	4	0.06
71.60	61	0.96
62.30	62	0.98
52.00	63	0.99

2.7. Momentos ordinarios de las distribuciones de probabilidad

Los momentos ordinarios (MO) de una variable aleatoria, como lo son los caudales de nuestra serie de datos, también denominados momentos de la distribución de probabilidad, son los valores esperados de ciertas funciones de x . Estos forman una colección de medidas descriptivas que pueden emplearse para caracterizar la distribución de probabilidades y especificarla si todos los momentos son conocidos. Canavos (1997).

Los momentos pueden definirse alrededor de cualquier punto de referencia, pero generalmente se definen alrededor del cero o del valor esperado.

El n -ésimo momento de X **alrededor del cero** se define para variables continuas como:

Ecuación 2-8 n -ésimo momento alrededor del 0

$$\mu'_n = E(X^n) = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x) dx$$

El primer momento alrededor del cero es la media o valor esperado, que se denota como μ , por lo que:

Ecuación 2-9 Media de una variable aleatoria

$$\mu'_1 = \mu = E(X)$$

El segundo momento de X alrededor del cero es:

$$\mu'_2 = E(X^2)$$

El n -ésimo momento de X **central o alrededor de la media** se define para variables continuas como:

Ecuación 2-10 n -ésimo momento central de X

$$\mu_n = E(X - \mu)^n = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^n f(x) dx$$

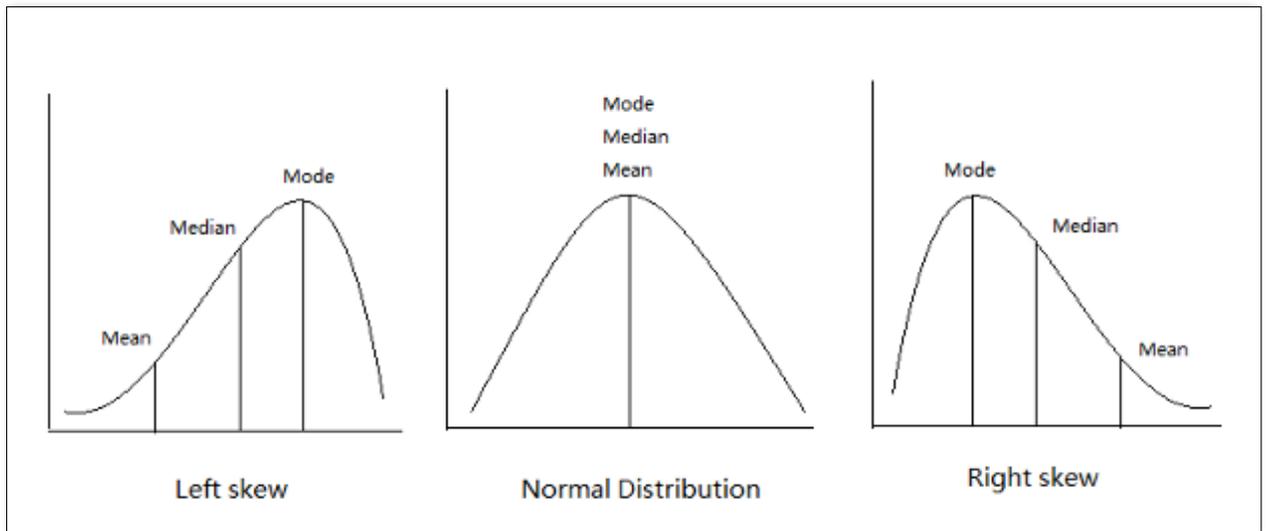


Figura 2–17 Ejemplos de media, moda y mediana para 3 distribuciones distintas

El momento cero y primer momento alrededor de la media, para toda variable, es siempre 1 y 0, respectivamente.

$$\mu_0 = E(X - \mu)^0 = E(1) = 1$$

$$\mu_1 = E(X - \mu)^1 = E(X) - \mu = \mu - \mu = 0$$

El segundo momento central recibe el nombre de varianza:

Ecuación 2–11 Varianza de una variable aleatoria

$$\sigma^2 = Var(X) = \mu_2 = E(X - \mu)^2$$

Trabajando:

$$\mu_2 = E(X - \mu)^2 = E(X^2 - 2X\mu + \mu^2)$$

$$\mu_2 = E(X^2) - 2\mu^2 + \mu^2 = \mu'_2 - \mu^2$$

La varianza es igual al segundo momento alrededor del cero menos el cuadrado de la media. La varianza es una medida de la dispersión de la distribución de probabilidad. La raíz cuadrada positiva de la varianza recibe el nombre de desviación estándar, y se denota como σ .

Una medida que compara la variabilidad y la dispersión relativa de dos distribuciones es el coeficiente de variación (CV), que está definido por:

Ecuación 2–12 Coeficiente de variación, CV

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

Expresa la magnitud de la dispersión de una variable aleatoria con respecto a su valor esperado.

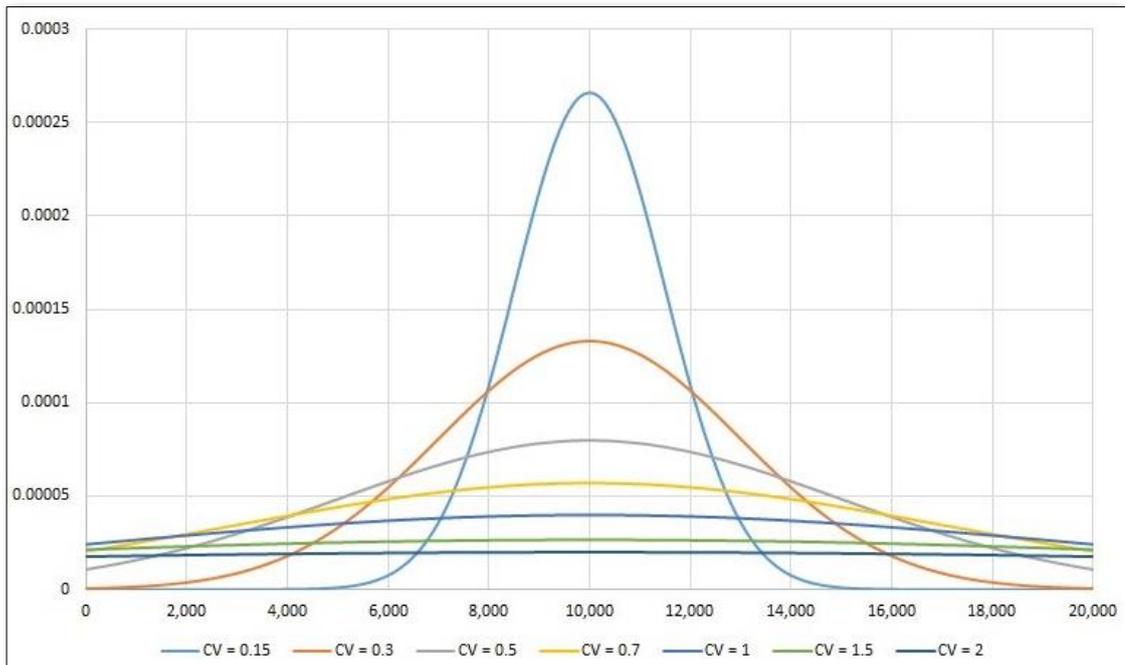


Figura 2–18 Ejemplos de variables aleatorias de media igual 10 con distintos CV

En la imagen se aprecia que en las distribuciones con elevado CV existe gran variabilidad de los datos para magnitudes de probabilidad semejantes, variando hasta casi tener la misma probabilidad para todos los valores de la serie.

A continuación, se examinarán los momentos centrales tercero y cuarto, que proporcionan información muy útil con respecto a la forma de la distribución de probabilidad. A pesar de que existen momentos de orden superior, su utilidad para caracterizar las distribuciones es mucho menor que la de los primeros cuatro momentos.

El tercer momento central es llamado asimetría u oblicuidad:

Ecuación 2–13 Asimetría de una variable aleatoria

$$\mu_3 = E(X - \mu)^3 = E(X^3 - 3X^2\mu + 3X\mu^2 - \mu^3)$$

Trabajando se obtiene:

$$\mu_3 = E(X - \mu)^3$$

$$\mu_3 = \mu'_3 - 3\mu\mu'_2 + 3\mu^3$$

Si $\mu_3 < 0$ la distribución es asimétrica negativamente, si $\mu_3 > 0$ la distribución es asimétrica positivamente, y si $\mu_3 = 0$, es simétrica. Sin embargo, a menos que la distribución solo presente un único pico, el conocimiento de μ_3 no será descriptivo.

En algunos casos, cuando se trabaja con datos que pueden tener signos opuestos, la asimetría puede dar errónea, por lo que se calcula el tercer momento estandarizado, que recibe el nombre de coeficiente de asimetría:

$$C_s = \alpha_3 = \mu_3 / (\mu_2)^{3/2}$$

Este coeficiente es una medida de la asimetría respecto a su dispersión, y sigue las mismas reglas de interpretación que el tercer momento central.

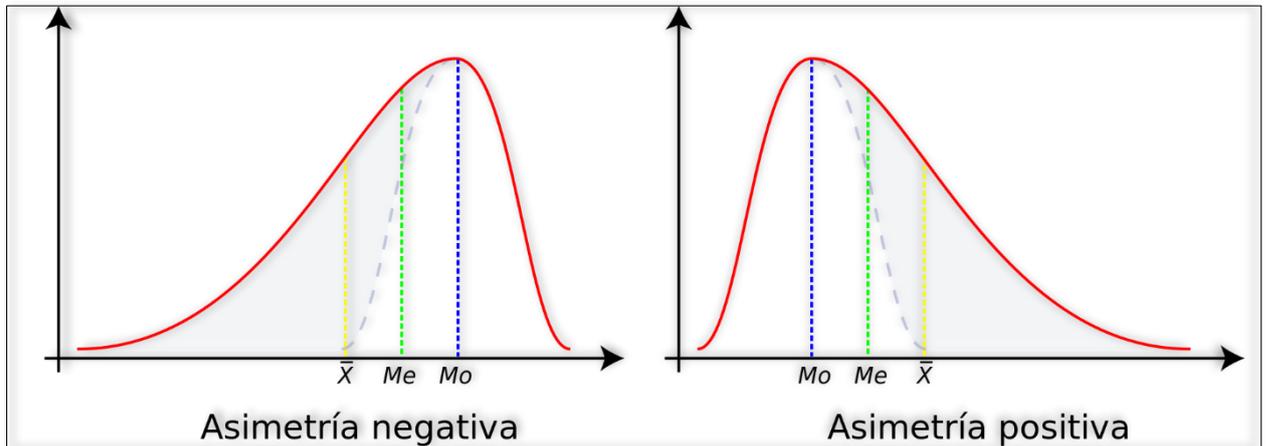


Figura 2-19 Ejemplo de distintas asimetrías. Mo = moda, Me = mediana, \bar{x} = media

El cuarto momento central es denominado curtosis o kurtosis:

$$\mu_4 = E(X - \mu)^4 = \mu'_4 - 4\mu\mu'_3 + 6\mu^2\mu'_2 - 3\mu^4$$

Da una medida de que tan aplastada o puntiaguda es la distribución. Al igual que para la asimetría, conviene usar el cuarto momento estandarizado, que recibe el nombre de coeficiente de curtosis.

$$C_k = \alpha_4 = \mu_4 / (\mu_2)^2$$

A medida que el coeficiente tiende a infinito, la distribución tendrá un pico más marcado, mientras que, si tiende a 0, la forma se aplanará. Si se compara este efecto con el del CV, se notará que la distribución simplemente cambia la altura del pico, sin aplanarse o volverse más angosta, efecto producido por la dispersión de los datos.

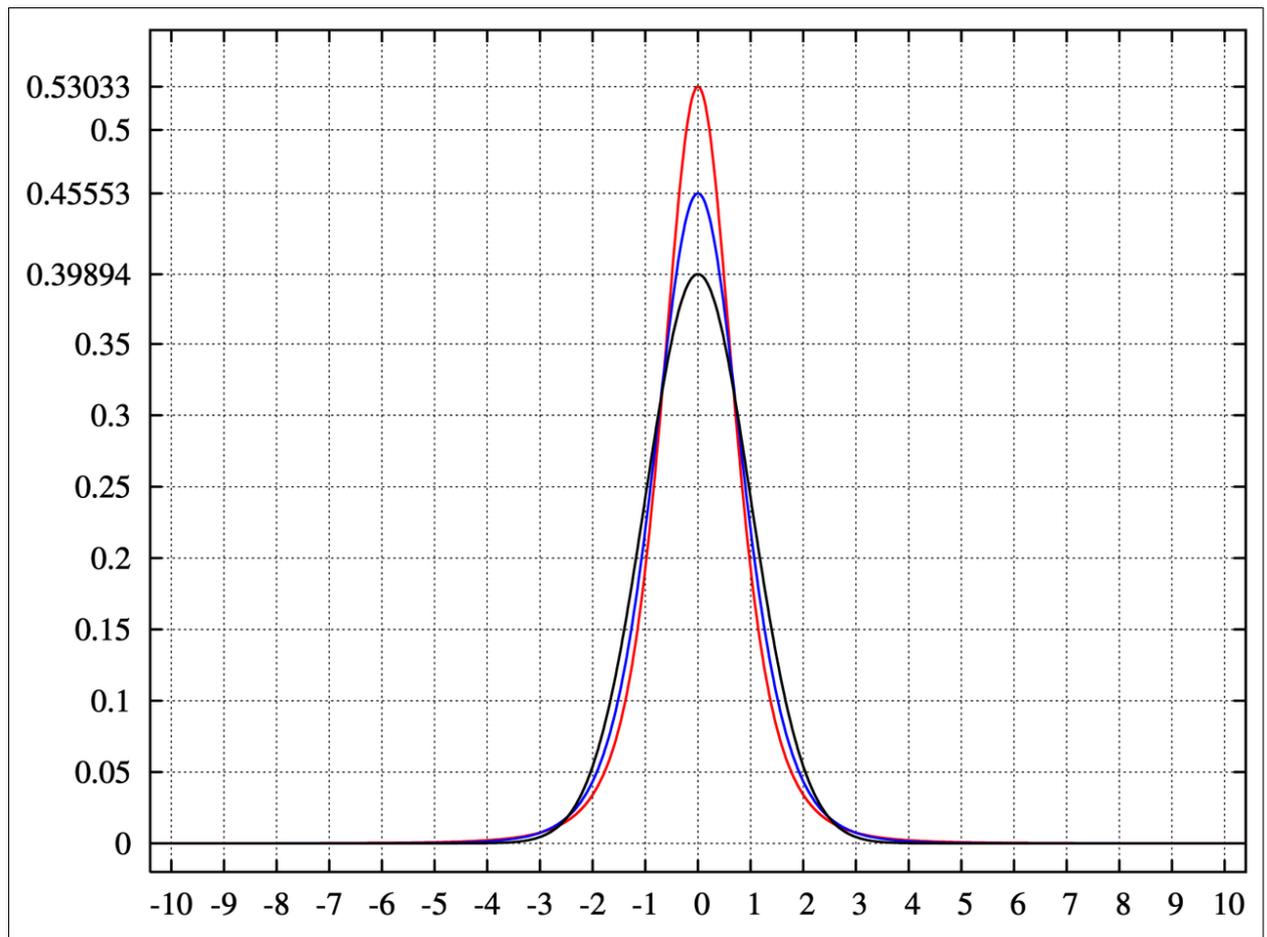


Figura 2–20 Ejemplos de variables aleatorias con distinta curtosis

Los momentos estandarizados tercero (coeficiente de asimetría) y cuarto (coeficiente de curtosis) se conocen como factores de forma primero y segundo respectivamente.

Recordando, el primer momento alrededor del cero es la media, que, siguiendo las definiciones dadas, es considerado un factor de tendencia central y el segundo momento central, la varianza, es un factor de variabilidad.

Se plantea una tabla comparativa de los momentos ordinarios, dónde la columna uso general implica la ecuación correspondiente para el momento de una muestra.

Tabla 2–13 Resumen de ecuaciones frecuentes para los Momentos Ordinarios

Alrededor del 0			Central o alrededor de la media		
Orden	Definición	Uso general	Definición	Uso general	Observación
n	$\mu'_n = E(X^n) = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x) dx$	-	$\mu_n = E(X - \mu)^n = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^n f(x) dx$	-	-
0	$\mu'_0 = E(X^0) = E(1) = 1$	-	$\mu_0 = E(X - \mu)^0 = E(1) = 1$	-	-
1	$\mu'_1 = \mu = E(X)$	$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{x}$	$\mu_1 = E(X - \mu)^1 = 0$	-	-
2	$\mu'_2 = E(X^2)$	-	$\mu_2 = E(X - \mu)^2 = Var(X)$	$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}$	Medida de dispersión σ para población
3	$\mu'_3 = E(X^3)$	-	$\mu_3 = E(X - \mu)^3 = Asimetría(X)$	$g_1 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) \cdot \sigma^3}$	Factor de forma primero y para población
4	$\mu'_4 = E(X^4)$	-	$\mu_4 = E(X - \mu)^4 = Curtosis(X)$	$g_2 = \frac{n(n+1) \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot \sigma^4} - \frac{3 \cdot (n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$	Factor de forma segundo y para población

MO

2.8. Momentos-L de las distribuciones de probabilidad

Los momentos L han surgido como una mejora de los momentos ordinarios ponderados por su probabilidad (PWM, por sus siglas en inglés). Los PWM habían optimizado los MO al considerar el peso de cada valor además de su distancia relativa. Sin embargo, su interpretación física resultaba compleja, pese a esto, se descubrió que la información que se podía extraer de ellos también estaba contenida en ciertas combinaciones lineales de ellos mismos.

Ecuación 2–17 Momentos ponderados de probabilidad de una variable aleatoria

$$M_{p,r,s} = E\{x^p \cdot [F(x)]^r \cdot [1 - F(x)]^s\}$$

Landwehr et al. (1979) propuso combinaciones lineales de tal modo que la ponderación era generada por polinomios, en lugar de potencias. De estas combinaciones surge la idea de usar la letra *L* para su denominación.

Estos nuevos momentos, denominados Momentos L o L-Momentos (ML) obtenidos son una generalización de los MO en los que el peso de cada observación depende de su probabilidad de ocurrencia y se han sugerido como sustitutos ventajosos de los ordinarios, sobre todo, al trabajar con muestras de eventos extremos.

El polinomio propuesto para obtener los momentos ponderados por probabilidad, desarrollado para los tres primeros momentos es:

Ecuación 2–18 PWM según polinomios de Landwehr

$$\hat{\beta}_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i)}{(N-1)} x_i$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1)}{(N-1) \cdot (N-2)} x_i$$

$$\hat{\beta}_3 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1) \cdot (N-i-2)}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (N-3)} x_i$$

$$\hat{\beta}_m = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1) \cdots (N-i-m-1)}{(N-1) \cdot (N-2) \cdots (N-m)} x_i$$

Donde β_r es el momento ponderado por su probabilidad (PWM) de orden r , N el número total de observaciones y x_i el elemento i -ésimo de la serie ordenada de mayor a menor.

Los L-Momentos, λ_n , entonces, surgirán de las combinaciones lineales:

Ecuación 2-19 L-Momentos poblacionales

$$\lambda_1 = \beta_0$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_{i+1} = \sum_{k=0}^i p_{i,k}^* \cdot \beta_k$$

$$p_{i,k}^* = \frac{(-1)^{i-k} \cdot (i+k)!}{(k!)^2 \cdot (i-k)!}$$

Para ver el desarrollo, hipótesis y génesis de las ecuaciones y polinomios, ver Greenwood *et al.* (1979), Landwehr *et al.* (1979) y Hosking, J., & Wallis, J. (1997).

Existen algunas similitudes entre estos momentos y los MO. Por ejemplo, respecto a los que giran alrededor del cero, directamente se obtiene que $\lambda_1 = 1^{\text{º}}\text{MO} = \bar{x}$.

De igual manera que se estandarizan los momentos ordinarios alrededor de la media, en los L-Momentos se usan los ratios, simbolizados con la letra griega τ :

Ecuación 2-20 L-Coeficiente de variación poblacional, L-CV

$$\tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = L - CV$$

El 2º ML o λ_2 es análogo a la desviación estándar ordinaria (σ^2), que es el 2ºMO, a la vez que su ratio, τ , llamado también L-Coeficiente de variación (L-CV) es análogo al 2ºMO estandarizado, el coeficiente de variación (CV).

Ecuación 2-21 Estandarización de los ML poblacionales

$$\tau_r = \frac{\lambda_r}{\lambda_2}; \quad r = 3, 4, 5, \dots$$

Ecuación 2-22 L-Asimetría poblacional, L-Cs

$$\tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}$$

El 3º ML o λ_3 es llamado L-Asimetría y su ratio, τ_3 , llamado L-Coeficiente de asimetría (L-Cs), son análogos al 3ºMO y el estandarizado, respectivamente.

Ecuación 2-23 L-Curtosis poblacional, L-Ck

$$\tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2}$$

El 4º ML o λ_3 es llamado L-Curtosis y su ratio, τ_4 , llamado L-Coeficiente de Curtosis (L-Ck), son análogos al 4ºMO y el estandarizado, respectivamente.

Estos ratios determinan la forma de la distribución, desconsiderando la escala de las variables medidas. Por lo que, a fin de cuentas, se tendrá que λ_1 es la L-ubicación, λ_2 la L-escala (ambos, análogos a la media y la desviación de las muestras) y λ_3 y λ_4 la L-Asimetría y la L-curtosis (o aplastamiento).

Las ventajas de los L-momentos sobre los MO radican principalmente en que son combinaciones lineales, por lo que la existencia de elementos extremos en la muestra no se ve afectada a la segunda, tercer o cuarta potencia. Esto aporta mayor fiabilidad y robustez, generando menor dispersión.

Al describir idóneamente la forma de la distribución, pueden utilizarse para seleccionar la mejor y que más se ajusta. Esto suele hacerse mediante la comparación de los L-Coeficientes de asimetría (τ_3) y curtosis (τ_4) de la muestra con los propios correspondientes a las distribuciones consideradas. No obstante, los ML pueden usarse para estimar los parámetros de las diferentes distribuciones de probabilidad.

Debido a que se está trabajando con muestras y no con la población, no se puede determinar el valor exacto de los momentos, por lo que se estiman los momentos muestrales y los parámetros. Aplicando los Momentos-L a la muestra, siendo n el tamaño de la muestra, i_1 el primer elemento, i_2 el segundo, continuando, arreglándolos en orden descendiente, las ecuaciones son:

El estimador de Landwehr:

Ecuación 2-24 Estimadores de Landwehr muestrales

$$b_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(n-i)}{(n-1)} x_i$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(n-i) \cdot (n-i-1)}{(n-1) \cdot (n-2)} x_i$$

$$b_3 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(n-i) \cdot (n-i-1) \cdot (n-i-2)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3)} x_i$$

$$b_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(n-i) \cdot (n-i-1) \cdots (n-i-m-1)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdots (n-m)} x_i$$

Los momentos originados por las combinaciones lineales:

Ecuación 2-25 L-Momentos muestrales

$$l_1 = b_0$$

$$l_2 = 2b_1 - b_0$$

$$l_3 = 6b_2 - 6b_1 - b_0$$

$$l_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0$$

$$l_{i+1} = \sum_{k=0}^i p_{i,k}^* \cdot b_k$$

Los ratios, o estandarizaciones de los Momentos-L son:

Ecuación 2-26 L-Coeficiente de variación muestral, L-CV

$$t = \frac{l_2}{l_1} = L - CV$$

Ecuación 2-27 Estandarización de los ML muestrales

$$t_r = \frac{l_r}{l_2}; \quad r = 3, 4, 5, \dots$$

Ecuación 2-28 L-Asimetría, L-Cs

$$t_3 = \frac{l_3}{l_2}$$

Ecuación 2-29 L-Curtosis, L-Ck

$$t_4 = \frac{l_4}{l_2}$$

Un cuadro similar al presentado anteriormente se expone resumiendo las ecuaciones para los Momentos-L, los estimadores, estandarizaciones y comparaciones con los MO.

Tabla 2–14 Resumen de ecuaciones frecuentes para los ML poblacionales

ML Población	Orden	Estimador	Combinación lineal – ML	Estandarización	Analogía con MO	Observaciones
	n	$\hat{\beta}_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1) \cdots (N-i-m-1)}{(N-1) \cdot (N-2) \cdots (N-m)} x_i$	$\lambda_{i+1} = \sum_{k=0}^i p_{i,k}^* \cdot \beta_k$	$\tau_r = \frac{\lambda_r}{\lambda_2}; r = 3, 4, \dots$		-
	0	$\hat{\beta}_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i$	-	-		-
	1	$\hat{\beta}_1 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i)}{(N-1)} x_i$	$\lambda_1 = \beta_0$	-	Media	L-Ubicación
	2	$\hat{\beta}_2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1)}{(N-1) \cdot (N-2)} x_i$	$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$	$\tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = L - CV$	$\lambda_2 \sim \sigma^2$ $L - CV \sim CV$	L-Escala
	3	$\hat{\beta}_3 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1) \cdot (N-i-2)}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (N-3)} x_i$	$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 - \beta_0$	$\tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}$	$\lambda_3 \sim Y_1$ $\tau_3 \sim CS$	L-Asimetría
	4	-	$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0$	$\tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2}$	$\lambda_4 \sim Y_2$ $\tau_4 \sim Ck$	L-Curtosis

Tabla 2–15 Resumen de ecuaciones frecuentes para los ML muestrales

ML Muestra	Orden	Estimador	Combinación lineal – ML	Estandarización	Analogía con MO	Observaciones
	n	$b_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(n-i) \cdot (n-i-1) \cdots (n-i-m-1)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdots (n-m)} x_i$	$l_{i+1} = \sum_{k=0}^i p_{i,k}^* \cdot b_k$	$l_r = \frac{l_r}{l_2}; r = 3, 4, \dots$		-
	0	$b_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i$	-	-		-
	1	$b_1 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i)}{(N-1)} x_i$	$l_1 = b_0$	-	Media	L-Ubicación
	2	$b_2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1)}{(N-1) \cdot (N-2)} x_i$	$l_2 = 2b_1 - b_0$	$t = \frac{l_2}{l_1} = L - CV$	$l_2 \sim s^2$ $l - CV \sim CV$	L-Escala
	3	$b_3 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{(N-i) \cdot (N-i-1) \cdot (N-i-2)}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (N-3)} x_i$	$l_3 = 6b_2 - 6b_1 - b_0$	$t_3 = \frac{l_3}{l_2}$	$l_3 \sim g_1$ $l_3 \sim CS$	L-Asimetría
	4	-	$l_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0$	$t_4 = \frac{l_4}{l_2}$	$l_4 \sim g_2$ $l_4 \sim Ck$	L-Curtosis

2.9. Ajustes a las funciones de probabilidad

Los datos a extrapolar para las 4 estaciones en estudio (Guido, Tupungato, Cuevas y Vacas) son extraídos de la Base de Datos Hidrológica Integrada de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica y son los caudales medios diarios máximos.

Estos caudales son los que usualmente se eligen a la hora de realizar la extrapolación para obras civiles o hidráulicas, ya que, a diferencia de los mensuales o anuales, no han “aplanado” en gran medida el efecto de las crecidas que justamente es el que se busca estimar. Asimismo, no son tan sensibles a efectos indeseados como crecidas no independientes ni aleatorias, mediciones erróneas o errores instrumentales, como

pueden ser los caudales instantáneos máximos. Los resultados en detalle están expuestos en el anexo de resultados.

Las funciones de distribución de probabilidad que se usarán son:

- General de Valores Extremos (GEV)
- Valores Extremos tipo I o Gumbel (EVI)
- General Pareto (GP)
- Exponencial (EXP)

Las ecuaciones y las estimaciones de parámetros de estas funciones se encuentran desarrolladas en el anexo B Distribuciones de probabilidad.

A fines de ejecutar una comparación entre los MO y ML, la función GEV será estimada mediante ambos momentos. Las demás funciones únicamente según la estimación por los ML.

Se buscarán obtener valores de TR igual a 100, 250, 500, 1000 y 10000. Los valores inferiores a 100 no se consideran extrapolados ya que las muestras cuentan con, aproximadamente, 60 datos, por lo que esos valores pasan a ser considerados como ajustes y estimaciones.

A continuación se adjuntan los resultados de los MO, ML y de la estimación de parámetros.

Las tablas de datos completas, a su vez con los parámetros momentos obtenidos se encuentra en el anexo, a fines de ofrecer la posibilidad de contrastar los resultados para futuras investigaciones.

Tabla 2–16 Parámetros y momentos de caudales diarios máximos – Estación Guido

Momentos y parámetros – Estación Guido					
μ	146.38	GEV - ML		GP	
s	70.06	k	-0.23	k	0.02
b_0	146.38	α	38.83	α	71.76
b_1	90.70	β	112.64	β	75.76
b_2	68.21	EV1 - ML		EXP	
b_3	55.63	α	50.53	α	70.05
l_1	146.38	β	117.21	β	76.32
l_2	35.03	EV1 - MO			
l_3	11.43	α	54.63		
l_4	8.38	β	114.85		
t_2	0.24				
t_3	0.33				
t_4	0.24				

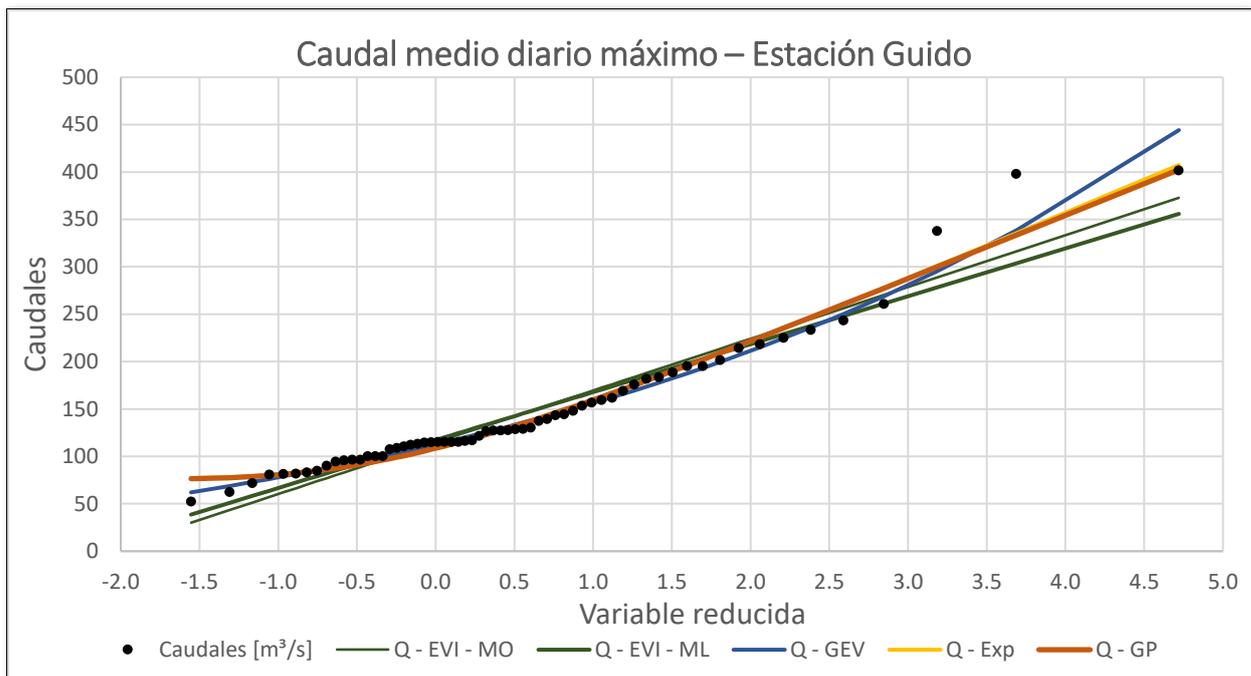


Figura 2–21 Ajuste de funciones de probabilidad a caudales medios diarios máximos – Estación Guido

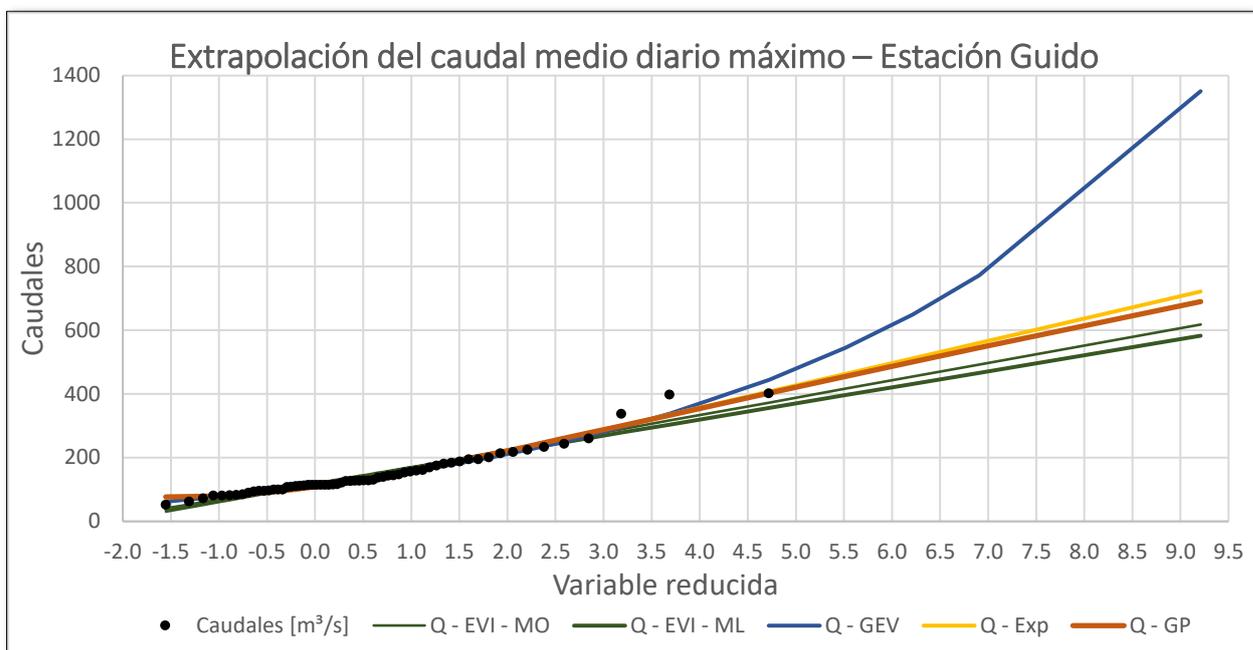


Figura 2–22 Extrapolación de caudales medios diarios máximos – Estación Guido

El resultado obtenido de las extrapolaciones se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2–17 Extrapolaciones caudales diarios máximos anuales – Estación Guido

p(q<=Q)	TR	var. red.	Q - EVI - MO	Q - EVI - ML	Q - GEV	Q - Exp	Q - GP
1.0000	1	-3.47	-74.88	-58.30	19.80	76.32	75.76
0.5000	2	0.37	134.87	135.73	127.49	124.88	125.22
0.2000	5	1.50	196.79	193.01	182.22	189.07	189.76
0.1000	10	2.25	237.78	230.93	227.16	237.63	237.96
0.0200	50	3.90	328.00	314.39	358.22	350.38	347.81
0.0100	100	4.60	366.14	349.67	430.50	398.94	394.24
0.0040	250	5.52	416.36	396.13	545.23	463.13	454.84
0.0020	500	6.21	454.28	431.21	649.48	511.68	500.08
0.0010	1000	6.91	492.18	466.26	771.71	560.24	544.83
0.0001	10000	9.21	617.99	582.64	1350.94	721.55	689.92

Finalmente, es interesante realizar una correlación rápida y sencilla a efectos de analizar el ajuste de la función de forma visual y cualitativa, ya que la bondad de ajuste y otros parámetros de justificación de resultados, como ya se expuso anteriormente, exceden los alcances del presente informe. Se contrastan los datos reales con los cuantiles obtenidos para esa misma posición. De este modo, si la curva fuera una recta con pendiente constante, el ajuste sería excelente, mientras que a mayor cantidad de quiebres y cambios de pendiente se evidencia la limitación del ajuste obtenido.

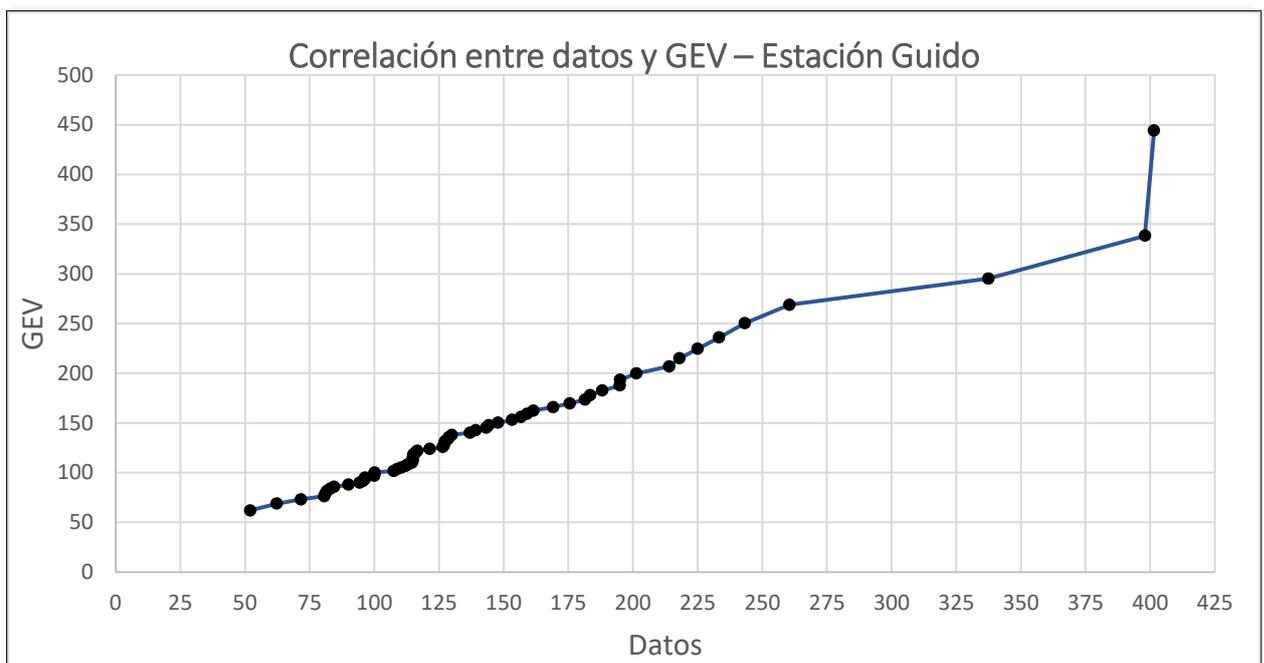


Figura 2–23 Correlación entre puntos reales y ajustados mediante GEV – Estación Guido

Se analizará con más profundidad en las secciones siguientes, pero es notable el buen ajuste que la función realiza en los caudales intermedios. Los mínimos, si bien parecen tener otra pendiente, no son necesariamente relevantes al realizar un análisis de excedencia o de máximos. No obstante, en los caudales máximos, no sólo pierde linealidad el ajuste, sino que deja de asimilarse a una recta en cualquiera de sus puntos, y presenta diversas pendientes en cada intervalo, cuestión que no sucedía en los caudales intermedios.

3. Resultados

3.1. Introducción

En esta sección se publicarán gráficos, tablas, valores y datos representativos de la metodología relatada en el trabajo, comentando e interpretando los resultados obtenidos. En los casos donde sea pertinente se harán aclaraciones y notas de los puntos a profundizar y si las hipótesis asumidas permanecen aceptadas o debieran ser rechazadas. En el anexo de resultados se encontrarán la totalidad de los gráficos confeccionados, junto con sus valores y tablas de datos, estando estructurado con las mismas secciones que este capítulo.

3.2. Hidrología

En la Figura 3–1 se observan los caudales medios mensuales en la estación Tupungato, ubicada sobre el río homónimo. En esta serie es notoria la gran diferencia que existe entre los caudales mensuales para los meses de invierno y para los meses de verano, siendo más de 5 veces mayores los meses de verano.

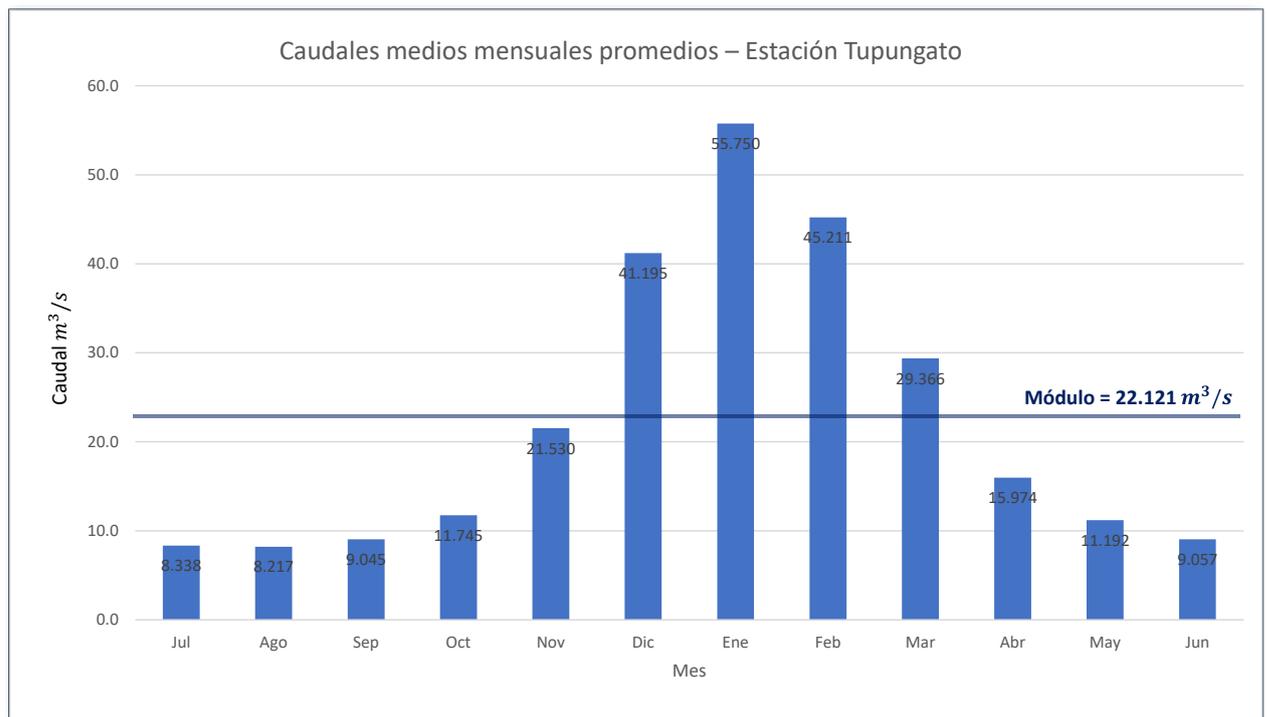


Figura 3–1 Caudales medios mensuales – Estación Tupungato

Si entendemos la topografía dónde se encuentra esta cuenca, veremos que, debido a su altura sobre el nivel del mar, siendo zona de alta montaña, el principal aporte de caudal es producido por el deshielo en los meses de mayor temperatura; en contraste, durante los meses invernales se producen las nevadas que nutren los ríos en los meses posteriores.

En este contexto se puede explicar la marcada diferencia entre los caudales de diciembre a febrero con relación a los de julio a agosto. En consecuencia, se refuerza la necesidad de considerar la fusión nival como factor determinante para ilustrar el comportamiento de las series con mayor fiabilidad para estudios de investigación.

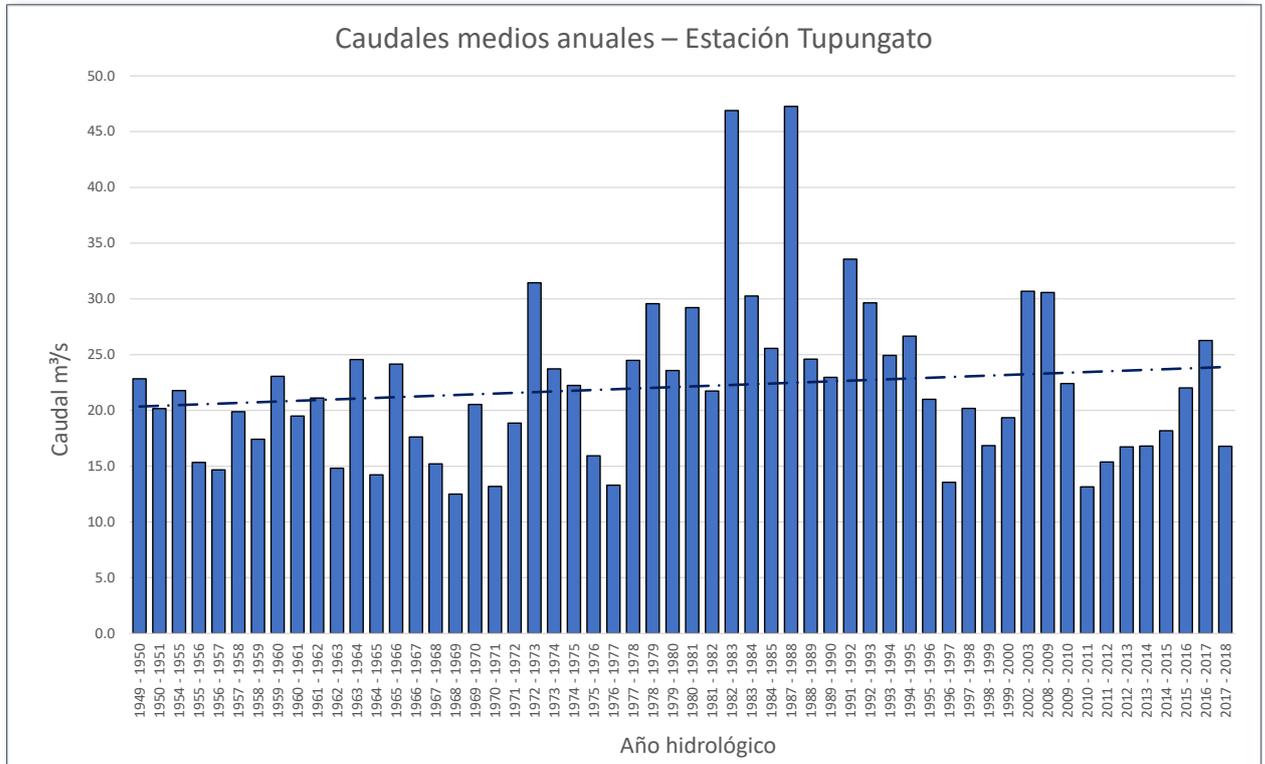


Figura 3–2 Serie de caudales medios anuales – Estación Tupungato

Como es de público conocimiento, Mendoza se encuentra en un periodo de crisis hídrica, y sumado a la creciente complicación del calentamiento global, esto es una problemática que no puede ser ignorada. Desde este punto de vista se puede explicar la aparente crecida de la línea de tendencia, producida por un deshielo excesivo de nieves acumuladas, por lo que el incremento si bien puede ser beneficiosos en términos hídricos, es preocupante y debe ser atendido con celeridad para evitar que en los años venideros las sequías sean aún más severas de lo que actualmente lo son.

Observando la serie de caudales medios anuales para el río Tupungato (Figura 3–2), cuyo módulo es $22.121 \text{ m}^3/\text{s}$, nos encontramos con una distribución histórica mucho más uniforme y con menor variabilidad en comparación con el río Mendoza en la estación Guido, Figura 3–3, donde el módulo es de $44.828 \text{ m}^3/\text{s}$. El Tupungato es el principal afluente del río Mendoza, aportando en promedio casi la mitad de su caudal. Sin embargo, la mayor variabilidad en Guido es debida a que está conformado también por el río Vacas y Cuevas, entre otros, por lo que cualquier desviación en uno de los ríos se replica aguas abajo y, en su totalidad, es más disperso frente a cada uno de los afluentes por separado.

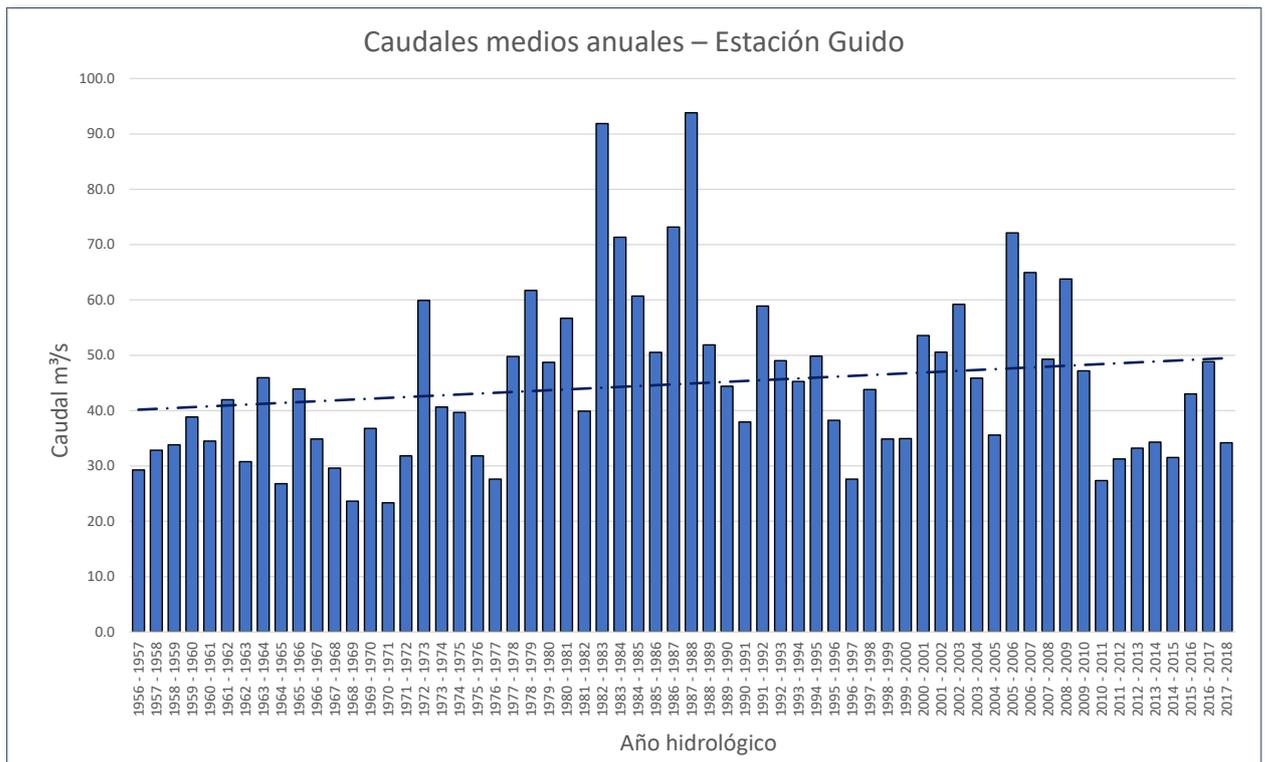


Figura 3-3 Serie de caudales medios anuales – Estación Guido

3.3. Curva de duración de caudales

Se presenta la curva de duración de caudales para la estación Vacas para abundancia decenal, año medio y sequía decenal. Los gráficos de ajuste y las tablas se pueden consultar en el anexo de resultados.

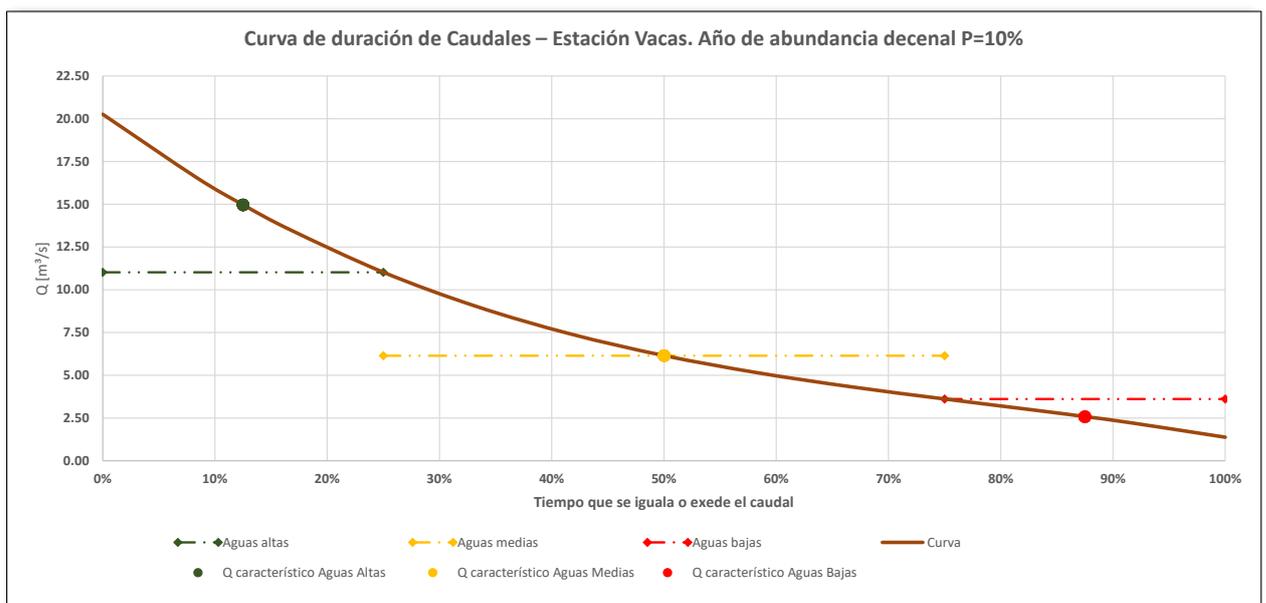


Figura 3-4 CDC para abundancia decenal – Estación Vacas

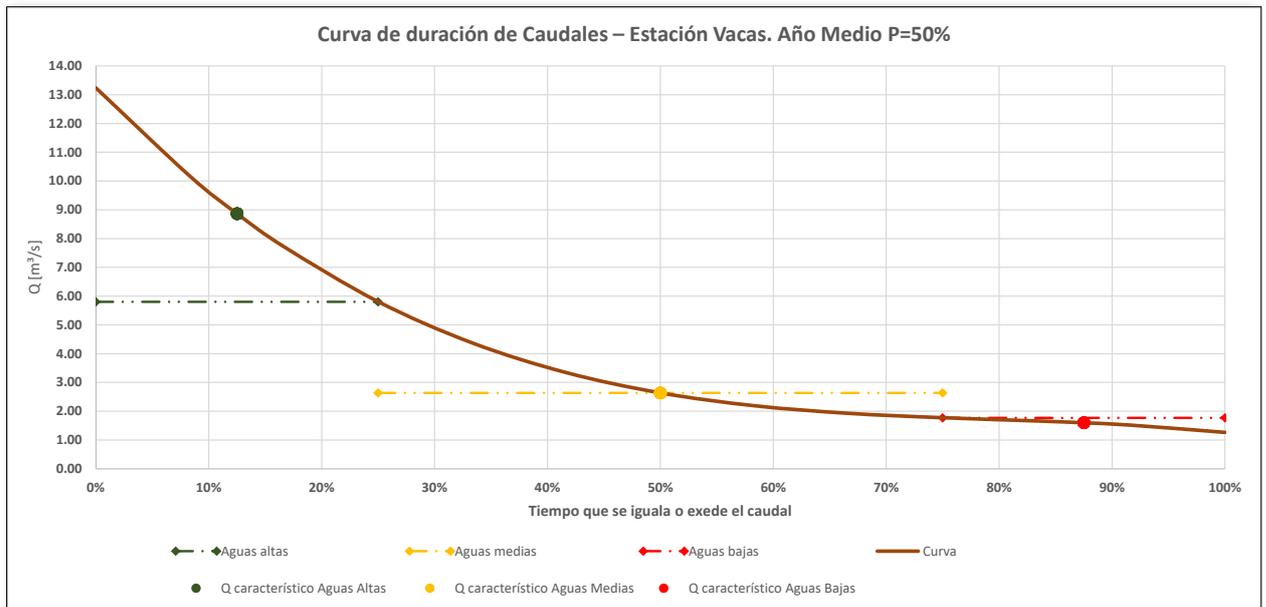


Figura 3–5 CDC para año medio – Estación Cuevas

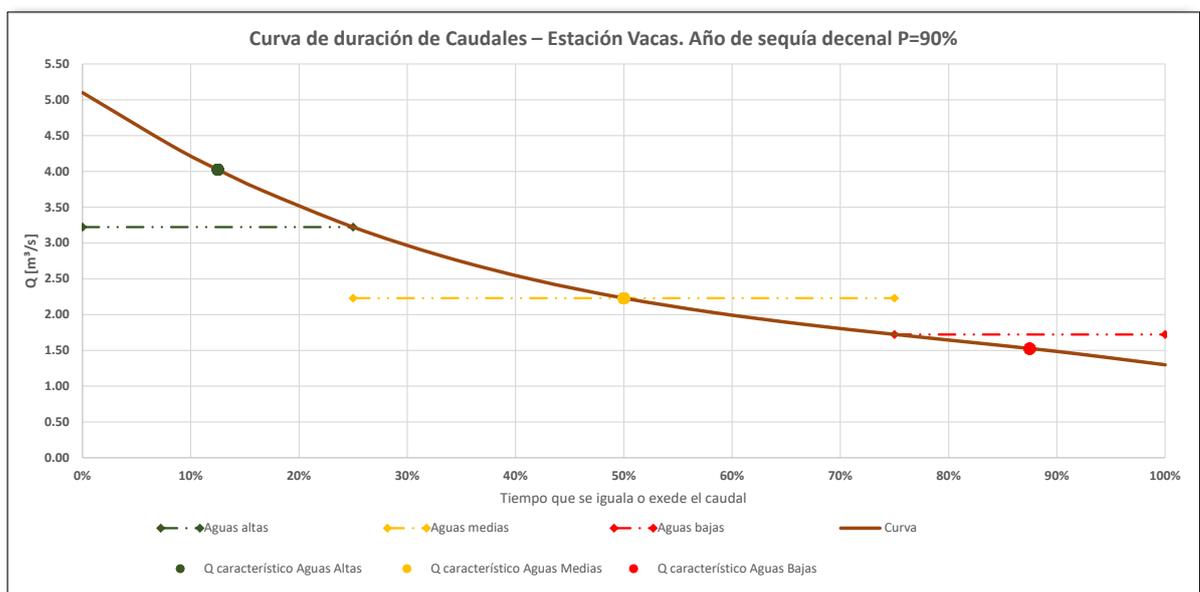


Figura 3–6 CDC para sequía decenal – Estación Vacas

En la Tabla 3–1 se resume, para los distintos escenarios, los caudales característicos de aguas altas, medias y bajas y el coeficiente R^2 de la curva ajustada sobre los datos medidos.

Para los 3 casos el ajuste se realizó con una función polinómica de tercer grado, arrojando un buen coeficiente de correlación, ya que varía entre 0.99 y 0.96.

Es oportuno distinguir las distintas pendientes que surgen para los distintos niveles de aguas. La diferencia entre los caudales de aguas altas y bajas para la sequía es de apenas 3 veces, mientras que en la abundancia el caudal de altas es casi 6 veces mayor que el de aguas bajas.

Tabla 3-1 Resumen CDC para estación Vacas

Curva de duración de Caudales				
Estación Vacas	R ²	Q característico [m ³ /s]		
		Aguas altas	Aguas medias	Aguas bajas
Abundancia decenal	0.9868	14.97	6.15	2.58
Año medio	0.9632	8.87	2.63	1.59
Sequía decenal	0.9757	4.03	2.23	1.53

Asimismo, es llamativa la cercanía en magnitud que existe para todos los caudales de aguas bajas, ya que el mayor no duplica el menor. Pero la proximidad se pierde para las aguas mayores.

3.4. Regresiones

Al examinar las muestras se encontró que las muestras estaban autocorrelacionadas y para ejecutar una regresión a fines investigativos se sugiere pre-blanquear (Yue et al, 2002) la muestra o realizar un análisis regional y temporal. Debido a que estas metodologías exceden el alcance del trabajo, se decidió continuar con el análisis para ilustrar el proceso a modo académico.

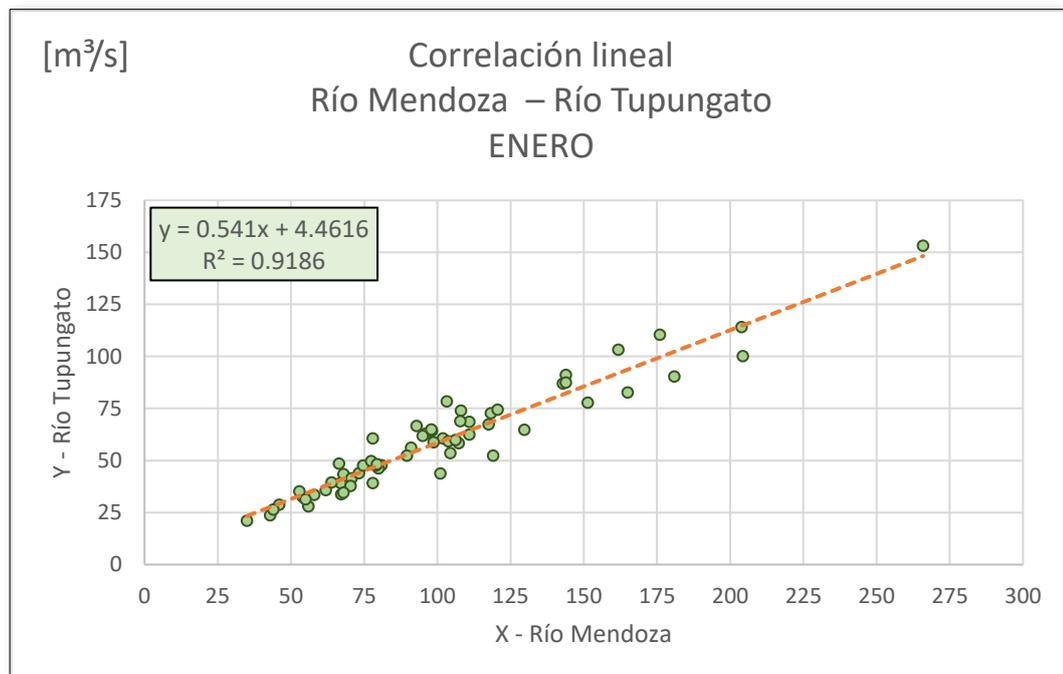


Figura 3-7 Correlación enero. Río Mendoza – Río Tupungato

En la estación Guido en los meses de verano surgen los R^2 mayores, mientras que en los meses de invierno ocurren los menores. Se adjuntan las regresiones para enero y agosto en la Figura 3–7 y la Figura 3–8 respectivamente.

Vemos que, desconsiderando a la autocorrelación encontrada, en los meses de verano la nube de puntos tiene una buena aproximación lineal, especialmente para los caudales mayores, dónde la tendencia continúa constante, casi tocando el punto más alejado de la serie, siendo de los menos frecuentes (Figura 3–7).

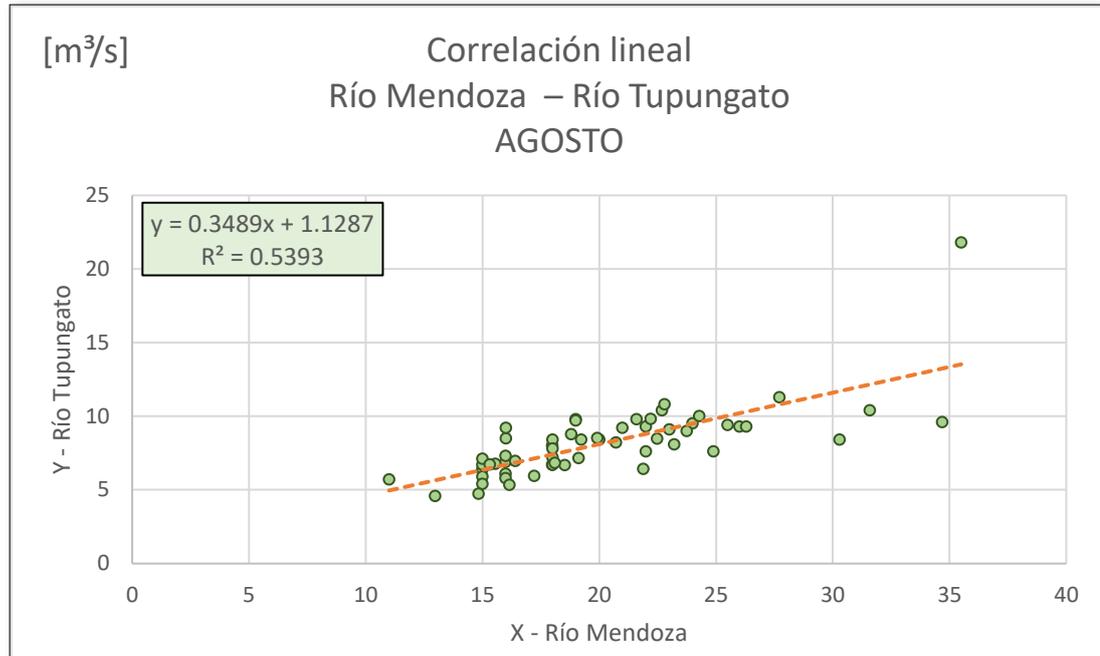


Figura 3–8 Correlación agosto. Río Mendoza – Río Tupungato

En el invierno, fruto de mantenimientos, cortes programados, nevadas y heladas, especialmente sobre el Río Tupungato, la correlación no puede ser buena, sumado al desarrollo de los asentamientos poblacionales que afectan los cauces aguas debajo de Tupungato hasta confluir en el vaso de la presa Potrerillos, más allá de la estación Guido.

En la parte central de la nube de datos no encontramos (según inspección visual, omitiendo análisis cuantitativos para la determinación del error, sesgo y variabilidad) una dispersión tan marcada que provoque un R^2 de 0.54, por lo que es de esperarse que se vea producido por los puntos alejados del centroide. Se distinguen 4 pares muy apartados en particular y, eliminando esos puntos, el R^2 toma un valor de 0.5752: prácticamente no aumenta. Este fenómeno es un ejemplo de la importancia de los métodos cuantitativos, puesto que arrojan números robustos y ecuaciones a las inspecciones; aunque la ayuda visual es más rápida e intuitiva, no siempre es correcta.

Lo que ocurre en esta ocasión es un problema de escala, los puntos centrales aparentan estar igual de cerca y de concentrados que para el mes de enero, entre otros meses de verano, pero las distancias que hay entre ellos son mucho mayores en proporción. Al eliminar los 4 puntos más alejados, la distancia vertical puede ser distorsionada respecto a la horizontal para evidenciar la dispersión. El resultado se observa en la siguiente imagen:

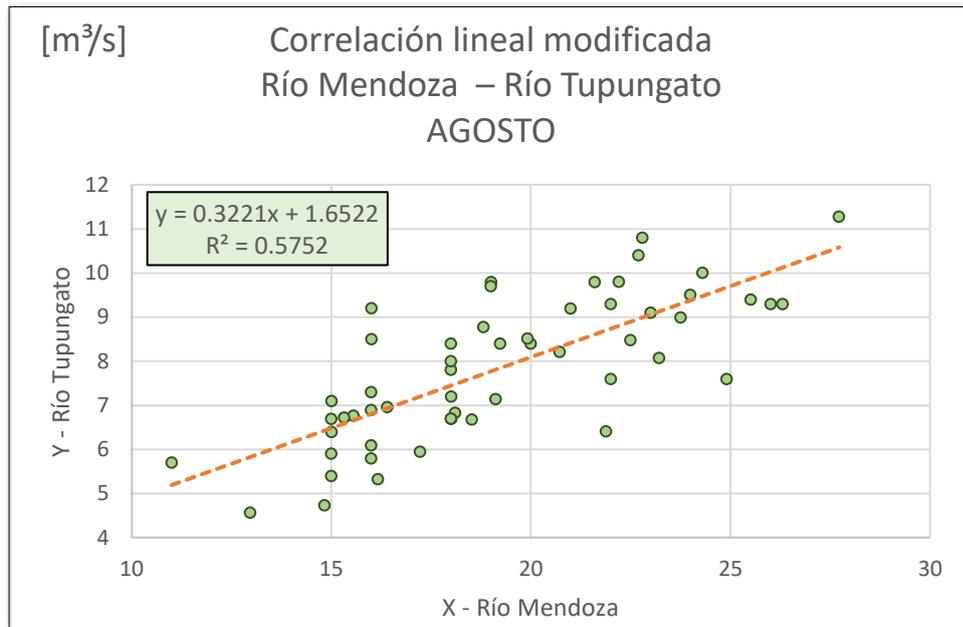


Figura 3–9 Correlación agosto modificada. Río Mendoza – Río Tupungato

Si se compara este gráfico con el anterior se aprecia que una regresión certera no puede ser llevada a cabo ya que, aunque el R^2 es mayor, sigue siendo muy bajo. Sin embargo, ahora es posible descartarlo y comprenderlo visualmente, cuestión que antes era engañoso y difuso. La corrección gráfica, sin lugar a dudas, no podría haberse efectuado sin haber considerado un parámetro cuantitativo: el coeficiente de correlación.

3.5. Extrapolaciones

La extrapolación llevada a cabo para los caudales medios diarios máximos en la estación Vacas cuenta con un tamaño de muestra de 62 datos. Los momentos y parámetros obtenidos son los siguientes:

Tabla 3–2 Parámetros y momentos de caudales diarios máximos – Estación Cuevas

Momentos y parámetros – Estación Cuevas					
μ	19.57	GEV - ML		GP	
s	12.95	k	-0.23	k	0.02
bo	19.57	α	7.37	α	13.61
b1	13.11	β	13.17	β	6.17
b2	10.21	EV1 - ML		EXP	
b3	8.49	α	9.59	α	13.30
l1	19.57	β	14.03	β	6.27
l2	6.65	EV1 - MO			
l3	2.17	α	10.10		
l4	1.30	β	13.74		
t2	0.34				
t3	0.33				
t4	0.20				

Ordenando y clasificando los datos, se ajustaron las distintas distribuciones de probabilidad, obteniendo el siguiente gráfico:

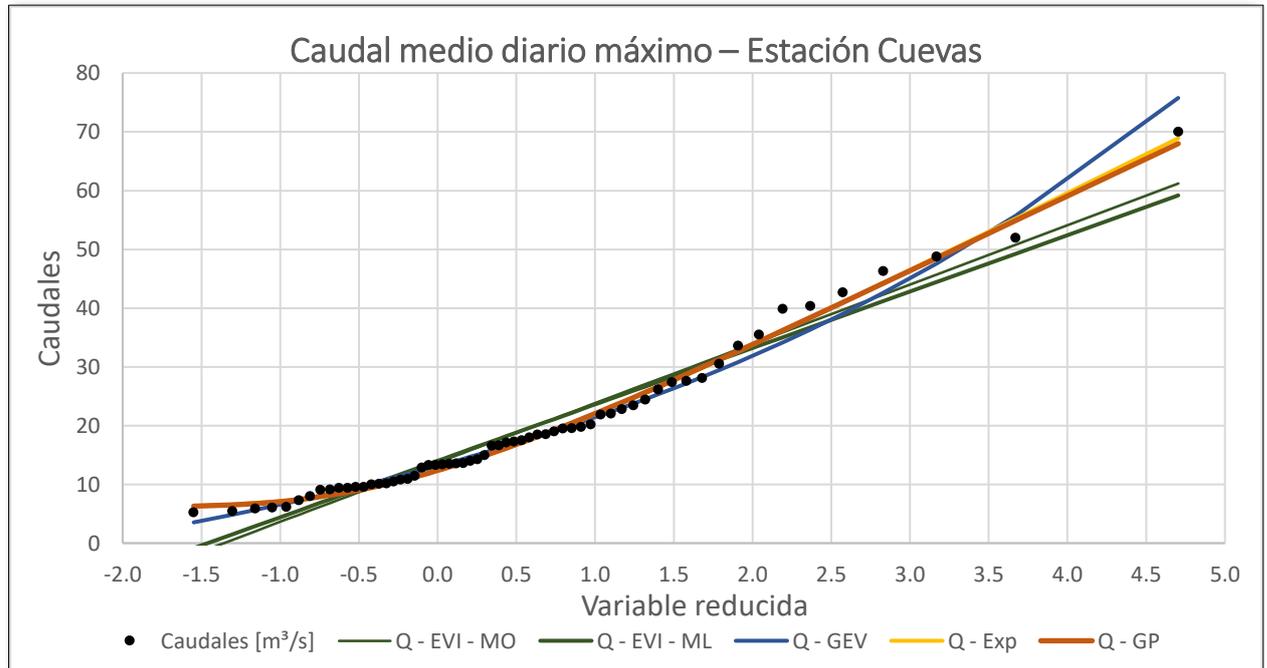


Figura 3-10 Ajuste de funciones de probabilidad a caudales medios diarios máximos – Estación Cuevas

En la figura se distingue como las 4 funciones (la EVI estimada mediante los MO y los ML) arrojan un buen ajuste en la parte intermedia de los datos, pero a medida que nos acercamos a sendos extremos empiezan a variar.

Dado que estamos interesados en eventos extremos de excedencia, el error que se puede producir en la cola inferior de la distribución no debería afectar la estimación o la precisión en los cuantiles superiores y puede ser obviado. Las distribuciones EVI y EXP, dada su linealidad, no pueden arrojar un buen ajuste debido a la visible curva que forman estos datos observados y son descartadas. A continuación, se examinarán las curvas no lineales para ver el grado de ajuste.

La función GEV cuenta con una buena estimación en la parte inferior e intermedia, sin embargo, en el extremo superior tiene grandes desviaciones, sobrestimando en gran medida el valor superior.

La función GP tiene también un buen acercamiento al comienzo. Se desvía en pequeña medida respecto a la GEV, pero como se trata de la cola inferior se puede asumir aceptable. Del mismo modo, en la parte intermedia se comporta bastante semejante pero cuando comienzan los puntos extremos la GP está más cerca de los puntos, estimando aceptablemente el antepenúltimo y el superior. Estas diferencias de ajustes se ven agravados al trabajar con grandes extrapolaciones, significando una gran desviación para los cuantiles superiores, como puede ser para TR=500 o 1000 años.

En la siguiente imagen se encuentra la misma gráfica con la extrapolación resuelta. Se observa claramente como la GEV tiene un crecimiento excesivo, arrojando sobreestimaciones que podrían traducirse en grandes costos innecesarios si se

diseñara, por ejemplo, una defensa aluvional. Por este motivo es que se descarta, eligiendo a priori la GP como la más acertada

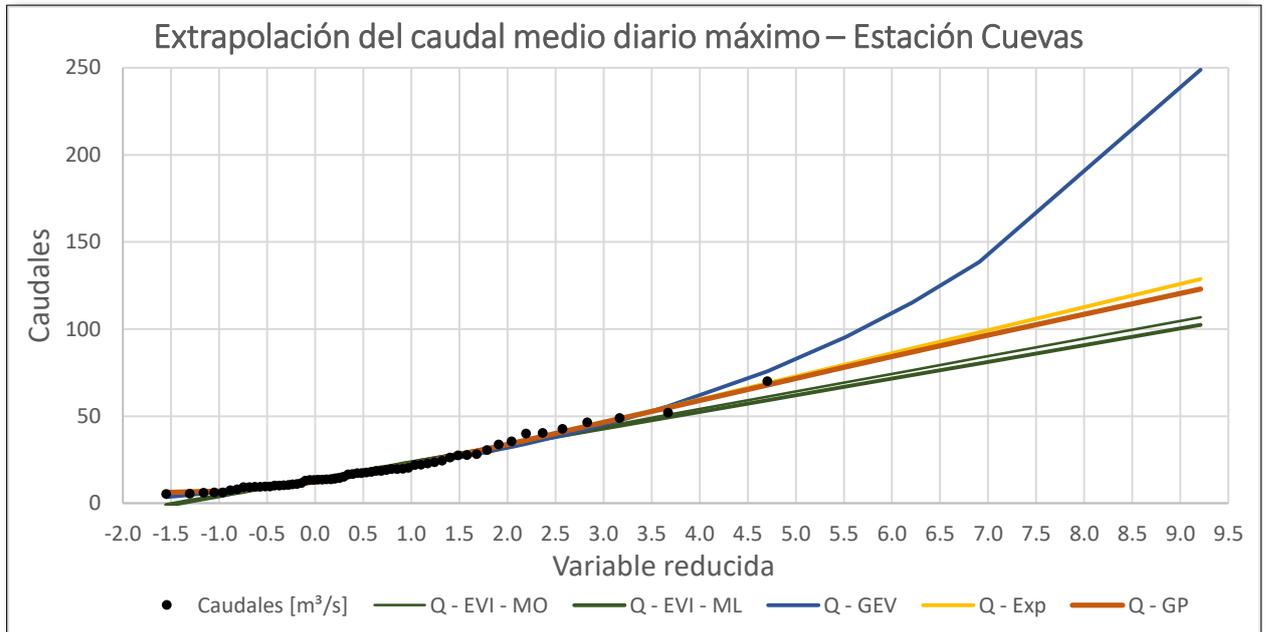


Figura 3–11 Extrapolación de caudales medios diarios máximos – Estación Cuevas

En esta imagen también se observa como la EXP se asemeja a la GP, siendo la primera un caso particular cuando el parámetro k es igual a 0. En esta muestra el parámetro, observando la Tabla 3–2, es igual a 0.02, justificando la semejanza entre ellas.

Se adjunta a continuación la tabla con la estimación de los caudales extrapolados:

Tabla 3–3 Extrapolaciones de caudales diarios máximos anuales – Estación Cuevas

$p(q \leq Q)$	TR	var. red.	Q - EVI - MO	Q - EVI - ML	Q - GEV	Q - Exp	Q - GP
1.0000	1	-3.47	-21.32	-19.29	-4.44	6.27	6.17
0.5000	2	0.37	17.45	17.55	15.98	15.49	15.55
0.2000	5	1.50	28.89	28.43	26.37	27.68	27.80
0.1000	10	2.25	36.47	35.63	34.91	36.90	36.96
0.0200	50	3.90	53.14	51.47	59.81	58.31	57.84
0.0100	100	4.60	60.19	58.17	73.55	67.53	66.68
0.0040	250	5.52	69.48	66.99	95.38	79.71	78.21
0.0020	500	6.21	76.49	73.65	115.21	88.93	86.83
0.0010	1000	6.91	83.49	80.31	138.48	98.15	95.36
0.0001	10000	9.21	106.75	102.41	248.80	128.78	123.05

En la primer fila de la tabla la probabilidad y el TR figuran como igual a 1 debido al redondeo. Se consideró un tiempo de retorno igual 1.00001, siendo $p=0.99999$. Una probabilidad igual a 1 implicaría que siempre ocurrirá tal evento, lo que es incorrecto ya que excluye la posibilidad de un evento extraordinario. Asimismo, en esa fila también se encuentran caudales negativos. Estos valores son descartados y se debe aplicar un límite inferior para aquellas funciones de probabilidad que, por su forma, en la cola inferior, arrojan resultados menores que 0.

Observando los caudales para un TR=500 vemos que todas las estimaciones se encuentran en el rango de 73 a 89 m³/s, a excepción de la obtenida según la GEV, que implica una variación porcentual relativa de aproximadamente 20%; para un TR=1000 el rango es de 80 a 98 m³/s, teniendo una variación de 22% y para TR=10000 los valores están comprendidos entre 102 y 129 m³/s, siendo de 26% la variación.

Es notorio el incremento de la variación entre las distintas funciones, por lo que pensando en que siempre habrá un error inherente al estimar la función de probabilidad subyacente de los datos, se evidencia que, naturalmente, habrá mayor error para la estimación de cuantiles superiores.

Finalmente, es importante destacar que la fiabilidad de toda extrapolación está íntimamente ligada al tamaño de muestra. Si bien los números pueden aparentar estimaciones atractivas, considerando lo expuesto anteriormente, si se cuenta con un tamaño demasiado pequeño, realizar extrapolaciones hasta 10000 años es por lo menos arriesgado: existe una gran brecha entre la seguridad de los datos observados y un intervalo donde las estimaciones no se alejan demasiado y pequeñas desviaciones en los datos no afectan sensiblemente las estimaciones (la propiedad de una función de permanecer aproximadamente invariable ante desviaciones se denomina robustez).

A fines de entrenar la intuición, se recomienda prestar especial atención (o evitarlo en la medida de lo posible) cuando se deba extrapolar más de 5 veces el tamaño de la muestra. En este caso, con un tamaño de 62, para 250 años la estimación puede ser aceptable, a la espera de la confirmación de métodos de prueba de bondad de ajuste.

Por estos motivos resulta indispensable realizar una evaluación de los resultados obtenidos y obtener errores y sesgos numéricos que cuantifiquen las diferencias que habrá entre los caudales o los cuantiles estimados respecto a la distribución real de la muestra observada. Para ello, se destacan las pruebas de chi-cuadrado (χ^2) o de Kolmogorov-Smirnov.

4. Conclusiones

En este trabajo se describió brevemente la hidrografía de la cuenca del río Mendoza, utilizando los datos de 4 estaciones de medición para el análisis de los datos, ubicadas sobre los ríos Tupungato, Cuevas, Vacas y Mendoza; se desarrollaron diversas técnicas y procedimientos de uso difundido en la actualidad. El trabajo no contempló la fusión nival, factor determinante para cuencas con grandes extensiones en zona de alta montaña, por lo que los resultados obtenidos quedan sujetos a revisión.

Se explicaron los métodos para obtener el módulo de los ríos y los derrames anuales en función de los caudales medios mensuales mediante la ponderación, habiendo examinado la muestra para descubrir si presentaba años faltantes o erróneos que debían ser descartados. Con la misma serie de datos se confeccionaron las curvas de duración de caudales para abundancia decenal, año medio y sequía decenal, encontrando diversas funciones matemáticas que se ajustan a los valores observados, siendo la polinómica y la exponencial las encontradas que daban mayor coeficiente de correlación R^2 .

Se realizó una correlación y regresión de los caudales medios mensuales para las muestras completas para cada mes del año. Se encontró que las muestras están autocorrelacionadas, por lo que se planteó la regresión y el relleno de datos ilustrativamente.

Se extrapolaron los caudales diarios máximos anuales hasta 10000 años ajustando 4 funciones de probabilidad: GEV, EVI, GP y EXP siendo parametrizadas por los ML y, en el caso de EVI, también por los MO. Al contar con un tamaño de muestra del orden de 60 datos se sugiere realizar un análisis regional de frecuencias o considerar hasta 250 años la estimación para evitar desviaciones importantes.

A lo largo del trabajo se realizó la descripción detallada de cada procedimiento, indicando fuentes y bibliografía específica para aquellos interesados en profundizar o especializarse en esos temas. Asimismo, se destaca que tanto la fusión nival como métodos cuantitativos de evaluación y verificación de los resultados son prácticas que en el ejercicio profesional son indispensables, motivo por el cual se invita al lector en la instrucción de esos temas también.

La precisión y la importancia de una buena evaluación del error ha tenido un gran desarrollo en los últimos 20 años, por lo que la conformación de un equipo profesional debe ser interdisciplinario, a fines de contemplar con la menor incertidumbre posible cada arista del trabajo profesional buscado.

En último lugar, este estudio abarca en ciertos aspectos los temas abordados por las cátedras relacionadas al estudio del agua en los diversos campos de investigación (hidrología, estadística, hidráulica, etc.). Se espera que en el futuro interesados en el tema puedan continuar este proyecto, que ya cuenta con un primer paso, para la realización e integración de los temas dentro de un mismo trabajo.

5. Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a la ayuda de muchas personas que me gustaría agradecer.

En primer lugar, a mi familia, por alentarme y ayudarme en todo momento.

A la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza por brindarme los estudios y permitirme una educación pública de calidad. Al Ing. José Luis Mendoza por la constante revisión, seguimiento y orientación y a todo el equipo de cátedra de Proyecto Final que lo acompañan: Dr. Ing. Pablo Martín, Ing. Helvio Grilli e Ing. Gustavo Castro

A todo el equipo de la cátedra Hidrología y Obras Hidráulicas: Ing. Marcelo Toledo, Ing. Sergio Fileni e Ing. Jorge Bonilla por su desinteresada disposición y paciencia para ayudarme a preparar el trabajo y abrirme la primera puerta hacia la investigación y docencia.

Particularmente, agradecer a Jorge Bonilla, que fue también mi tutor, por su constante seguimiento que me brindó a lo largo de todo el proceso.

A la Ing. Patricia López, por su instrucción y explicación sobre cuestiones estadísticas.

Reconocer al Director de Departamento, Ing. Miguel Tornello, porque su destacable colaboración y entereza siempre excedieron su rol como Director de Departamento a fines de ayudarme (a mí y a cualquiera que le pidiera ayuda) y solucionar cualquier asunto en favor de la educación y los estudiantes.

A mis compañeros de la facultad, colegas y amigos, que me han acompañado durante toda la carrera y que en tiempos de pandemia me han motivado a seguir adelante siempre. No solamente este trabajo, sino la carrera en su totalidad ha sido gratificante y apasionante, en gran medida gracias a ellos, permitiéndome disfrutar de esta dedicación siempre.

“Todos somos una sola familia en el mundo. Construir una comunidad que permite a todos alcanzar su máximo potencial mediante el respeto a la dignidad del otro, sus derechos y responsabilidades hace del mundo un mejor lugar para vivir”
-Juan Pablo II

6. Bibliografía

Aquabook. Obtenido de <http://aquabook.agua.gob.ar/>

argentina.gob.ar. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/55.pdf>

Base de Datos Hidrológica Integrada de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. Ministerio de Obras Públicas. Obtenido de <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/Inicio.aspx>.

Beguiría, S. (2002). Revisión de métodos paramétricos para la estimación de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos en Climatología e Hidrología: El uso de series de excedencias y su comparación con las series de máximos anuales.

Canavos, G. C. (1997). Probabilidad y estadística: Aplicaciones y métodos (1a. ed., 1a. reimp.). McGraw-Hill Interamericana.

Cátedra de Hidrología y Obras Hidráulicas, año 2019. Departamento de ingeniería Civil, Facultad Regional Mendoza. Universidad Tecnológica Nacional.

Cátedra de Proyecto Final, año 2019 – 2020. Departamento de ingeniería Civil, Facultad Regional Mendoza. Universidad Tecnológica Nacional.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada: Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays (1a. ed. --). Bogotá: Mc Graw Hill.

F.M. Rivano Gutiérrez. (2004). Análisis de Eventos Extremos de Precipitación y su Efecto en el Diseño de Drenaje Superficial de Tierras Agrícolas del Sur de Chile. Universidad Austral de Chile.

Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. y Wallis, J.R. (1979): Probability-weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. Water Resources Research. Vol. 15: 1049-1054.

Gubareva, Tatiana & Gartsman, Boris. (2010). Estimating distribution parameters of extreme hydrometeorological characteristics by L-moments method. Water Resources. 37. 437-445.

Hosking, J., & Wallis, J. (1997). *Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments*. Cambridge: Cambridge University Press.

Instituto Geográfico Nacional. IGN. Obtenido de IGN: <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Busqueda>

Landwehr, J.M., Matalas, N.C., Wallis, J.R. (1979): Probability weighted moments compared with some traditional techniques in estimating Gumbel parameters and quantiles. Water Resources Research. Vol. 15: 1055-1064.

López, P. M.; Seoane, R. S.; Fornero, L. A.; Rodríguez, J. L. y Nuñez M. S. (2007) Análisis de Tendencia en Series Autocorrelacionadas. XXI Congreso Nacional del Agua. Tucumán, Argentina.

Pronóstico de caudales de los ríos de Mendoza 2019 – 2020.

<https://www.irrigacion.gov.ar/web/2019/11/06/boletin/>

Wikimedia Commons.

Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. and Cavadias, G. (2002), The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrol. Process.*, 16: 1807-1829. doi:10.1002/hyp.1095

7. Índices

7.1. Índice de figuras

FIGURA 2–1 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MENDOZA.....	6
FIGURA 2–2 DIVISIÓN POLÍTICA DE LA CUENCA.....	7
FIGURA 2–3 CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROMEDIO	8
FIGURA 2–4 CAUDALES MEDIOS ANUALES - ESTACIÓN GUIDO.....	12
FIGURA 2–5 DERRAMES – ESTACIÓN GUIDO. DGI.....	13
FIGURA 2–6 CDC – ESTACIÓN GUIDO	16
FIGURA 2–7 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	17
FIGURA 2–8 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	19
FIGURA 2–9 EJEMPLOS PARA DISTINTOS VALORES DE R^2	20
FIGURA 2–10 CORRELACIÓN TOTALES. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO.....	21
FIGURA 2–11 VALORES DE R^2 . RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	22
FIGURA 2–12 SERIE ORIGINAL. N = 20 AÑOS	26
FIGURA 2–13 SERIE DE VALORES EXTREMOS (MÁXIMOS ANUALES). N = 20 AÑOS.....	27
FIGURA 2–14 SERIE DE EXCEDENCIA ANUAL. N = 20 AÑOS.....	27
FIGURA 2–15 INFORMACIÓN ORDENADA POR ORDEN DE MAGNITUD.....	29
FIGURA 2–16 DETALLE DE LOS EVENTOS EXTREMOS.....	29
FIGURA 2–17 EJEMPLOS DE MEDIA, MODA Y MEDIANA PARA 3 DISTRIBUCIONES DISTINTAS	33
FIGURA 2–18 EJEMPLOS DE VARIABLES ALEATORIAS DE MEDIA IGUAL 10 CON DISTINTOS CV	34
FIGURA 2–19 EJEMPLO DE DISTINTAS ASIMETRÍAS. MO = MODA, ME = MEDIANA, \bar{X} = MEDIA.....	35
FIGURA 2–20 EJEMPLOS DE VARIABLES ALEATORIAS CON DISTINTA CURTOSIS.....	36
FIGURA 2–21 AJUSTE DE FUNCIONES DE PROBABILIDAD A CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN GUIDO	44
FIGURA 2–22 EXTRAPOLACIÓN DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN GUIDO.....	44
FIGURA 2–23 CORRELACIÓN ENTRE PUNTOS REALES Y AJUSTADOS MEDIANTE GEV – ESTACIÓN GUIDO.....	45
FIGURA 3–1 CAUDALES MEDIOS MENSUALES – ESTACIÓN TUPUNGATO	46
FIGURA 3–2 SERIE DE CAUDALES MEDIOS ANUALES – ESTACIÓN TUPUNGATO	47
FIGURA 3–3 SERIE DE CAUDALES MEDIOS ANUALES – ESTACIÓN GUIDO.....	48
FIGURA 3–4 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN VACAS.....	48
FIGURA 3–5 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN CUEVAS.....	49
FIGURA 3–6 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN VACAS.....	49
FIGURA 3–7 CORRELACIÓN ENERO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	50
FIGURA 3–8 CORRELACIÓN AGOSTO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	51
FIGURA 3–9 CORRELACIÓN AGOSTO MODIFICADA. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO.....	52
FIGURA 3–10 AJUSTE DE FUNCIONES DE PROBABILIDAD A CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN CUEVAS.....	53
FIGURA 3–11 EXTRAPOLACIÓN DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN CUEVAS	54
FIGURA A–1 CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROMEDIOS – ESTACIÓN GUIDO	71
FIGURA A–2 SERIE DE CAUDALES MEDIOS ANUALES – ESTACIÓN GUIDO.....	71
FIGURA A–3 CAUDALES MEDIOS MENSUALES – ESTACIÓN TUPUNGATO	75
FIGURA A–4 SERIE DE CAUDALES MEDIOS ANUALES – ESTACIÓN TUPUNGATO.....	75
FIGURA A–5 CAUDALES MEDIOS MENSUALES – ESTACIÓN CUEVAS	79
FIGURA A–6 SERIE DE CAUDALES MEDIOS ANUALES – ESTACIÓN CUEVAS	79
FIGURA A–7 CAUDALES MEDIOS MENSUALES – ESTACIÓN VACAS	83
FIGURA A–8 SERIE DE CAUDALES MEDIOS ANUALES – ESTACIÓN VACAS.....	83
FIGURA A–9 CDC – ESTACIÓN GUIDO	85
FIGURA A–10 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	86
FIGURA A–11 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	87
FIGURA A–12 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN GUIDO	88
FIGURA A–13 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN GUIDO	89
FIGURA A–14 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	90
FIGURA A–15 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	91
FIGURA A–16 CDC – ESTACIÓN TUPUNGATO	93
FIGURA A–17 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	94
FIGURA A–18 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN TUPUNGATO	95

FIGURA A-19 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN TUPUNGATO	96
FIGURA A-20 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN TUPUNGATO	97
FIGURA A-21 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN TUPUNGATO	98
FIGURA A-22 CDC PARA SEQUÍA DECENAL	99
FIGURA A-23 CDC ESTACIÓN CUEVAS	101
FIGURA A-24 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS	102
FIGURA A-25 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS	103
FIGURA A-26 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN CUEVAS	104
FIGURA A-27 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN CUEVAS	105
FIGURA A-28 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS	106
FIGURA A-29 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS	107
FIGURA A-30 CDC – ESTACIÓN VACAS	109
FIGURA A-31 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL - ESTACIÓN VACAS	110
FIGURA A-32 CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN VACAS	111
FIGURA A-33 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN CUEVAS	112
FIGURA A-34 CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN CUEVAS	113
FIGURA A-35 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN VACAS	114
FIGURA A-36 CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN VACAS	115
FIGURA A-37 CORRELACIÓN ENERO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	119
FIGURA A-38 CORRELACIÓN FEBRERO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	119
FIGURA A-39 CORRELACIÓN MARZO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	120
FIGURA A-40 CORRELACIÓN ABRIL. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	120
FIGURA A-41 CORRELACIÓN MAYO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	121
FIGURA A-42 CORRELACIÓN JUNIO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	121
FIGURA A-43 CORRELACIÓN JULIO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	122
FIGURA A-44 CORRELACIÓN AGOSTO. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	122
FIGURA A-45 CORRELACIÓN SEPTIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	123
FIGURA A-46 CORRELACIÓN OCTUBRE. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	123
FIGURA A-47 CORRELACIÓN NOVIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	124
FIGURA A-48 CORRELACIÓN DICIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	124
FIGURA A-49 CORRELACIÓN TOTALES. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	125
FIGURA A-50 VALORES DE R ² . RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	126
FIGURA A-51 CORRELACIÓN ENERO. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	131
FIGURA A-52 CORRELACIÓN FEBRERO. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	131
FIGURA A-53 CORRELACIÓN MARZO. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	132
FIGURA A-54 CORRELACIÓN ABRIL. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	132
FIGURA A-55 CORRELACIÓN MAYO. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	133
FIGURA A-56 CORRELACIÓN JUNIO. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	133
FIGURA A-57 CORRELACIÓN JULIO. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	134
FIGURA A-58 CORRELACIÓN AGOSTO. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	134
FIGURA A-59 CORRELACIÓN SEPTIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	135
FIGURA A-60 CORRELACIÓN OCTUBRE. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	135
FIGURA A-61 CORRELACIÓN NOVIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	136
FIGURA A-62 CORRELACIÓN DICIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	136
FIGURA A-63 CORRELACIÓN TOTALES. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	137
FIGURA A-64 VALORES DE R ² . RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	138
FIGURA A-65 CORRELACIÓN ENERO. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	143
FIGURA A-66 CORRELACIÓN FEBRERO. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	143
FIGURA A-67 CORRELACIÓN MARZO. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	144
FIGURA A-68 CORRELACIÓN ABRIL. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	144
FIGURA A-69 CORRELACIÓN MAYO. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	145
FIGURA A-70 CORRELACIÓN JUNIO. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	145
FIGURA A-71 CORRELACIÓN JULIO. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	146
FIGURA A-72 CORRELACIÓN AGOSTO. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	146
FIGURA A-73 CORRELACIÓN SEPTIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	147
FIGURA A-74 CORRELACIÓN OCTUBRE. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	147
FIGURA A-75 CORRELACIÓN NOVIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	148

FIGURA A-76 CORRELACIÓN DICIEMBRE. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	148
FIGURA A-77 CORRELACIÓN TOTALES. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS.....	149
FIGURA A-78 VALORES DE R ² . RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	150
FIGURA A-79 AJUSTE DE FUNCIONES DE PROBABILIDAD A CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN GUIDO.....	153
FIGURA A-80 EXTRAPOLACIÓN DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN GUIDO	154
FIGURA A-81 CORRELACIÓN ENTRE PUNTOS REALES Y AJUSTADOS MEDIANTE GEV – ESTACIÓN GUIDO.....	155
FIGURA A-82 AJUSTE DE FUNCIONES DE PROBABILIDAD A CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN TUPUNGATO	157
FIGURA A-83 EXTRAPOLACIÓN DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN TUPUNGATO.....	158
FIGURA A-84 CORRELACIÓN ENTRE PUNTOS REALES Y AJUSTADOS MEDIANTE GEV – ESTACIÓN TUPUNGATO.....	159
FIGURA A-85 AJUSTE DE FUNCIONES DE PROBABILIDAD A CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN CUEVAS	161
FIGURA A-86 EXTRAPOLACIÓN DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN CUEVAS.....	162
FIGURA A-87 CORRELACIÓN ENTRE PUNTOS REALES Y AJUSTADOS MEDIANTE GP – ESTACIÓN CUEVAS	163
FIGURA A-88 AJUSTE DE FUNCIONES DE PROBABILIDAD A CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN VACAS	165
FIGURA A-89 EXTRAPOLACIÓN DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN VACAS.....	166
FIGURA A-90 CORRELACIÓN ENTRE PUNTOS REALES Y AJUSTADOS MEDIANTE GEV – ESTACIÓN VACAS.....	167
FIGURA B-1 FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN GEV CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES.....	169
FIGURA B-2 FUNCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA DE LA DISTRIBUCIÓN GEV CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES	170
FIGURA B-3 PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE UNA FUNCIÓN NORMAL.....	170
FIGURA B-4 FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN EVI CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES	172
FIGURA B-5 FUNCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA DE LA DISTRIBUCIÓN EVI CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES	173
FIGURA B-6 FUNCIONES DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE LAS DISTRIBUCIONES GEV Y EVI CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES	174
FIGURA B-7 FUNCIONES DE PROBABILIDAD ACUMULADA DE LAS DISTRIBUCIONES GEV Y EVI CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES.....	175
FIGURA B-8 FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN GP CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES	176
FIGURA B-9 FUNCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA DE LA DISTRIBUCIÓN GP CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES	177
FIGURA B-10 FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN EXP CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES	178
FIGURA B-11 FUNCIÓN DE PROBABILIDAD ACUMULADA DE LA DISTRIBUCIÓN EXP CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES.....	179
FIGURA B-12 FUNCIONES DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE LAS DISTRIBUCIONES GP Y EVI CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES.....	180
FIGURA B-13 FUNCIONES DE PROBABILIDAD ACUMULADA DE LAS DISTRIBUCIONES GEV Y EVI CON DISTINTAS PARAMETRIZACIONES....	180
FIGURA B-14 FUNCIONES DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE LAS DISTRIBUCIONES GEV, EVI, GP Y EXP CON PARÁMETROS SEMEJANTES..	181
FIGURA B-15 FUNCIONES DE PROBABILIDAD ACUMULADA DE LAS DISTRIBUCIONES GEV, EVI, GP Y EXP CON PARÁMETROS SEMEJANTES	181

7.2. Índice de tablas

TABLA 2-1 ESTACIONES DE MEDICIÓN.....	7
TABLA 2-2 CAUDALES MEDIOS MENSUALES, AÑO 2017-2018.....	9
TABLA 2-3 CRITERIOS DE PRONÓSTICOS. DGI.....	14
TABLA 2-4 PRONÓSTICO DE CAUDALES – ESTACIÓN GUIDO. DGI.....	14
TABLA 2-5 CAUDALES MEDIOS MENSUALES ORDENADOS PARA CDC.....	15
TABLA 2-6 CAUDALES PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	16
TABLA 2-7 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	18
TABLA 2-8 COEFICIENTES R ² Y ECUACIONES DE CORRELACIÓN. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	21
TABLA 2-9 EJEMPLO DE CORRELACIÓN. RÍO MENDOZA Y TUPUNGATO.....	23
TABLA 2-10 POSICIONES DE GRAFICACIÓN.....	30
TABLA 2-11 PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA VERSUS TIEMPO DE RETORNO	31
TABLA 2-12 EJEMPLO DE POSICIONES DE GRAFICACIÓN.....	31
TABLA 2-13 RESUMEN DE ECUACIONES FRECUENTES PARA LOS MOMENTOS ORDINARIOS	37
TABLA 2-14 RESUMEN DE ECUACIONES FRECUENTES PARA LOS ML POBLACIONALES.....	42
TABLA 2-15 RESUMEN DE ECUACIONES FRECUENTES PARA LOS ML MUESTRALES	42
TABLA 2-16 PARÁMETROS Y MOMENTOS DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN GUIDO.....	43
TABLA 2-17 EXTRAPOLACIONES CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS ANUALES – ESTACIÓN GUIDO.....	45
TABLA 3-1 RESUMEN CDC PARA ESTACIÓN VACAS	50
TABLA 3-2 PARÁMETROS Y MOMENTOS DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN CUEVAS.....	52
TABLA 3-3 EXTRAPOLACIONES DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS ANUALES – ESTACIÓN CUEVAS	54
TABLA A-1 CAUDALES MEDIOS MENSUALES – ESTACIÓN GUIDO	68

TABLA A-2 DERRAME ANUAL – ESTACIÓN GUIDO	70
TABLA A-3 CAUDALES MEDIO MENSUALES – ESTACIÓN TUPUNGATO	72
TABLA A-4 DERRAME ANUAL – ESTACIÓN TUPUNGATO	74
TABLA A-5 CAUDALES MEDIOS MENSUALES – ESTACIÓN CUEVAS.....	76
TABLA A-6 DERRAME ANUAL – ESTACIÓN CUEVAS.....	78
TABLA A-7 CAUDALES MEDIOS MENSUALES – ESTACIÓN VACAS.....	80
TABLA A-8 DERRAME ANUAL – ESTACIÓN VACAS	82
TABLA A-9 CAUDALES MEDIOS ANUALES ORDENADOS PARA CDC – ESTACIÓN GUIDO.....	84
TABLA A-10 CAUDALES MEDIOS ANUALES ORDENADOS PARA CDC II – ESTACIÓN GUIDO.....	85
TABLA A-11 CAUDALES PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	86
TABLA A-12 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	87
TABLA A-13 CAUDALES PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN GUIDO	88
TABLA A-14 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN GUIDO.....	89
TABLA A-15 CAUDALES PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	90
TABLA A-16 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN GUIDO	91
TABLA A-17 CAUDALES MEDIOS ANUALES ORDENADOS PARA CDC – ESTACIÓN TUPUNGATO.....	92
TABLA A-18 CAUDALES MEDIOS ANUALES ORDENADOS PARA CDC II – ESTACIÓN TUPUNGATO	93
TABLA A-19 CAUDALES PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN TUPUNGATO	94
TABLA A-20 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN TUPUNGATO	95
TABLA A-21 CAUDALES PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN TUPUNGATO	96
TABLA A-22 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN TUPUNGATO.....	97
TABLA A-23 CAUDALES PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN TUPUNGATO	98
TABLA A-24 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN TUPUNGATO	99
TABLA A-25 CAUDALES MEDIOS ANUALES PARA CDC – ESTACIÓN CUEVAS.....	100
TABLA A-26 CAUDALES MEDIOS ANUALES ORDENADOS PARA CDC II – ESTACIÓN CUEVAS	101
TABLA A-27 CAUDALES PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS.....	102
TABLA A-28 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS.....	103
TABLA A-29 CAUDALES PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN CUEVAS	104
TABLA A-30 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN CUEVAS	105
TABLA A-31 CAUDALES PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS.....	106
TABLA A-32 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN CUEVAS.....	107
TABLA A-33 CAUDALES MEDIOS ANUALES PARA CDC – ESTACIÓN VACAS	108
TABLA A-34 CAUDALES MEDIOS ANUALES ORDENADOS PARA CDC II – ESTACIÓN VACAS	109
TABLA A-35 CAUDALES PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN VACAS	110
TABLA A-36 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA ABUNDANCIA DECENAL – ESTACIÓN VACAS	111
TABLA A-37 CAUDALES PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN VACAS	112
TABLA A-38 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA AÑO MEDIO – ESTACIÓN VACAS	113
TABLA A-39 CAUDALES PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN VACAS	114
TABLA A-40 AGUAS ALTAS, MEDIAS Y BAJAS PARA CDC PARA SEQUÍA DECENAL – ESTACIÓN VACAS	115
TABLA A-41 REGRESIONES GUIDO – TUPUNGATO PARA EL PERIODO 1956 – 2017	116
TABLA A-42 COEFICIENTES R ² Y ECUACIONES DE CORRELACIÓN. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	125
TABLA A-43 CAUDALES MEDIOS MENSUALES FALTANTES RELLENADOS. RÍO MENDOZA – RÍO TUPUNGATO	126
TABLA A-44 REGRESIONES GUIDO – CUEVAS PARA EL PERIODO 1956 – 2017	128
TABLA A-45 COEFICIENTES R ² Y ECUACIONES DE CORRELACIÓN. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	137
TABLA A-46 CAUDALES MEDIOS MENSUALES FALTANTES RELLENADOS. RÍO MENDOZA – RÍO CUEVAS	139
TABLA A-47 REGRESIONES GUIDO – VACAS PARA EL PERIODO 1956 - 2017	140
TABLA A-48 COEFICIENTES R ² Y ECUACIONES DE CORRELACIÓN. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	149
TABLA A-49 CAUDALES MEDIOS MENSUALES FALTANTES RELLENADOS. RÍO MENDOZA – RÍO VACAS	150
TABLA A-50 CAUDALES MEDIOS DIARIOS ANUALES CLASIFICADOS – ESTACIÓN GUIDO.....	152
TABLA A-51 PARÁMETROS Y MOMENTOS DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS ANUALES – ESTACIÓN GUIDO.....	153
TABLA A-52 EXTRAPOLACIONES CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS ANUALES – ESTACIÓN GUIDO.....	154
TABLA A-53 CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS CLASIFICADOS – ESTACIÓN TUPUNGATO.....	156
TABLA A-54 PARÁMETROS Y MOMENTOS DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN TUPUNGATO.....	157
TABLA A-55 EXTRAPOLACIONES DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS ANUALES – ESTACIÓN TUPUNGATO	158
TABLA A-56 CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS CLASIFICADOS – ESTACIÓN CUEVAS	160
TABLA A-57 PARÁMETROS Y MOMENTOS DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN CUEVAS	161
TABLA A-58 EXTRAPOLACIONES DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS ANUALES – ESTACIÓN CUEVAS.....	162

TABLA A–59 CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS CLASIFICADOS – ESTACIÓN VACAS	164
TABLA A–60 PARÁMETROS Y MOMENTOS DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS – ESTACIÓN VACAS	165
TABLA A–61 EXTRAPOLACIONES DE CAUDALES DIARIOS MÁXIMOS ANUALES – ESTACIÓN VACAS.....	166
TABLA B–1 FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	168
TABLA B–2 RESUMEN DE ECUACIONES PARA LAS DISTRIBUCIONES GEV Y EVI	182
TABLA B–3 RESUMEN DE ECUACIONES PARA LAS DISTRIBUCIONES GP Y EXP	182
TABLA B–4 RESUMEN DE PARÁMETROS PARA LA DISTRIBUCIÓN GEV	185
TABLA B–5 RESUMEN DE PARÁMETROS PARA LA DISTRIBUCIÓN EVI SEGÚN LOS ML Y MO	186
TABLA B–6 RESUMEN DE PARÁMETROS PARA LA DISTRIBUCIÓN GP.....	186
TABLA B–7 RESUMEN DE PARÁMETROS PARA LA DISTRIBUCIÓN EXP	186

7.3. Índice de ecuaciones

ECUACIÓN 2–1 CAUDAL MENSUAL PONDERADO.....	10
ECUACIÓN 2–2 CAUDAL MEDIO ANUAL	10
ECUACIÓN 2–3 DERRAME ANUAL.....	11
ECUACIÓN 2–4 MÓDULO DEL RÍO (1)	11
ECUACIÓN 2–5 MÓDULO DEL RÍO (2)	12
ECUACIÓN 2–6 INTERPOLADOR (1)	15
ECUACIÓN 2–7 INTERPOLADOR (2)	17
ECUACIÓN 2–8 N-ÉSIMO MOMENTO ALREDEDOR DEL 0	32
ECUACIÓN 2–9 MEDIA DE UNA VARIABLE ALEATORIA	32
ECUACIÓN 2–10 N-ÉSIMO MOMENTO CENTRAL DE X	32
ECUACIÓN 2–11 VARIANZA DE UNA VARIABLE ALEATORIA	33
ECUACIÓN 2–12 COEFICIENTE DE VARIACIÓN, CV	33
ECUACIÓN 2–13 ASIMETRÍA DE UNA VARIABLE ALEATORIA	34
ECUACIÓN 2–14 COEFICIENTE DE ASIMETRÍA, Cs	35
ECUACIÓN 2–15 CURTOSIS DE UNA VARIABLE ALEATORIA	35
ECUACIÓN 2–16 COEFICIENTE DE CURTOSIS, Ck.....	35
ECUACIÓN 2–17 MOMENTOS PONDERADOS DE PROBABILIDAD DE UNA VARIABLE ALEATORIA	38
ECUACIÓN 2–18 PWM SEGÚN POLINOMIOS DE LANDWEHR	38
ECUACIÓN 2–19 L-MOMENTOS POBLACIONALES	39
ECUACIÓN 2–20 L-COEFICIENTE DE VARIACIÓN POBLACIONAL, L-CV	39
ECUACIÓN 2–21 ESTANDARIZACIÓN DE LOS ML POBLACIONALES	39
ECUACIÓN 2–22 L-ASIMETRÍA POBLACIONAL, L-Cs	39
ECUACIÓN 2–23 L-CURTOSIS POBLACIONAL, L-Ck.....	39
ECUACIÓN 2–24 ESTIMADORES DE LANDWEHR MUESTRALES.....	40
ECUACIÓN 2–25 L-MOMENTOS MUESTRALES	41
ECUACIÓN 2–26 L-COEFICIENTE DE VARIACIÓN MUESTRAL, L-CV.....	41
ECUACIÓN 2–27 ESTANDARIZACIÓN DE LOS ML MUESTRALES.....	41
ECUACIÓN 2–28 L-ASIMETRÍA, L-Cs	41
ECUACIÓN 2–29 L-CURTOSIS, L-Ck.....	41
ECUACIÓN B–1 F.D.P. GEV.....	168
ECUACIÓN B–2 F.D. GEV	169
ECUACIÓN B–3 CUANTIL GEV	171
ECUACIÓN B–4 F.D.P. EVI	172
ECUACIÓN B–5 F.D. EVI.....	172
ECUACIÓN B–6 CUANTIL EVI	174
ECUACIÓN B–7 F.D.P. GP.....	175
ECUACIÓN B–8 F.D. GP	176
ECUACIÓN B–9 CUANTIL GP	177
ECUACIÓN B–10 F.D.P. EXP	178
ECUACIÓN B–11 F.D. EXP.....	178
ECUACIÓN B–12 CUANTIL EXP.....	180
ECUACIÓN B–13 VARIABLE REDUCIDA.....	183

ECUACIÓN B-14 CUANTIL EVI EN FUNCIÓN DE LA VARIABLE REDUCIDA	183
ECUACIÓN B-15 PARÁMETROS K, A Y B PARA GEV.....	184
ECUACIÓN B-16 FUNCIÓN GAMMA	184
ECUACIÓN B-17 PARÁMETROS A Y B PARA EVI USANDO ML.....	184
ECUACIÓN B-18 PARÁMETROS A Y B PARA EVI USANDO MO.....	184
ECUACIÓN B-19 PARÁMETROS K, A Y B PARA GP	185
ECUACIÓN B-20 PARÁMETROS A Y B PARA EXP.....	185

Anexos

A. Resultados

A.I. Formato de presentación

Este anexo está compuesto por el resultado y procesado de los datos siguiendo la metodología planteada previamente.

Se plantean 4 apartados: "Hidrología", "Curva de duración de caudales", "Correlación y regresión" y "Extrapolaciones. A excepción del segundo, todos estarán a su vez subdivididos según la estación de medición en estudio, reiterando el formato para cada río subsiguiente. El segundo apartado se encuentra seccionado según los 2 ríos que conforman la correlación y la regresión. Cada apartado se amplía seguidamente.

En A.II Hidrología se encontrarán los datos procesados de aquellos años en donde se consideró válido el análisis al no encontrar datos incompletos o dudosos, reuniendo los resultados de los caudales medios mensuales. Estos fueron usados para la determinación del caudal medio anual, derrame anual y módulo de los distintos ríos. Publicados a continuación.

Asimismo, se encuentra graficada la serie de caudales medios anuales y un gráfico con los promedios de los caudales medios mensuales.

En el apartado A.III Curva de duración de caudales se hallan los caudales medios anuales clasificados y ordenados según la posición de graficación dada por Weibull. Luego, los caudales interpolados linealmente para obtener la curva sobre los valores múltiplos de 5, seguido del gráfico de la CDC para la estación correspondiente.

Próximamente, diferenciado para la abundancia decenal, año medio y sequía decenal, se encuentran las tablas donde se extraen los caudales medios mensuales del año respectivo y se lo ajuste al valor redondo de 10%, 50% o 90% según el caso y la gráfica de la CDC con los puntos discretos y la curva continúa ajustada matemáticamente.

En último lugar encontramos una tabla que da sustento a la gráfica de la CDC ajustada con los puntos y límites marcados para las aguas bajas, medias y altas con los puntos característicos resaltados.

El apartado A.IV Regresiones como ya se mencionó, esta subdividido en 3 partes según la correlación y regresión del río Mendoza en la estación Guido con cada uno de los ríos restantes. La sección comienza con los datos usados para la regresión que son aquellos donde existe información para ambas estaciones, conviniendo el eje de las abscisas para el río Mendoza y el eje de las ordenadas para los demás.

Seguido, se encuentran los gráficos de dispersión para cada mes, considerando el año calendario y finalmente con un gráfico que nuclea todos los datos en la misma nube de puntos.

Se adjunta una tabla que da sustento a una gráfica que resumen las ecuaciones de correlación.

Posteriormente se encuentran los resultados de la regresión, adjuntando únicamente los años donde no existen datos en la red, completando así la serie según una regresión mes a mes

Y en A.V Extrapolaciones se publican los caudales medios diarios máximos ordenados y jerarquizados según la posición de Gringorten. Luego, los parámetros estimados mediante los ML y los MO para las distintas funciones.

Luego, se encuentran 3 gráficas: las funciones de distribución de probabilidad y los puntos datos sobre un gráfico caudales versus variable reducida; la extrapolación hasta 10000 años para todas las funciones sobre los mismos gráficos que el anterior, seguido de un cuadro que resume los puntos gráficos y finalmente una correlación con los fines de inspección visual entre los puntos reales y los ajustados mediante la función de distribución que se considera que arroja el mejor ajuste.

A.II. Hidrología

A.II.1. Estación Guido – Río Mendoza

Tabla A-1 Caudales medios mensuales – Estación Guido

Caudales Medios Mensuales - Estación Guido, Río Mendoza [m³/s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1956	1957	16.996	17.996	18.996	21.997	27.000	31.000	54.000	54.000	43.000	28.000	22.000	18.000
1957	1958	16.996	15.996	15.998	18.000	32.000	67.000	78.000	56.000	38.000	23.000	18.000	16.000
1958	1959	15.005	15.005	18.005	36.002	41.000	52.000	53.000	66.000	45.000	23.000	24.000	20.000
1959	1960	18.005	18.005	23.005	27.005	39.003	65.000	93.000	76.000	46.000	26.000	20.000	17.000
1960	1961	15.996	14.996	16.996	21.996	42.996	78.000	67.000	56.000	40.000	24.000	20.000	17.000
1961	1962	18.005	19.005	16.005	29.005	62.005	95.005	78.004	69.000	47.000	29.000	23.000	20.000
1962	1963	16.996	17.996	17.996	19.996	35.999	48.000	56.000	55.000	40.000	26.000	20.000	17.000
1963	1964	16.005	15.005	16.001	20.000	21.000	109.000	143.000	84.000	49.000	32.000	26.000	21.000
1964	1965	18.996	18.000	20.000	20.000	25.000	29.000	43.000	46.000	40.000	26.000	19.000	18.000
1965	1966	15.996	14.998	18.000	31.000	61.000	65.000	111.000	77.000	51.000	36.000	26.000	22.000
1966	1967	20.003	20.000	22.000	26.000	38.000	48.000	62.000	70.000	42.000	32.000	23.000	18.000
1967	1968	17.000	16.000	16.000	17.000	23.000	48.000	58.000	61.000	41.000	24.000	19.000	17.000
1968	1969	15.000	15.000	14.000	13.000	19.000	23.000	46.000	56.000	39.000	18.000	15.000	13.000
1969	1970	12.000	11.000	13.000	14.000	30.000	95.000	81.000	71.000	45.000	31.000	22.000	18.000
1970	1971	16.005	16.001	17.000	18.000	27.000	36.000	35.000	37.000	27.000	21.000	17.000	14.000
1971	1972	15.005	16.005	18.005	22.005	41.005	50.005	68.005	54.005	35.005	25.005	21.002	18.000
1972	1973	16.005	16.005	17.005	22.005	38.005	117.013	181.000	128.000	83.000	46.000	32.000	26.000
1973	1974	21.001	19.000	20.000	23.000	46.000	62.000	96.000	76.000	51.000	33.000	23.000	20.000
1974	1975	18.996	20.996	19.996	29.996	43.996	54.996	94.996	70.999	44.000	31.000	26.000	22.000
1975	1976	19.000	18.000	20.000	19.000	26.000	59.000	80.000	48.000	35.000	23.000	19.000	16.000
1976	1977	16.996	15.996	16.996	17.000	27.000	33.000	55.000	42.000	43.000	26.000	21.000	18.000
1977	1978	17.005	18.005	26.005	43.005	63.005	127.045	102.011	76.000	49.000	32.000	24.000	21.000
1978	1979	20.005	23.005	24.005	36.005	62.005	154.025	165.000	96.000	63.000	41.000	31.000	26.000
1979	1980	22.996	23.996	22.996	37.996	38.999	62.000	111.000	80.000	69.000	50.000	37.000	30.000
1980	1981	26.005	26.005	29.805	33.205	55.005	131.607	98.800	105.000	76.300	42.000	31.900	27.000
1981	1982	23.005	22.005	22.405	25.505	40.005	59.403	91.100	77.100	42.400	31.500	24.700	22.000
1982	1983	21.996	22.696	29.196	35.196	75.197	204.400	265.900	198.400	105.800	65.300	46.800	37.000
1983	1984	34.296	31.596	29.196	49.496	77.198	154.100	151.400	128.800	77.500	51.100	39.000	35.000
1984	1985	25.305	22.005	27.105	44.405	65.605	112.610	119.100	115.700	81.400	45.100	39.100	34.000
1985	1986	33.896	30.296	27.596	28.796	58.296	85.698	101.100	89.300	57.800	35.600	32.000	28.000
1986	1987	28.896	26.496	28.196	36.196	62.096	165.090	176.000	134.300	98.100	48.400	41.300	35.000
1987	1988	36.205	35.505	34.805	51.905	140.033	225.800	204.000	139.300	101.800	68.500	46.700	43.000
1988	1989	34.996	34.696	35.496	37.300	47.900	70.900	104.500	116.400	50.000	37.500	30.000	27.200

Caudales Medios Mensuales - Estación Guido, Río Mendoza [m ³ /s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1989	1990	23.705	22.205	25.405	33.103	73.300	78.900	89.700	76.200	43.700	26.200	19.800	22.900
1990	1991	18.596	21.596	23.600	27.100	42.200	50.700	70.800	66.100	51.300	30.700	28.100	26.400
1991	1992	25.001	24.900	31.400	31.900	46.800	80.500	144.000	110.600	91.300	51.500	44.460	27.000
1992	1993	23.196	22.796	22.696	33.096	54.199	76.500	103.300	92.300	60.630	36.600	36.700	28.800
1993	1994	25.505	25.505	27.605	31.505	44.605	70.835	108.110	71.080	56.870	32.500	26.330	23.530
1994	1995	20.565	21.885	24.815	26.265	55.265	128.619	98.270	76.790	53.230	41.570	28.180	23.600
1995	1996	19.446	18.810	24.580	23.240	51.230	81.710	73.260	57.820	44.640	25.700	22.060	17.200
1996	1997	16.456	16.166	16.166	15.256	19.837	33.810	67.270	50.180	44.200	22.990	16.200	13.670
1997	1998	13.686	15.556	17.106	20.086	41.166	85.156	129.798	68.190	45.900	35.550	28.620	25.220
1998	1999	21.676	19.116	18.476	26.196	33.466	51.806	70.426	76.249	43.350	23.750	20.000	16.280
1999	2000	13.436	15.326	18.576	28.216	45.656	64.180	79.150	58.610	37.310	26.150	17.560	16.280
2000	2001	20.686	21.486	21.546	37.096	46.736	113.979	118.300	109.000	69.340	36.840	27.170	23.050
2001	2002	20.436	20.706	21.316	34.666	48.586	126.956	103.800	86.030	56.190	35.900	27.960	25.360
2002	2003	24.265	23.755	23.015	31.475	61.275	109.925	144.000	114.800	75.620	44.760	32.170	28.150
2003	2004	25.756	24.296	23.886	31.906	55.466	69.548	97.980	83.260	53.350	34.770	27.780	24.750
2004	2005	22.656	22.491	23.932	24.304	25.687	42.951	74.700	70.583	46.224	28.322	23.844	23.107
2005	2006	21.111	20.725	22.084	37.235	85.747	160.370	204.437	142.553	61.209	42.551	36.119	34.703
2006	2007	31.345	27.719	31.201	44.919	85.363	138.887	161.834	86.804	69.790	42.798	32.113	26.255
2007	2008	26.183	25.418	28.388	37.776	59.306	78.705	107.391	80.406	52.452	37.358	31.379	28.142
2008	2009	26.970	26.306	30.719	41.872	104.966	139.333	117.533	91.846	72.241	50.650	34.265	30.043
2009	2010	24.837	23.211	24.028	29.574	38.640	81.474	106.253	86.715	59.340	41.376	29.386	23.009
2010	2011	20.109	19.232	17.007	18.579	20.310	30.339	44.084	54.352	41.461	26.595	20.190	17.585
2011	2012	13.309	12.972	16.161	17.696	29.036	49.466	68.060	58.078	45.906	27.793	20.430	17.893
2012	2013	17.839	17.225	19.520	20.656	39.874	48.993	77.432	65.053	32.648	23.494	19.160	18.712
2013	2014	16.913	16.405	16.320	20.452	36.092	72.779	79.386	53.836	36.424	24.828	21.176	17.637
2014	2015	16.407	18.524	17.511	26.279	26.486	39.943	66.426	61.237	43.197	26.080	21.119	16.867
2015	2016	14.621	14.832	16.040	18.045	35.611	79.894	107.919	90.009	56.311	33.835	28.318	23.094
2016	2017	20.002	19.915	28.256	32.422	55.086	93.249	120.616	83.368	52.219	33.950	26.260	22.226
2017	2018	20.670	18.101	19.954	21.014	27.078	57.514	63.964	80.419	40.567	27.523	20.215	16.401
Promedio		20.742	20.395	21.986	28.177	47.104	83.141	100.341	80.835	53.758	33.930	26.558	22.727
Ponderado		642.998	632.246	659.574	873.473	1413.11	2577.36	3110.56	2263.38	1666.51	1017.89	823.283	681.805

La estación es una de las estaciones más importantes que existen sobre la cuenca del río Mendoza, por este motivo, es que siempre se ha mantenido funcionando y el mantenimiento es muy satisfactorio, por lo que no se registran caudales medios mensuales faltantes.

Tabla A-2 Derrame anual – Estación Guido

MÓDULO: 44.828		Cantidad de años: 62	
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m³/s]	Derrame anual [hm³]
1956	1957	29.284	923.490
1957	1958	32.848	1035.909
1958	1959	33.832	1066.912
1959	1960	38.838	1224.781
1960	1961	34.508	1088.242
1961	1962	41.978	1323.825
1962	1963	30.790	971.004
1963	1964	45.946	1448.957
1964	1965	26.811	845.500
1965	1966	43.920	1385.062
1966	1967	34.880	1099.966
1967	1968	29.600	933.466
1968	1969	23.655	745.978
1969	1970	36.789	1160.179
1970	1971	23.346	736.230
1971	1972	31.810	1003.154
1972	1973	59.924	1889.755
1973	1974	40.666	1282.438
1974	1975	39.691	1251.686
1975	1976	31.816	1003.363
1976	1977	27.610	870.707
1977	1978	49.782	1569.931
1978	1979	61.730	1946.725
1979	1980	48.722	1536.492
1980	1981	56.693	1787.856
1981	1982	39.912	1258.654
1982	1983	91.897	2898.065
1983	1984	71.343	2249.877
1984	1985	60.700	1914.242
1985	1986	50.527	1593.417
1986	1987	73.166	2307.362
1987	1988	93.835	2959.192
1988	1989	51.880	1636.090
1989	1990	44.417	1400.739
1990	1991	37.950	1196.791
1991	1992	58.909	1857.746
1992	1993	49.030	1546.215
1993	1994	45.265	1427.492
1994	1995	49.849	1572.053
1995	1996	38.242	1206.006
1996	1997	27.603	870.482
1997	1998	43.790	1380.969
1998	1999	34.860	1099.336
1999	2000	34.936	1101.726
2000	2001	53.553	1688.854
2001	2002	50.564	1594.584
2002	2003	59.200	1866.923
2003	2004	45.881	1446.901
2004	2005	35.562	1121.475
2005	2006	72.113	2274.171
2006	2007	64.942	2048.012
2007	2008	49.276	1553.957
2008	2009	63.773	2011.146
2009	2010	47.167	1487.457
2010	2011	27.344	862.322
2011	2012	31.276	986.315
2012	2013	33.211	1047.343
2013	2014	34.310	1082.013
2014	2015	31.539	994.611
2015	2016	43.002	1356.116
2016	2017	48.836	1540.081
2017	2018	34.202	1078.601

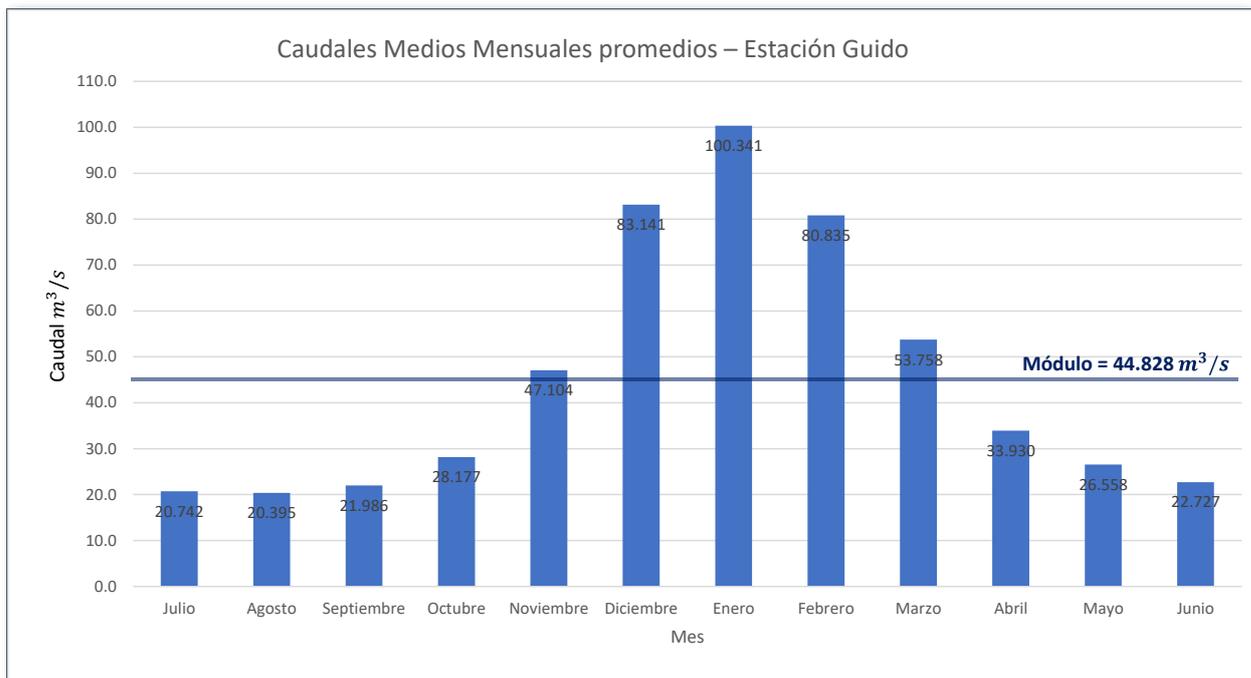


Figura A-1 Caudales medios mensuales promedios – Estación Guido

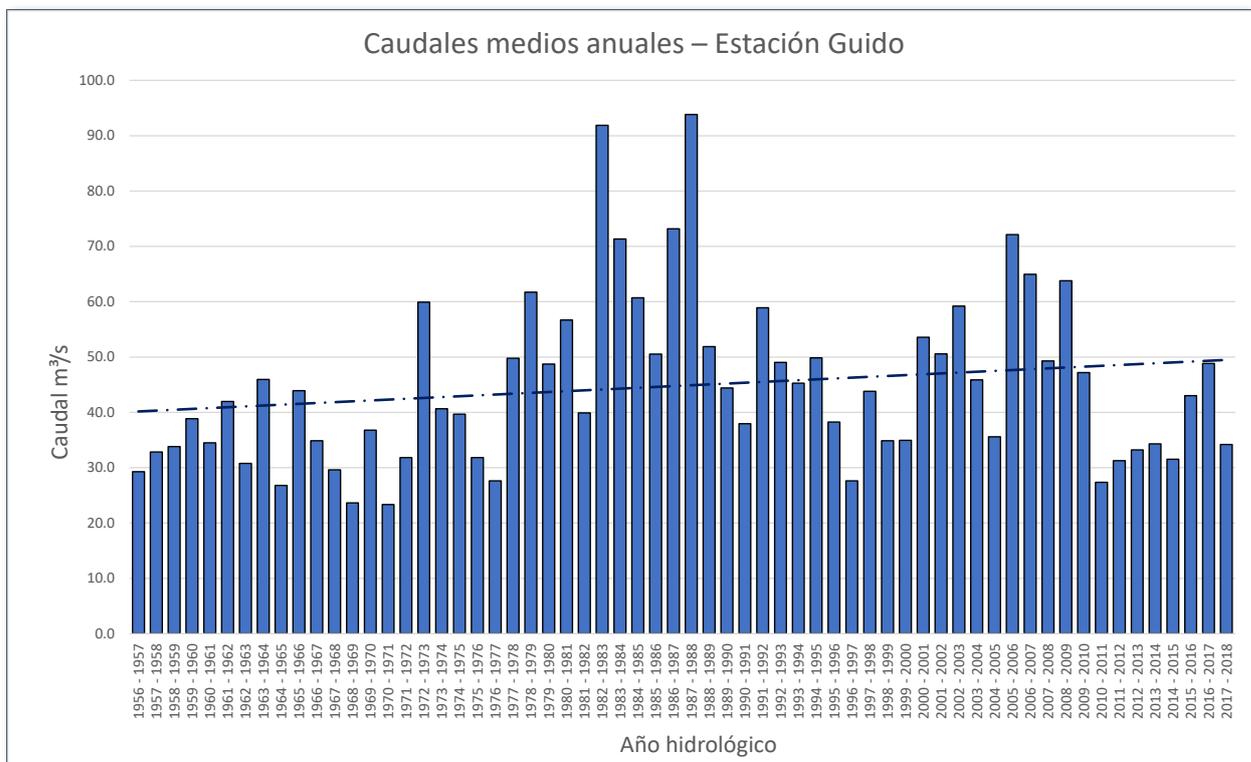


Figura A-2 Serie de caudales medios anuales – Estación Guido

A.II.2. Estación Tupungato – Río Tupungato

Tabla A-3 Caudales medio mensuales – Estación Tupungato

Caudales Medios Mensuales – Estación Tupungato [m ³ /s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1949	1950	13.898	12.200	12.500	15.400	27.000	36.100	45.300	37.600	34.400	15.300	12.500	12.400
1950	1951	13.102	15.200	13.600	15.200	15.300	34.800	40.800	30.900	24.300	15.600	12.100	11.300
1954	1955	11.896	9.298	9.700	10.100	27.900	37.200	58.200	40.400	23.700	15.000	10.200	8.600
1955	1956	6.304	5.800	7.300	8.000	15.500	24.800	36.100	30.300	19.600	13.900	10.100	7.300
1956	1957	6.905	6.701	7.700	9.200	13.600	16.700	32.400	35.000	19.500	12.200	9.400	8.100
1957	1958	6.596	6.096	6.400	9.000	14.600	43.800	60.500	34.800	24.800	14.600	9.900	7.700
1958	1959	7.603	6.400	7.100	14.200	20.400	27.500	35.100	36.800	26.500	10.100	9.600	8.700
1959	1960	6.698	7.200	8.600	10.200	19.800	46.000	66.500	51.800	29.500	13.600	9.900	8.300
1960	1961	5.996	6.696	8.695	10.997	26.900	49.900	39.000	34.600	18.700	13.600	11.300	8.400
1961	1962	8.602	9.800	7.600	16.800	23.800	49.700	39.000	40.300	25.200	14.100	10.800	8.500
1962	1963	7.103	8.000	8.500	8.400	20.100	25.900	27.800	26.200	18.200	10.700	9.700	7.900
1963	1964	6.896	7.099	7.300	8.600	8.800	47.200	86.900	56.100	28.600	15.800	12.600	10.100
1964	1965	9.105	8.400	9.700	9.900	14.100	14.500	23.600	28.500	25.400	12.100	8.700	7.700
1965	1966	6.405	5.905	7.905	14.102	33.200	40.400	68.500	47.600	28.000	16.200	12.600	10.400
1966	1967	8.895	8.398	9.800	11.500	18.500	25.100	35.600	38.900	22.900	14.600	10.300	8.400
1967	1968	7.405	6.900	6.900	8.000	11.400	27.900	33.400	34.700	19.200	12.100	8.500	7.200
1968	1969	6.305	5.402	5.100	5.200	10.100	14.600	28.700	29.700	21.800	10.100	8.100	6.000
1969	1970	5.400	5.700	6.700	7.300	13.800	56.200	47.600	42.300	26.900	16.500	10.700	8.200
1970	1971	7.203	7.300	8.000	9.800	14.400	22.300	20.900	24.900	16.800	11.300	8.600	7.400
1971	1972	7.101	8.500	10.100	12.300	26.500	32.500	43.400	33.500	19.100	13.300	11.700	9.300
1972	1973	8.705	9.205	7.803	10.800	18.700	53.600	90.200	70.700	51.000	27.600	17.700	13.300
1973	1974	11.297	9.700	9.900	11.400	25.200	37.700	62.800	49.500	30.800	16.800	11.900	9.100
1974	1975	8.697	9.200	9.500	15.900	25.000	33.000	61.700	44.600	27.500	13.900	10.700	8.400
1975	1976	7.605	7.805	8.702	8.700	11.700	31.800	46.100	25.800	17.900	11.100	8.000	6.100
1976	1977	5.496	5.800	6.300	6.400	12.200	16.800	31.200	25.100	24.100	11.500	8.700	6.600
1977	1978	5.396	6.696	13.196	18.000	29.200	56.900	60.500	43.800	26.800	15.000	10.300	8.900
1978	1979	7.403	9.100	9.600	13.800	25.000	67.700	82.500	60.900	35.400	19.800	13.800	11.200
1979	1980	9.205	9.505	9.705	16.704	17.200	29.400	62.300	44.900	37.800	22.700	14.100	10.400
1980	1981	9.399	9.300	11.800	14.200	24.200	73.200	58.600	66.400	41.000	19.600	14.200	10.600
1981	1982	9.996	9.300	8.500	12.100	23.200	36.000	56.100	47.300	25.000	16.000	10.900	8.000
1982	1983	10.005	10.405	10.605	14.305	31.405	92.203	153.000	128.000	54.700	30.000	19.200	13.400
1983	1984	10.699	10.400	9.600	16.300	31.400	70.300	77.600	66.100	34.000	17.800	11.600	9.000

Caudales Medios Mensuales – Estación Tupungato [m ³ /s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1984	1985	6.596	7.596	11.698	14.400	18.100	42.000	52.300	63.000	46.200	20.200	15.000	12.000
1987	1988	18.399	21.800	20.800	24.300	62.800	90.200	114.000	87.000	60.800	36.700	17.400	15.000
1988	1989	12.896	9.596	15.198	18.200	24.600	37.400	53.400	58.900	26.700	16.300	12.500	11.700
1989	1990	10.705	9.804	6.800	11.700	34.400	43.000	52.300	43.400	28.300	15.100	11.600	9.500
1991	1992	7.696	7.596	11.296	12.396	26.498	60.100	91.000	79.000	62.400	20.100	15.500	11.400
1992	1993	10.701	10.800	10.400	16.700	28.000	50.000	78.300	64.000	40.300	22.700	13.800	11.800
1993	1994	10.305	9.401	10.400	12.090	23.200	42.240	73.900	46.900	35.760	14.720	11.640	9.300
1994	1995	6.963	6.410	9.510	14.230	29.780	66.770	64.130	52.820	30.570	17.370	12.740	9.760
1995	1996	9.565	8.780	9.020	9.320	21.080	46.800	43.730	39.130	33.970	13.760	9.940	7.450
1996	1997	5.450	5.330	6.080	6.530	9.030	19.420	33.670	26.470	22.760	13.210	8.500	6.830
1997	1998	6.416	6.766	7.156	8.520	16.860	38.310	64.600	33.920	22.510	16.150	11.490	9.840
1998	1999	8.045	7.145	6.542	9.370	14.550	29.060	37.630	35.570	26.650	11.850	8.830	7.760
1999	2000	6.887	6.720	8.710	17.180	26.620	39.760	47.510	31.280	19.380	12.040	8.730	7.720
2002	2003	9.115	8.996	9.597	11.580	23.380	59.980	87.390	72.040	38.210	22.750	14.280	13.250
2008	2009	10.505	9.299	10.976	15.243	51.394	77.801	67.229	46.296	37.704	19.737	11.128	10.007
2009	2010	8.390	8.076	8.427	10.671	13.861	37.783	59.725	45.639	34.297	19.817	12.872	10.340
2010	2011	9.024	8.399	8.642	9.516	10.217	16.638	26.301	25.036	20.019	10.077	7.749	6.646
2011	2012	4.941	4.569	5.031	6.927	12.591	22.989	34.437	32.413	25.484	18.222	10.079	7.852
2012	2013	5.995	5.947	6.871	7.321	20.333	27.003	49.630	34.459	17.284	11.007	8.432	7.428
2013	2014	6.897	6.958	6.695	7.950	16.096	38.170	48.150	27.824	16.797	10.894	8.771	6.643
2014	2015	6.906	6.678	6.828	11.317	16.113	19.497	48.342	38.884	34.637	14.754	8.457	6.781
2015	2016	5.729	4.736	6.335	6.868	14.045	32.397	68.823	48.503	38.066	18.466	12.530	8.928
2016	2017	8.585	8.520	12.115	15.601	30.309	60.894	74.344	50.003	26.094	13.506	8.892	7.213
2017	2018	6.927	6.835	6.982	6.971	11.719	37.017	39.283	41.320	20.492	12.588	7.510	5.161
Promedio		8.338	8.217	9.045	11.745	21.530	41.195	55.750	45.211	29.366	15.974	11.192	9.057
Ponderado		258.488	254.731	271.349	364.089	645.900	1277.051	1728.263	1265.903	910.340	479.206	346.962	271.720

En la revisión de los datos se encontró que los siguientes años no estaban completos, por los que fueron descartados para los estudios sucedientes:

- 1951-1952
- 1952-1953
- 1953-1954
- 1985-1986
- 1986-1987
- 1990-1991
- 2000-2001
- 2001-2002
- 2003-2004
- 2004-2005
- 2005-2006
- 2006-2007
- 2007-2008

Estos años son los que oportunamente serán considerados completar mediante regresión lineal en el capítulo respectivo.

Tabla A-4 Derrame anual – Estación Tupungato

MÓDULO:	22.121	Cantidad de años:	56
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m ³ /s]	Derrame anual[hm ³]
1949	1950	22.829	719.932
1950	1951	20.164	635.883
1954	1955	21.769	686.498
1955	1956	15.343	483.859
1956	1957	14.666	462.496
1957	1958	19.876	626.817
1958	1959	17.407	548.932
1959	1960	23.056	727.086
1960	1961	19.498	614.900
1961	1962	21.111	665.742
1962	1963	14.816	467.233
1963	1964	24.563	774.621
1964	1965	14.229	448.740
1965	1966	24.157	761.804
1966	1967	17.621	555.698
1967	1968	15.206	479.524
1968	1969	12.504	394.320
1969	1970	20.532	647.498
1970	1971	13.179	415.600
1971	1972	18.867	595.005
1972	1973	31.450	991.800
1973	1974	23.725	748.180
1974	1975	22.248	701.602
1975	1976	15.933	502.471
1976	1977	13.299	419.400
1977	1978	24.487	772.210
1978	1979	29.573	932.600
1979	1980	23.580	743.623
1980	1981	29.211	921.202
1981	1982	21.744	685.727
1982	1983	46.889	1478.700
1983	1984	30.254	954.087
1984	1985	25.564	806.179
1987	1988	47.257	1490.303
1988	1989	24.588	775.402
1989	1990	22.956	723.935
1991	1992	33.556	1058.234
1992	1993	29.637	934.643
1993	1994	24.924	785.999
1994	1995	26.651	840.478
1995	1996	20.987	661.841
1996	1997	13.554	427.432
1997	1998	20.183	636.497
1998	1999	16.837	530.981
1999	2000	19.342	609.959
2002	2003	30.692	967.898
2008	2009	30.564	963.871
2009	2010	22.404	706.530
2010	2011	13.138	414.333
2011	2012	15.372	484.760
2012	2013	16.723	527.380
2013	2014	16.804	529.924
2014	2015	18.175	573.164
2015	2016	22.014	694.219
2016	2017	26.261	828.165
2017	2018	16.785	529.335

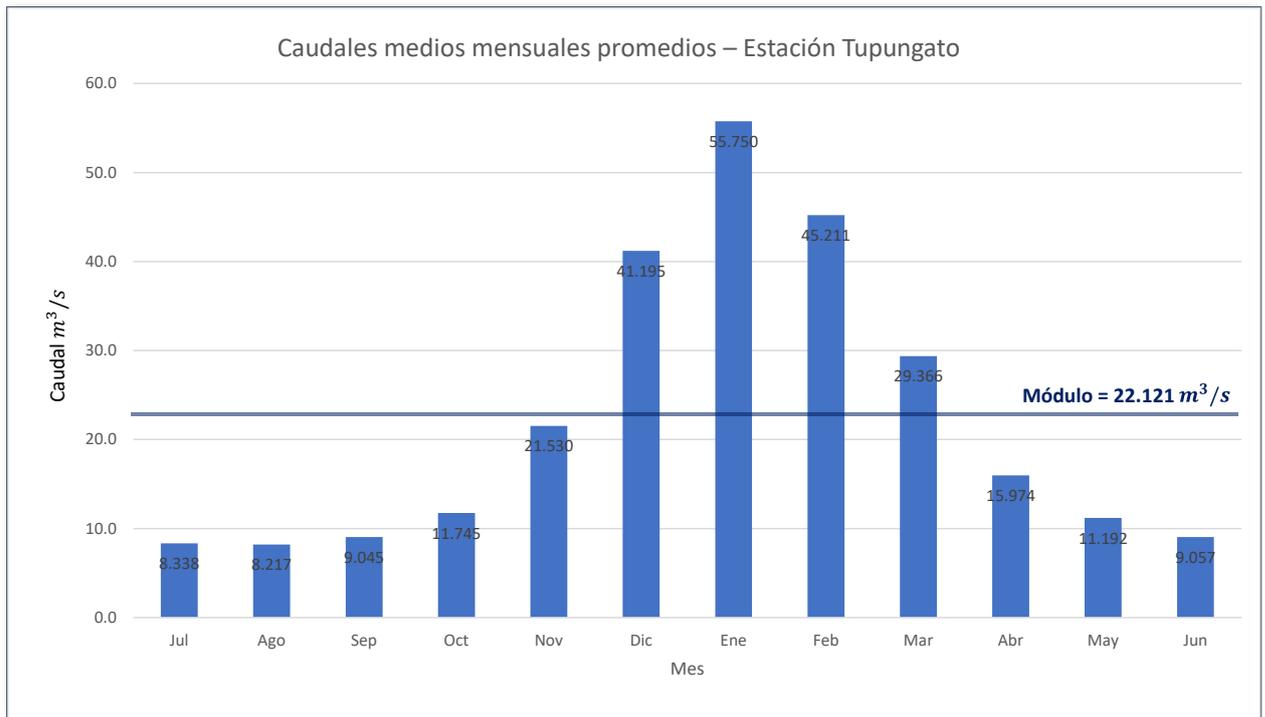


Figura A-3 Caudales medios mensuales – Estación Tupungato

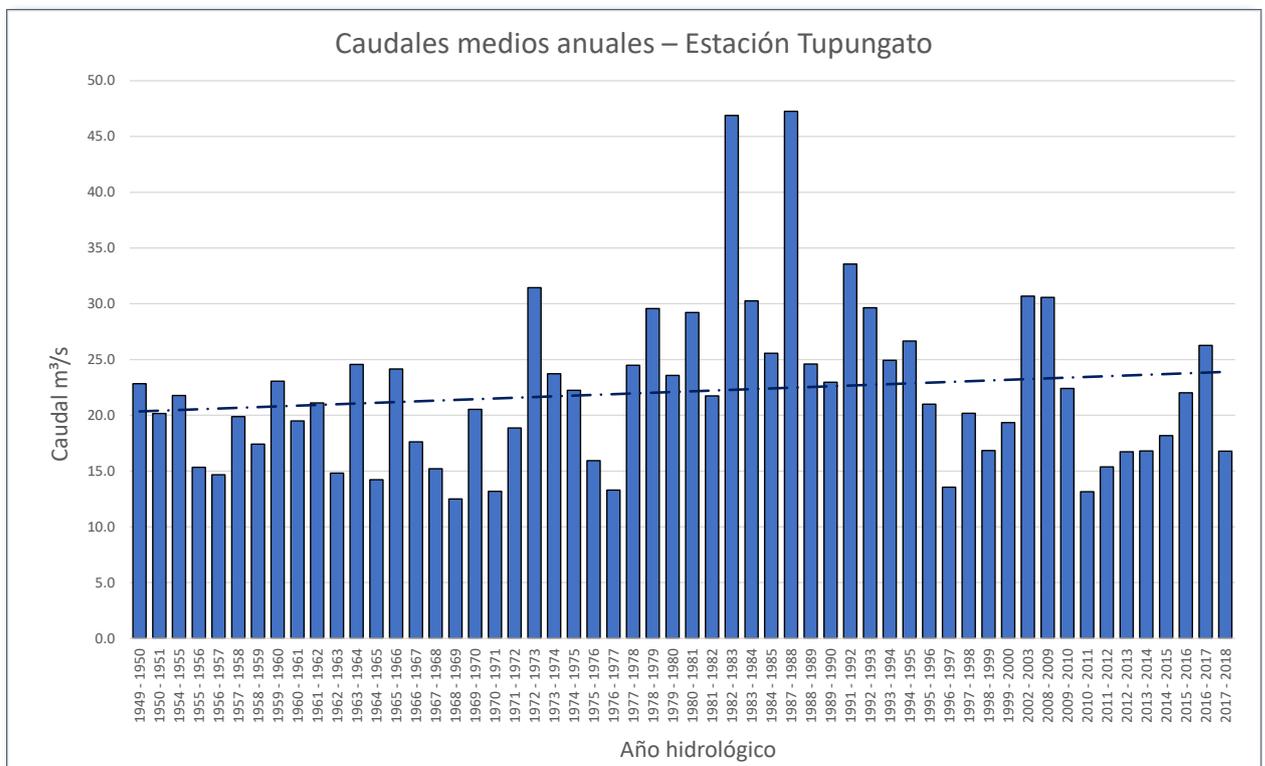


Figura A-4 Serie de caudales medios anuales – Estación Tupungato

A.II.3. Estación Cuevas – Río Cuevas

Tabla A-5 Caudales medios mensuales – Estación Cuevas

Caudales Medios Mensuales – Estación Cuevas [m ³ /s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1949	1950	3.201	3.500	3.600	5.100	7.800	7.500	7.700	6.400	5.800	4.000	3.700	3.200
1950	1951	2.803	2.800	2.800	4.300	5.400	8.700	7.200	5.600	4.600	3.200	2.900	2.700
1955	1956	2.801	2.300	2.900	3.500	8.500	10.900	8.300	6.200	4.500	3.700	3.200	3.000
1956	1957	2.504	2.600	2.900	3.700	4.300	4.700	4.900	4.600	4.300	2.800	2.300	2.400
1957	1958	2.405	2.305	2.605	2.800	5.500	13.800	10.200	7.300	5.600	3.900	3.000	3.200
1958	1959	2.897	2.600	3.600	7.000	6.800	6.800	7.200	7.400	5.000	3.200	3.500	3.200
1959	1960	2.500	3.100	4.200	5.400	7.300	10.500	9.800	6.600	5.000	3.700	2.600	2.000
1960	1961	1.999	2.600	2.900	5.100	9.800	13.100	8.700	5.500	4.000	4.800	3.900	3.500
1961	1962	3.700	3.700	3.600	8.200	11.400	14.500	13.000	11.000	7.600	5.500	4.500	3.700
1962	1963	3.399	3.600	3.500	4.500	7.300	6.900	6.900	5.100	4.100	3.100	3.100	2.700
1963	1964	2.596	2.397	2.600	3.900	4.000	23.600	23.000	14.300	8.000	6.000	4.900	4.300
1964	1965	3.896	3.896	3.998	3.800	4.300	4.200	4.600	4.400	4.000	3.600	2.800	2.700
1965	1966	2.796	2.399	3.300	6.600	15.600	15.300	17.800	12.400	8.100	5.500	4.500	3.700
1966	1967	3.505	3.801	4.200	6.000	9.100	8.900	9.200	8.500	6.100	4.800	3.800	3.400
1967	1968	2.905	2.601	2.600	3.400	4.100	6.300	6.200	6.100	4.300	3.300	2.800	2.400
1968	1969	2.299	1.900	2.100	2.300	3.800	3.500	4.500	4.600	4.000	2.100	1.900	1.600
1969	1970	1.805	1.704	2.300	2.400	8.100	15.300	9.100	6.800	5.200	4.000	3.300	2.800
1970	1971	2.699	2.700	2.900	4.000	5.800	7.200	6.000	5.700	3.900	3.100	2.300	1.900
1971	1972	2.104	2.600	3.700	4.700	7.000	7.100	6.300	5.500	4.200	3.200	3.000	2.700
1972	1973	2.896	2.800	3.300	4.600	9.800	30.100	34.000	22.400	15.500	8.800	6.900	5.600
1973	1974	5.197	4.700	4.900	5.600	9.900	10.200	11.800	8.800	7.000	5.500	4.600	4.000
1974	1975	3.899	4.000	4.200	6.500	8.700	9.900	12.900	9.600	6.800	4.900	4.000	3.600
1975	1976	3.496	3.300	3.800	4.500	5.600	8.400	7.300	5.600	4.600	4.000	3.400	2.900
1976	1977	2.902	2.800	3.400	3.000	6.400	5.900	8.500	5.800	5.200	3.900	3.400	2.800
1977	1978	2.501	3.000	4.800	10.100	14.600	22.300	15.800	10.600	7.600	5.800	4.700	4.200
1978	1979	3.804	3.800	4.000	6.500	13.600	33.100	30.000	16.400	11.600	7.100	6.000	4.900
1979	1980	4.202	4.100	4.100	7.400	7.300	8.700	13.300	10.700	8.100	6.600	5.700	4.600
1980	1981	4.196	4.197	5.300	6.700	11.200	16.100	14.400	13.400	9.600	6.400	4.800	4.000
1981	1982	3.696	3.498	3.400	4.000	6.000	6.500	7.200	6.100	3.400	3.200	2.900	3.300
1982	1983	3.296	3.397	4.100	6.500	16.400	49.500	50.000	34.800	19.800	10.900	7.200	5.500
1983	1984	4.905	4.701	4.500	7.500	14.100	21.400	20.500	14.900	9.400	6.200	5.200	4.400

Caudales Medios Mensuales – Estación Cuevas [m ³ /s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1984	1985	2.996	3.798	4.100	8.300	11.900	19.900	17.600	16.900	14.500	7.300	5.700	5.200
1986	1987	3.697	3.800	4.000	5.200	13.600	25.200	24.900	19.800	12.200	4.700	4.300	4.300
1987	1988	3.500	3.400	3.400	4.100	14.500	25.200	27.400	21.300	16.200	8.700	5.200	4.300
1988	1989	4.705	3.901	3.700	4.400	6.800	6.900	7.600	7.800	5.300	4.200	3.200	3.200
1989	1990	3.003	2.800	3.600	5.700	12.400	9.900	7.400	6.100	4.400	4.000	3.100	2.700
1990	1991	2.896	2.796	3.099	3.700	5.600	5.400	6.200	5.200	4.600	4.100	3.600	3.000
1991	1992	2.896	3.197	4.000	5.500	12.800	17.400	22.200	18.200	14.600	8.900	7.100	5.500
1992	1993	3.999	4.200	4.400	7.500	8.600	13.300	17.200	14.300	13.400	6.700	5.600	4.400
1993	1994	3.696	4.396	4.099	5.200	7.100	12.700	14.800	10.100	7.500	4.200	3.800	3.330
1994	1995	2.315	1.873	3.840	5.190	10.320	12.950	12.560	8.620	6.460	3.910	4.450	3.560
1995	1996	3.836	3.619	2.970	3.780	7.810	8.380	7.150	6.140	4.690	3.770	2.510	1.760
1996	1997	2.240	2.480	2.410	2.140	2.750	2.830	3.850	4.060	2.920	2.810	2.350	2.010
1997	1998	2.226	2.590	2.840	4.220	7.880	15.690	16.290	11.410	8.260	6.540	4.760	4.170
1998	1999	3.628	3.440	2.980	4.050	4.170	5.070	5.050	5.790	4.530	3.140	2.480	2.270
1999	2000	2.601	2.850	3.180	4.510	6.960	7.040	7.720	6.260	5.260	4.220	3.360	3.040
2003	2004	4.315	4.135	4.081	6.180	10.160	10.760	13.330	11.340	6.780	4.970	3.810	3.250
2004	2005	3.126	3.432	3.792	3.883	4.308	8.347	9.286	8.077	5.664	3.948	3.130	3.061
2005	2006	2.358	2.298	2.852	7.693	27.466	31.070	30.678	20.959	10.264	6.796	5.072	4.378
2006	2007	4.264	4.299	5.159	8.865	21.293	24.018	22.335	12.701	9.117	6.626	5.115	4.440
2007	2008	3.702	3.213	4.304	7.878	11.581	11.776	11.601	8.618	6.548	4.317	3.957	3.194
2008	2009	3.131	2.993	3.711	10.552	25.628	22.812	17.466	11.564	10.124	7.582	4.997	3.525
2009	2010	3.280	3.507	4.261	4.952	6.193	13.240	12.068	10.459	7.365	5.091	4.317	3.741
2010	2011	3.346	3.205	2.652	2.970	3.029	3.094	3.837	3.627	3.191	2.527	2.285	2.064
2011	2012	1.878	1.697	2.521	2.757	4.056	4.552	4.088	4.260	3.449	3.038	2.604	2.332
2012	2013	2.257	2.544	2.963	3.275	5.097	3.069	5.854	3.280	3.282	3.018	2.260	2.211
2013	2014	2.168	2.227	1.406	1.857	5.207	7.212	5.815	5.113	4.101	2.989	3.294	3.830
2014	2015	2.974	2.721	2.473	4.137	3.500	4.358	4.815	4.377	3.617	2.127	1.961	1.783
2015	2016	1.674	2.151	2.068	2.277	6.214	10.461	11.644	11.440	9.210	8.178	4.064	2.867
2016	2017	2.224	1.729	4.959	5.909	10.960	13.711	13.394	9.123	6.193	4.926	3.795	2.719
2017	2018	2.529	2.460	3.031	3.181	4.334	7.146	5.295	6.227	3.472	2.717	2.332	1.745
Promedio		3.103	3.101	3.491	5.073	8.881	12.695	12.553	9.611	6.952	4.801	3.857	3.324
Ponderado		96.178	96.123	104.732	157.265	266.419	393.540	389.138	269.096	215.525	144.020	119.580	99.728

En la revisión de los datos se encontró que los siguientes años no estaban completos, por los que fueron descartados para los estudios sucedientes:

- 1951-1952
- 1985-1986
- 2000-2001
- 2001-2002
- 2002-2003

Estos años son los que oportunamente serán considerados completar mediante regresión lineal en el capítulo respectivo.

Tabla A-6 Derrame anual – Estación Cuevas

MÓDULO: 6.442		Cantidad de años: 61	
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m ³ /s]	Derrame anual [hm ³]
1949	1950	5.120	161.459
1950	1951	4.417	139.294
1955	1956	4.978	157.000
1956	1957	3.496	110.240
1957	1958	5.216	164.499
1958	1959	4.921	155.184
1959	1960	5.224	164.738
1960	1961	5.494	173.265
1961	1962	7.521	237.185
1962	1963	4.516	142.412
1963	1964	8.295	261.582
1964	1965	3.847	121.312
1965	1966	8.144	256.827
1966	1967	5.927	186.923
1967	1968	3.908	123.247
1968	1969	2.874	90.648
1969	1970	5.231	164.977
1970	1971	4.009	126.434
1971	1972	4.335	136.696
1972	1973	12.200	384.729
1973	1974	6.842	215.775
1974	1975	6.572	207.255
1975	1976	4.742	149.530
1976	1977	4.494	141.710
1977	1978	8.835	278.627
1978	1979	11.743	370.321
1979	1980	7.053	222.408
1980	1981	8.334	262.825
1981	1982	4.424	139.519
1982	1983	17.567	553.986
1983	1984	9.794	308.877
1984	1985	9.821	309.727
1986	1987	10.440	329.235
1987	1988	11.393	359.286
1988	1989	5.128	161.704
1989	1990	5.417	170.831
1990	1991	4.177	131.715
1991	1992	10.151	320.136
1992	1993	8.615	271.690
1993	1994	6.738	212.500
1994	1995	6.329	199.583
1995	1996	4.696	148.101
1996	1997	2.729	86.070
1997	1998	7.226	227.881
1998	1999	3.876	122.222
1999	2000	4.742	149.544
2003	2004	6.904	217.722
2004	2005	4.993	157.445
2005	2006	12.614	397.785
2006	2007	10.684	336.924
2007	2008	6.718	211.862
2008	2009	10.333	325.858
2009	2010	6.526	205.808
2010	2011	2.985	94.131
2011	2012	3.094	97.585
2012	2013	3.258	102.755
2013	2014	3.762	118.632
2014	2015	3.236	102.046
2015	2016	5.989	188.877
2016	2017	6.625	208.916
2017	2018	3.693	116.472

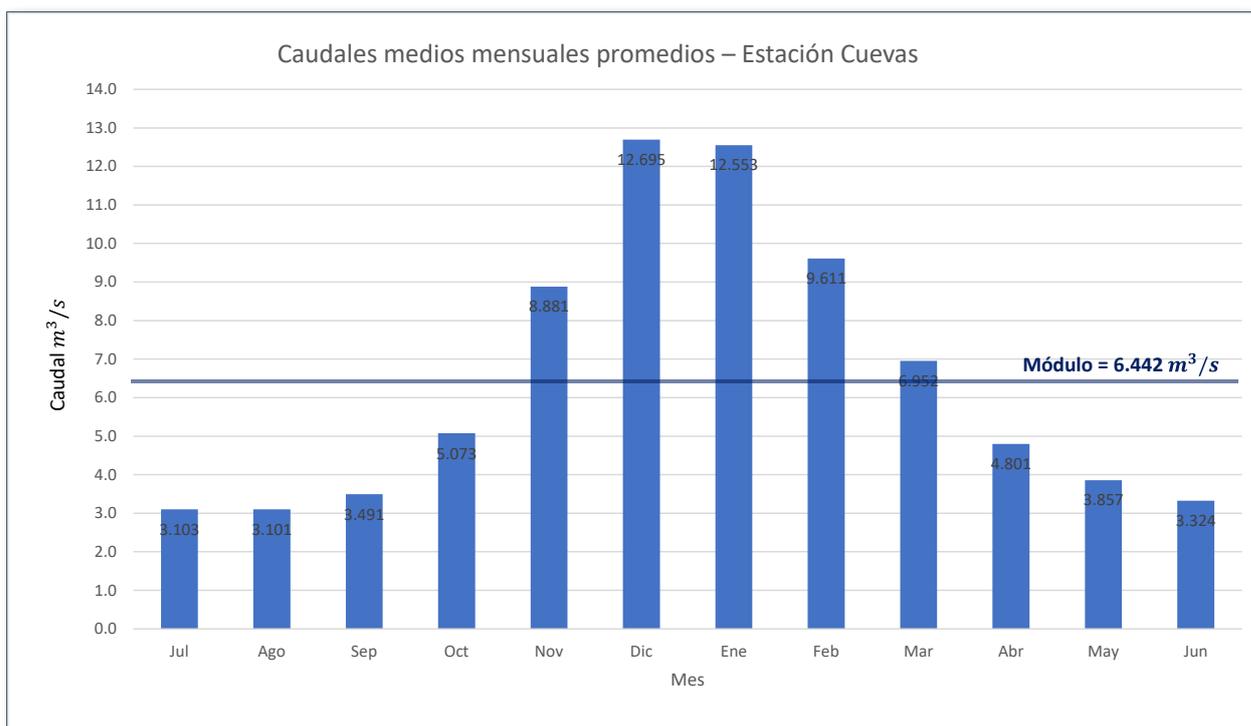


Figura A-5 Caudales medios mensuales – Estación Cuevas

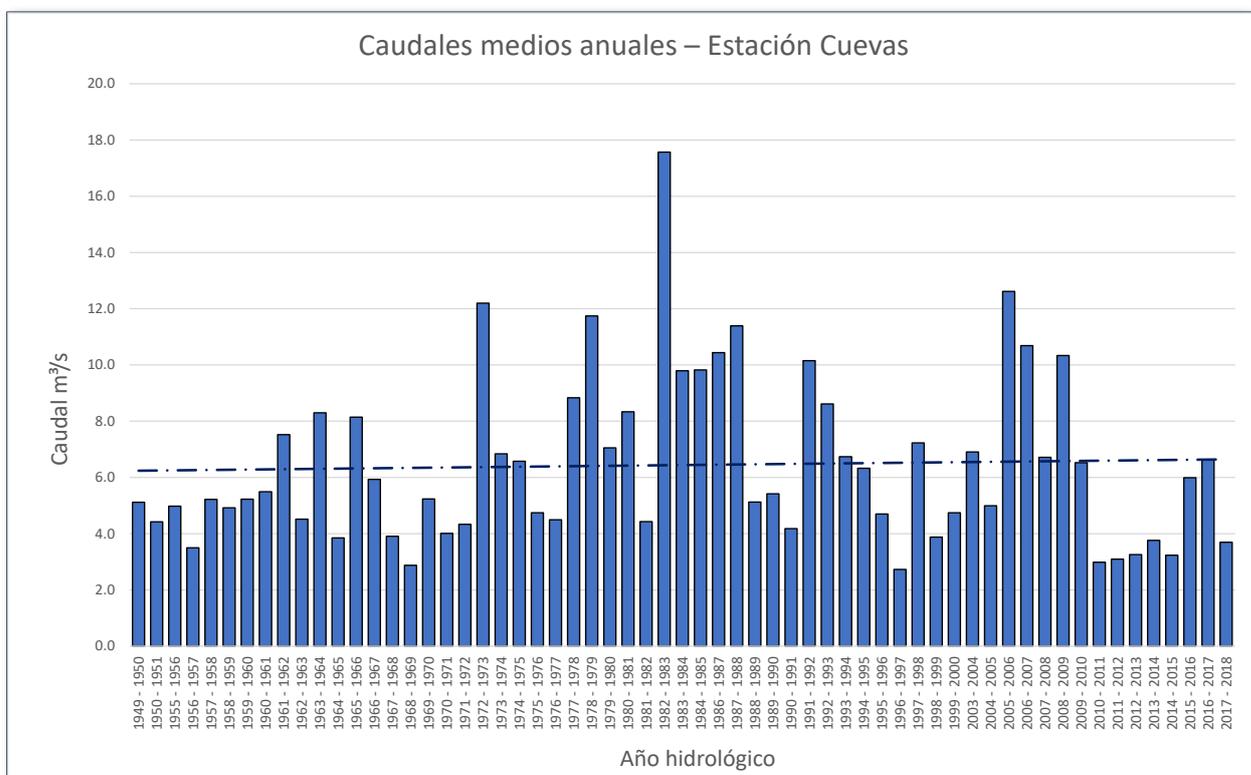


Figura A-6 Serie de caudales medios anuales – Estación Cuevas

A.II.4. Estación Vacas – Río Vacas

Tabla A-7 Caudales medios mensuales – Estación Vacas

Caudales Medios Mensuales – Estación Vacas [m ³ /s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1949	1950	2.000	2.000	2.100	2.900	4.200	3.200	4.800	4.300	4.300	2.200	1.600	1.300
1950	1951	1.499	1.300	1.700	2.700	3.000	4.500	3.600	2.800	2.500	1.900	1.700	1.600
1954	1955	1.300	1.800	1.900	2.300	4.100	4.200	7.300	4.900	2.700	1.900	1.600	1.500
1955	1956	1.100	1.100	1.400	1.600	4.900	7.100	4.300	4.000	3.200	2.300	2.000	1.600
1956	1957	1.598	1.600	2.100	2.300	2.600	2.100	2.800	3.400	2.900	1.900	1.400	1.300
1957	1958	1.396	1.596	1.500	2.300	4.300	10.900	6.400	5.800	4.300	2.400	1.500	1.800
1958	1959	1.403	1.700	2.300	5.900	5.400	4.600	3.700	5.300	4.700	2.000	1.800	1.600
1959	1960	1.196	1.199	3.000	2.400	4.200	5.900	8.100	7.900	4.500	2.400	1.300	1.200
1960	1961	1.097	1.500	1.700	4.200	6.700	6.700	7.400	5.700	3.800	3.200	2.400	1.400
1961	1962	1.705	2.103	2.000	5.200	7.500	9.100	7.000	5.400	4.900	2.400	2.300	1.800
1962	1963	1.899	2.200	2.400	2.500	4.400	3.700	3.500	3.700	3.000	2.300	2.000	1.300
1963	1964	0.801	1.100	1.700	2.600	2.400	16.700	12.000	6.400	4.600	3.800	3.200	2.700
1964	1965	2.700	2.600	2.900	2.600	2.700	2.700	2.800	2.900	3.300	2.200	1.700	1.900
1965	1966	1.796	1.600	2.000	4.900	12.200	9.800	12.700	7.200	5.200	3.800	3.200	2.400
1966	1967	2.396	2.658	3.000	4.900	5.700	4.900	5.200	5.600	3.800	3.100	2.600	2.100
1967	1968	1.799	1.800	1.900	2.400	3.000	3.500	5.000	6.600	4.300	2.700	2.100	1.800
1968	1969	1.798	1.500	1.300	1.400	2.200	2.200	4.580	5.300	4.400	1.900	1.400	0.900
1969	1970	1.103	1.400	2.100	2.000	5.400	8.700	6.100	6.600	4.400	2.800	2.400	1.600
1970	1971	1.400	1.400	1.600	2.900	3.700	3.300	2.800	3.500	2.700	2.300	1.500	1.300
1971	1972	1.501	2.100	2.200	2.400	3.400	3.600	6.100	6.600	3.800	2.400	1.900	1.600
1972	1973	1.400	1.800	2.100	3.100	6.700	15.700	18.700	13.300	10.200	5.700	4.300	3.900
1973	1974	3.503	3.500	3.900	4.700	7.800	7.100	8.600	8.100	5.800	3.800	2.900	2.200
1974	1975	2.396	2.800	2.900	5.000	7.300	7.600	9.200	6.700	4.600	2.800	2.200	1.700
1975	1976	1.702	1.700	2.200	2.300	3.500	5.400	6.700	3.700	2.900	2.200	1.600	1.300
1976	1977	1.401	1.500	1.700	1.700	4.500	3.200	3.200	2.900	3.600	2.500	1.800	1.400
1977	1978	1.200	2.100	4.200	8.500	11.300	13.600	10.400	8.700	6.300	4.100	2.900	2.300
1978	1979	2.298	2.900	3.700	6.700	11.600	29.500	19.700	10.800	6.600	4.100	3.700	3.000
1979	1980	2.605	3.201	3.400	6.000	5.100	7.800	7.900	4.900	4.900	4.000	3.400	2.700
1980	1981	2.300	2.600	3.500	4.700	8.200	11.500	9.400	10.300	8.400	3.700	3.000	2.600
1981	1982	2.099	2.100	1.800	2.900	4.500	3.800	6.700	7.200	3.900	3.000	2.300	1.700
1982	1983	1.797	1.900	2.800	5.000	11.100	27.000	27.300	20.600	11.100	7.600	4.800	4.300
1983	1984	3.601	3.500	2.900	7.200	8.800	10.600	10.100	10.800	6.300	4.200	3.600	2.200

Caudales Medios Mensuales – Estación Vacas [m ³ /s]													
Año 0	Año 1	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1984	1985	1.896	2.199	2.400	5.500	11.100	11.600	9.100	7.500	6.800	3.900	2.600	2.600
1986	1987	2.005	1.801	1.900	4.200	9.300	17.100	11.100	12.400	7.100	4.500	5.100	6.400
1987	1988	6.202	8.100	7.000	8.100	36.500	29.600	17.600	8.300	5.500	4.300	3.400	2.900
1988	1989	2.796	3.100	2.900	4.300	4.100	5.700	8.900	8.300	6.500	4.000	2.500	2.300
1989	1990	2.102	2.200	2.300	4.000	5.800	5.200	5.700	5.500	3.500	2.400	2.100	1.900
1991	1992	2.099	2.200	2.900	4.100	8.200	9.000	11.200	10.800	7.600	4.000	2.600	2.400
1993	1994	2.497	2.700	2.600	7.100	5.100	5.600	9.800	5.300	6.500	3.300	2.700	2.400
1994	1995	2.075	2.710	2.980	2.480	6.210	12.670	8.450	5.270	3.930	3.630	2.570	2.510
1995	1996	2.360	2.270	2.520	2.160	3.490	3.240	3.220	3.600	3.750	1.930	1.750	1.390
1996	1997	1.390	1.350	1.430	1.400	1.750	2.720	5.370	4.550	3.590	2.290	2.440	1.920
1997	1998	1.748	2.140	2.610	3.110	6.710	8.630	8.430	5.230	3.880	2.790	2.180	1.950
1998	1999	1.908	1.650	1.480	1.720	2.340	2.530	4.020	4.400	4.240	2.340	1.670	1.650
1999	2000	1.700	1.700	1.840	2.320	3.890	3.180	5.430	5.340	3.290	2.070	1.740	1.450
2004	2005	1.458	1.576	1.942	1.998	2.342	3.083	5.331	4.702	3.826	1.661	1.285	1.263
2005	2006	1.189	1.649	1.916	5.747	18.856	27.570	22.480	12.701	5.557	3.234	2.490	1.744
2006	2007	1.789	2.125	3.163	5.469	12.205	12.131	11.695	7.123	5.848	3.018	2.485	1.729
2007	2008	1.691	1.834	2.746	5.232	7.880	5.923	8.294	7.761	4.182	3.495	1.930	2.103
2008	2009	1.323	1.235	4.536	5.896	15.549	12.139	10.306	9.316	6.554	6.043	4.289	2.077
2009	2010	1.622	1.622	1.772	3.398	4.841	7.941	7.686	6.609	4.536	2.977	1.925	1.314
2011	2012	0.838	0.861	1.295	1.635	2.449	2.518	3.096	3.467	3.315	2.540	1.858	1.382
2012	2013	1.407	1.300	1.774	2.742	5.016	2.875	3.991	3.747	2.324	1.693	1.397	1.314
2013	2014	1.235	1.359	1.395	1.916	2.980	4.901	5.753	3.445	2.286	1.730	1.463	1.242
2014	2015	1.597	1.643	1.366	2.162	2.237	1.805	3.729	3.655	2.654	1.678	1.317	1.254
2015	2016	1.148	1.347	1.469	1.716	3.103	7.702	6.518	5.551	2.928	2.375	2.064	1.727
2016	2017	2.142	1.945	3.217	3.835	6.100	6.641	9.409	5.032	3.129	2.300	1.997	1.697
2017	2018	1.537	1.405	2.146	2.505	2.221	2.668	3.730	7.542	2.745	2.025	1.854	1.718
Promedio		1.854	2.032	2.405	3.671	6.425	8.187	8.007	6.535	4.620	2.997	2.341	1.971
Ponderado		57.478	63.003	72.153	113.813	192.760	253.808	248.224	182.985	143.221	89.905	72.586	59.139

En la revisión de los datos se encontró que los siguientes años no estaban completos, por los que fueron descartados para los estudios sucedientes:

- 1951-1952
- 1985-1986
- 1990-1991
- 1992-1993
- 2000-2001
- 2001-2002
- 2002-2003
- 2003-2004
- 2010-2011

Estos años son los que oportunamente serán considerados completar mediante regresión lineal en el capítulo respectivo.

Tabla A-8 Derrame anual – Estación Vacas

MÓDULO: 4.244		Cantidad de años: 58	
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m³/s]	Derrame anual [hm³]
1949	1950	2.902	91.514
1950	1951	2.400	75.700
1954	1955	2.949	93.001
1955	1956	2.878	90.754
1956	1957	2.158	68.070
1957	1958	3.678	115.995
1958	1959	3.357	105.865
1959	1960	3.583	112.978
1960	1961	3.807	120.061
1961	1962	4.284	135.105
1962	1963	2.735	86.260
1963	1964	4.844	152.774
1964	1965	2.582	81.440
1965	1966	5.558	175.278
1966	1967	3.819	120.430
1967	1968	3.054	96.308
1968	1969	2.392	75.430
1969	1970	3.701	116.726
1970	1971	2.359	74.390
1971	1972	3.113	98.170
1972	1973	7.221	227.715
1973	1974	5.142	162.173
1974	1975	4.592	144.828
1975	1976	2.934	92.530
1976	1977	2.446	77.123
1977	1978	6.289	198.340
1978	1979	8.734	275.422
1979	1980	4.666	147.153
1980	1981	5.828	183.797
1981	1982	3.478	109.674
1982	1983	10.402	328.027
1983	1984	6.130	193.305
1984	1985	5.590	176.301
1986	1987	6.879	216.931
1987	1988	11.471	361.755
1988	1989	4.600	145.073
1989	1990	3.548	111.877
1991	1992	5.562	175.406
1993	1994	4.642	146.378
1994	1995	4.627	145.920
1995	1996	2.635	83.112
1996	1997	2.507	79.070
1997	1998	4.115	129.764
1998	1999	2.486	78.398
1999	2000	2.814	88.749
2004	2005	2.529	79.763
2005	2006	8.754	276.069
2006	2007	5.728	180.632
2007	2008	4.399	138.734
2008	2009	6.578	207.444
2009	2010	3.843	121.199
2011	2012	2.095	66.082
2012	2013	2.455	77.406
2013	2014	2.474	78.034
2014	2015	2.084	65.709
2015	2016	3.128	98.649
2016	2017	3.952	124.620
2017	2018	2.642	83.312

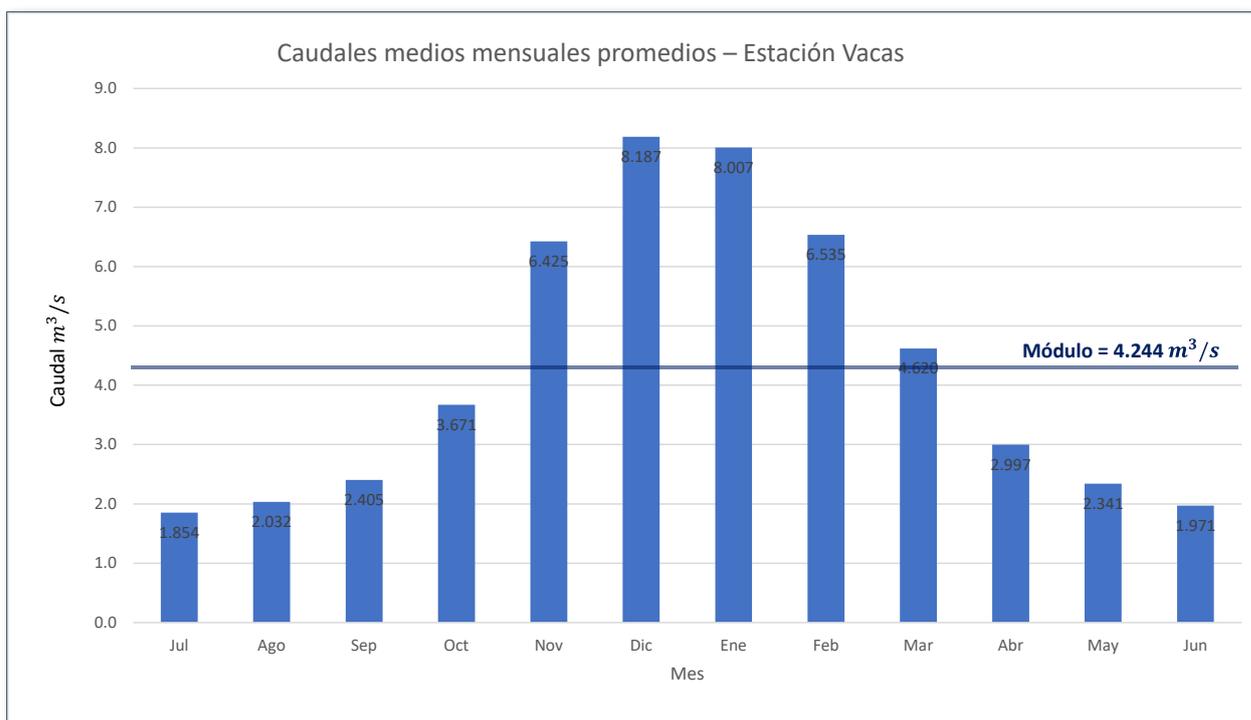


Figura A-7 Caudales medios mensuales – Estación Vacas

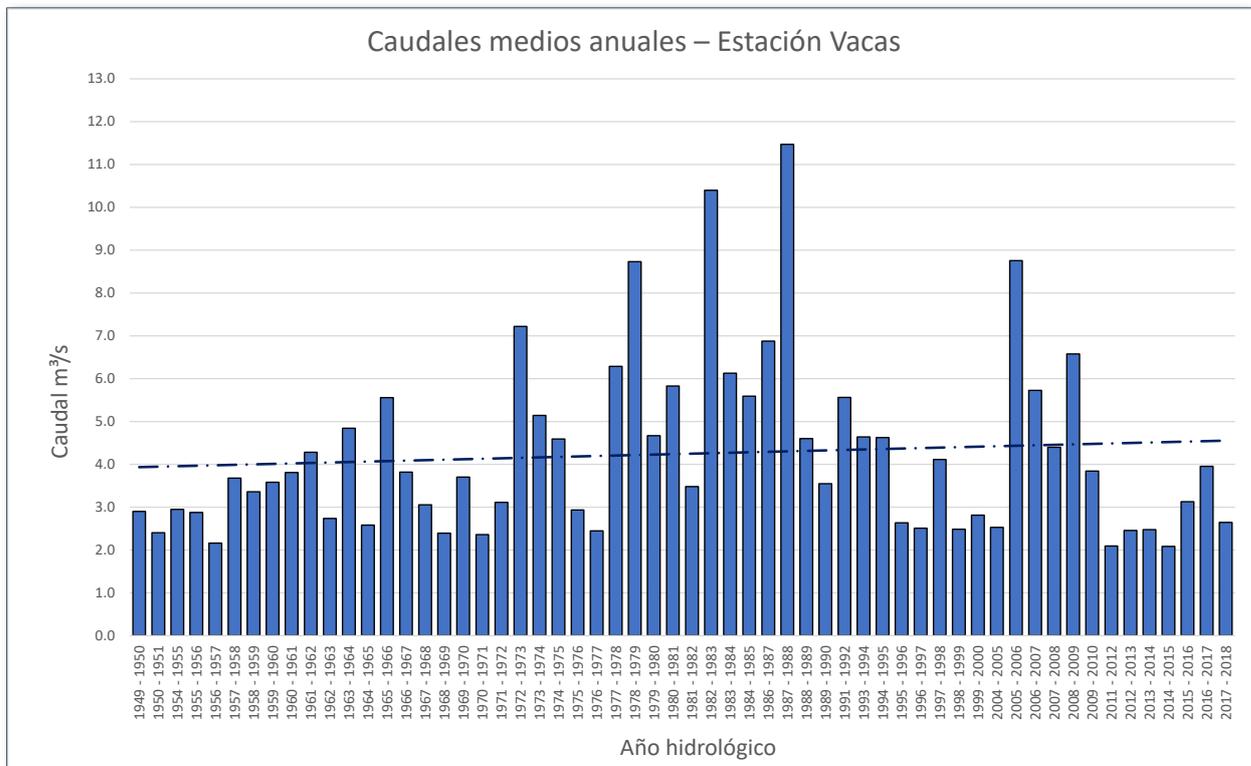


Figura A-8 Serie de caudales medios anuales – Estación Vacas

A.III. Curva de duración de caudales
A.III.1. Estación Guido – Río Mendoza

Tabla A–9 Caudales medios anuales ordenados para CDC – Estación Guido

Caudales Medios Anuales – Estación Guido [m³/s]						
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m³/s]	Derrame anual [hm³]	Caudal Clasificado	Jerarquía	Weibull
1956	1957	29.28	923.49	93.84	1	1.6%
1957	1958	32.85	1035.91	91.90	2	3.2%
1958	1959	33.83	1066.91	73.17	3	4.8%
1959	1960	38.84	1224.78	72.11	4	6.3%
1960	1961	34.51	1088.24	71.34	5	7.9%
1961	1962	41.98	1323.82	64.94	6	9.5%
1962	1963	30.79	971.00	63.77	7	11.1%
1963	1964	45.95	1448.96	61.73	8	12.7%
1964	1965	26.81	845.50	60.70	9	14.3%
1965	1966	43.92	1385.06	59.92	10	15.9%
1966	1967	34.88	1099.97	59.20	11	17.5%
1967	1968	29.60	933.47	58.91	12	19.0%
1968	1969	23.65	745.98	56.69	13	20.6%
1969	1970	36.79	1160.18	53.55	14	22.2%
1970	1971	23.35	736.23	51.88	15	23.8%
1971	1972	31.81	1003.15	50.56	16	25.4%
1972	1973	59.92	1889.76	50.53	17	27.0%
1973	1974	40.67	1282.44	49.85	18	28.6%
1974	1975	39.69	1251.69	49.78	19	30.2%
1975	1976	31.82	1003.36	49.28	20	31.7%
1976	1977	27.61	870.71	49.03	21	33.3%
1977	1978	49.78	1569.93	48.84	22	34.9%
1978	1979	61.73	1946.73	48.72	23	36.5%
1979	1980	48.72	1536.49	47.17	24	38.1%
1980	1981	56.69	1787.86	45.95	25	39.7%
1981	1982	39.91	1258.65	45.88	26	41.3%
1982	1983	91.90	2898.06	45.27	27	42.9%
1983	1984	71.34	2249.88	44.42	28	44.4%
1984	1985	60.70	1914.24	43.92	29	46.0%
1985	1986	50.53	1593.42	43.79	30	47.6%
1986	1987	73.17	2307.36	43.00	31	49.2%
1987	1988	93.84	2959.19	41.98	32	50.8%
1988	1989	51.88	1636.09	40.67	33	52.4%
1989	1990	44.42	1400.74	39.91	34	54.0%
1990	1991	37.95	1196.79	39.69	35	55.6%
1991	1992	58.91	1857.75	38.84	36	57.1%
1992	1993	49.03	1546.22	38.24	37	58.7%
1993	1994	45.27	1427.49	37.95	38	60.3%
1994	1995	49.85	1572.05	36.79	39	61.9%
1995	1996	38.24	1206.01	35.56	40	63.5%
1996	1997	27.60	870.48	34.94	41	65.1%
1997	1998	43.79	1380.97	34.88	42	66.7%
1998	1999	34.86	1099.34	34.86	43	68.3%
1999	2000	34.94	1101.73	34.51	44	69.8%
2000	2001	53.55	1688.85	34.31	45	71.4%
2001	2002	50.56	1594.58	34.20	46	73.0%
2002	2003	59.20	1866.92	33.83	47	74.6%
2003	2004	45.88	1446.90	33.21	48	76.2%
2004	2005	35.56	1121.47	32.85	49	77.8%
2005	2006	72.11	2274.17	31.82	50	79.4%
2006	2007	64.94	2048.01	31.81	51	81.0%
2007	2008	49.28	1553.96	31.54	52	82.5%
2008	2009	63.77	2011.15	31.28	53	84.1%
2009	2010	47.17	1487.46	30.79	54	85.7%
2010	2011	27.34	862.32	29.60	55	87.3%
2011	2012	31.28	986.32	29.28	56	88.9%
2012	2013	33.21	1047.34	27.61	57	90.5%
2013	2014	34.31	1082.01	27.60	58	92.1%
2014	2015	31.54	994.61	27.34	59	93.7%
2015	2016	43.00	1356.12	26.81	60	95.2%
2016	2017	48.84	1540.08	23.65	61	96.8%
2017	2018	34.20	1078.60	23.35	62	98.4%

Tabla A-10 Caudales medios anuales ordenados para CDC II – Estación Guido

CDC	
%	Q [m³/s]
Máximo	93.84
5%	73.01
10%	64.59
15%	60.35
20%	57.58
25%	50.89
30%	49.79
35%	48.83
40%	45.93
45%	44.24
50%	42.49
55%	39.77
60%	38.01
65%	34.97
70%	34.49
75%	33.68
80%	31.81
85%	31.01
90%	28.11
95%	26.89
Mínimo	23.35

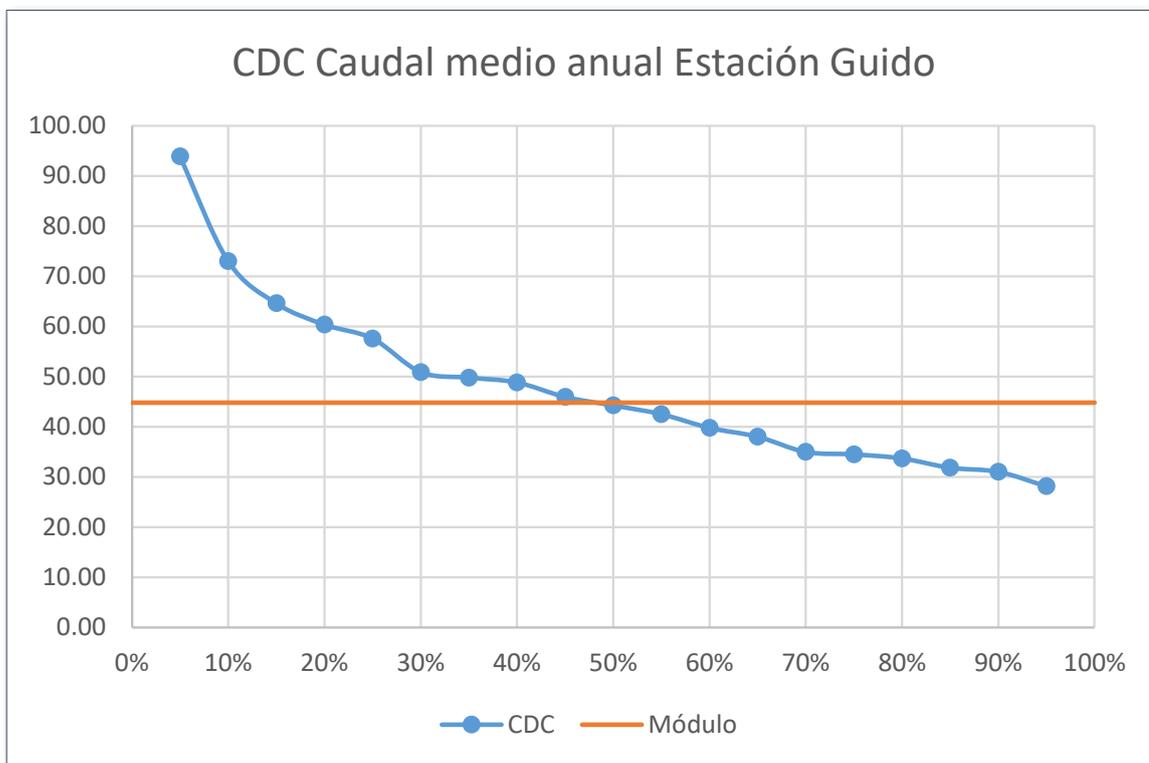


Figura A-9 CDC – Estación Guido

Tabla A-11 Caudales para CDC para abundancia decenal – Estación Guido

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2006 - 2007					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	31.35	8.3%	161.83	160.96
8	31	27.72	16.7%	138.89	138.14
9	30	31.20	25.0%	86.80	86.34
10	31	44.92	33.3%	85.36	84.90
11	30	85.36	41.7%	69.79	69.41
12	31	138.89	50.0%	44.92	44.68
1	31	161.83	58.3%	42.80	42.57
2	28	86.80	66.7%	32.11	31.94
3	31	69.79	75.0%	31.35	31.18
4	30	42.80	83.3%	31.20	31.03
5	31	32.11	91.7%	27.72	27.57
6	30	26.26	100.0%	26.26	26.11
Q medio anual		64.94	Q medio anual P=10%		64.59

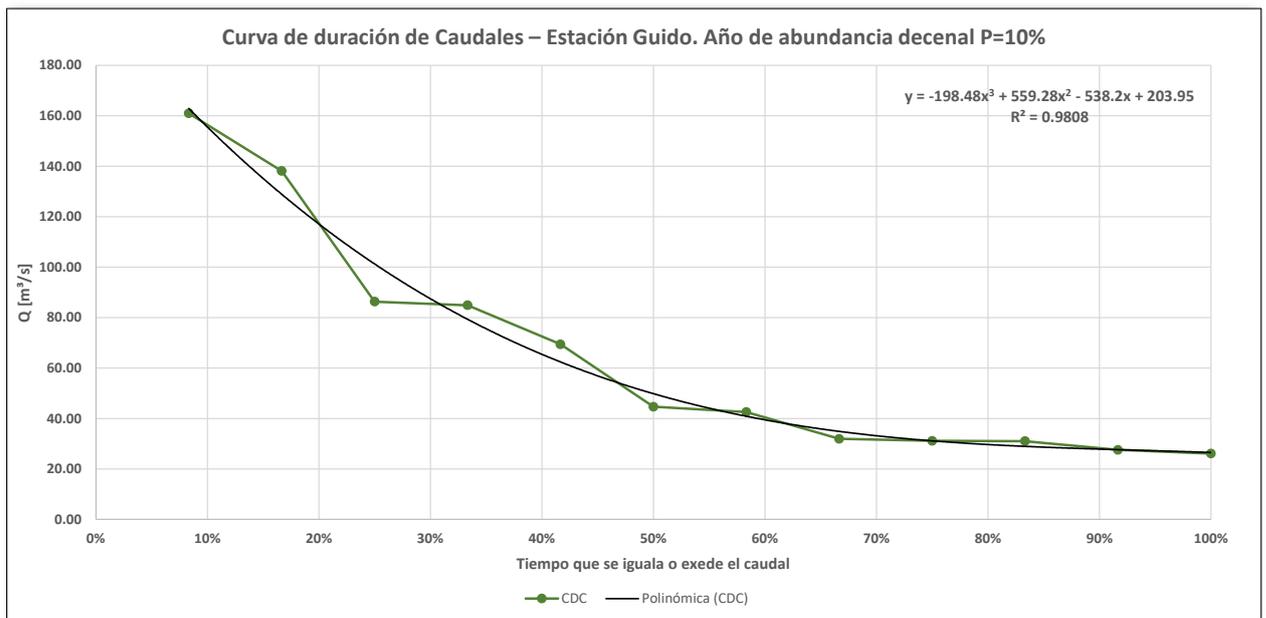


Figura A-10 CDC para abundancia decenal – Estación Guido

Tabla A-12 Aguas altas, medias y bajas para CDC para abundancia decenal – Estación Guido

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2006 - 2007			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	162.87	Altas
16.67%	61	128.87	Altas
25.00%	91	101.26	Altas
33.33%	122	79.34	Medias
41.67%	152	62.44	Medias
50.00%	183	49.86	Medias
58.33%	213	40.92	Medias
66.67%	243	34.91	Medias
75.00%	274	31.16	Medias
83.33%	304	28.98	Bajas
91.67%	335	27.67	Bajas
100.00%	365	26.55	Bajas

Q característicos P=10% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	145.03
Límite	25.0%	101.26
Medias	50.0%	49.86
Límite	75.0%	31.16
Bajas	87.5%	28.26

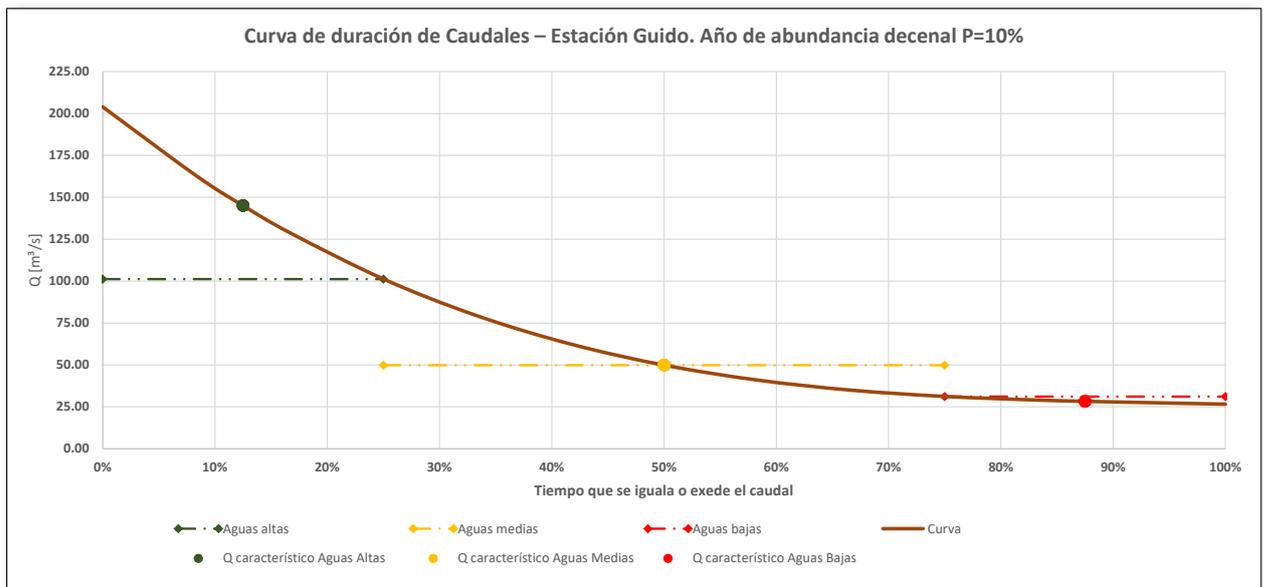


Figura A-11 CDC para abundancia decenal – Estación Guido

Tabla A-13 Caudales para CDC para año medio – Estación Guido

CDC P=50% - Año medio. 2015 - 2016					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	14.62	8.3%	107.92	106.63
8	31	14.83	16.7%	90.01	88.94
9	30	16.04	25.0%	79.89	78.94
10	31	18.05	33.3%	56.31	55.64
11	30	35.61	41.7%	35.61	35.19
12	31	79.89	50.0%	33.84	33.43
1	31	107.92	58.3%	28.32	27.98
2	28	90.01	66.7%	23.09	22.82
3	31	56.31	75.0%	18.05	17.83
4	30	33.84	83.3%	16.04	15.85
5	31	28.32	91.7%	14.83	14.66
6	30	23.09	100.0%	14.62	14.45
Q medio anual		43.00	Q medio anual P=50%		42.49

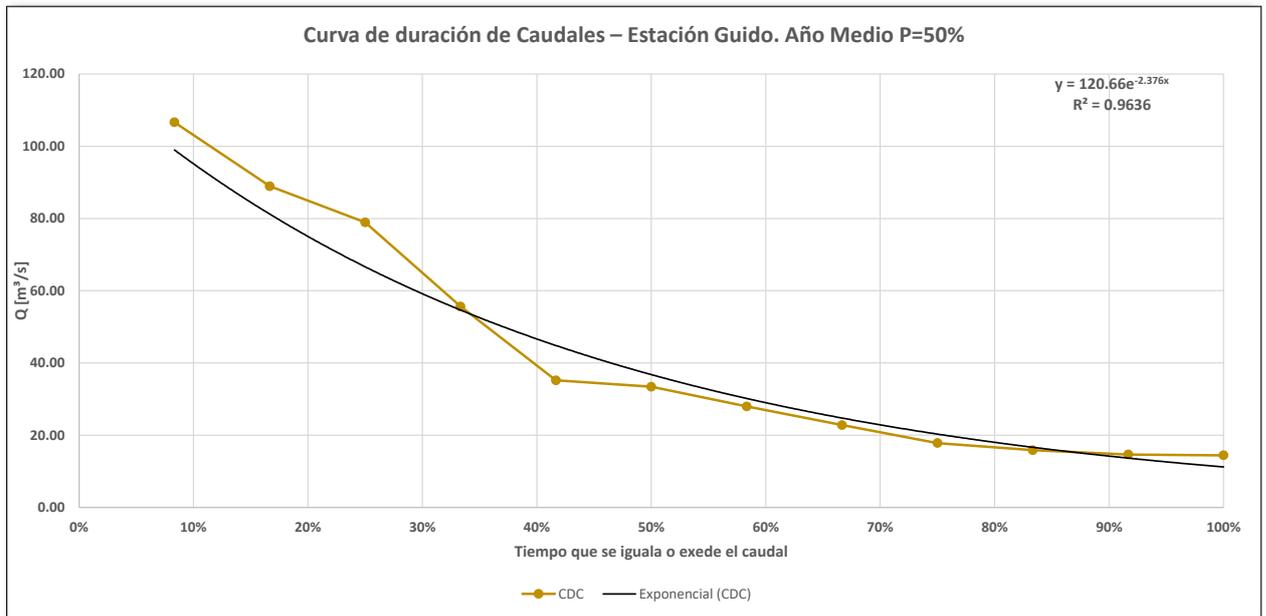


Figura A-12 CDC para año medio – Estación Guido

Tabla A-14 Aguas altas, medias y bajas para CDC para año medio – Estación Guido

CDC P=50% - Año medio. 2015 - 2016			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	98.98	Altas
16.67%	61	81.20	Altas
25.00%	91	66.61	Altas
33.33%	122	54.65	Medias
41.67%	152	44.83	Medias
50.00%	183	36.78	Medias
58.33%	213	30.17	Medias
66.67%	243	24.75	Medias
75.00%	274	20.31	Medias
83.33%	304	16.66	Bajas
91.67%	335	13.67	Bajas
100.00%	365	11.21	Bajas

Q característicos P=50% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	89.65
Límite	25.0%	66.61
Medias	50.0%	36.78
Límite	75.0%	20.31
Bajas	87.5%	15.09

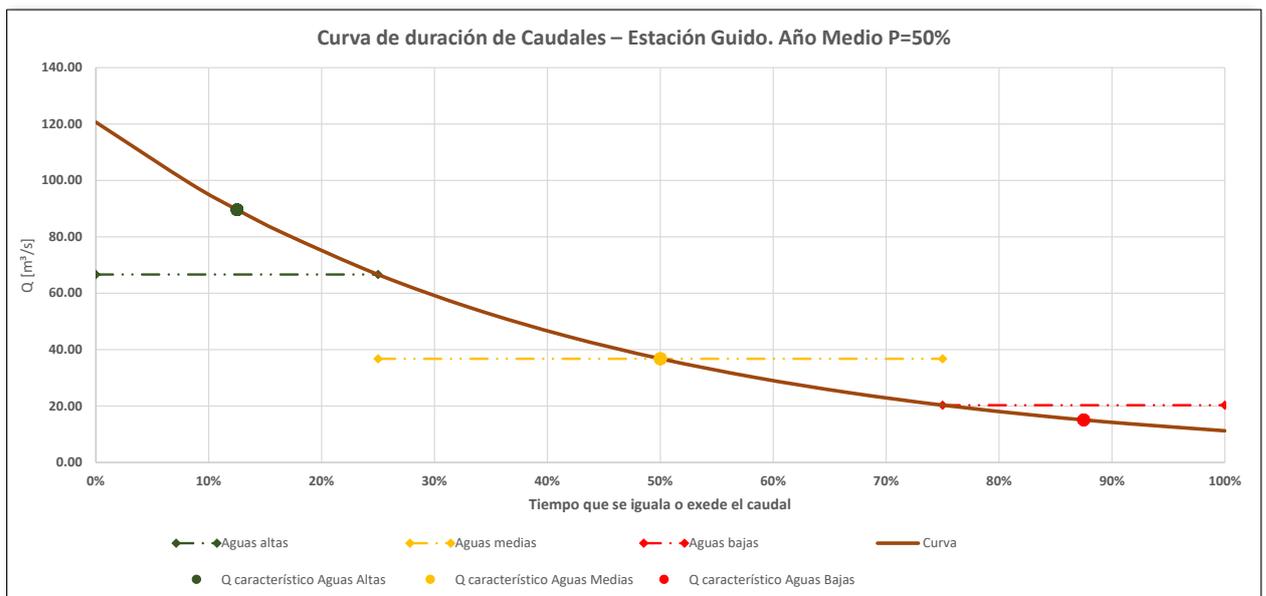


Figura A-13 CDC para año medio – Estación Guido

Tabla A-15 Caudales para CDC para sequía decenal – Estación Guido

CDC P=90% - Sequía decenal. 1976 - 1977					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	17.00	8.3%	55.000	56.00
8	31	16.00	16.7%	43.000	43.78
9	30	17.00	25.0%	42.000	42.76
10	31	17.00	33.3%	33.000	33.60
11	30	27.00	41.7%	27.000	27.49
12	31	33.00	50.0%	26.000	26.47
1	31	55.00	58.3%	21.000	21.38
2	28	42.00	66.7%	18.000	18.33
3	31	43.00	75.0%	17.000	17.31
4	30	26.00	83.3%	16.996	17.31
5	31	21.00	91.7%	16.996	17.31
6	30	18.00	100.0%	15.996	16.29
Q medio anual		27.61	Q medio anual P=90%		28.11

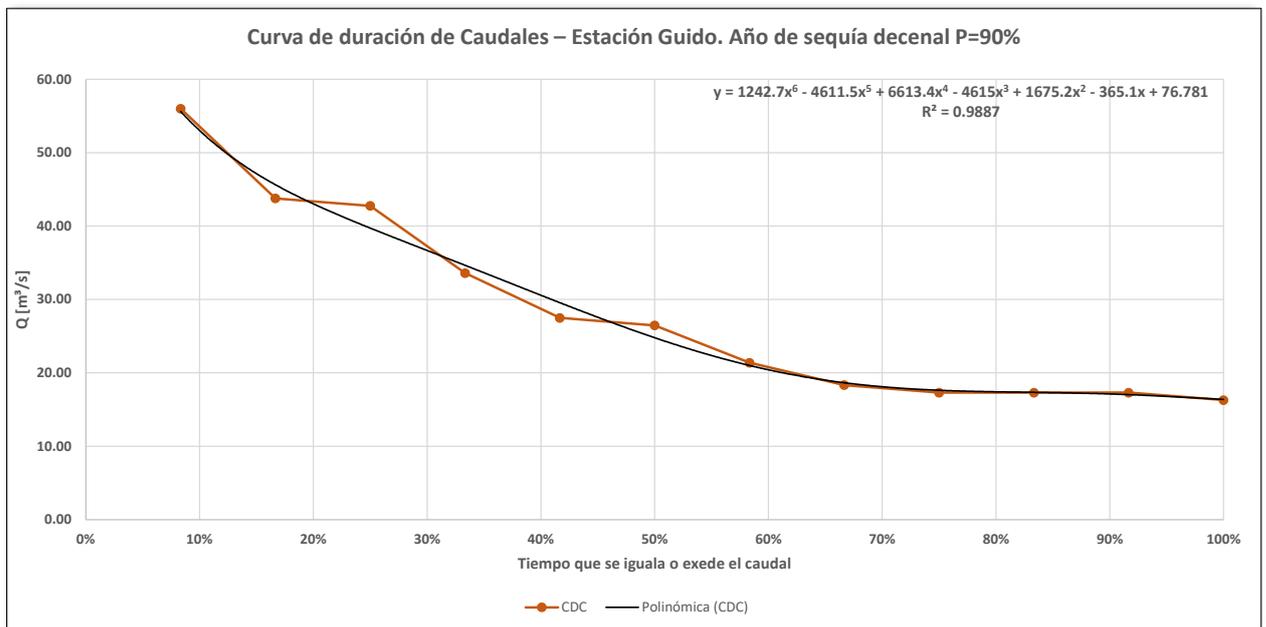


Figura A-14 CDC para sequía decenal – Estación Guido

Tabla A-16 Aguas altas, medias y bajas para CDC para sequía decenal – Estación Guido

CDC P=90% - Sequía decenal. 1976 - 1977			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	55.62	Altas
16.67%	61	45.64	Altas
25.00%	91	39.73	Altas
33.33%	122	34.66	Medias
41.67%	152	29.57	Medias
50.00%	183	24.80	Medias
58.33%	213	21.03	Medias
66.67%	243	18.68	Medias
75.00%	274	17.67	Medias
83.33%	304	17.40	Bajas
91.67%	335	17.11	Bajas
100.00%	365	16.48	Bajas

Q característicos P=90% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	49.78
Límite	25.0%	39.73
Medias	50.0%	24.80
Límite	75.0%	17.67
Bajas	87.5%	17.30

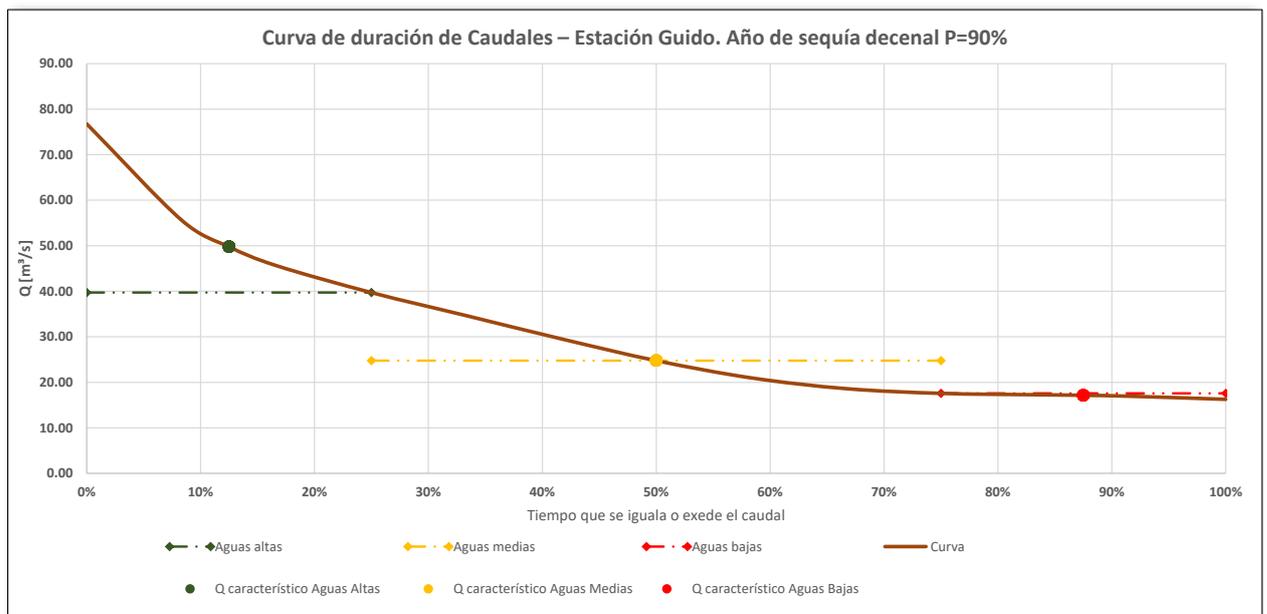


Figura A-15 CDC para sequía decenal – Estación Guido

A.III.2. Estación Tupungato – Río Tupungato

Tabla A-17 Caudales medios anuales ordenados para CDC – Estación Tupungato

Caudales Medios Anuales – Estación Tupungato [m ³ /s]						
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m ³ /s]	Derrame anual [hm ³]	Caudal Clasificado	Jerarquía	Weibull
1949	1950	22.83	719.93	47.26	1	1.8%
1950	1951	20.16	635.88	46.89	2	3.5%
1954	1955	21.77	686.50	33.56	3	5.3%
1955	1956	15.34	483.86	31.45	4	7.0%
1956	1957	14.67	462.50	30.69	5	8.8%
1957	1958	19.88	626.82	30.56	6	10.5%
1958	1959	17.41	548.93	30.25	7	12.3%
1959	1960	23.06	727.09	29.64	8	14.0%
1960	1961	19.50	614.90	29.57	9	15.8%
1961	1962	21.11	665.74	29.21	10	17.5%
1962	1963	14.82	467.23	26.65	11	19.3%
1963	1964	24.56	774.62	26.26	12	21.1%
1964	1965	14.23	448.74	25.56	13	22.8%
1965	1966	24.16	761.80	24.92	14	24.6%
1966	1967	17.62	555.70	24.59	15	26.3%
1967	1968	15.21	479.52	24.56	16	28.1%
1968	1969	12.50	394.32	24.49	17	29.8%
1969	1970	20.53	647.50	24.16	18	31.6%
1970	1971	13.18	415.60	23.72	19	33.3%
1971	1972	18.87	595.00	23.58	20	35.1%
1972	1973	31.45	991.80	23.06	21	36.8%
1973	1974	23.72	748.18	22.96	22	38.6%
1974	1975	22.25	701.60	22.83	23	40.4%
1975	1976	15.93	502.47	22.40	24	42.1%
1976	1977	13.30	419.40	22.25	25	43.9%
1977	1978	24.49	772.21	22.01	26	45.6%
1978	1979	29.57	932.60	21.77	27	47.4%
1979	1980	23.58	743.62	21.74	28	49.1%
1980	1981	29.21	921.20	21.11	29	50.9%
1981	1982	21.74	685.73	20.99	30	52.6%
1982	1983	46.89	1478.70	20.53	31	54.4%
1983	1984	30.25	954.09	20.18	32	56.1%
1984	1985	25.56	806.18	20.16	33	57.9%
1987	1988	47.26	1490.30	19.88	34	59.6%
1988	1989	24.59	775.40	19.50	35	61.4%
1989	1990	22.96	723.93	19.34	36	63.2%
1991	1992	33.56	1058.23	18.87	37	64.9%
1992	1993	29.64	934.64	18.17	38	66.7%
1993	1994	24.92	786.00	17.62	39	68.4%
1994	1995	26.65	840.48	17.41	40	70.2%
1995	1996	20.99	661.84	16.84	41	71.9%
1996	1997	13.55	427.43	16.80	42	73.7%
1997	1998	20.18	636.50	16.79	43	75.4%
1998	1999	16.84	530.98	16.72	44	77.2%
1999	2000	19.34	609.96	15.93	45	78.9%
2002	2003	30.69	967.90	15.37	46	80.7%
2008	2009	30.56	963.87	15.34	47	82.5%
2009	2010	22.40	706.53	15.21	48	84.2%
2010	2011	13.14	414.33	14.82	49	86.0%
2011	2012	15.37	484.76	14.67	50	87.7%
2012	2013	16.72	527.38	14.23	51	89.5%
2013	2014	16.80	529.92	13.55	52	91.2%
2014	2015	18.17	573.16	13.30	53	93.0%
2015	2016	22.01	694.22	13.18	54	94.7%
2016	2017	26.26	828.17	13.14	55	96.5%
2017	2018	16.79	529.33	12.50	56	98.2%

Tabla A-18 Caudales medios anuales ordenados para CDC II – Estación Tupungato

CDC	
%	Q [m³/s]
Máximo	47.26
5%	35.56
10%	30.60
15%	29.60
20%	26.50
25%	24.84
30%	24.45
35%	23.16
40%	22.85
45%	22.10
50%	21.43
55%	20.41
60%	19.80
65%	18.83
70%	17.43
75%	16.79
80%	15.60
85%	15.03
90%	14.03
95%	13.17
Mínimo	12.50

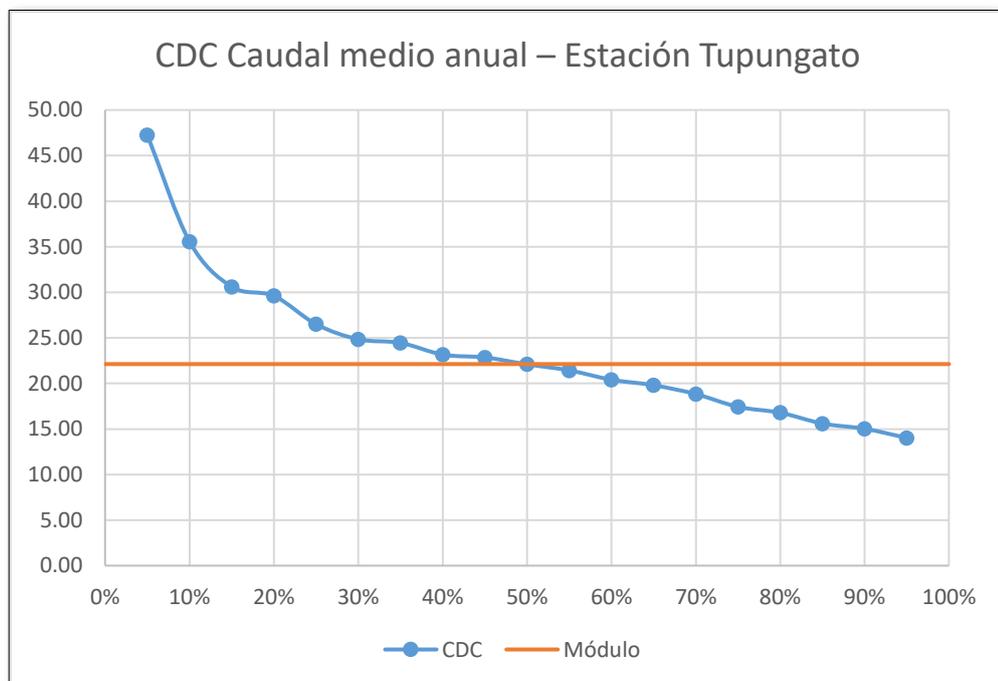


Figura A-16 CDC – Estación Tupungato

Tabla A-19 Caudales para CDC para abundancia decenal – Estación Tupungato

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2008 - 2009					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	10.51	8.3%	77.80	77.90
8	31	9.30	16.7%	67.23	67.31
9	30	10.98	25.0%	51.39	51.46
10	31	15.24	33.3%	46.30	46.35
11	30	51.39	41.7%	37.70	37.75
12	31	77.80	50.0%	19.74	19.76
1	31	67.23	58.3%	15.24	15.26
2	28	46.30	66.7%	11.13	11.14
3	31	37.70	75.0%	10.98	10.99
4	30	19.74	83.3%	10.51	10.52
5	31	11.13	91.7%	10.01	10.02
6	30	10.01	100.0%	9.30	9.31
Q medio anual		30.56	Q medio anual P=10%		30.60

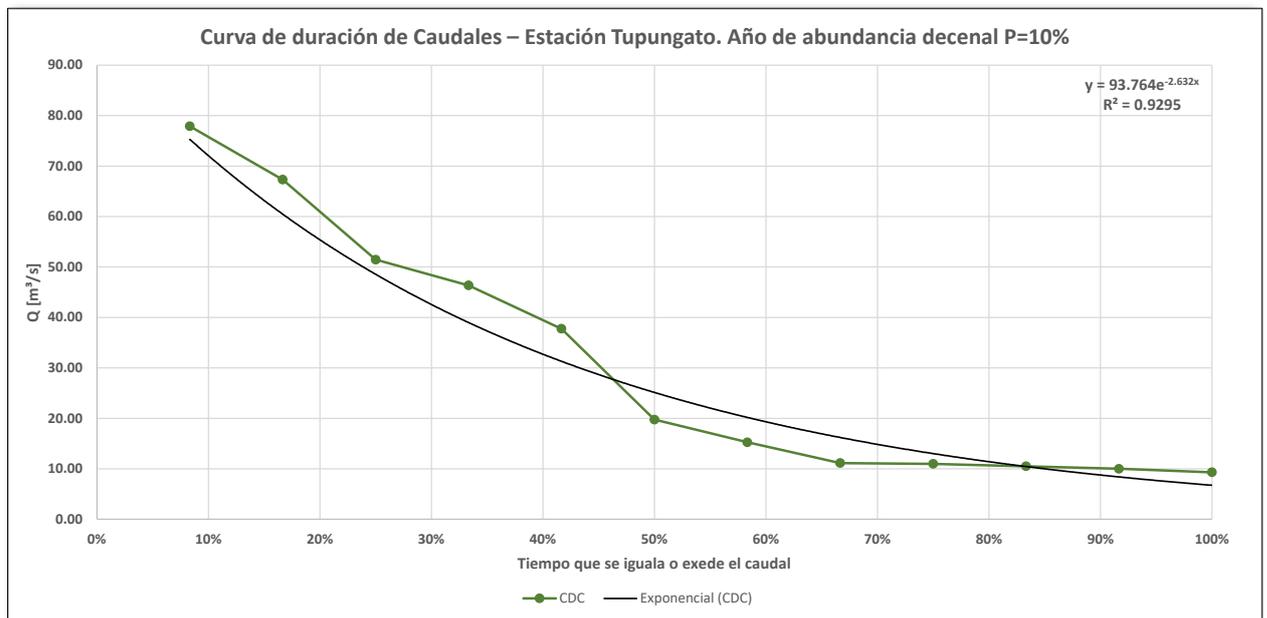


Figura A-17 CDC para abundancia decenal – Estación Guido

Tabla A-20 Aguas altas, medias y bajas para CDC para abundancia decenal – Estación Tupungato

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2008 - 2009			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	75.30	Altas
16.67%	61	60.47	Altas
25.00%	91	48.56	Altas
33.33%	122	39.00	Medias
41.67%	152	31.32	Medias
50.00%	183	25.15	Medias
58.33%	213	20.20	Medias
66.67%	243	16.22	Medias
75.00%	274	13.02	Medias
83.33%	304	10.46	Bajas
91.67%	335	8.40	Bajas
100.00%	365	6.74	Bajas

Q característicos P=10% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	67.48
Límite	25.0%	48.56
Medias	50.0%	25.15
Límite	75.0%	13.02
Bajas	87.5%	9.37

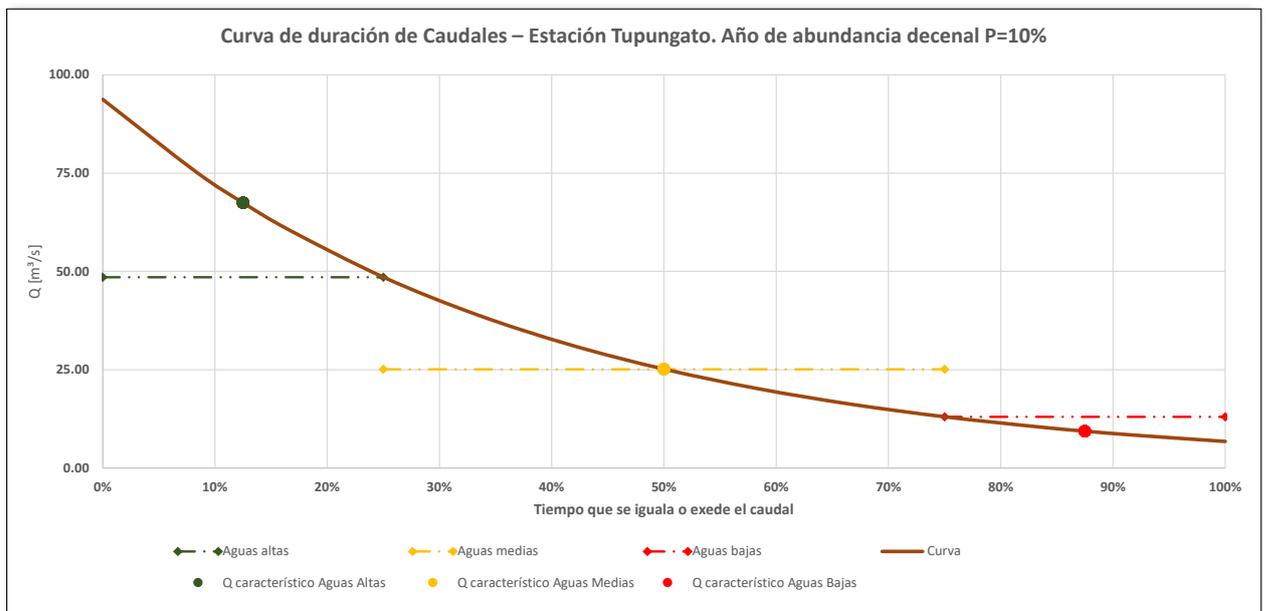


Figura A-18 CDC para abundancia decenal – Estación Tupungato

Tabla A-21 Caudales para CDC para año medio – Estación Tupungato

CDC P=50% - Año medio. 1961 - 1962					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	8.60	8.3%	49.70	50.45
8	31	9.80	16.7%	40.30	40.90
9	30	7.60	25.0%	39.00	39.59
10	31	16.80	33.3%	25.20	25.58
11	30	23.80	41.7%	23.80	24.16
12	31	49.70	50.0%	16.80	17.05
1	31	39.00	58.3%	14.10	14.31
2	28	40.30	66.7%	10.80	10.96
3	31	25.20	75.0%	9.80	9.95
4	30	14.10	83.3%	8.60	8.73
5	31	10.80	91.7%	8.50	8.63
6	30	8.50	100.0%	7.60	7.71
Q medio anual		21.11	Q medio anual P=50%		21.43

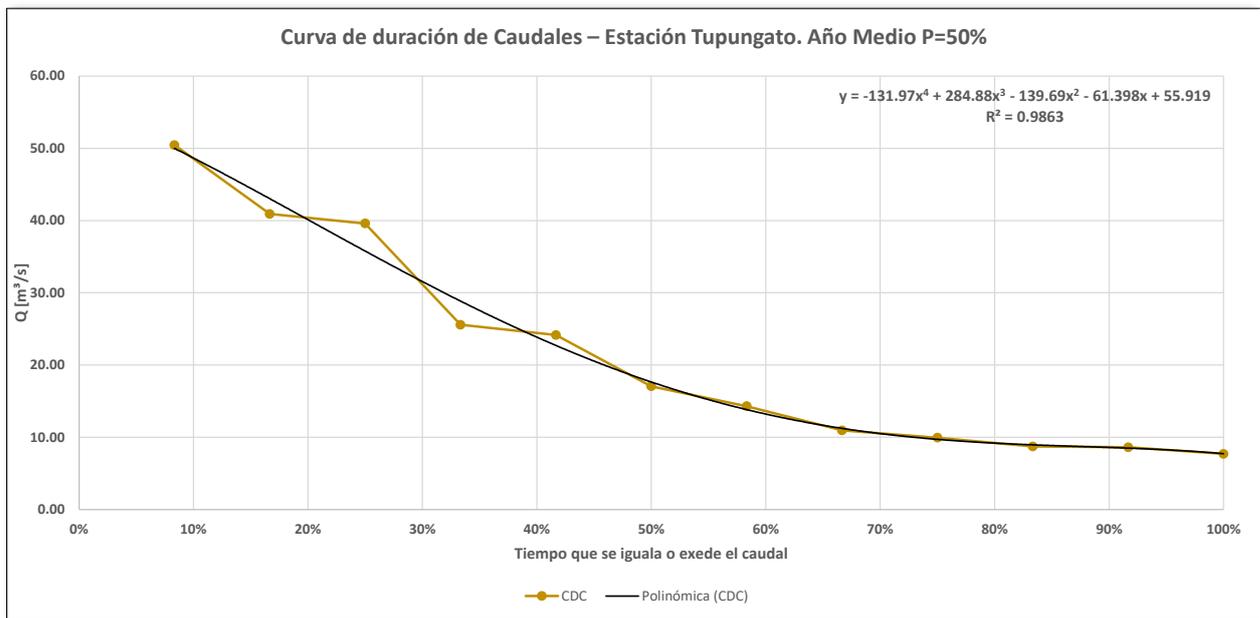


Figura A-19 CDC para año medio – Estación Tupungato

Tabla A-22 Aguas altas, medias y bajas para CDC para año medio – Estación Tupungato

CDC P=50% - Año medio. 1961 - 1962			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	49.99	Altas
16.67%	61	43.02	Altas
25.00%	91	35.77	Altas
33.33%	122	28.85	Medias
41.67%	152	22.71	Medias
50.00%	183	17.66	Medias
58.33%	213	13.84	Medias
66.67%	243	11.24	Medias
75.00%	274	9.72	Medias
83.33%	304	8.97	Bajas
91.67%	335	8.51	Bajas
100.00%	365	7.74	Bajas

Q característicos P=50% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	46.59
Límite	25.0%	35.77
Medias	50.0%	17.66
Límite	75.0%	9.72
Bajas	87.5%	8.73

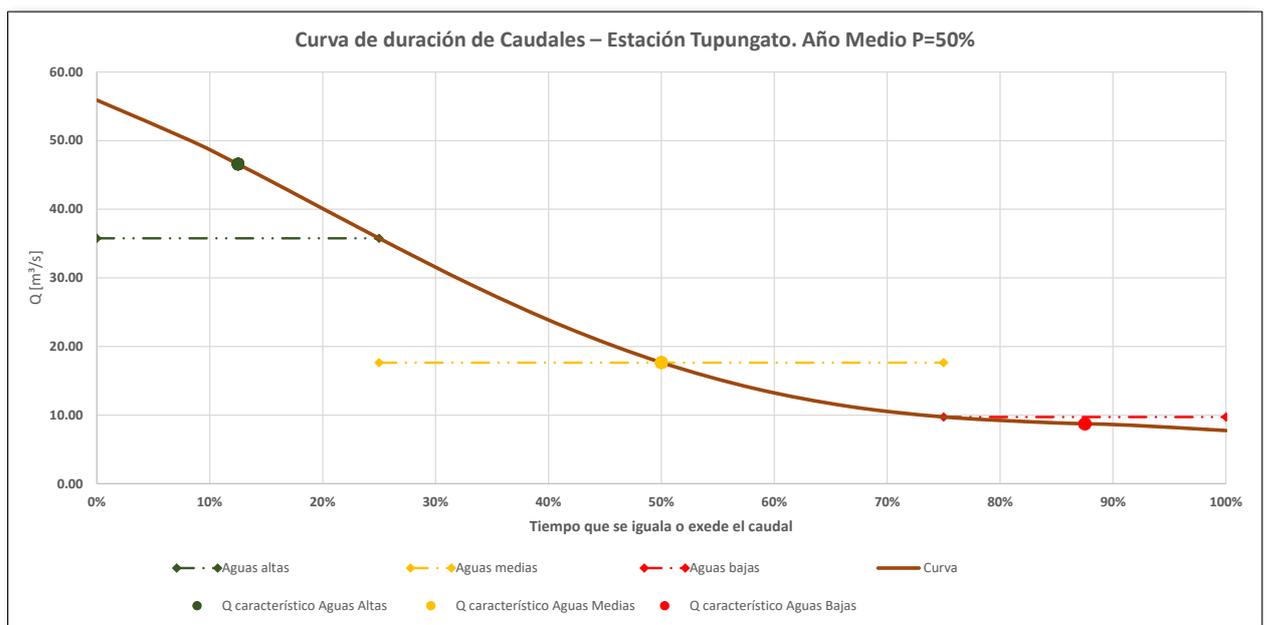


Figura A-20 CDC para año medio – Estación Tupungato

Tabla A-23 Caudales para CDC para sequía decenal – Estación Tupungato

CDC P=90% - Sequía decenal. 1964 - 1965					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	9.10	8.3%	28.500	28.09
8	31	8.40	16.7%	25.400	25.04
9	30	9.70	25.0%	23.600	23.26
10	31	9.90	33.3%	14.500	14.29
11	30	14.10	41.7%	14.100	13.90
12	31	14.50	50.0%	12.100	11.93
1	31	23.60	58.3%	9.900	9.76
2	28	28.50	66.7%	9.700	9.56
3	31	25.40	75.0%	9.105	8.97
4	30	12.10	83.3%	8.700	8.58
5	31	8.70	91.7%	8.400	8.28
6	30	7.70	100.0%	7.700	7.59
Q medio anual		14.23	Q medio anual P=90%		14.03

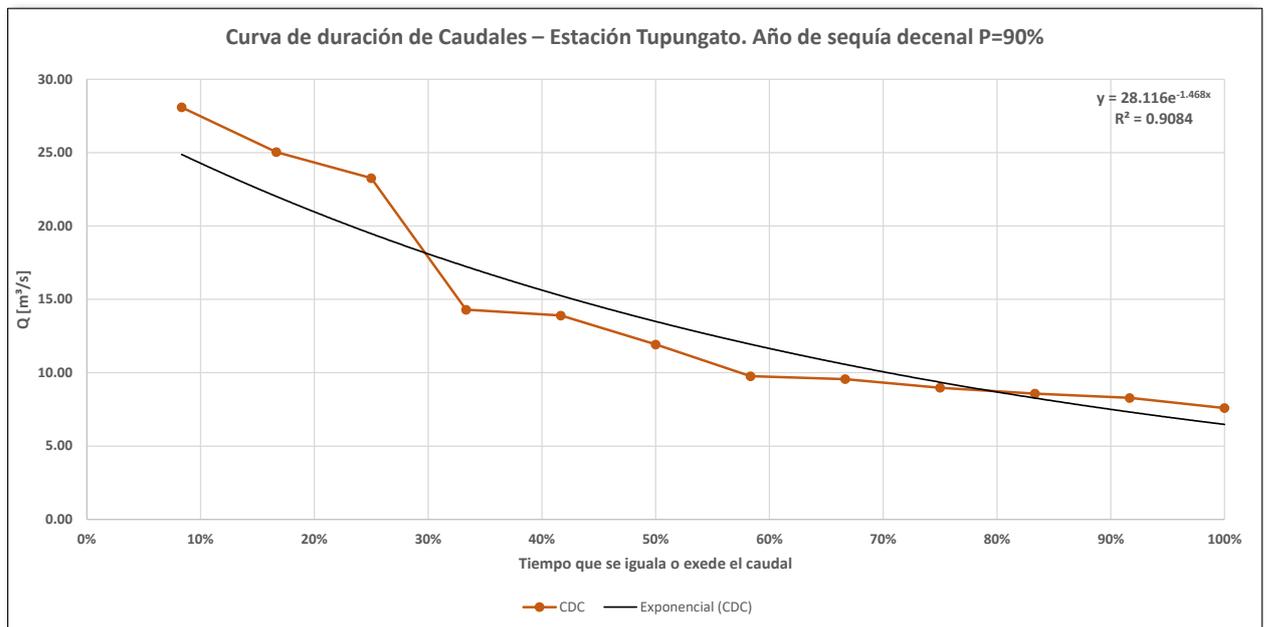


Figura A-21 CDC para sequía decenal – Estación Tupungato

Tabla A-24 Aguas altas, medias y bajas para CDC para sequía decenal – Estación Tupungato

CDC P=90% - Sequía decenal. 1964 - 1965			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	24.88	Altas
16.67%	61	22.01	Altas
25.00%	91	19.48	Altas
33.33%	122	17.24	Medias
41.67%	152	15.25	Medias
50.00%	183	13.50	Medias
58.33%	213	11.94	Medias
66.67%	243	10.57	Medias
75.00%	274	9.35	Medias
83.33%	304	8.27	Bajas
91.67%	335	7.32	Bajas
100.00%	365	6.48	Bajas

Q característicos P=90% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	23.40
Límite	25.0%	19.48
Medias	50.0%	13.50
Límite	75.0%	9.35
Bajas	87.5%	7.78

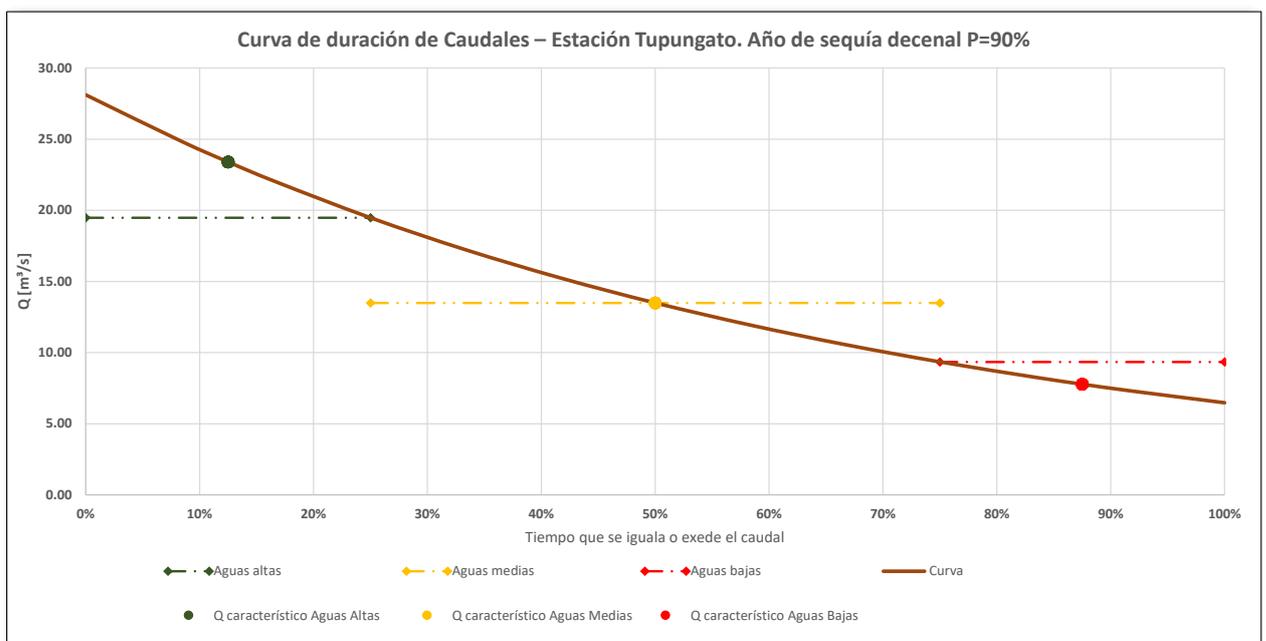


Figura A-22 CDC para sequía decenal

A.III.3. Estación Cuevas – Río Cuevas

Tabla A–25 Caudales medios anuales para CDC – Estación Cuevas

Caudales Medios Anuales – Estación Cuevas [m³/s]						
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m³/s]	Derrame anual [hm³]	Caudal Clasificado	Jerarquía	Weibull
1949	1950	5.12	161.46	17.57	1	1.6%
1950	1951	4.42	139.29	12.61	2	3.2%
1955	1956	4.98	157.00	12.20	3	4.8%
1956	1957	3.50	110.24	11.74	4	6.5%
1957	1958	5.22	164.50	11.39	5	8.1%
1958	1959	4.92	155.18	10.68	6	9.7%
1959	1960	5.22	164.74	10.44	7	11.3%
1960	1961	5.49	173.26	10.33	8	12.9%
1961	1962	7.52	237.18	10.15	9	14.5%
1962	1963	4.52	142.41	9.82	10	16.1%
1963	1964	8.29	261.58	9.79	11	17.7%
1964	1965	3.85	121.31	8.84	12	19.4%
1965	1966	8.14	256.83	8.62	13	21.0%
1966	1967	5.93	186.92	8.33	14	22.6%
1967	1968	3.91	123.25	8.29	15	24.2%
1968	1969	2.87	90.65	8.14	16	25.8%
1969	1970	5.23	164.98	7.52	17	27.4%
1970	1971	4.01	126.43	7.23	18	29.0%
1971	1972	4.33	136.70	7.05	19	30.6%
1972	1973	12.20	384.73	6.90	20	32.3%
1973	1974	6.84	215.77	6.84	21	33.9%
1974	1975	6.57	207.25	6.74	22	35.5%
1975	1976	4.74	149.53	6.72	23	37.1%
1976	1977	4.49	141.71	6.62	24	38.7%
1977	1978	8.84	278.63	6.57	25	40.3%
1978	1979	11.74	370.32	6.53	26	41.9%
1979	1980	7.05	222.41	6.33	27	43.5%
1980	1981	8.33	262.82	5.99	28	45.2%
1981	1982	4.42	139.52	5.93	29	46.8%
1982	1983	17.57	553.99	5.49	30	48.4%
1983	1984	9.79	308.88	5.42	31	50.0%
1984	1985	9.82	309.73	5.23	32	51.6%
1986	1987	10.44	329.24	5.22	33	53.2%
1987	1988	11.39	359.29	5.22	34	54.8%
1988	1989	5.13	161.70	5.13	35	56.5%
1989	1990	5.42	170.83	5.12	36	58.1%
1990	1991	4.18	131.72	4.99	37	59.7%
1991	1992	10.15	320.14	4.98	38	61.3%
1992	1993	8.62	271.69	4.92	39	62.9%
1993	1994	6.74	212.50	4.74	40	64.5%
1994	1995	6.33	199.58	4.74	41	66.1%
1995	1996	4.70	148.10	4.70	42	67.7%
1996	1997	2.73	86.07	4.52	43	69.4%
1997	1998	7.23	227.88	4.49	44	71.0%
1998	1999	3.88	122.22	4.42	45	72.6%
1999	2000	4.74	149.54	4.42	46	74.2%
2003	2004	6.90	217.72	4.33	47	75.8%
2004	2005	4.99	157.45	4.18	48	77.4%
2005	2006	12.61	397.78	4.01	49	79.0%
2006	2007	10.68	336.92	3.91	50	80.6%
2007	2008	6.72	211.86	3.88	51	82.3%
2008	2009	10.33	325.86	3.85	52	83.9%
2009	2010	6.53	205.81	3.76	53	85.5%
2010	2011	2.98	94.13	3.69	54	87.1%
2011	2012	3.09	97.58	3.50	55	88.7%
2012	2013	3.26	102.75	3.26	56	90.3%
2013	2014	3.76	118.63	3.24	57	91.9%
2014	2015	3.24	102.05	3.09	58	93.5%
2015	2016	5.99	188.88	2.98	59	95.2%
2016	2017	6.62	208.92	2.87	60	96.8%
2017	2018	3.69	116.47	2.73	61	98.4%

Tabla A-26 Caudales medios anuales ordenados para CDC II – Estación Cuevas

CDC	
%	Q [m ³ /s]
Máximo	17.57
5%	12.15
10%	10.64
15%	10.05
20%	8.75
25%	8.22
30%	7.12
35%	6.77
40%	6.58
45%	6.02
50%	5.42
55%	5.21
60%	4.99
65%	4.74
70%	4.51
75%	4.38
80%	3.95
85%	3.79
90%	3.31
95%	3.00
Mínimo	2.73

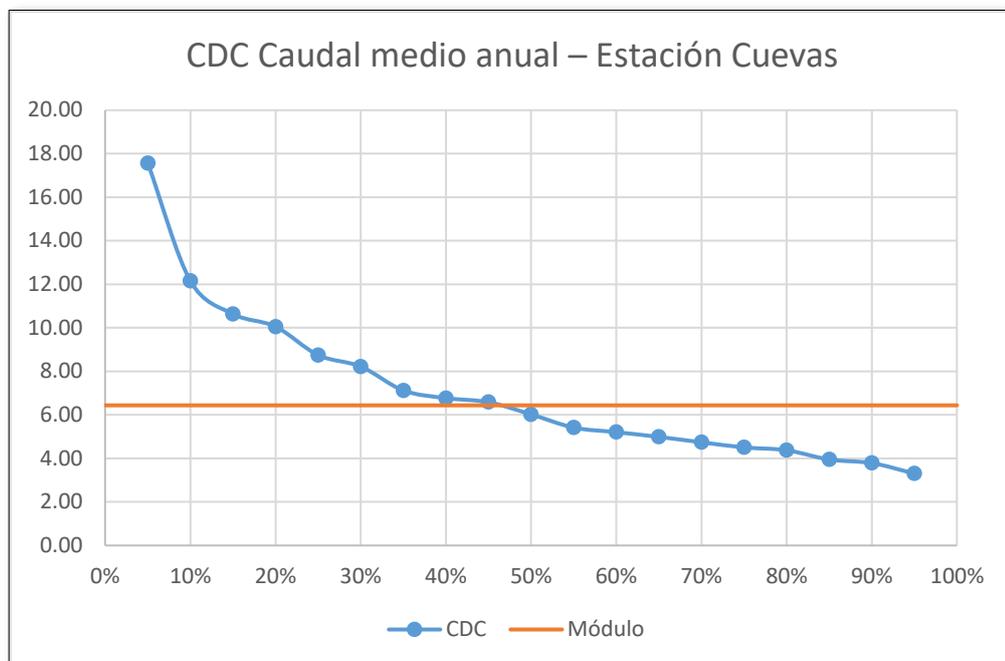


Figura A-23 CDC estación Cuevas

Tabla A-27 Caudales para CDC para abundancia decenal – Estación Cuevas

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2006 - 2007					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	4.26	8.3%	24.02	23.91
8	31	4.30	16.7%	22.33	22.23
9	30	5.16	25.0%	21.29	21.20
10	31	8.86	33.3%	12.70	12.64
11	30	21.29	41.7%	9.12	9.08
12	31	24.02	50.0%	8.86	8.82
1	31	22.33	58.3%	6.63	6.60
2	28	12.70	66.7%	5.16	5.14
3	31	9.12	75.0%	5.12	5.09
4	30	6.63	83.3%	4.44	4.42
5	31	5.12	91.7%	4.30	4.28
6	30	4.44	100.0%	4.26	4.24
Q medio anual		10.68	Q medio anual P=10%		10.64

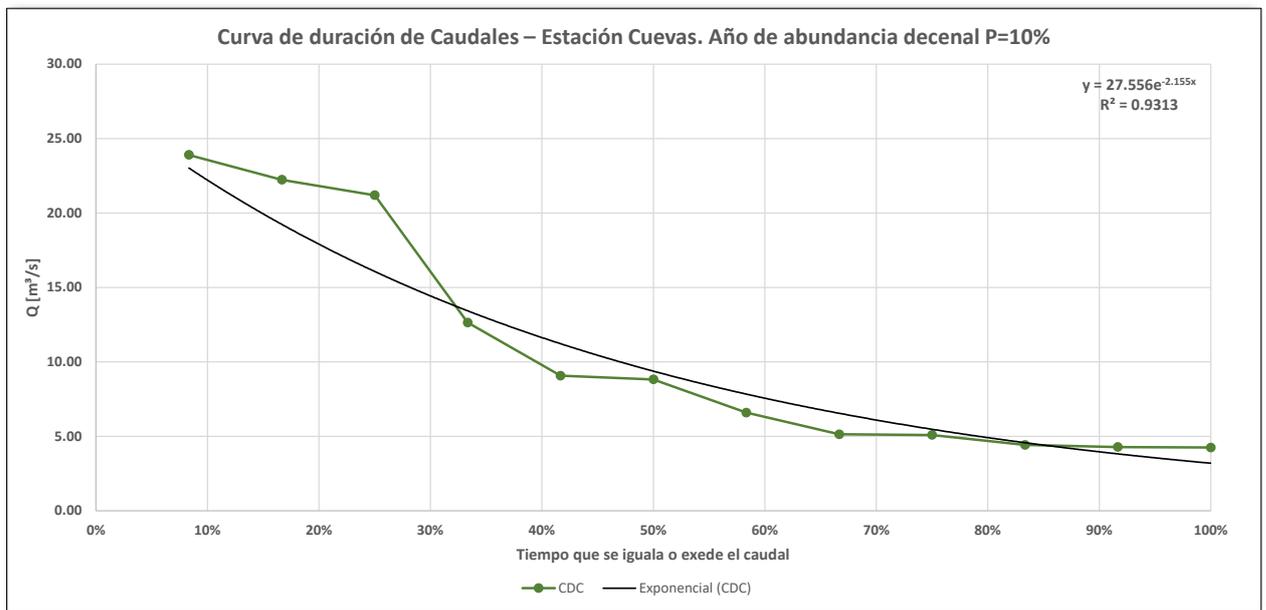


Figura A-24 CDC para abundancia decenal – Estación Cuevas

Tabla A-28 Aguas altas, medias y bajas para CDC para abundancia decenal – Estación Cuevas

CDC P=10% - Abundancia decenal. 2006 - 2007			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	23.03	Altas
16.67%	61	19.24	Altas
25.00%	91	16.08	Altas
33.33%	122	13.43	Medias
41.67%	152	11.23	Medias
50.00%	183	9.38	Medias
58.33%	213	7.84	Medias
66.67%	243	6.55	Medias
75.00%	274	5.47	Medias
83.33%	304	4.57	Bajas
91.67%	335	3.82	Bajas
100.00%	365	3.19	Bajas

Q característicos P=10% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	21.05
Límite	25.0%	16.08
Medias	50.0%	9.38
Límite	75.0%	5.47
Bajas	87.5%	4.18

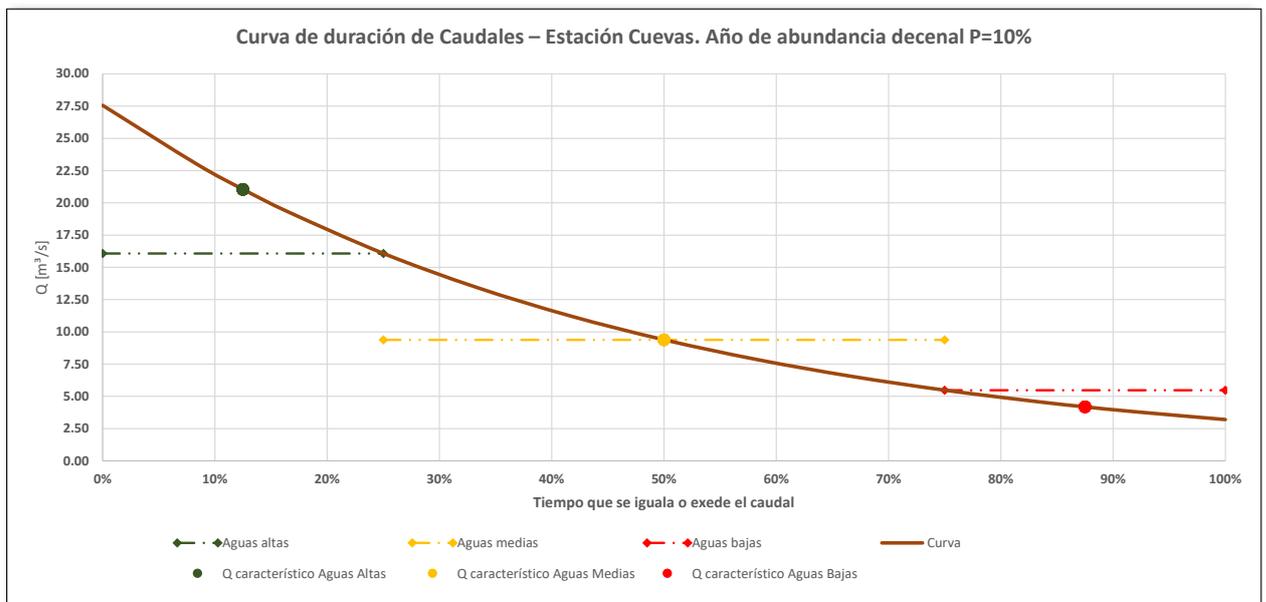


Figura A-25 CDC para abundancia decenal – Estación Cuevas

Tabla A-29 Caudales para CDC para año medio – Estación Cuevas

CDC P=50% - Año medio. 1989 - 1990					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	3.00	8.3%	12.40	12.40
8	31	2.80	16.7%	9.90	9.90
9	30	3.60	25.0%	7.40	7.40
10	31	5.70	33.3%	6.10	6.10
11	30	12.40	41.7%	5.70	5.70
12	31	9.90	50.0%	4.40	4.40
1	31	7.40	58.3%	4.00	4.00
2	28	6.10	66.7%	3.60	3.60
3	31	4.40	75.0%	3.10	3.10
4	30	4.00	83.3%	3.00	3.00
5	31	3.10	91.7%	2.80	2.80
6	30	2.70	100.0%	2.70	2.70
Q medio anual		5.42	Q medio anual P=50%		5.42

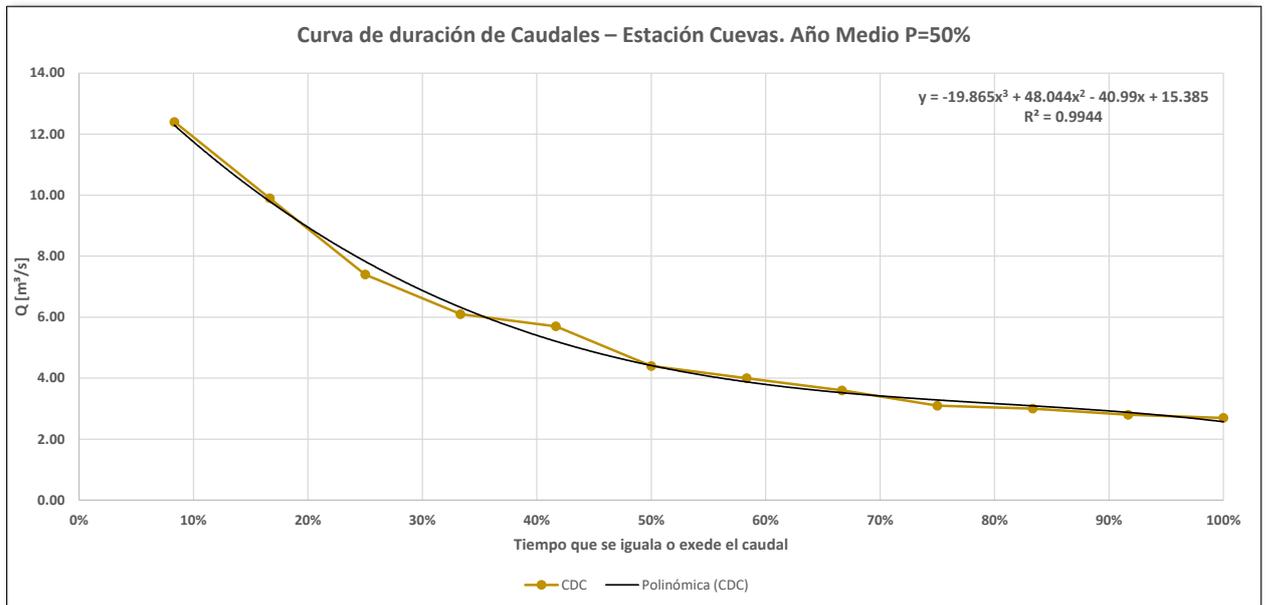


Figura A-26 CDC para año medio – Estación Cuevas

Tabla A-30 Aguas altas, medias y bajas para CDC para año medio – Estación Cuevas

CDC P=50% - Año medio. 1989 - 1990			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	12.29	Altas
16.67%	61	9.80	Altas
25.00%	91	7.83	Altas
33.33%	122	6.32	Medias
41.67%	152	5.21	Medias
50.00%	183	4.42	Medias
58.33%	213	3.88	Medias
66.67%	243	3.53	Medias
75.00%	274	3.29	Medias
83.33%	304	3.09	Bajas
91.67%	335	2.88	Bajas
100.00%	365	2.57	Bajas

Q característicos P=50% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	10.97
Límite	25.0%	7.83
Medias	50.0%	4.42
Límite	75.0%	3.29
Bajas	87.5%	2.99

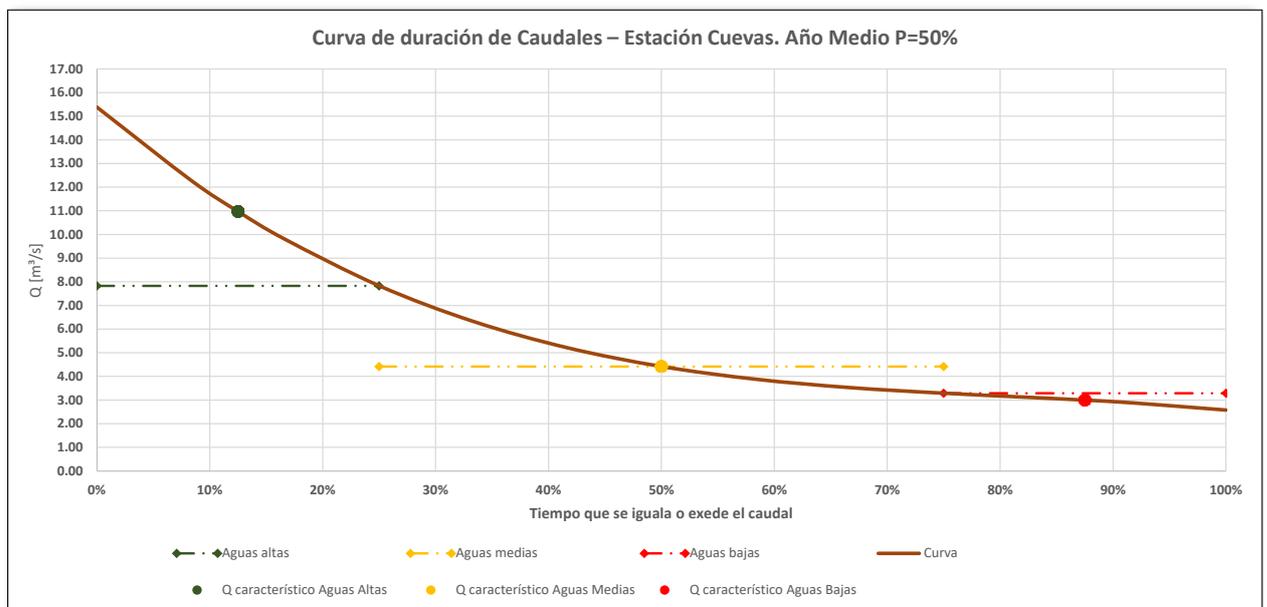


Figura A-27 CDC para año medio – Estación Cuevas

Tabla A-31 Caudales para CDC para sequía decenal – Estación Cuevas

CDC P=90% - Sequía decenal. 2012 - 2013					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	2.26	8.3%	5.854	5.94
8	31	2.54	16.7%	5.097	5.17
9	30	2.96	25.0%	3.282	3.33
10	31	3.27	33.3%	3.280	3.33
11	30	5.10	41.7%	3.275	3.32
12	31	3.07	50.0%	3.069	3.11
1	31	5.85	58.3%	3.018	3.06
2	28	3.28	66.7%	2.963	3.01
3	31	3.28	75.0%	2.544	2.58
4	30	3.02	83.3%	2.260	2.29
5	31	2.26	91.7%	2.257	2.29
6	30	2.21	100.0%	2.211	2.24
Q medio anual		3.26	Q medio anual P=90%		3.31

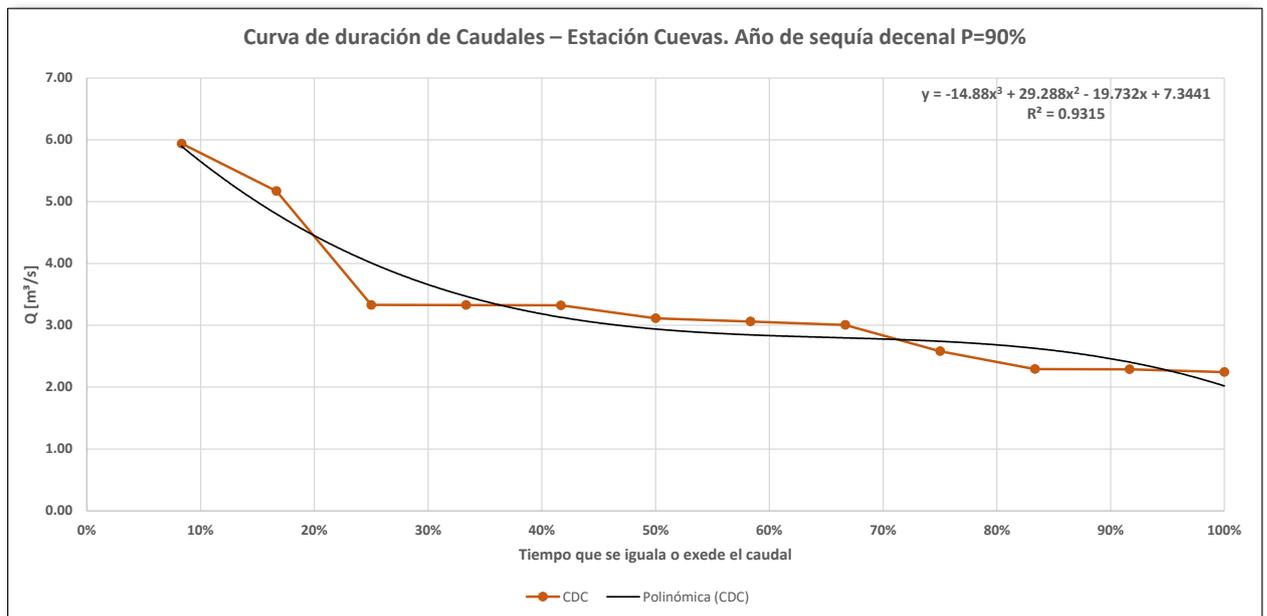


Figura A-28 CDC para sequía decenal – Estación Cuevas

Tabla A-32 Aguas altas, medias y bajas para CDC para sequía decenal – Estación Cuevas

CDC P=90% - Sequía decenal. 2012 - 2013			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	5.89	Altas
16.67%	61	4.80	Altas
25.00%	91	4.01	Altas
33.33%	122	3.47	Medias
41.67%	152	3.13	Medias
50.00%	183	2.94	Medias
58.33%	213	2.85	Medias
66.67%	243	2.80	Medias
75.00%	274	2.74	Medias
83.33%	304	2.63	Bajas
91.67%	335	2.41	Bajas
100.00%	365	2.02	Bajas

Q característicos P=90% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	5.31
Límite	25.0%	4.01
Medias	50.0%	2.94
Límite	75.0%	2.74
Bajas	87.5%	2.53

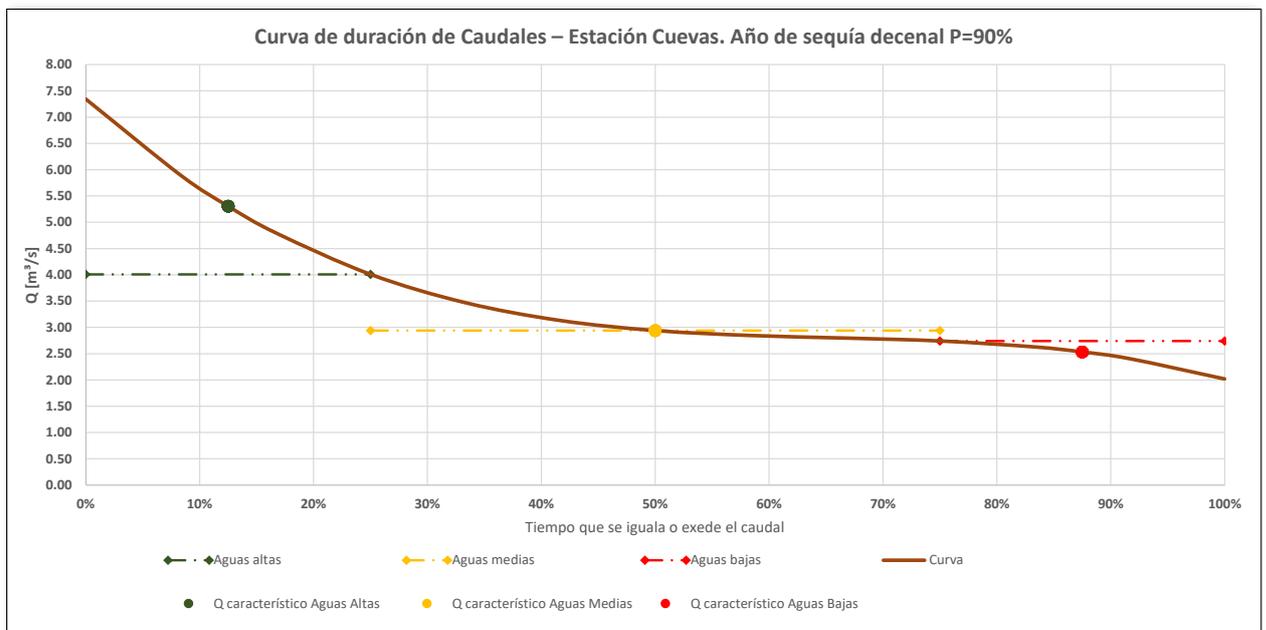


Figura A-29 CDC para sequía decenal – Estación Cuevas

A.III.4. Estación Vacas – Río Vacas

Tabla A-33 Caudales medios anuales para CDC – Estación Vacas

Caudales Medios Anuales – Estación Vacas [m ³ /s]						
Año 0	Año 1	Caudal medio anual [m ³ /s]	Derrame anual [hm ³]	Caudal Clasificado	Jerarquía	Weibull
1949	1950	2.90	91.51	11.47	1	1.7%
1950	1951	2.40	75.70	10.40	2	3.4%
1954	1955	2.95	93.00	8.75	3	5.1%
1955	1956	2.88	90.75	8.73	4	6.8%
1956	1957	2.16	68.07	7.22	5	8.5%
1957	1958	3.68	115.99	6.88	6	10.2%
1958	1959	3.36	105.86	6.58	7	11.9%
1959	1960	3.58	112.98	6.29	8	13.6%
1960	1961	3.81	120.06	6.13	9	15.3%
1961	1962	4.28	135.11	5.83	10	16.9%
1962	1963	2.74	86.26	5.73	11	18.6%
1963	1964	4.84	152.77	5.59	12	20.3%
1964	1965	2.58	81.44	5.56	13	22.0%
1965	1966	5.56	175.28	5.56	14	23.7%
1966	1967	3.82	120.43	5.14	15	25.4%
1967	1968	3.05	96.31	4.84	16	27.1%
1968	1969	2.39	75.43	4.67	17	28.8%
1969	1970	3.70	116.73	4.64	18	30.5%
1970	1971	2.36	74.39	4.63	19	32.2%
1971	1972	3.11	98.17	4.60	20	33.9%
1972	1973	7.22	227.71	4.59	21	35.6%
1973	1974	5.14	162.17	4.40	22	37.3%
1974	1975	4.59	144.83	4.28	23	39.0%
1975	1976	2.93	92.53	4.11	24	40.7%
1976	1977	2.45	77.12	3.95	25	42.4%
1977	1978	6.29	198.34	3.84	26	44.1%
1978	1979	8.73	275.42	3.82	27	45.8%
1979	1980	4.67	147.15	3.81	28	47.5%
1980	1981	5.83	183.80	3.70	29	49.2%
1981	1982	3.48	109.67	3.68	30	50.8%
1982	1983	10.40	328.03	3.58	31	52.5%
1983	1984	6.13	193.30	3.55	32	54.2%
1984	1985	5.59	176.30	3.48	33	55.9%
1986	1987	6.88	216.93	3.36	34	57.6%
1987	1988	11.47	361.75	3.13	35	59.3%
1988	1989	4.60	145.07	3.11	36	61.0%
1989	1990	3.55	111.88	3.05	37	62.7%
1991	1992	5.56	175.41	2.95	38	64.4%
1993	1994	4.64	146.38	2.93	39	66.1%
1994	1995	4.63	145.92	2.90	40	67.8%
1995	1996	2.64	83.11	2.88	41	69.5%
1996	1997	2.51	79.07	2.81	42	71.2%
1997	1998	4.11	129.76	2.74	43	72.9%
1998	1999	2.49	78.40	2.64	44	74.6%
1999	2000	2.81	88.75	2.64	45	76.3%
2004	2005	2.53	79.76	2.58	46	78.0%
2005	2006	8.75	276.07	2.53	47	79.7%
2006	2007	5.73	180.63	2.51	48	81.4%
2007	2008	4.40	138.73	2.49	49	83.1%
2008	2009	6.58	207.44	2.47	50	84.7%
2009	2010	3.84	121.20	2.45	51	86.4%
2011	2012	2.10	66.08	2.45	52	88.1%
2012	2013	2.45	77.41	2.40	53	89.8%
2013	2014	2.47	78.03	2.39	54	91.5%
2014	2015	2.08	65.71	2.36	55	93.2%
2015	2016	3.13	98.65	2.16	56	94.9%
2016	2017	3.95	124.62	2.10	57	96.6%
2017	2018	2.64	83.31	2.08	58	98.3%

Tabla A-34 Caudales medios anuales ordenados para CDC II – Estación Vacas

CDC	
%	Q [m³/s]
Máximo	11.47
5%	8.84
10%	6.91
15%	6.15
20%	5.62
25%	5.25
30%	4.65
35%	4.60
40%	4.18
45%	3.83
50%	3.69
55%	3.52
60%	3.12
65%	2.94
70%	2.86
75%	2.64
80%	2.52
85%	2.47
90%	2.40
95%	2.16
Mínimo	2.08

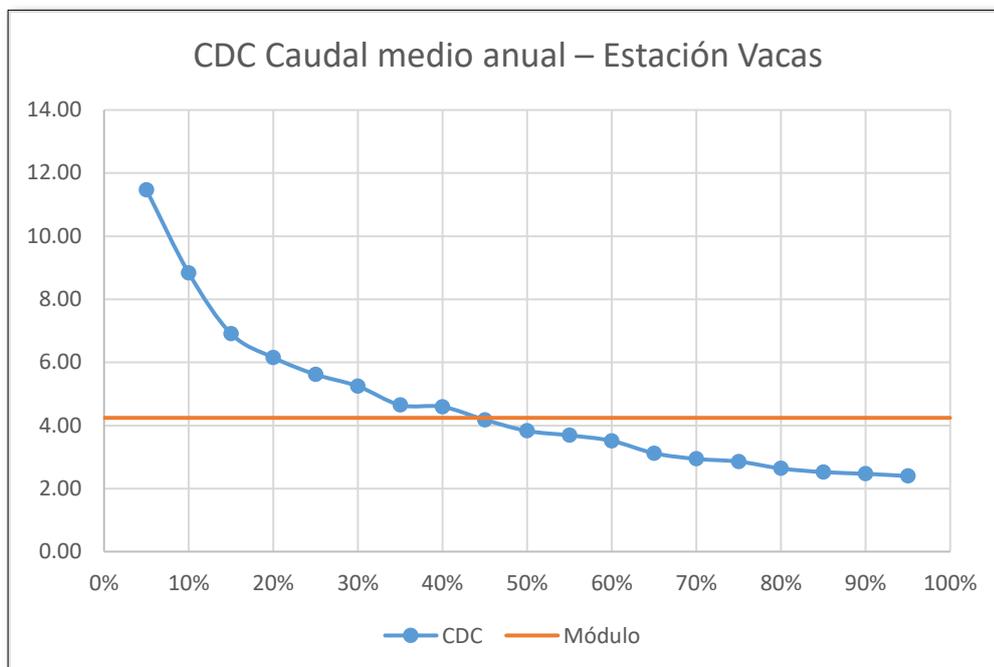


Figura A-30 CDC – Estación Vacas

Tabla A-35 Caudales para CDC para abundancia decenal – Estación Vacas

CDC P=10% - Abundancia decenal. 1986 - 1987					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	2.00	8.3%	17.10	17.19
8	31	1.80	16.7%	12.40	12.46
9	30	1.90	25.0%	11.10	11.16
10	31	4.20	33.3%	9.30	9.35
11	30	9.30	41.7%	7.10	7.14
12	31	17.10	50.0%	6.40	6.43
1	31	11.10	58.3%	5.10	5.13
2	28	12.40	66.7%	4.50	4.52
3	31	7.10	75.0%	4.20	4.22
4	30	4.50	83.3%	2.00	2.01
5	31	5.10	91.7%	1.90	1.91
6	30	6.40	100.0%	1.80	1.81
Q medio anual		6.88		Q medio anual P=10%	6.91

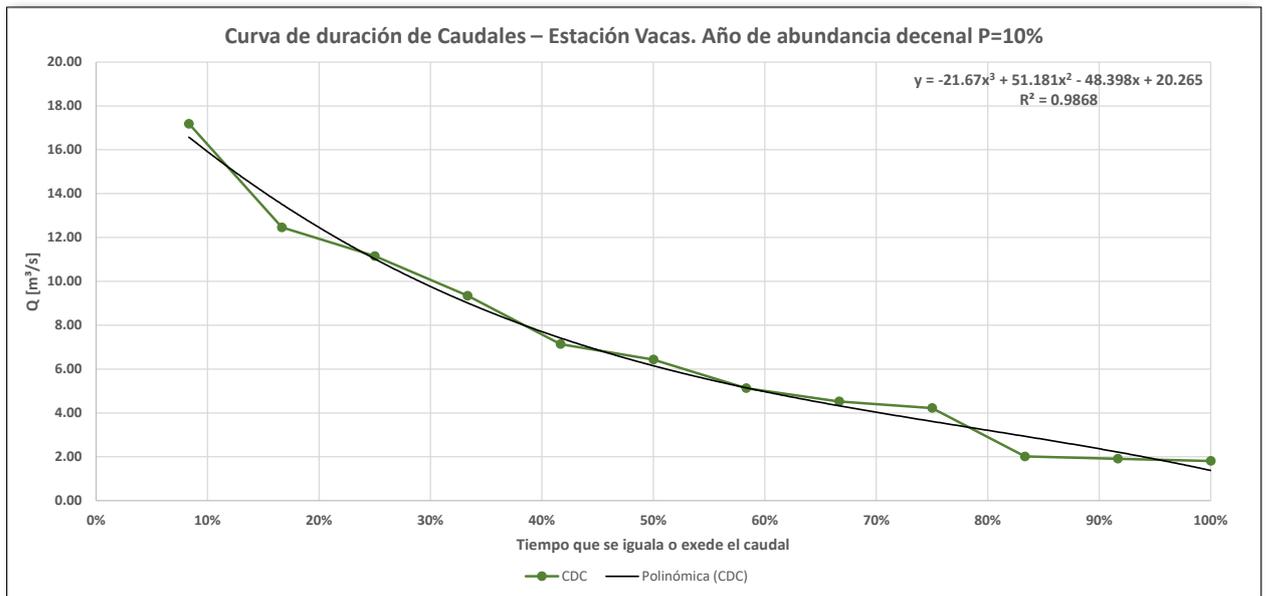


Figura A-31 CDC para abundancia decenal - Estación Vacas

Tabla A-36 Aguas altas, medias y bajas para CDC para abundancia decenal – Estación Vacas

CDC P=10% - Abundancia decenal. 1986 - 1987			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m ³ /s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	16.57	Altas
16.67%	61	13.52	Altas
25.00%	91	11.03	Altas
33.33%	122	9.02	Medias
41.67%	152	7.42	Medias
50.00%	183	6.15	Medias
58.33%	213	5.15	Medias
66.67%	243	4.33	Medias
75.00%	274	3.61	Medias
83.33%	304	2.94	Bajas
91.67%	335	2.22	Bajas
100.00%	365	1.38	Bajas

Q característicos P=10% [m ³ /s]		
Altas	12.5%	14.97
Límite	25.0%	11.03
Medias	50.0%	6.15
Límite	75.0%	3.61
Bajas	87.5%	2.58

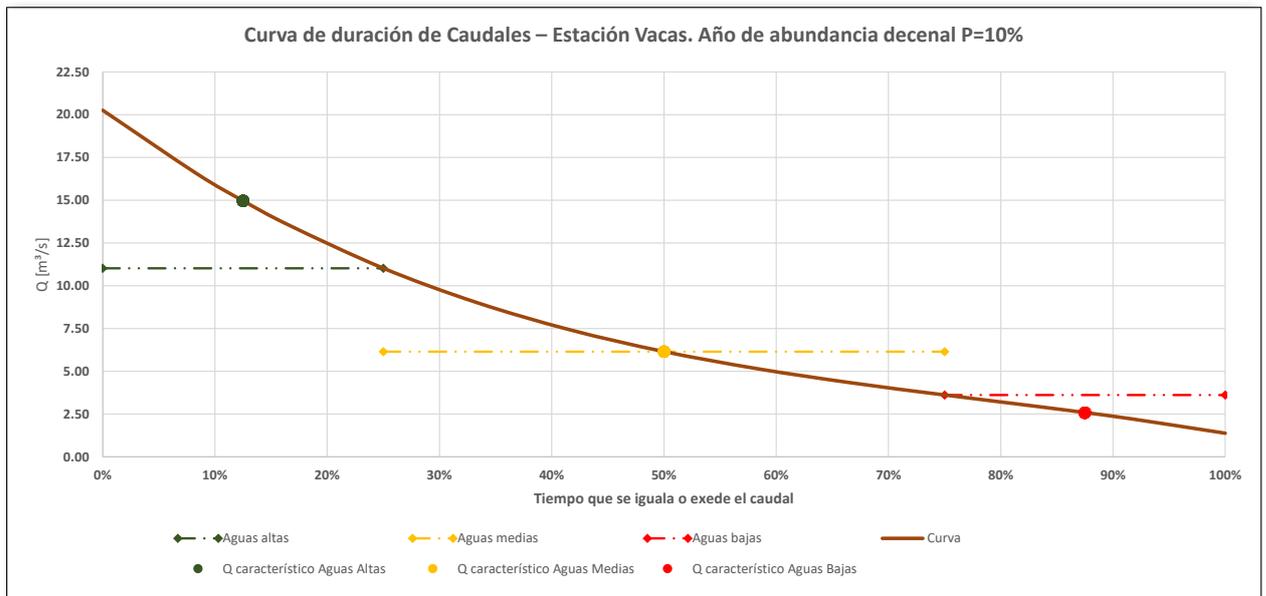


Figura A-32 CDC para abundancia decenal – Estación Vacas

Tabla A-37 Caudales para CDC para año medio – Estación Vacas

CDC P=50% - Año medio. 1957 - 1958					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	1.40	8.3%	10.90	10.93
8	31	1.60	16.7%	6.40	6.42
9	30	1.50	25.0%	5.80	5.82
10	31	2.30	33.3%	4.30	4.31
11	30	4.30	41.7%	4.30	4.31
12	31	10.90	50.0%	2.40	2.41
1	31	6.40	58.3%	2.30	2.31
2	28	5.80	66.7%	1.80	1.81
3	31	4.30	75.0%	1.60	1.60
4	30	2.40	83.3%	1.50	1.50
5	31	1.50	91.7%	1.50	1.50
6	30	1.80	100.0%	1.40	1.40
Q medio anual		3.68	Q medio anual P=50%		3.69

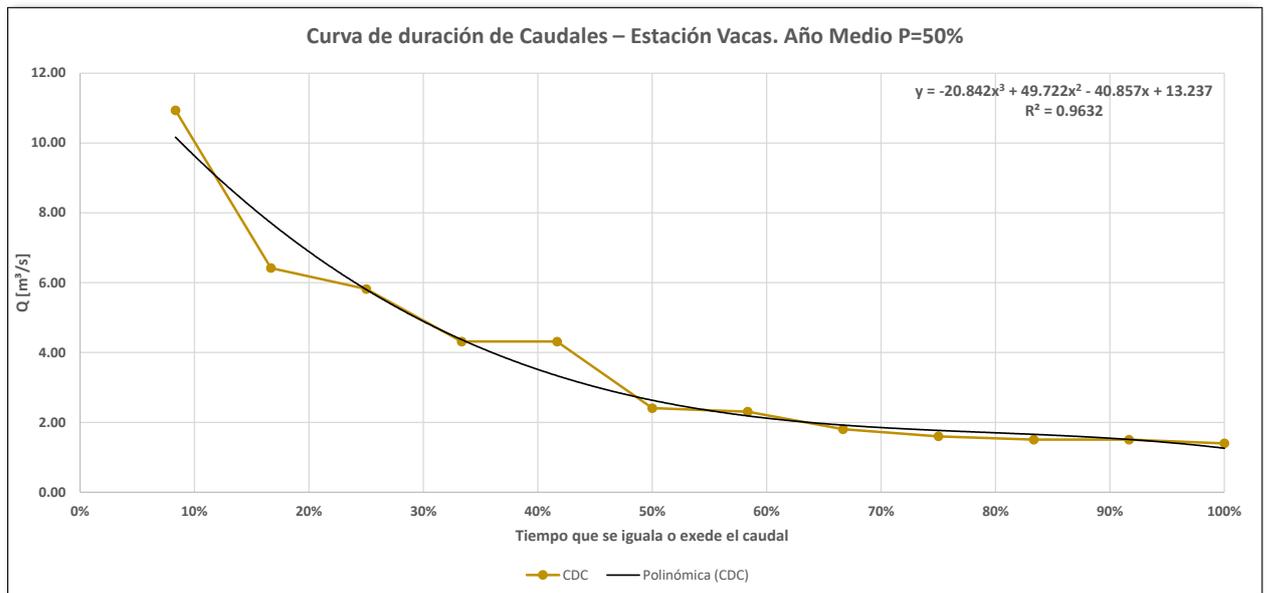


Figura A-33 CDC para año medio – Estación Cuevas

Tabla A-38 Aguas altas, medias y bajas para CDC para año medio – Estación Vacas

CDC P=50% - Año medio. 1957 - 1958			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m³/s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	10.17	Altas
16.67%	61	7.71	Altas
25.00%	91	5.80	Altas
33.33%	122	4.37	Medias
41.67%	152	3.34	Medias
50.00%	183	2.63	Medias
58.33%	213	2.19	Medias
66.67%	243	1.92	Medias
75.00%	274	1.77	Medias
83.33%	304	1.66	Bajas
91.67%	335	1.51	Bajas
100.00%	365	1.26	Bajas

Q característicos P=50% [m³/s]		
Altas	12.5%	8.87
Límite	25.0%	5.80
Medias	50.0%	2.63
Límite	75.0%	1.77
Bajas	87.5%	1.59

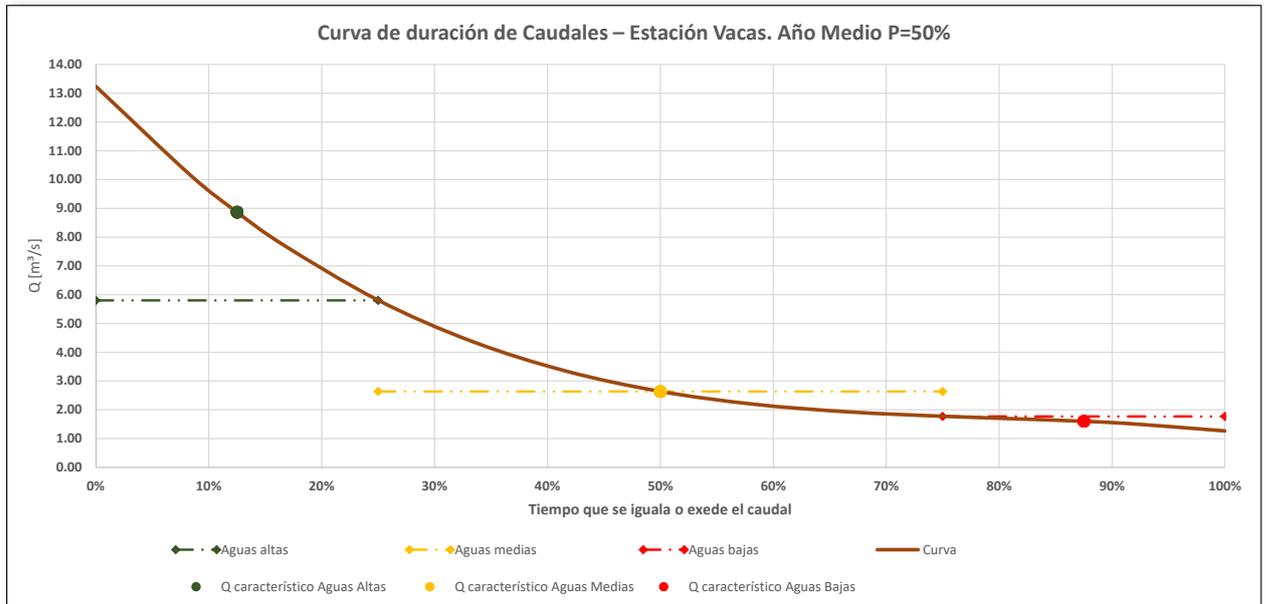


Figura A-34 CDC para año medio – Estación Cuevas

Tabla A-39 Caudales para CDC para sequía decenal – Estación Vacas

CDC P=90% - Sequía decenal. 1950 - 1951					
Caudal medio mensual [m³/s]					
Mes	Días	Q mens.	porcentaje	Q mens. Clasif	Q mens. Clasif y ajustado
7	31	1.50	8.3%	4.50	4.50
8	31	1.30	16.7%	3.60	3.60
9	30	1.70	25.0%	3.00	3.00
10	31	2.70	33.3%	2.80	2.80
11	30	3.00	41.7%	2.70	2.70
12	31	4.50	50.0%	2.50	2.50
1	31	3.60	58.3%	1.90	1.90
2	28	2.80	66.7%	1.70	1.70
3	31	2.50	75.0%	1.70	1.70
4	30	1.90	83.3%	1.60	1.60
5	31	1.70	91.7%	1.50	1.50
6	30	1.60	100.0%	1.30	1.30
Q medio anual		2.40		Q medio anual P=90%	2.40

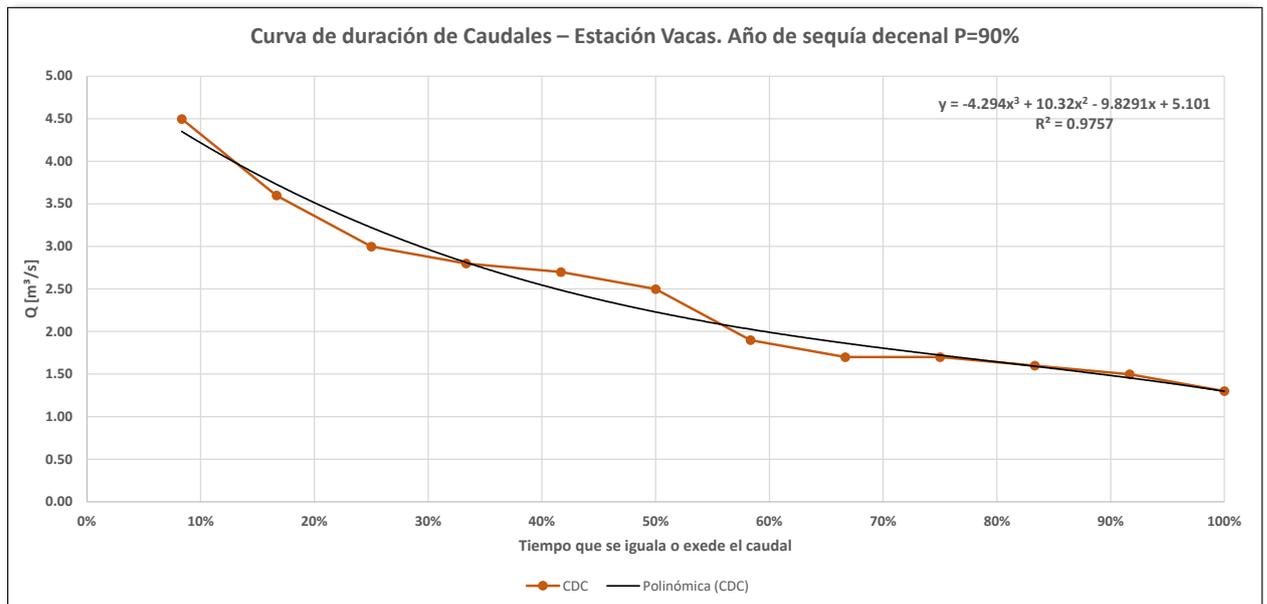


Figura A-35 CDC para sequía decenal – Estación Vacas

Tabla A-40 Aguas altas, medias y bajas para CDC para sequía decenal – Estación Vacas

CDC P=90% - Sequía decenal. 1950 - 1951			
Caudales clasificados. Aguas altas, medias y bajas			
% de tiempo	Días	Q [m³/s]	Tipo de Aguas
8.33%	30	4.35	Altas
16.67%	61	3.73	Altas
25.00%	91	3.22	Altas
33.33%	122	2.81	Medias
41.67%	152	2.49	Medias
50.00%	183	2.23	Medias
58.33%	213	2.03	Medias
66.67%	243	1.86	Medias
75.00%	274	1.72	Medias
83.33%	304	1.59	Bajas
91.67%	335	1.46	Bajas
100.00%	365	1.30	Bajas

Q característicos P=90% [m³/s]		
Altas	12.5%	4.03
Límite	25.0%	3.22
Medias	50.0%	2.23
Límite	75.0%	1.72
Bajas	87.5%	1.53

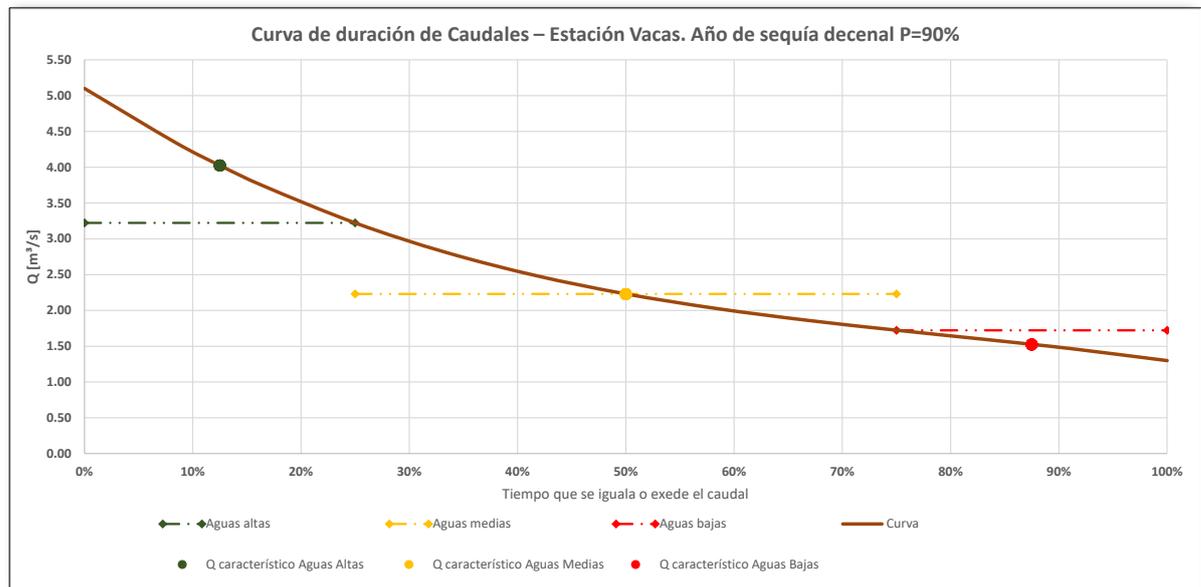


Figura A-36 CDC para sequía decenal – Estación Vacas

A.IV. Regresiones

A.IV.1. Río Mendoza – Río Tupungato

Se adjuntan las tablas usadas para el armado de los gráficos presentados

Tabla A-41 Regresiones Guído – Tupungato para el periodo 1956 – 2017

ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato	X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato	X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato	X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato
54.00	32.40	54.00	35.00	43.00	19.50	28.00	12.20
78.00	60.50	56.00	34.80	38.00	24.80	23.00	14.60
53.00	35.10	66.00	36.80	45.00	26.50	23.00	10.10
93.00	66.50	76.00	51.80	46.00	29.50	26.00	13.60
67.00	39.00	56.00	34.60	40.00	18.70	24.00	13.60
78.00	39.00	69.00	40.30	47.00	25.20	29.00	14.10
56.00	27.80	55.00	26.20	40.00	18.20	26.00	10.70
143.00	86.90	84.00	56.10	49.00	28.60	32.00	15.80
43.00	23.60	46.00	28.50	40.00	25.40	26.00	12.10
111.00	68.50	77.00	47.60	51.00	28.00	36.00	16.20
62.00	35.60	70.00	38.90	42.00	22.90	32.00	14.60
58.00	33.40	61.00	34.70	41.00	19.20	24.00	12.10
46.00	28.70	56.00	29.70	39.00	21.80	18.00	10.10
81.00	47.60	71.00	42.30	45.00	26.90	31.00	16.50
35.00	20.90	37.00	24.90	27.00	16.80	21.00	11.30
68.01	43.40	54.01	33.50	35.01	19.10	25.01	13.30
181.00	90.20	128.00	70.70	83.00	51.00	46.00	27.60
96.00	62.80	76.00	49.50	51.00	30.80	33.00	16.80
95.00	61.70	71.00	44.60	44.00	27.50	31.00	13.90
80.00	46.10	48.00	25.80	35.00	17.90	23.00	11.10
55.00	31.20	42.00	25.10	43.00	24.10	26.00	11.50
102.01	60.50	76.00	43.80	49.00	26.80	32.00	15.00
165.00	82.50	96.00	60.90	63.00	35.40	41.00	19.80
111.00	62.30	80.00	44.90	69.00	37.80	50.00	22.70
98.80	58.60	105.00	66.40	76.30	41.00	42.00	19.60
91.10	56.10	77.10	47.30	42.40	25.00	31.50	16.00
265.90	153.00	198.40	128.00	105.80	54.70	65.30	30.00
151.40	77.60	128.80	66.10	77.50	34.00	51.10	17.80
119.10	52.30	115.70	63.00	81.40	46.20	45.10	20.20
101.10	43.70	89.30	55.50	57.80	35.00	35.60	17.70
176.00	110.30	134.30	77.74	98.10	51.62	48.40	26.80
204.00	114.00	139.30	87.00	101.80	60.80	68.50	36.70
104.50	53.40	116.40	58.90	50.00	26.70	37.50	16.30
89.70	52.30	76.20	43.40	43.70	28.30	26.20	15.10
70.80	41.30	66.10	41.80	51.30	32.70	30.70	16.20
144.00	91.00	110.60	79.00	91.30	62.40	51.50	20.10
103.30	78.30	92.30	64.00	60.63	40.30	36.60	22.70
108.11	73.90	71.08	46.90	56.87	35.76	32.50	14.72
98.27	64.13	76.79	52.82	53.23	30.57	41.57	17.37
73.26	43.73	57.82	39.13	44.64	33.97	25.70	13.76
67.27	33.67	50.18	26.47	44.20	22.76	22.99	13.21
129.80	64.60	68.19	33.92	45.90	22.51	35.55	16.15
70.43	37.63	76.25	35.57	43.35	26.65	23.75	11.85
79.15	47.51	86.03	49.57	37.31	19.38	26.15	12.04
118.30	72.56	114.80	72.04	69.34	43.27	36.84	18.74
103.80	59.16	70.58	40.80	56.19	28.08	35.90	15.87
144.00	87.39	142.55	81.44	75.62	38.21	44.76	22.75
97.98	64.76	86.80	55.31	53.35	30.38	34.77	16.39
74.70	47.43	80.41	43.87	46.22	21.23	28.32	9.13
204.44	99.97	91.85	46.30	69.79	38.02	42.80	17.08
161.83	103.05	86.72	45.64	52.45	24.99	37.36	16.08
107.39	58.16	54.35	25.04	72.24	37.70	50.65	19.74
117.53	67.23	58.08	32.41	59.34	34.30	41.38	19.82
106.25	59.73	65.05	34.46	41.46	20.02	26.60	10.08
44.08	26.30	53.84	27.82	45.91	25.48	27.79	18.22
68.06	34.44	61.24	38.88	32.65	17.28	23.49	11.01
77.43	49.63	90.01	48.50	36.42	16.80	24.83	10.89
79.39	48.15	83.37	50.00	43.20	34.64	26.08	14.75
66.43	48.34	80.42	41.32	56.31	38.07	33.84	18.47
107.92	68.82			52.22	26.09	33.95	13.51
120.62	74.34			40.57	20.49	27.52	12.59
63.96	39.28						

MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO	
X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato	X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato	X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato	X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato
22.00	9.40	18.00	8.10	17.00	6.91	18.00	6.70
18.00	9.90	16.00	7.70	17.00	6.60	16.00	6.10
24.00	9.60	20.00	8.70	15.01	7.60	15.01	6.40
20.00	9.90	17.00	8.30	18.01	6.70	18.01	7.20
20.00	11.30	17.00	8.40	16.00	6.00	15.00	6.70
23.00	10.80	20.00	8.50	18.01	8.60	19.01	9.80
20.00	9.70	17.00	7.90	17.00	7.10	18.00	8.00
26.00	12.60	21.00	10.10	16.01	6.90	15.01	7.10
19.00	8.70	18.00	7.70	19.00	9.11	18.00	8.40
26.00	12.60	22.00	10.40	16.00	6.41	15.00	5.91
23.00	10.30	18.00	8.40	20.00	8.90	20.00	8.40
19.00	8.50	17.00	7.20	17.00	7.41	16.00	6.90
15.00	8.10	13.00	6.00	15.00	6.31	15.00	5.40
22.00	10.70	18.00	8.20	12.00	5.40	11.00	5.70
17.00	8.60	14.00	7.40	16.01	7.20	16.00	7.30
21.00	11.70	18.00	9.30	15.01	7.10	16.01	8.50
32.00	17.70	26.00	13.30	16.01	8.71	16.01	9.21
23.00	11.90	20.00	9.10	21.00	11.30	19.00	9.70
26.00	10.70	22.00	8.40	19.00	8.70	21.00	9.20
19.00	8.00	16.00	6.10	19.00	7.61	18.00	7.81
21.00	8.70	18.00	6.60	17.00	5.50	16.00	5.80
24.00	10.30	21.00	8.90	17.01	5.40	18.01	6.70
31.00	13.80	26.00	11.20	20.01	7.40	23.01	9.10
37.00	14.10	30.00	10.40	23.00	9.21	24.00	9.51
31.90	14.20	27.00	10.60	26.01	9.40	26.01	9.30
24.70	10.90	22.00	8.00	23.01	10.00	22.01	9.30
46.80	19.20	37.00	13.40	22.00	10.01	22.70	10.41
39.00	11.60	35.00	9.00	34.30	10.70	31.60	10.40
39.10	15.00	34.00	12.00	25.31	6.60	22.01	7.60
32.00	13.70	35.00	20.53	33.90	9.20	30.30	8.40
41.30	20.43	43.00	15.00	36.21	18.40	35.51	21.80
46.70	17.40	27.20	11.70	35.00	12.90	34.70	9.60
30.00	12.50	22.90	9.50	23.71	10.71	22.21	9.80
19.80	11.60	26.40	8.70	18.60	9.10	21.60	9.80
28.10	9.90	27.00	11.40	25.00	7.70	24.90	7.60
44.46	15.50	28.80	11.80	23.20	10.70	22.80	10.80
36.70	13.80	23.53	9.30	25.51	10.31	25.51	9.40
26.33	11.64	23.60	9.76	20.57	6.96	21.89	6.41
28.18	12.74	17.20	7.45	19.45	9.57	18.81	8.78
22.06	9.94	13.67	6.83	16.46	5.45	16.17	5.33
16.20	8.50	25.22	9.84	13.69	6.42	15.56	6.77
28.62	11.49	16.28	7.76	21.68	8.05	19.12	7.15
20.00	8.83	16.28	7.72	13.44	6.89	15.33	6.72
17.56	8.73	25.36	10.09	24.27	9.12	23.76	9.00
27.96	11.55	28.15	13.25	25.76	10.65	24.30	10.01
32.17	14.28	24.75	8.63	22.66	8.14	22.49	8.48
27.78	10.74	23.11	8.35	21.11	8.15	20.73	8.21
23.84	8.33	34.70	12.48	31.35	11.09	27.72	11.28
36.12	15.98	28.14	10.90	26.97	10.51	26.31	9.30
32.11	11.08	30.04	10.01	24.84	8.39	23.21	8.08
31.38	12.82	23.01	10.34	20.11	9.02	19.23	8.40
34.27	11.13	17.59	6.65	13.31	4.94	12.97	4.57
29.39	12.87	17.89	7.85	17.84	6.00	17.23	5.95
20.19	7.75	18.71	7.43	16.91	6.90	16.41	6.96
20.43	10.08	17.64	6.64	16.41	6.91	18.52	6.68
19.16	8.43	16.87	6.78	14.62	5.73	14.83	4.74
21.18	8.77	23.09	8.93	20.00	8.59	19.92	8.52
21.12	8.46	22.23	7.21	20.67	6.93	18.10	6.84
28.32	12.53	16.40	5.16				
26.26	8.89						
20.22	7.51						

SEPTIEMBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato
19.00	7.70
16.00	6.40
18.01	7.10
23.01	8.60
17.00	8.70
16.01	7.60
18.00	8.50
16.00	7.30
20.00	9.70
18.00	7.91
22.00	9.80
16.00	6.90
14.00	5.10
13.00	6.70
17.00	8.00
18.01	10.10
17.01	7.80
20.00	9.90
20.00	9.50
20.00	8.70
17.00	6.30
26.01	13.20
24.01	9.60
23.00	9.71
29.81	11.80
22.41	8.50
29.20	10.61
29.20	9.60
27.11	11.70
27.60	10.20
34.81	20.80
35.50	15.20
25.41	6.80
23.60	9.50
31.40	11.30
22.70	10.40
27.61	10.40
24.82	9.51
24.58	9.02
16.17	6.08
17.11	7.16
18.48	6.54
18.58	8.71
21.55	8.76
23.02	9.60
23.89	9.79
23.93	9.60
22.08	8.51
31.20	15.27
28.39	8.57
30.72	10.98
24.03	8.43
17.01	8.64
16.16	5.03
19.52	6.87
16.32	6.70
17.51	6.83
16.04	6.34
28.26	12.12
19.95	6.98

OCTUBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato
22.00	9.20
18.00	9.00
36.00	14.20
27.01	10.20
22.00	11.00
29.01	16.80
20.00	8.40
20.00	8.60
20.00	9.90
31.00	14.10
26.00	11.50
17.00	8.00
13.00	5.20
14.00	7.30
18.00	9.80
22.01	12.30
22.01	10.80
23.00	11.40
30.00	15.90
19.00	8.70
17.00	6.40
43.01	18.00
36.01	13.80
38.00	16.70
33.21	14.20
25.51	12.10
35.20	14.31
49.50	16.30
44.41	14.40
28.80	13.20
51.91	24.30
37.30	18.20
33.10	11.70
27.10	15.60
31.90	12.40
33.10	16.70
31.51	12.09
26.27	14.23
23.24	9.32
15.26	6.53
20.09	8.52
26.20	9.37
28.22	17.18
37.10	17.88
34.67	15.86
31.48	11.58
31.91	12.45
37.24	11.81
44.92	21.54
37.78	14.01
41.87	15.24
29.57	10.67
18.58	9.52
17.70	6.93
20.66	7.32
20.45	7.95
26.28	11.32
18.05	6.87
32.42	15.60
21.01	6.97

NOVIEMBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato
27.00	13.60
32.00	14.60
41.00	20.40
39.00	19.80
43.00	26.90
62.01	23.80
36.00	20.10
21.00	8.80
25.00	14.10
61.00	33.20
38.00	18.50
23.00	11.40
19.00	10.10
30.00	13.80
27.00	14.40
41.01	26.50
38.01	18.70
46.00	25.20
44.00	25.00
26.00	11.70
27.00	12.20
63.01	29.20
62.01	25.00
39.00	17.20
55.01	24.20
40.01	23.20
75.20	31.41
77.20	31.40
65.61	18.10
58.30	25.80
140.03	62.80
47.90	24.60
73.30	34.40
46.80	26.50
54.20	28.00
44.61	23.20
55.27	29.78
51.23	21.08
19.84	9.03
41.17	16.86
33.47	14.55
45.66	26.62
48.59	21.95
61.28	23.38
55.47	25.03
25.69	9.96
85.75	31.61
85.36	42.39
59.31	24.27
104.97	51.39
38.64	13.86
20.31	10.22
29.04	12.59
39.87	20.33
36.09	16.10
26.49	16.11
35.61	14.05
55.09	30.31
27.08	11.72

DICIEMBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Tupungato
31.00	16.70
67.00	43.80
52.00	27.50
65.00	46.00
78.00	49.90
95.01	49.70
48.00	25.90
109.00	47.20
29.00	14.50
65.00	40.40
48.00	25.10
48.00	27.90
23.00	14.60
95.00	56.20
36.00	22.30
50.01	32.50
117.01	53.60
62.00	37.70
55.00	33.00
59.00	31.80
33.00	16.80
127.05	56.90
154.03	67.70
62.00	29.40
131.61	73.20
59.40	36.00
204.40	92.20
154.10	70.30
112.61	42.00
85.70	41.50
165.09	50.91
225.80	90.20
70.90	37.40
78.90	43.00
50.70	33.90
80.50	60.10
76.50	50.00
70.84	42.24
128.62	66.77
81.71	46.80
33.81	19.42
85.16	38.31
51.81	29.06
64.18	39.76
113.98	60.13
126.96	81.06
109.93	59.98
69.55	32.87
42.95	23.31
160.37	76.43
138.89	84.24
78.71	37.74
139.33	77.80
81.47	37.78
30.34	16.64
49.47	22.99
48.99	27.00
72.78	38.17
39.94	19.50
79.89	32.40
93.25	60.89
57.51	37.02

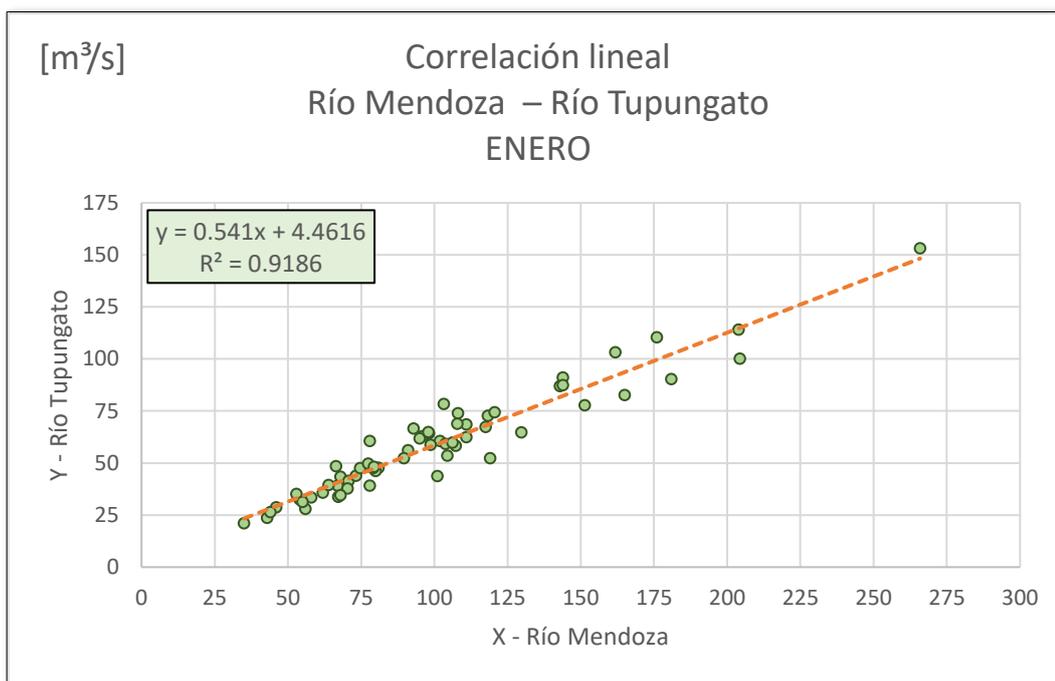


Figura A-37 Correlación enero. Río Mendoza – Río Tupungato

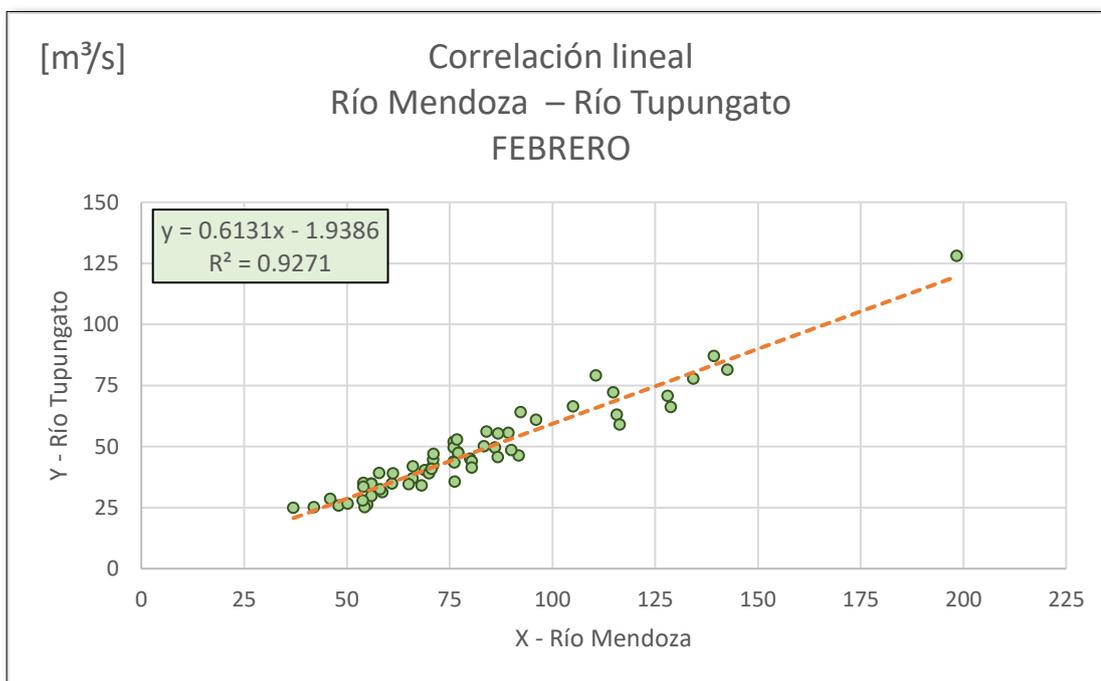


Figura A-38 Correlación febrero. Río Mendoza – Río Tupungato

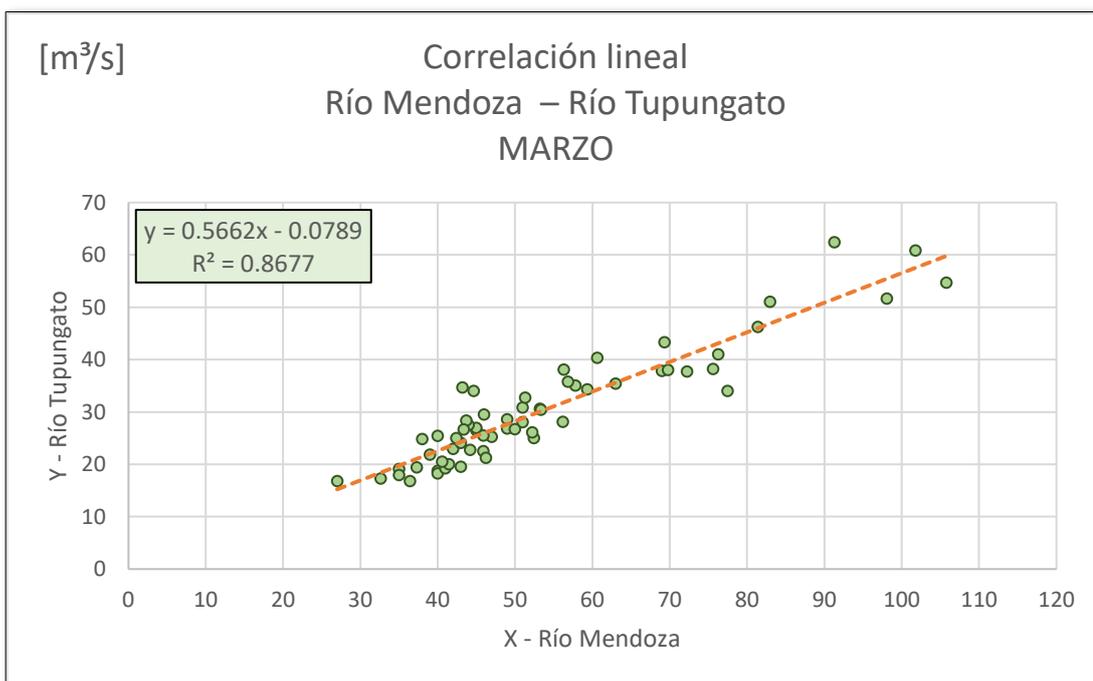


Figura A-39 Correlación marzo. Río Mendoza – Río Tupungato

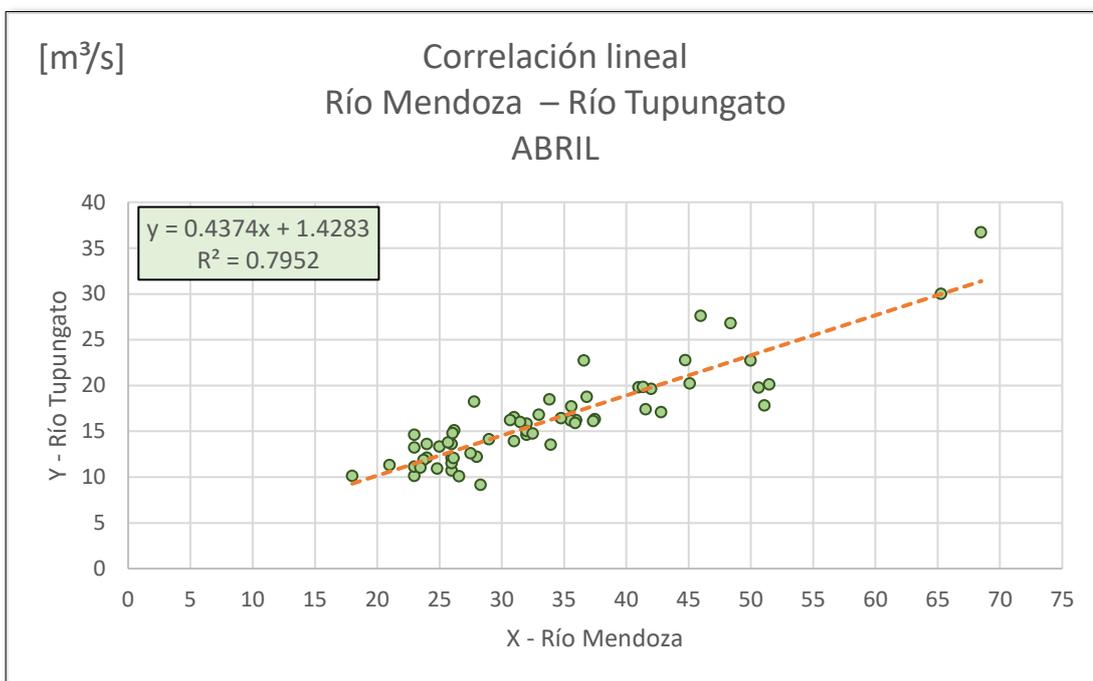


Figura A-40 Correlación abril. Río Mendoza – Río Tupungato

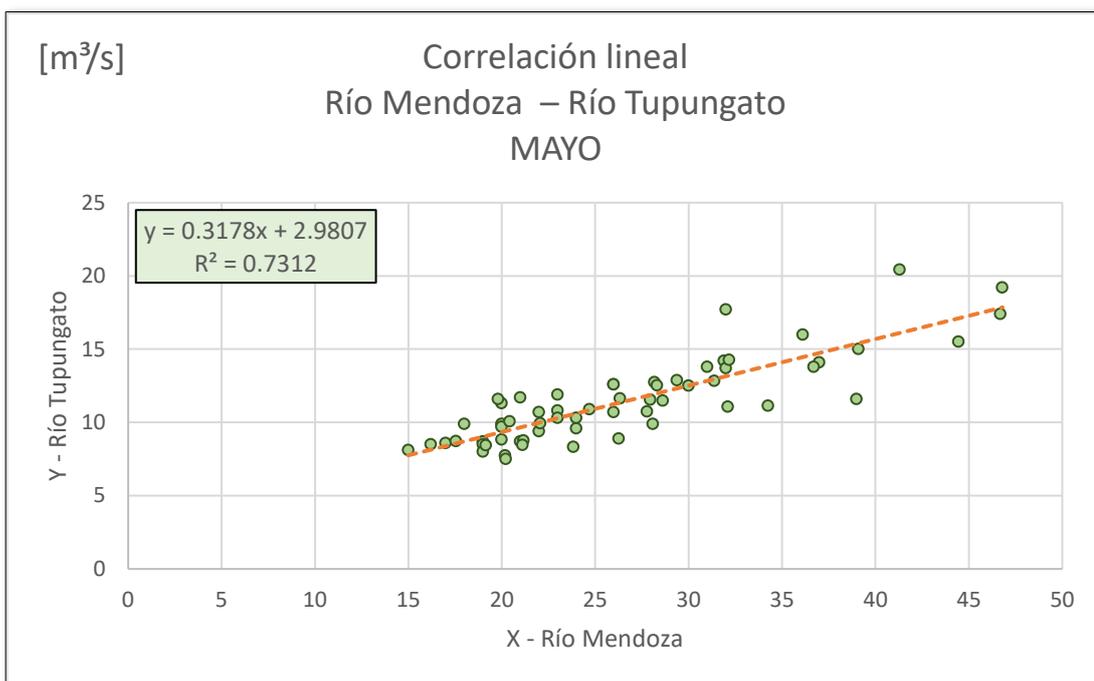


Figura A-41 Correlación mayo. Río Mendoza – Río Tupungato

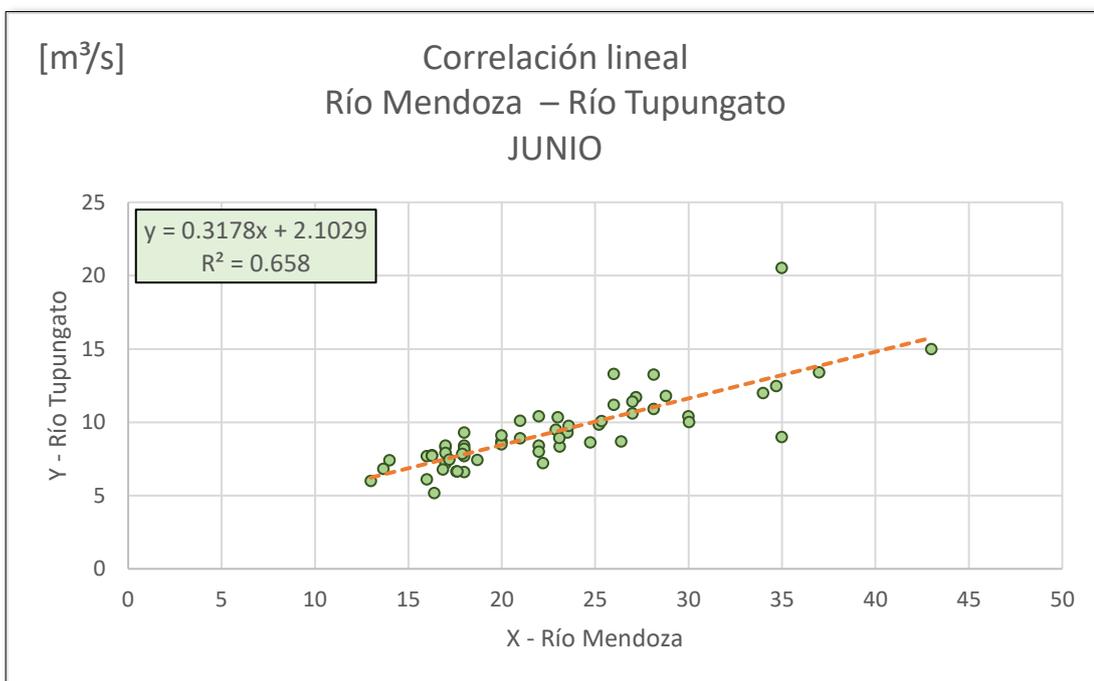


Figura A-42 Correlación junio. Río Mendoza – Río Tupungato

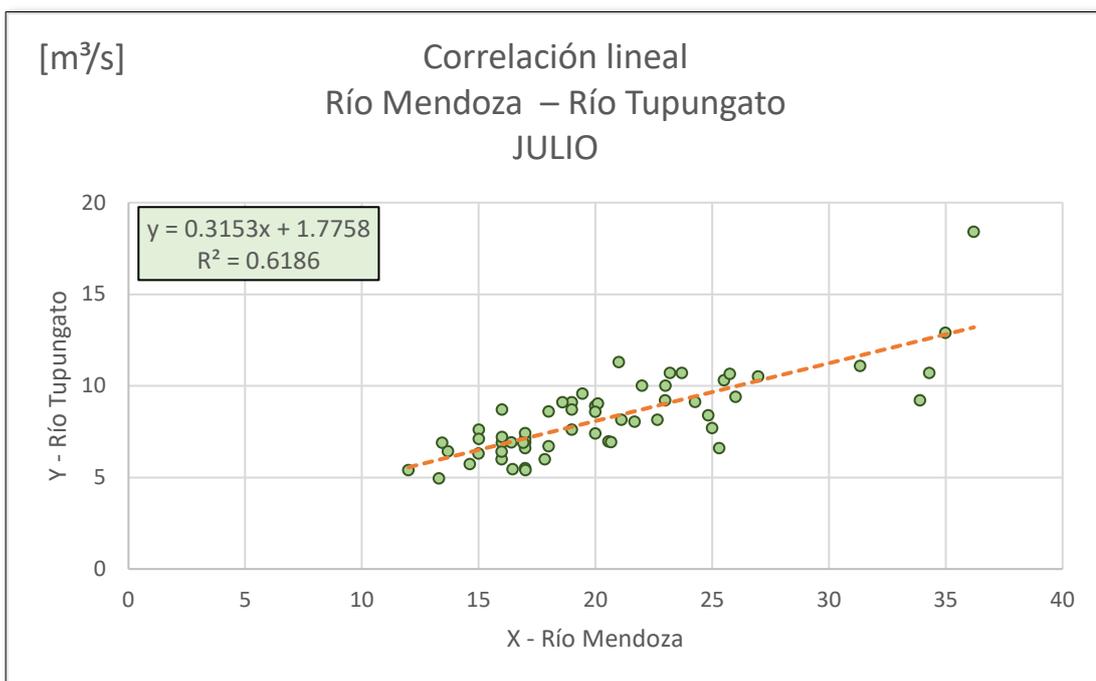


Figura A-43 Correlación julio. Río Mendoza – Río Tupungato

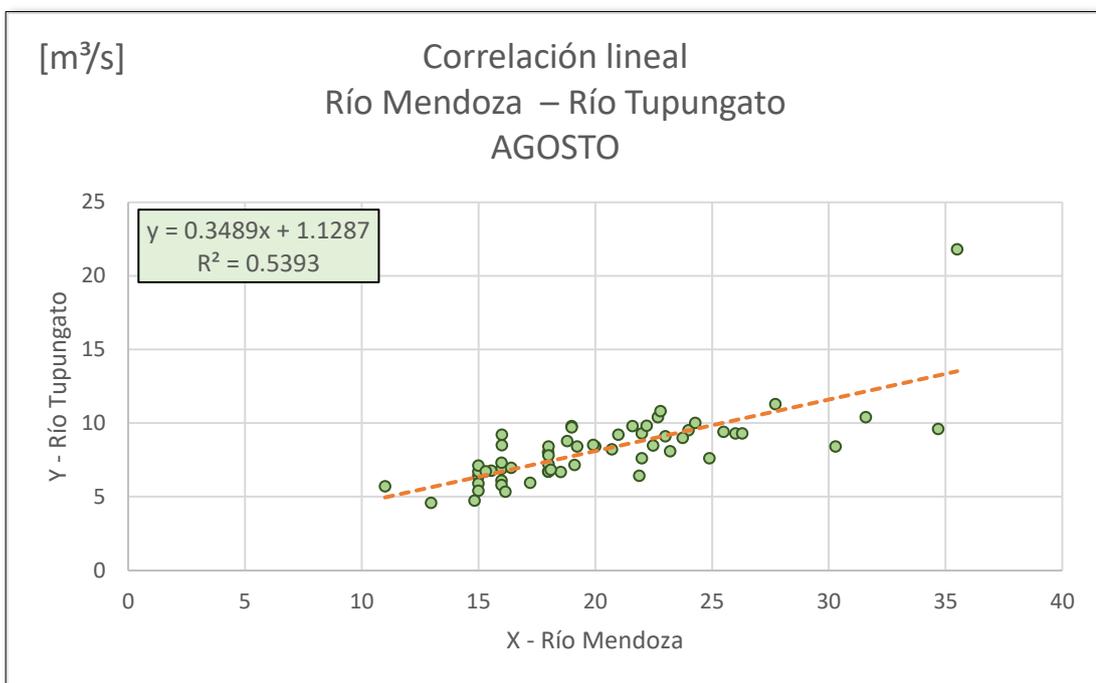


Figura A-44 Correlación agosto. Río Mendoza – Río Tupungato

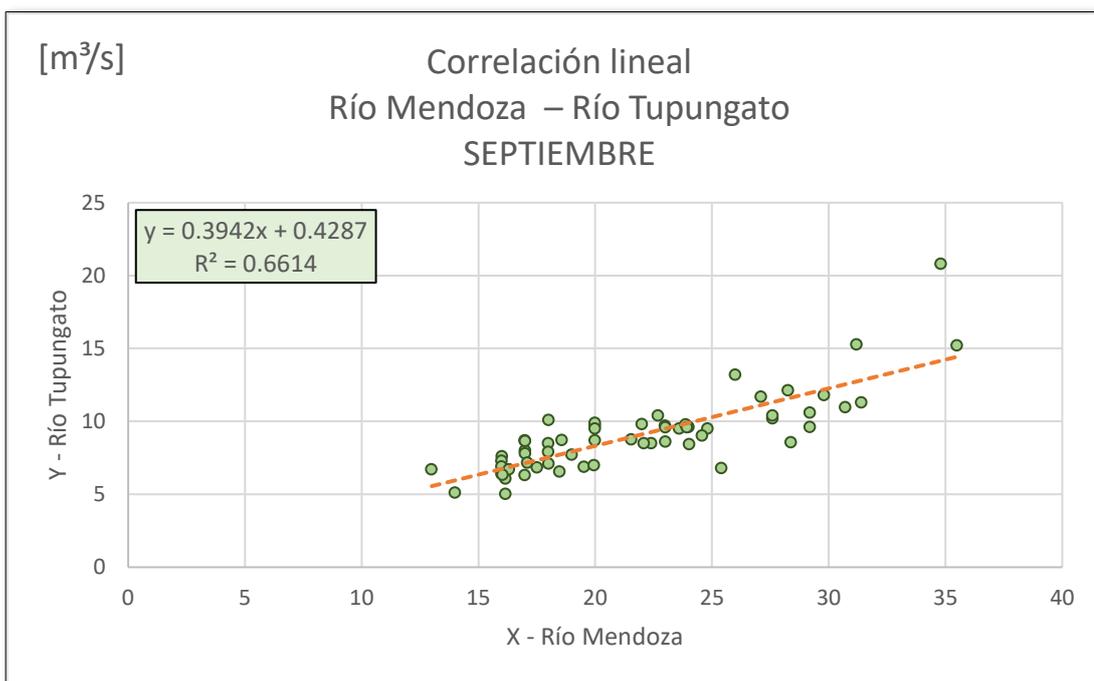


Figura A-45 Correlación septiembre. Río Mendoza – Río Tupungato

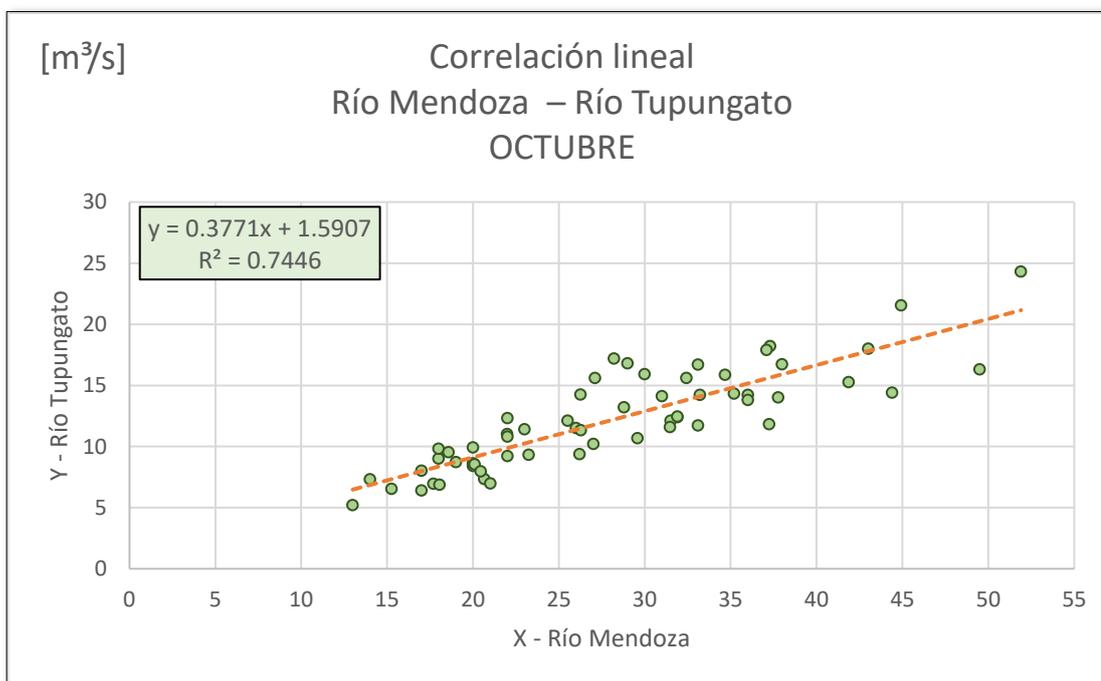


Figura A-46 Correlación octubre. Río Mendoza – Río Tupungato

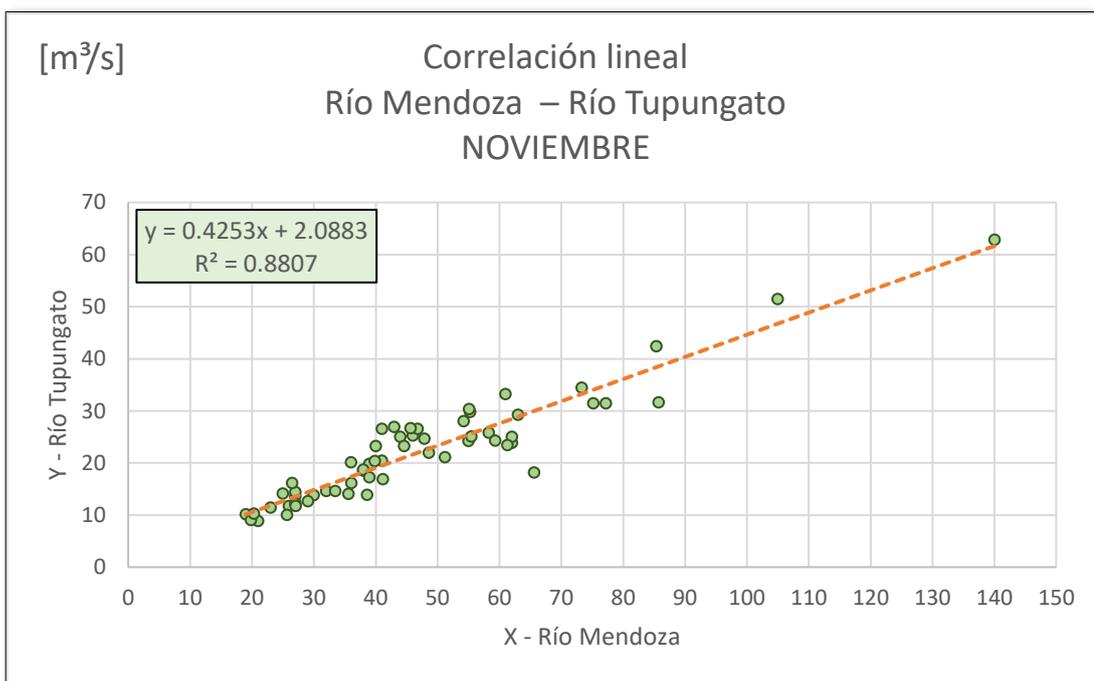


Figura A-47 Correlación noviembre. Río Mendoza – Río Tupungato

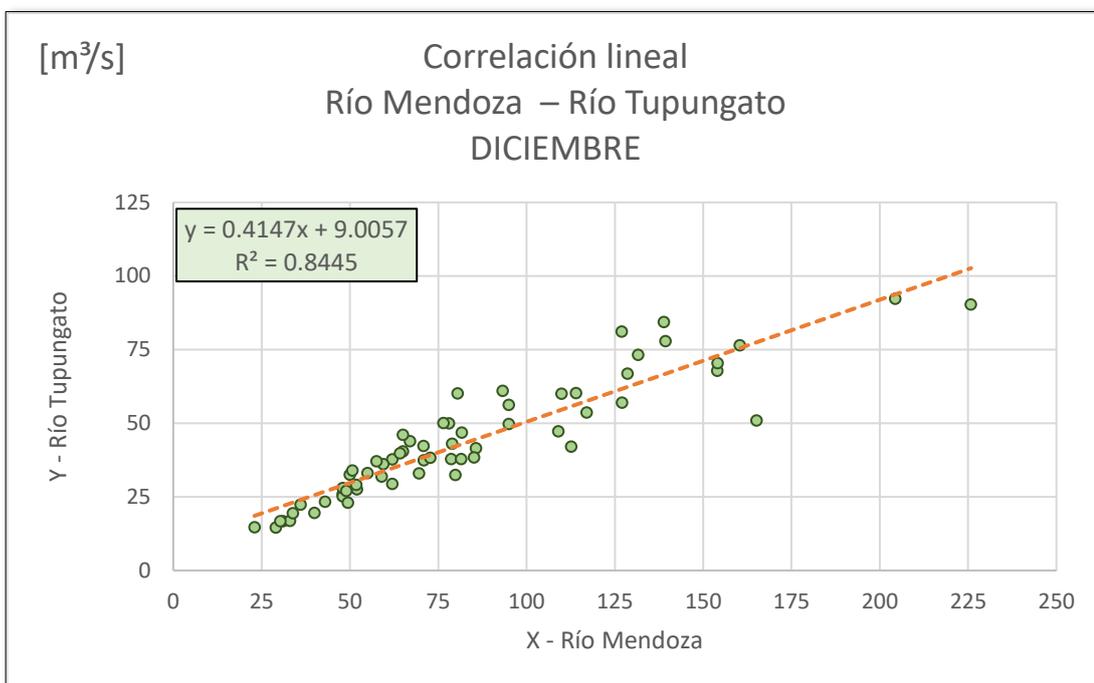


Figura A-48 Correlación diciembre. Río Mendoza – Río Tupungato

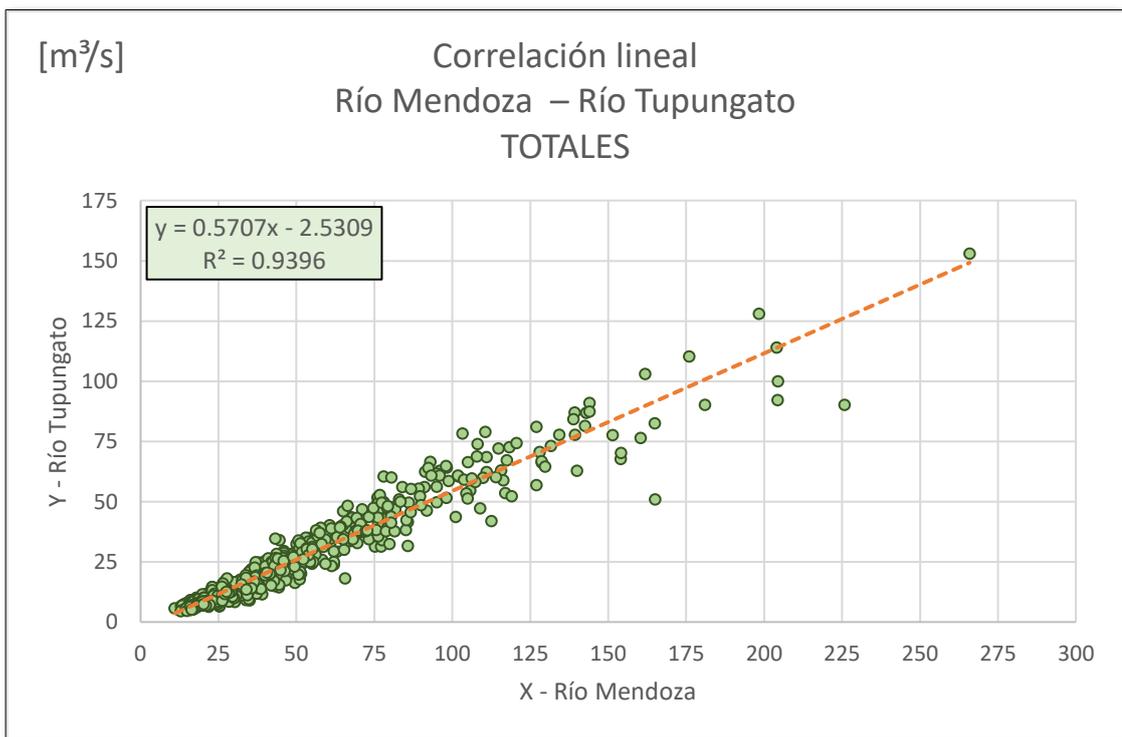


Figura A-49 Correlación totales. Río Mendoza – Río Tupungato

Tabla A-42 Coeficientes R^2 y ecuaciones de correlación. Río Mendoza – Río Tupungato

Año calendario		
Mes	Y =	R ² =
Enero	$0.541x + 4.4616$	0.9186
Febrero	$0.6131x - 1.9386$	0.9271
Marzo	$0.5662x - 0.0789$	0.8677
Abril	$0.4374x + 1.4283$	0.7952
Mayo	$0.3178x + 2.9807$	0.7312
Junio	$0.3178x + 2.1029$	0.6580
Julio	$0.3153x + 1.7758$	0.6186
Agosto	$0.3489x + 1.1287$	0.5393
Septiembre	$0.3942x + 0.4287$	0.6614
Octubre	$0.3771x + 1.5907$	0.7446
Noviembre	$0.4253x + 2.0883$	0.8807
Diciembre	$0.4147x + 9.0057$	0.8445
Totales	$0.5707x - 2.5309$	0.9396

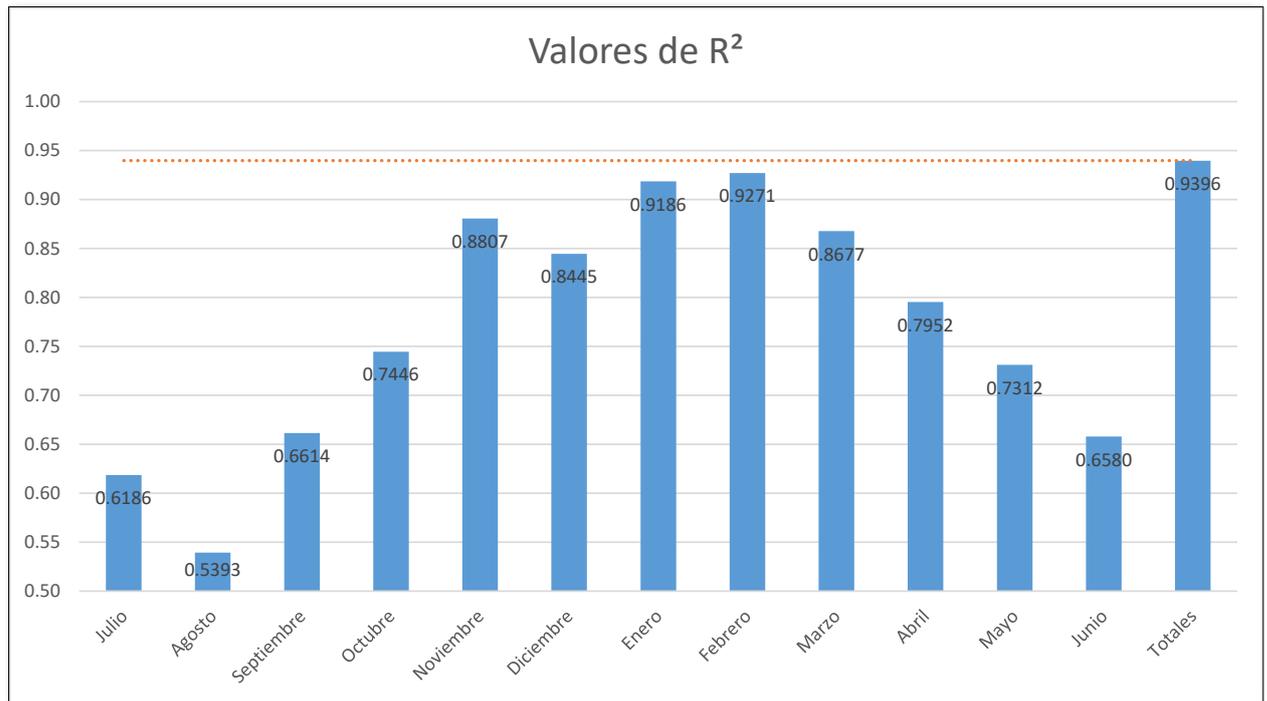


Figura A-50 Valores de R². Río Mendoza – Río Tupungato

Tabla A-43 Caudales medios mensuales faltantes rellenados. Río Mendoza – Río Tupungato

Estación: Guído				Estación: Tupungato			
Fecha	Mes	Medición	Regresión	Fecha	Mes	Medición	Regresión
01/06/86	6	28.00	-	-	6		11.00
01/07/86	7	28.90	-	-	7		10.89
01/08/86	8	26.50	-	-	8		10.37
01/09/86	9	28.20	-	-	9		11.54
01/10/86	10	36.20	-	-	10		15.24
01/11/86	11	62.10	-	-	11		28.50
01/11/90	11	42.20	-	-	11		20.04
01/07/00	7	20.69	-	-	7		8.30
01/08/00	8	21.49	-	-	8		8.63
01/11/00	11	46.74	-	-	11		21.97
01/02/01	2	109.00	-	-	2		64.89
01/05/01	5	27.17	-	-	5		11.62
01/06/01	6	23.05	-	-	6		9.43
01/07/01	7	20.44	-	-	7		8.22
01/08/01	8	20.71	-	-	8		8.35
01/09/01	9	21.32	-	-	9		8.83
01/02/04	2	83.26	-	-	2		49.11
01/10/04	10	24.30	-	-	10		10.76
01/03/06	3	61.21	-	-	3		34.58
01/04/06	4	42.55	-	-	4		20.04
01/06/07	6	26.26	-	-	6		10.45
01/07/07	7	26.18	-	-	7		10.03
01/08/07	8	25.42	-	-	8		10.00

Estación: Guido				Estación: Tupungato			
Fecha	Mes	Medición	Regresión	Fecha	Mes	Medición	Regresión
-	1		127.24	01/01/49	1	73.30	-
-	2		83.07	01/02/49	2	49.40	-
-	3		44.99	01/03/49	3	28.80	-
-	4		31.49	01/04/49	4	21.50	-
-	5		20.59	01/05/49	5	15.60	-
-	6		16.89	01/06/49	6	13.60	-
-	7		17.44	01/07/49	7	13.90	-
-	8		14.30	01/08/49	8	12.20	-
-	9		14.86	01/09/49	9	12.50	-
-	10		20.22	01/10/49	10	15.40	-
-	11		41.66	01/11/49	11	27.00	-
-	12		58.48	01/12/49	12	36.10	-
-	1		75.49	01/01/50	1	45.30	-
-	2		61.25	01/02/50	2	37.60	-
-	3		55.34	01/03/50	3	34.40	-
-	4		20.03	01/04/50	4	15.30	-
-	5		14.86	01/05/50	5	12.50	-
-	6		14.67	01/06/50	6	12.40	-
-	7		15.97	01/07/50	7	13.10	-
-	8		19.85	01/08/50	8	15.20	-
-	9		16.89	01/09/50	9	13.60	-
-	10		19.85	01/10/50	10	15.20	-
-	11		20.03	01/11/50	11	15.30	-
-	12		56.08	01/12/50	12	34.80	-
-	1		67.17	01/01/51	1	40.80	-
-	2		48.87	01/02/51	2	30.90	-
-	3		36.67	01/03/51	3	24.30	-
-	4		20.59	01/04/51	4	15.60	-
-	5		14.12	01/05/51	5	12.10	-
-	6		12.64	01/06/51	6	11.30	-
-	7		7.83	01/07/51	7	8.70	-
-	8		7.28	01/08/51	8	8.40	-
-	9		7.46	01/09/51	9	8.50	-
-	10		9.87	01/10/51	10	9.80	-
-	11		25.21	01/11/51	11	18.10	-
-	12		57.74	01/12/51	12	35.70	-
-	7		13.74	01/07/54	7	11.90	-
-	8		8.94	01/08/54	8	9.30	-
-	9		9.68	01/09/54	9	9.70	-
-	10		10.42	01/10/54	10	10.10	-
-	11		43.32	01/11/54	11	27.90	-
-	12		60.51	01/12/54	12	37.20	-
-	1		99.33	01/01/55	1	58.20	-
-	2		66.43	01/02/55	2	40.40	-
-	3		35.56	01/03/55	3	23.70	-
-	4		19.48	01/04/55	4	15.00	-
-	5		10.61	01/05/55	5	10.20	-
-	6		7.65	01/06/55	6	8.60	-
-	7		3.41	01/07/55	7	6.30	-
-	8		2.47	01/08/55	8	5.80	-
-	9		5.25	01/09/55	9	7.30	-
-	10		6.54	01/10/55	10	8.00	-
-	11		20.40	01/11/55	11	15.50	-
-	12		37.59	01/12/55	12	24.80	-
-	1		58.48	01/01/56	1	36.10	-
-	2		47.76	01/02/56	2	30.30	-
-	3		27.98	01/03/56	3	19.60	-
-	4		17.45	01/04/56	4	13.90	-
-	5		10.42	01/05/56	5	10.10	-
-	6		5.25	01/06/56	6	7.30	-

A.IV.2. Río Mendoza – Río Cuevas

Tabla A-44 Regresiones Guído – Cuevas para el periodo 1956 – 2017

ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas	X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas	X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas	X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas
54.00	4.90	54.00	4.60	43.00	4.30	28.00	2.80
78.00	10.20	56.00	7.30	38.00	5.60	23.00	3.90
53.00	7.20	66.00	7.40	45.00	5.00	23.00	3.20
93.00	9.80	76.00	6.60	46.00	5.00	26.00	3.70
67.00	8.70	56.00	5.50	40.00	4.00	24.00	4.80
78.00	13.00	69.00	11.00	47.00	7.60	29.00	5.50
56.00	6.90	55.00	5.10	40.00	4.10	26.00	3.10
143.00	23.00	84.00	14.30	49.00	8.00	32.00	6.00
43.00	4.60	46.00	4.40	40.00	4.00	26.00	3.60
111.00	17.80	77.00	12.40	51.00	8.10	36.00	5.50
62.00	9.20	70.00	8.50	42.00	6.10	32.00	4.80
58.00	6.20	61.00	6.10	41.00	4.30	24.00	3.30
46.00	4.50	56.00	4.60	39.00	4.00	18.00	2.10
81.00	9.10	71.00	6.80	45.00	5.20	31.00	4.00
35.00	6.00	37.00	5.70	27.00	3.90	21.00	3.10
68.01	6.30	54.01	5.50	35.01	4.20	25.01	3.20
181.00	34.00	128.00	22.40	83.00	15.50	46.00	8.80
96.00	11.80	76.00	8.80	51.00	7.00	33.00	5.50
95.00	12.90	71.00	9.60	44.00	6.80	31.00	4.90
80.00	7.30	48.00	5.60	35.00	4.60	23.00	4.00
55.00	8.50	42.00	5.80	43.00	5.20	26.00	3.90
102.01	15.80	76.00	10.60	49.00	7.60	32.00	5.80
165.00	30.00	96.00	16.40	63.00	11.60	41.00	7.10
111.00	13.30	80.00	10.70	69.00	8.10	50.00	6.60
98.80	14.40	105.00	13.40	76.30	9.60	42.00	6.40
91.10	7.20	77.10	6.10	42.40	3.40	31.50	3.20
265.90	50.00	198.40	34.80	105.80	19.80	65.30	10.90
151.40	20.50	128.80	14.90	77.50	9.40	51.10	6.20
119.10	17.60	115.70	16.90	81.40	14.50	45.10	7.30
101.10	12.20	89.30	9.30	57.80	6.60	35.60	5.20
176.00	24.90	134.30	19.80	98.10	12.20	48.40	4.70
204.00	27.40	139.30	21.30	101.80	16.20	68.50	8.70
104.50	7.60	116.40	7.80	50.00	5.30	37.50	4.20
89.70	7.40	76.20	6.10	43.70	4.40	26.20	4.00
70.80	6.20	66.10	5.20	51.30	4.60	30.70	4.10
144.00	22.20	110.60	18.20	91.30	14.60	51.50	8.90
103.30	17.20	92.30	14.30	60.63	13.40	36.60	6.70
108.11	14.80	71.08	10.10	56.87	7.50	32.50	4.20
98.27	12.56	76.79	8.62	53.23	6.46	41.57	3.91
73.26	7.15	57.82	6.14	44.64	4.69	25.70	3.77
67.27	3.85	50.18	4.06	44.20	2.92	22.99	2.81
129.80	16.29	68.19	11.41	45.90	8.26	35.55	6.54
70.43	5.05	76.25	5.79	43.35	4.53	23.75	3.14
79.15	7.72	58.61	6.26	37.31	5.26	26.15	4.22
118.30	16.13	109.00	10.91	69.34	6.67	36.84	5.40
103.80	13.58	83.26	11.34	56.19	6.99	35.90	5.39
144.00	21.12	70.58	8.08	75.62	10.43	44.76	6.90
97.98	13.33	142.55	20.96	53.35	6.78	34.77	4.97
74.70	9.29	86.80	12.70	46.22	5.66	28.32	3.95
204.44	30.68	80.41	8.62	61.21	10.26	42.55	6.80
161.83	22.33	91.85	11.56	69.79	9.12	42.80	6.63
107.39	11.60	86.72	10.46	52.45	6.55	37.36	4.32
117.53	17.47	54.35	3.63	72.24	10.12	50.65	7.58
106.25	12.07	58.08	4.26	59.34	7.36	41.38	5.09
44.08	3.84	65.05	3.28	41.46	3.19	26.60	2.53
68.06	4.09	53.84	5.11	45.91	3.45	27.79	3.04
77.43	5.85	61.24	4.38	32.65	3.28	23.49	3.02
79.39	5.81	90.01	11.44	36.42	4.10	24.83	2.99
66.43	4.81	83.37	9.12	43.20	3.62	26.08	2.13
107.92	11.64	80.42	6.23	56.31	9.21	33.84	8.18
120.62	13.39			52.22	6.19	33.95	4.93
63.96	5.30			40.57	3.47	27.52	2.72

MAYO	
X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas
22.00	2.30
18.00	3.00
24.00	3.50
20.00	2.60
20.00	3.90
23.00	4.50
20.00	3.10
26.00	4.90
19.00	2.80
26.00	4.50
23.00	3.80
19.00	2.80
15.00	1.90
22.00	3.30
17.00	2.30
21.00	3.00
32.00	6.90
23.00	4.60
26.00	4.00
19.00	3.40
21.00	3.40
24.00	4.70
31.00	6.00
37.00	5.70
31.90	4.80
24.70	2.90
46.80	7.20
39.00	5.20
39.10	5.70
32.00	4.20
41.30	4.30
46.70	5.20
30.00	3.20
19.80	3.10
28.10	3.60
44.46	7.10
36.70	5.60
26.33	3.80
28.18	4.45
22.06	2.51
16.20	2.35
28.62	4.76
20.00	2.48
17.56	3.36
27.17	4.98
32.17	5.69
27.78	3.81
23.84	3.13
36.12	5.07
32.11	5.12
31.38	3.96
34.27	5.00
29.39	4.32
20.19	2.28
20.43	2.60
19.16	2.26
21.18	3.29
21.12	1.96
28.32	4.06
26.26	3.80
20.22	2.33

JUNIO	
X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas
18.00	2.40
16.00	3.20
20.00	3.20
17.00	2.00
17.00	3.50
20.00	3.70
17.00	2.70
21.00	4.30
18.00	2.70
22.00	3.70
18.00	3.40
17.00	2.40
13.00	1.60
18.00	2.80
14.00	1.90
18.00	2.70
26.00	5.60
20.00	4.00
22.00	3.60
16.00	2.90
18.00	2.80
21.00	4.20
26.00	4.90
30.00	4.60
27.00	4.00
22.00	3.30
37.00	5.50
35.00	4.40
34.00	5.20
35.00	4.30
43.00	4.30
27.20	3.20
22.90	2.70
26.40	3.00
27.00	5.50
28.80	4.40
23.53	3.33
23.60	3.56
17.20	1.76
13.67	2.01
25.22	4.17
16.28	2.27
16.28	3.04
23.05	4.17
28.15	4.43
24.75	3.25
23.11	3.06
34.70	4.38
26.26	4.44
28.14	3.19
30.04	3.53
23.01	3.74
17.59	2.06
17.89	2.33
18.71	2.21
17.64	3.83
16.87	1.78
23.09	2.87
22.23	2.72
16.40	1.75

JULIO	
X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas
17.00	2.50
17.00	2.40
15.01	2.90
18.01	2.50
16.00	2.00
18.01	3.70
17.00	3.40
16.01	2.60
19.00	3.90
16.00	2.80
20.00	3.50
17.00	2.90
15.00	2.30
12.00	1.80
16.01	2.70
15.01	2.10
16.01	2.90
21.00	5.20
19.00	3.90
19.00	3.50
17.00	2.90
17.01	2.50
20.01	3.80
23.00	4.20
26.01	4.20
23.01	3.70
22.00	3.30
34.30	4.90
25.31	3.00
33.90	4.30
28.90	3.70
36.21	3.50
35.00	4.70
23.71	3.00
18.60	2.90
25.00	2.90
23.20	4.00
25.51	3.70
20.57	2.31
19.45	3.84
16.46	2.24
13.69	2.23
21.68	3.63
13.44	2.60
24.27	3.51
25.76	4.31
22.66	3.13
21.11	2.36
31.35	4.26
26.18	3.70
26.97	3.13
24.84	3.28
20.11	3.35
13.31	1.88
17.84	2.26
16.91	2.17
16.41	2.97
14.62	1.67
20.00	2.22
20.67	2.53

AGOSTO	
X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas
18.00	2.60
16.00	2.30
15.01	2.60
18.01	3.10
15.00	2.60
19.01	3.70
18.00	3.60
15.01	2.40
18.00	3.90
15.00	2.40
20.00	3.80
16.00	2.60
15.00	1.90
11.00	1.70
16.00	2.70
16.01	2.60
16.01	2.80
19.00	4.70
21.00	4.00
18.00	3.30
16.00	2.80
18.01	3.00
23.01	3.80
24.00	4.10
26.01	4.20
22.01	3.50
22.70	3.40
31.60	4.70
22.01	3.80
30.30	3.70
26.50	3.80
35.51	3.40
34.70	3.90
22.21	2.80
21.60	2.80
24.90	3.20
22.80	4.20
25.51	4.40
21.89	1.87
18.81	3.62
16.17	2.48
15.56	2.59
19.12	3.44
15.33	2.85
23.76	2.88
24.30	4.13
22.49	3.43
20.73	2.30
27.72	4.30
25.42	3.21
26.31	2.99
23.21	3.51
19.23	3.21
12.97	1.70
17.23	2.54
16.41	2.23
18.52	2.72
14.83	2.15
19.92	1.73
18.10	2.46

SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas	X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas	X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas	X – Río Mendoza	Y – Río Cuevas
19.00	2.90	22.00	3.70	27.00	4.30	31.00	4.70
16.00	2.60	18.00	2.80	32.00	5.50	67.00	13.80
18.01	3.60	36.00	7.00	41.00	6.80	52.00	6.80
23.01	4.20	27.01	5.40	39.00	7.30	65.00	10.50
17.00	2.90	22.00	5.10	43.00	9.80	78.00	13.10
16.01	3.60	29.01	8.20	62.01	11.40	95.01	14.50
18.00	3.50	20.00	4.50	36.00	7.30	48.00	6.90
16.00	2.60	20.00	3.90	21.00	4.00	109.00	23.60
20.00	4.00	20.00	3.80	25.00	4.30	29.00	4.20
18.00	3.30	31.00	6.60	61.00	15.60	65.00	15.30
22.00	4.20	26.00	6.00	38.00	9.10	48.00	8.90
16.00	2.60	17.00	3.40	23.00	4.10	48.00	6.30
14.00	2.10	13.00	2.30	19.00	3.80	23.00	3.50
13.00	2.30	14.00	2.40	30.00	8.10	95.00	15.30
17.00	2.90	18.00	4.00	27.00	5.80	36.00	7.20
18.01	3.70	22.01	4.70	41.01	7.00	50.01	7.10
17.01	3.30	22.01	4.60	38.01	9.80	117.01	30.10
20.00	4.90	23.00	5.60	46.00	9.90	62.00	10.20
20.00	4.20	30.00	6.50	44.00	8.70	55.00	9.90
20.00	3.80	19.00	4.50	26.00	5.60	59.00	8.40
17.00	3.40	17.00	3.00	27.00	6.40	33.00	5.90
26.01	4.80	43.01	10.10	63.01	14.60	127.05	22.30
24.01	4.00	36.01	6.50	62.01	13.60	154.03	33.10
23.00	4.10	38.00	7.40	39.00	7.30	62.00	8.70
29.81	5.30	33.21	6.70	55.01	11.20	131.61	16.10
22.41	3.40	25.51	4.00	40.01	6.00	59.40	6.50
29.20	4.10	35.20	6.50	75.20	16.40	204.40	49.50
29.20	4.50	49.50	7.50	77.20	14.10	154.10	21.40
27.11	4.10	44.41	8.30	65.61	11.90	112.61	19.90
27.60	3.50	28.80	3.80	58.30	9.20	85.70	13.20
28.20	4.00	36.20	5.20	62.10	13.60	165.09	25.20
34.81	3.40	51.91	4.10	140.03	14.50	225.80	25.20
35.50	3.70	37.30	4.40	47.90	6.80	70.90	6.90
25.41	3.60	33.10	5.70	73.30	12.40	78.90	9.90
23.60	3.10	27.10	3.70	42.20	5.60	50.70	5.40
31.40	4.00	31.90	5.50	46.80	12.80	80.50	17.40
22.70	4.40	33.10	7.50	54.20	8.60	76.50	13.30
27.61	4.10	31.51	5.20	44.61	7.10	70.84	12.70
24.82	3.84	26.27	5.19	55.27	10.32	128.62	12.95
24.58	2.97	23.24	3.78	51.23	7.81	81.71	8.38
16.17	2.41	15.26	2.14	19.84	2.75	33.81	2.83
17.11	2.84	20.09	4.22	41.17	7.88	85.16	15.69
18.48	2.98	26.20	4.05	33.47	4.17	51.81	5.07
18.58	3.18	28.22	4.51	45.66	6.96	64.18	7.04
21.55	3.66	37.10	6.17	48.59	9.37	113.98	23.25
21.32	4.12	34.67	6.26	61.28	14.28	126.96	19.71
23.02	3.30	31.48	5.61	55.47	10.16	109.93	19.61
23.89	4.08	31.91	6.18	25.69	4.31	69.55	10.76
23.93	3.79	24.30	3.88	85.75	27.47	42.95	8.35
22.08	2.85	37.24	7.69	85.36	21.29	160.37	31.07
31.20	5.16	44.92	8.86	59.31	11.58	138.89	24.02
28.39	4.30	37.78	7.88	104.97	25.63	78.71	11.78
30.72	3.71	41.87	10.55	38.64	6.19	139.33	22.81
24.03	4.26	29.57	4.95	20.31	3.03	81.47	13.24
17.01	2.65	18.58	2.97	29.04	4.06	30.34	3.09
16.16	2.52	17.70	2.76	39.87	5.10	49.47	4.55
19.52	2.96	20.66	3.27	36.09	5.21	48.99	3.07
16.32	1.41	20.45	1.86	26.49	3.50	72.78	7.21
17.51	2.47	26.28	4.14	35.61	6.21	39.94	4.36
16.04	2.07	18.05	2.28	55.09	10.96	79.89	10.46
28.26	4.96	32.42	5.91	27.08	4.33	93.25	13.71
19.95	3.03	21.01	3.18			57.51	7.15

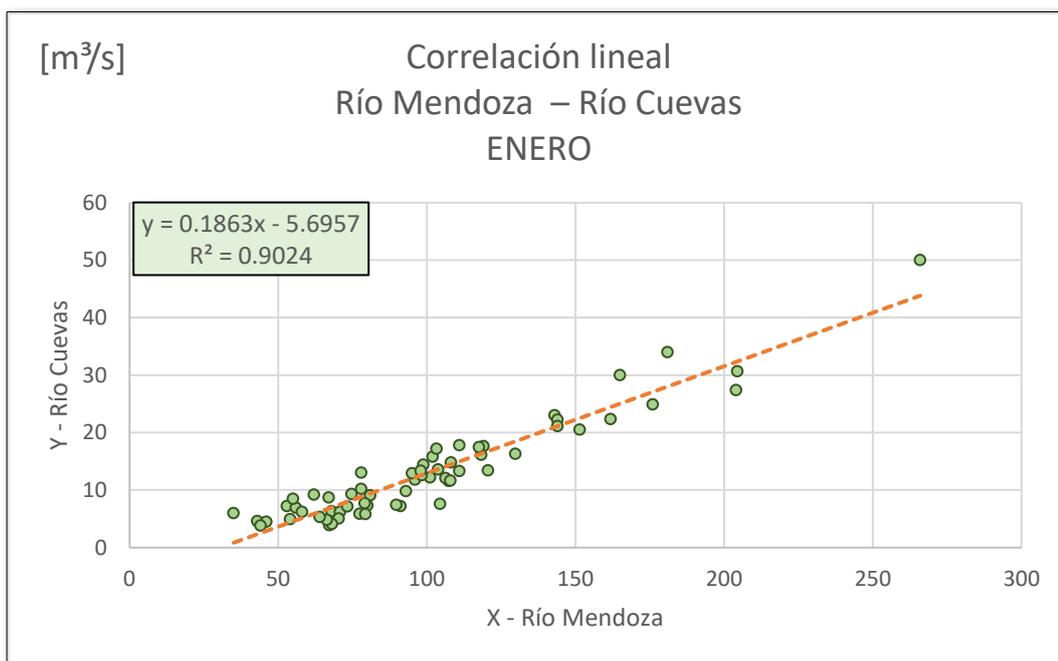


Figura A-51 Correlación enero. Río Mendoza – Río Cuevas

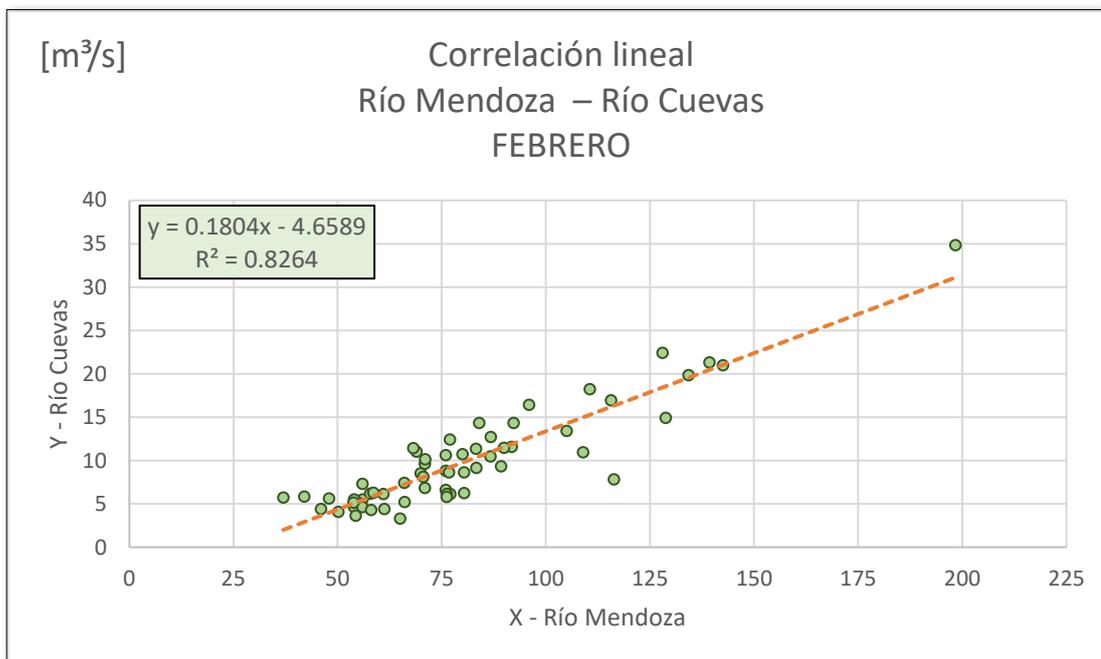


Figura A-52 Correlación febrero. Río Mendoza – Río Cuevas

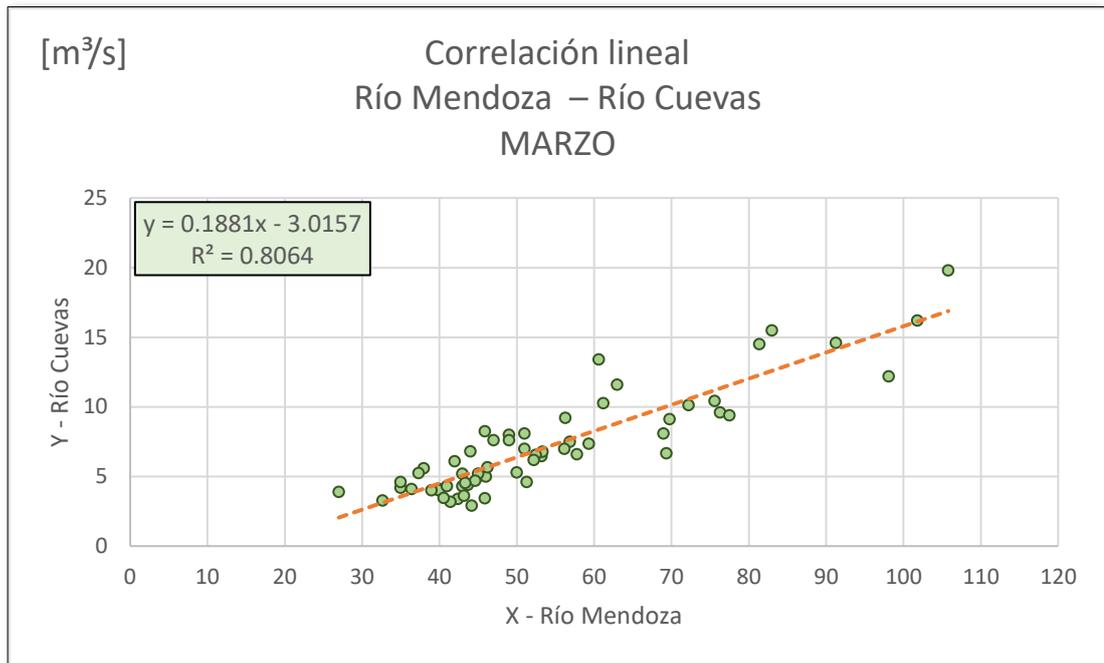


Figura A-53 Correlación marzo. Río Mendoza – Río Cuevas

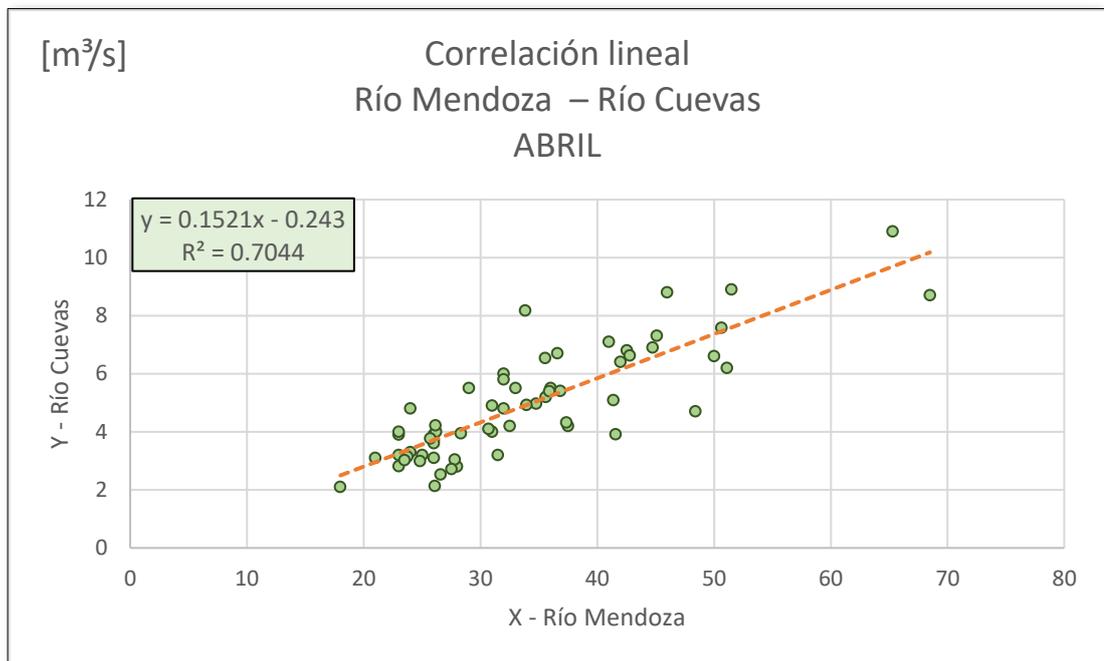


Figura A-54 Correlación abril. Río Mendoza – Río Cuevas

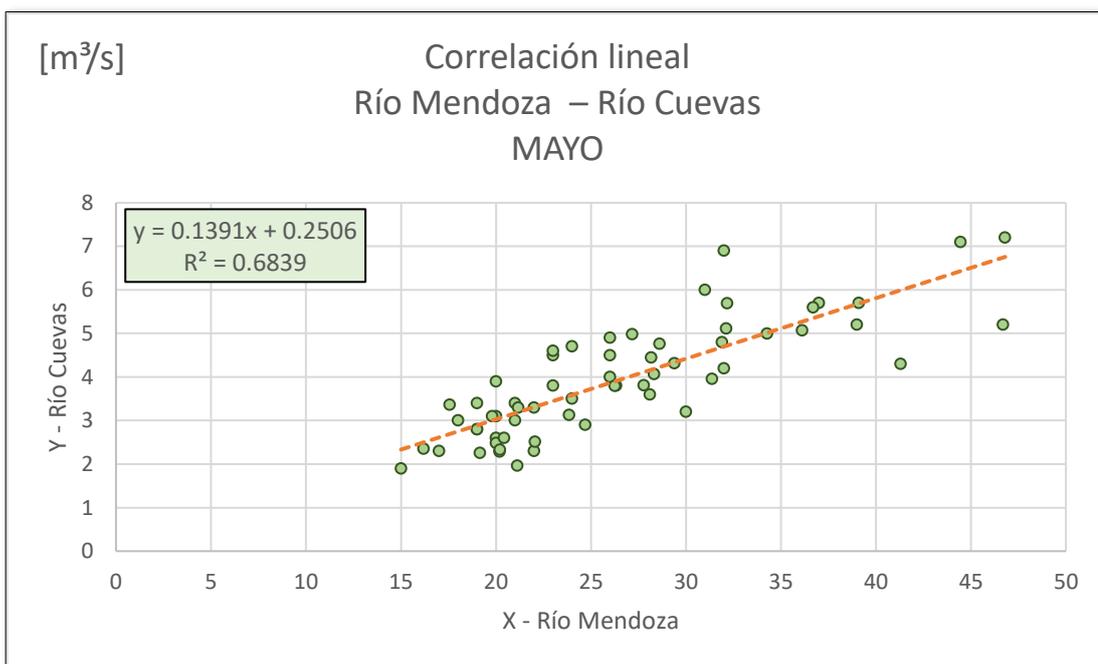


Figura A-55 Correlación mayo. Río Mendoza – Río Cuevas

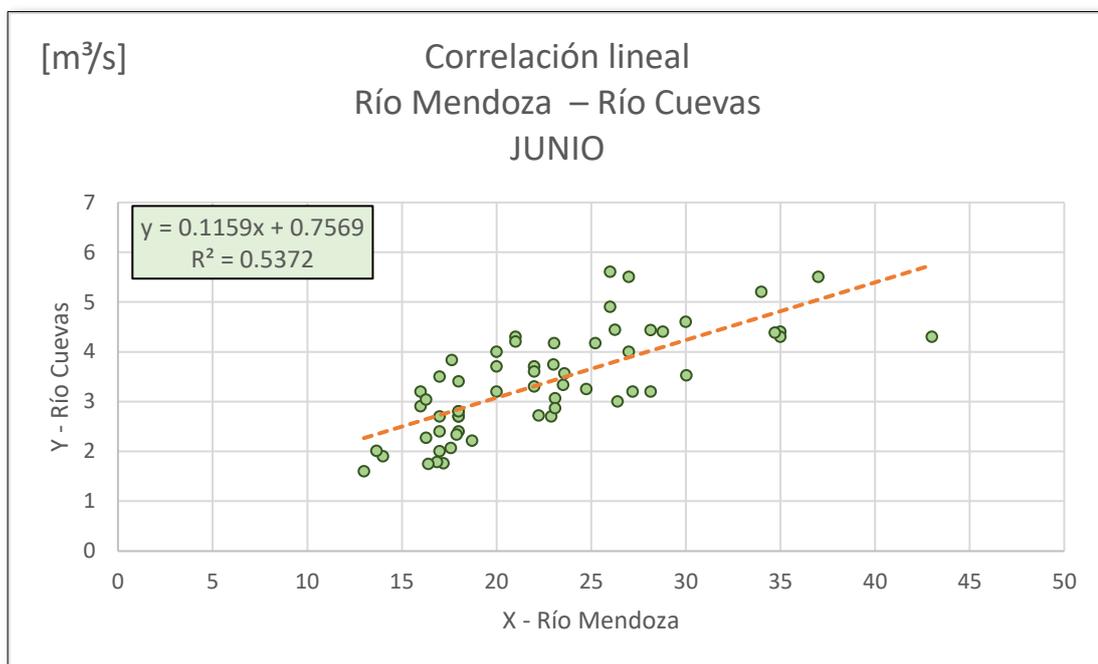


Figura A-56 Correlación junio. Río Mendoza – Río Cuevas

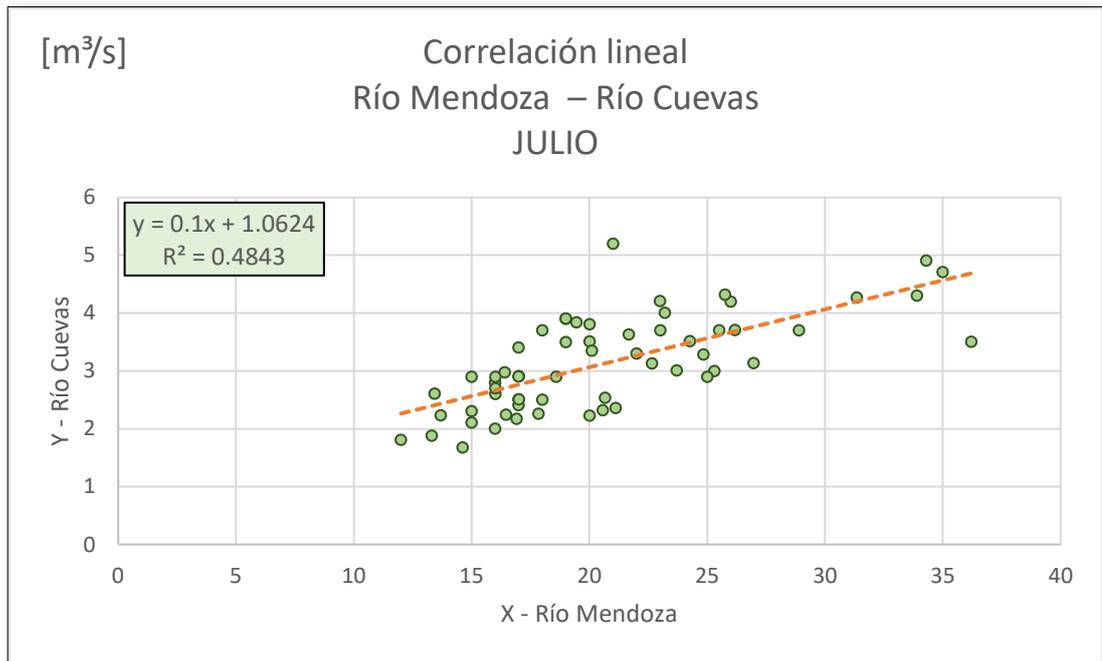


Figura A-57 Correlación julio. Río Mendoza – Río Cuevas

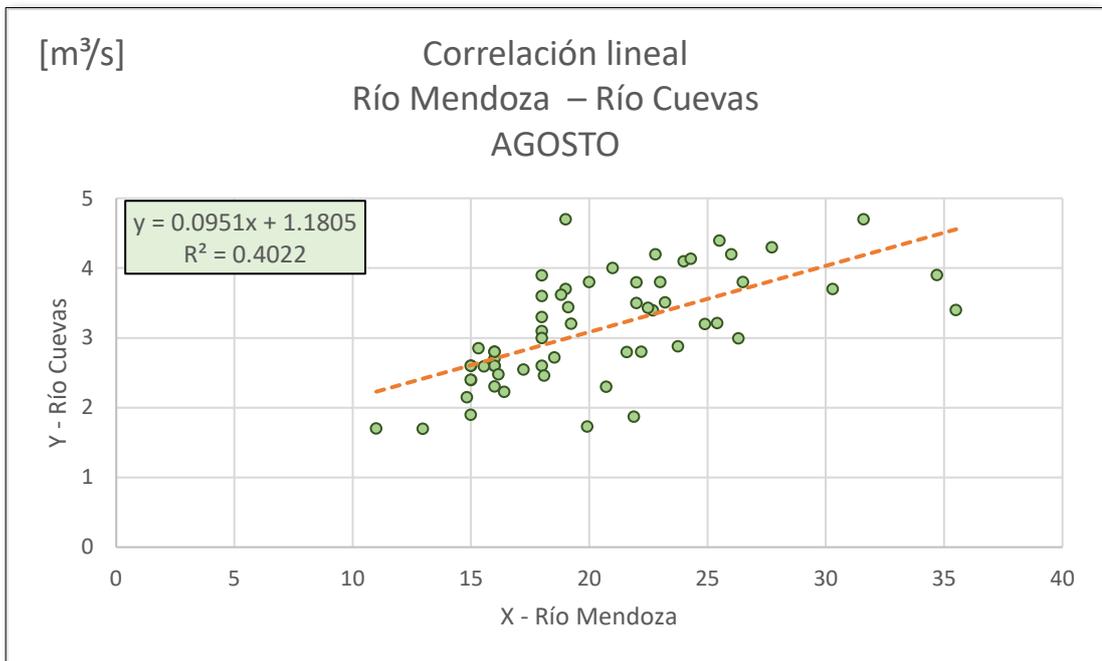


Figura A-58 Correlación agosto. Río Mendoza – Río Cuevas

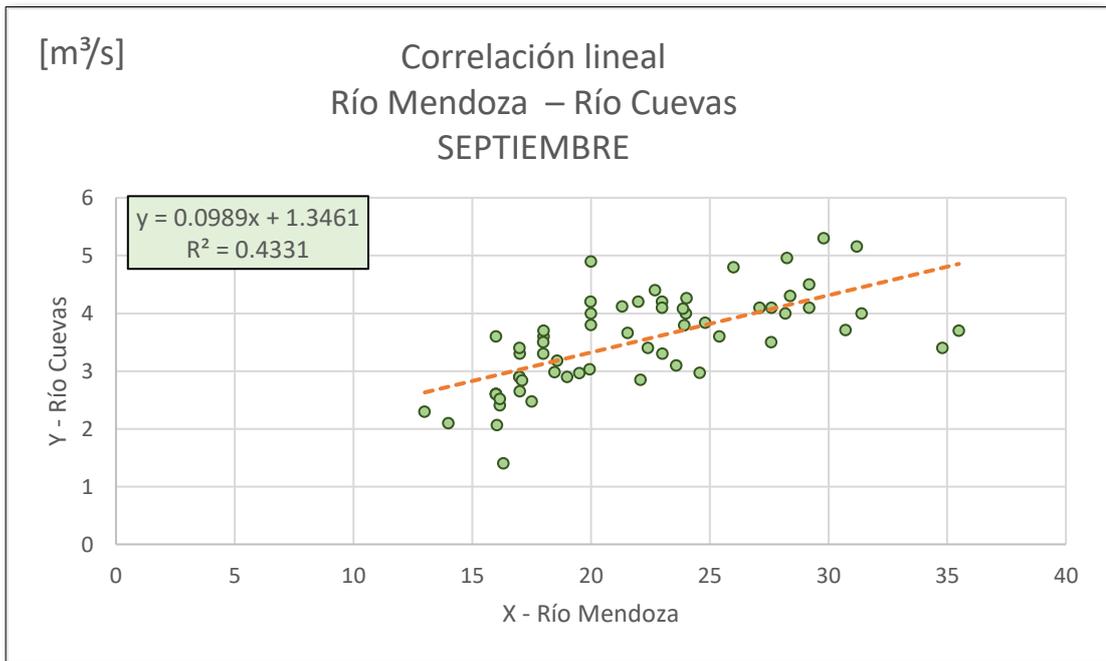


Figura A-59 Correlación septiembre. Río Mendoza – Río Cuevas

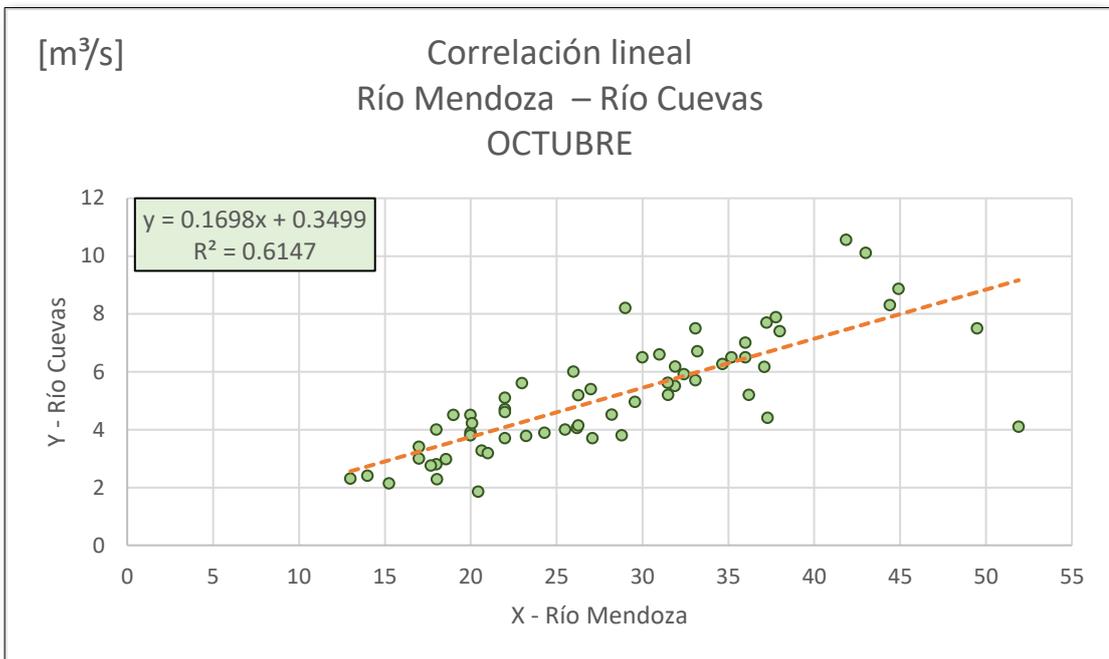


Figura A-60 Correlación octubre. Río Mendoza – Río Cuevas

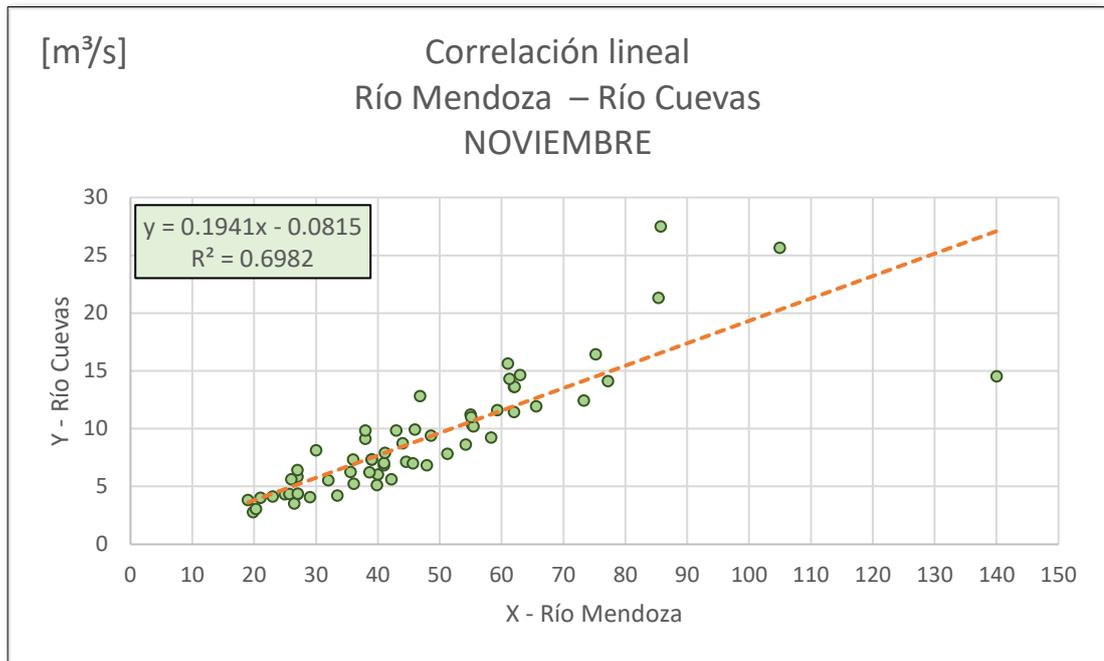


Figura A-61 Correlación noviembre. Río Mendoza – Río Cuevas

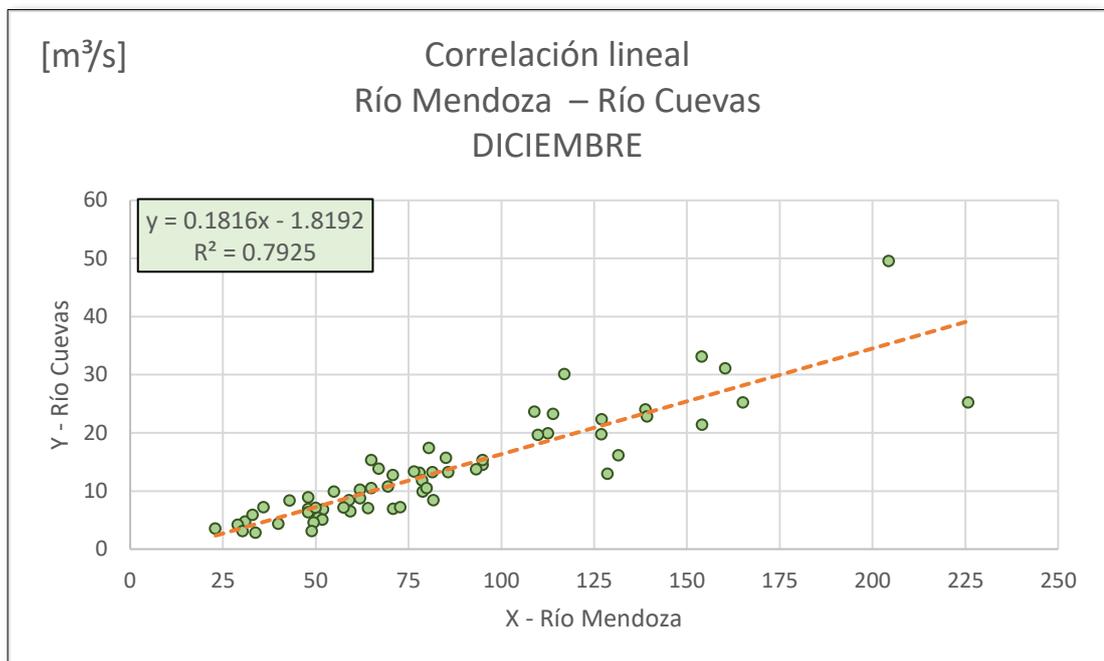


Figura A-62 Correlación diciembre. Río Mendoza – Río Cuevas

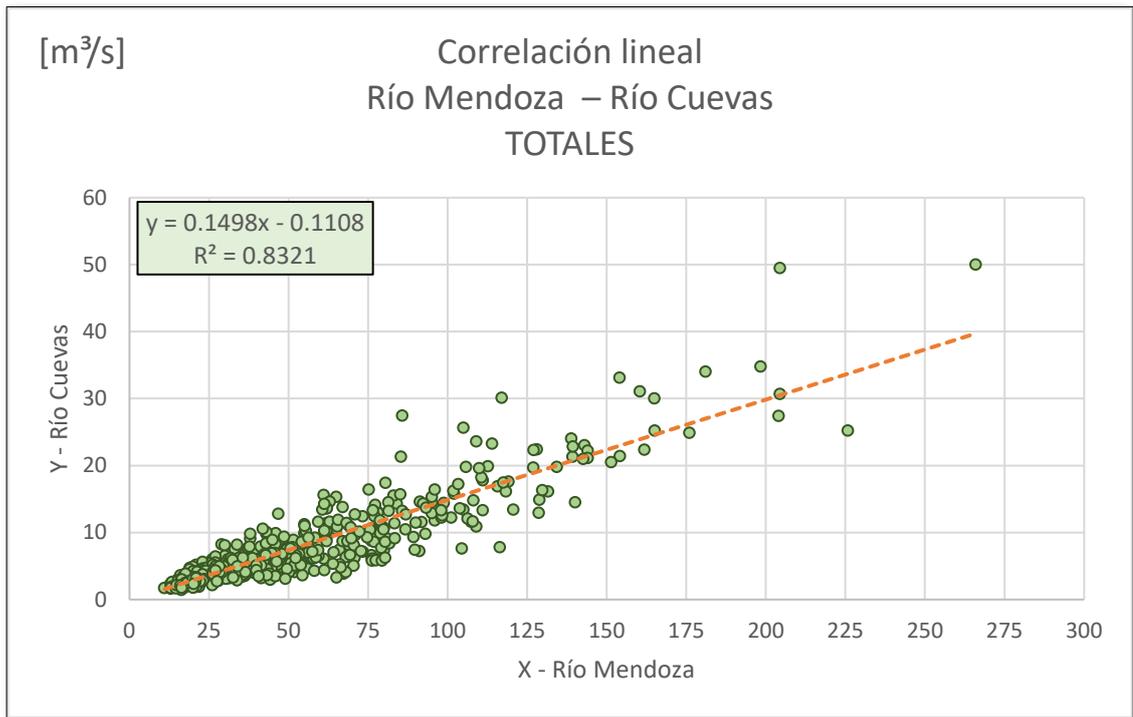


Figura A-63 Correlación totales. Río Mendoza – Río Cuevas

Tabla A-45 Coeficientes R^2 y ecuaciones de correlación. Río Mendoza – Río Cuevas

Año calendario		
Mes	Y =	R ² =
Enero	0.1863x - 5.6957	0.9024
Febrero	0.1804x - 4.6589	0.8264
Marzo	0.1881x - 3.0157	0.8064
Abril	0.1521x - 0.243	0.7044
Mayo	0.1391x + 0.2506	0.6839
Junio	0.1159x + 0.7569	0.5372
Julio	0.1x + 1.0624	0.4843
Agosto	0.0951x + 1.1805	0.4022
Septiembre	0.0989x + 1.3461	0.4331
Octubre	0.1698x + 0.3499	0.6147
Noviembre	0.1941x - 0.0815	0.6982
Diciembre	0.1816x - 1.8192	0.7925
Totales	0.1498x - 0.1108	0.8321

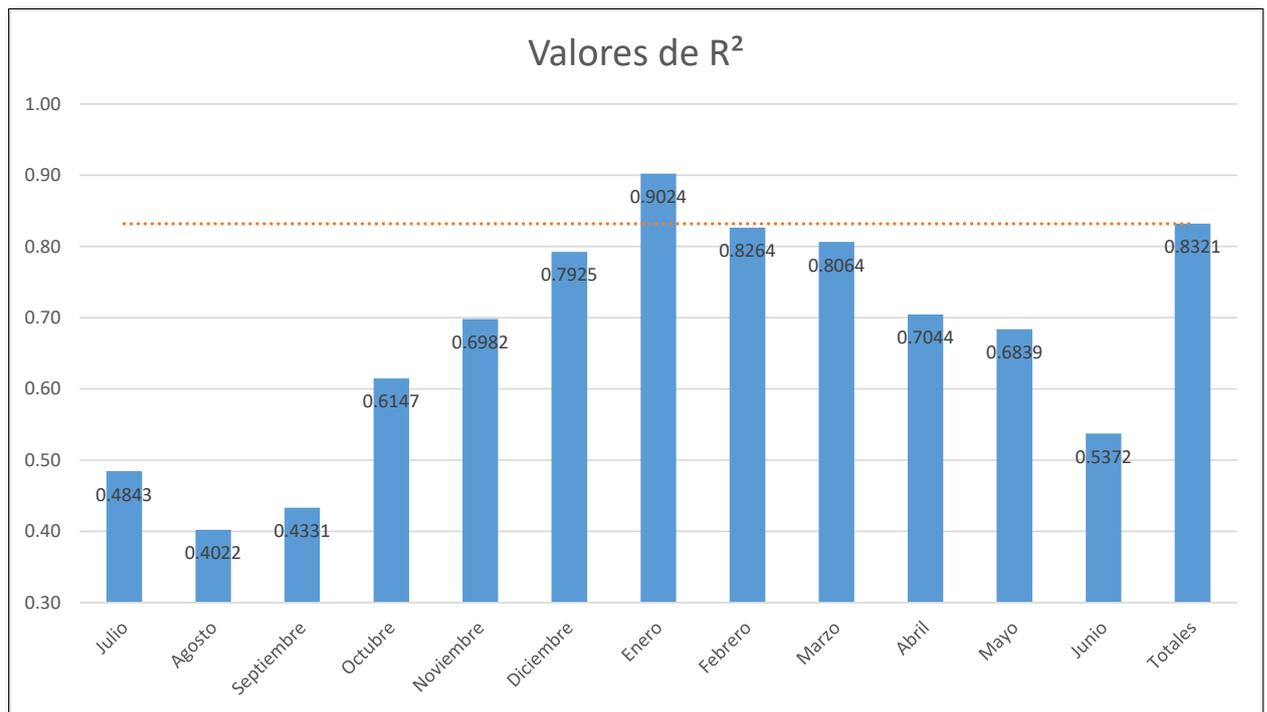


Figura A-64 Valores de R². Río Mendoza – Río Cuevas

Recordando que la serie del río Mendoza tiene una fuerte autocorrelación, se analizó la serie del río Cuevas y se descubrió el mismo fenómeno, explicando así que el valor de R² para los totales sea el segundo superior. De esta forma, si bien se publican los resultados obtenidos de las regresiones, se advierte que su uso para posteriores investigaciones debe quedar sujeto a una revisión y análisis específicos de la serie.

Tabla A-46 Caudales medios mensuales faltantes rellenados. Río Mendoza – Río Cuevas

Estación: Guido				Estación: Cuevas			
Fecha	Mes	Medición	Regresión	Fecha	Mes	Medición	Regresión
-	1		124.51	01/01/49	1	17.50	-
-	2		92.84	01/02/49	2	11.60	-
-	3		72.44	01/03/49	3	7.80	-
-	4		63.32	01/04/49	4	6.10	-
-	5		55.26	01/05/49	5	4.60	-
-	6		50.43	01/06/49	6	3.70	-
-	7		47.76	01/07/49	7	3.20	-
-	8		49.36	01/08/49	8	3.50	-
-	9		49.90	01/09/49	9	3.60	-
-	10		57.95	01/10/49	10	5.10	-
-	11		72.44	01/11/49	11	7.80	-
-	12		70.83	01/12/49	12	7.50	-
-	1		71.90	01/01/50	1	7.70	-
-	2		64.93	01/02/50	2	6.40	-
-	3		61.71	01/03/50	3	5.80	-
-	4		52.04	01/04/50	4	4.00	-
-	5		50.43	01/05/50	5	3.70	-
-	6		47.75	01/06/50	6	3.20	-
-	7		45.62	01/07/50	7	2.80	-
-	8		45.60	01/08/50	8	2.80	-
-	9		45.60	01/09/50	9	2.80	-
-	10		53.65	01/10/50	10	4.30	-
-	11		59.56	01/11/50	11	5.40	-
-	12		77.27	01/12/50	12	8.70	-
-	1		69.22	01/01/51	1	7.20	-
-	2		60.63	01/02/51	2	5.60	-
-	3		55.26	01/03/51	3	4.60	-
-	4		47.75	01/04/51	4	3.20	-
-	5		46.14	01/05/51	5	2.90	-
-	6		45.07	01/06/51	6	2.70	-
-	7		45.07	01/07/51	7	2.70	-
-	8		45.07	01/08/51	8	2.70	-
-	9		45.07	01/09/51	9	2.70	-
-	10		49.90	01/10/51	10	3.60	-
-	11		77.27	01/11/51	11	8.70	-
-	12		84.79	01/12/51	12	10.10	-
-	7		45.61	01/07/55	7	2.80	-
-	8		42.92	01/08/55	8	2.30	-
-	9		46.14	01/09/55	9	2.90	-
-	10		49.36	01/10/55	10	3.50	-
-	11		76.20	01/11/55	11	8.50	-
-	12		89.08	01/12/55	12	10.90	-
-	1		75.12	01/01/56	1	8.30	-
-	2		63.85	01/02/56	2	6.20	-
-	3		54.73	01/03/56	3	4.50	-
-	4		50.43	01/04/56	4	3.70	-
-	5		47.75	01/05/56	5	3.20	-
-	6		46.68	01/06/56	6	3.00	-
01/06/86	6	28.00	-	-	6	-	4.00
01/07/00	7	20.69	-	-	7	-	3.13
01/08/00	8	21.49	-	-	8	-	3.22
01/11/00	11	46.74	-	-	11	-	8.99
01/07/01	7	20.44	-	-	7	-	3.11
01/08/01	8	20.71	-	-	8	-	3.15
01/02/02	2	86.03	-	-	2	-	10.86
01/05/02	5	27.96	-	-	5	-	4.14
01/06/02	6	25.36	-	-	6	-	3.70
01/02/03	2	114.80	-	-	2	-	16.05

A.IV.3. Río Mendoza – Río Vacas

Tabla A-47 Regresiones Guído – Vacas para el periodo 1956 - 2017

ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas	X – Río Mendoza	Y – Río Vacas	X – Río Mendoza	Y – Río Vacas	X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
54.00	2.80	54.00	3.40	43.00	2.90	28.00	1.90
78.00	6.40	56.00	5.80	38.00	4.30	23.00	2.40
53.00	3.70	66.00	5.30	45.00	4.70	23.00	2.00
93.00	8.10	76.00	7.90	46.00	4.50	26.00	2.40
67.00	7.40	56.00	5.70	40.00	3.80	24.00	3.20
78.00	7.00	69.00	5.40	47.00	4.90	29.00	2.40
56.00	3.50	55.00	3.70	40.00	3.00	26.00	2.30
143.00	12.00	84.00	6.40	49.00	4.60	32.00	3.80
43.00	2.80	46.00	2.90	40.00	3.30	26.00	2.20
111.00	12.70	77.00	7.20	51.00	5.20	36.00	3.80
62.00	5.20	70.00	5.60	42.00	3.80	32.00	3.10
58.00	5.00	61.00	6.60	41.00	4.30	24.00	2.70
46.00	4.58	56.00	5.30	39.00	4.40	18.00	1.90
81.00	6.10	71.00	6.60	45.00	4.40	31.00	2.80
35.00	2.80	37.00	3.50	27.00	2.70	21.00	2.30
68.01	6.10	54.01	6.60	35.01	3.80	25.01	2.40
181.00	18.70	128.00	13.30	83.00	10.20	46.00	5.70
96.00	8.60	76.00	8.10	51.00	5.80	33.00	3.80
95.00	9.20	71.00	6.70	44.00	4.60	31.00	2.80
80.00	6.70	48.00	3.70	35.00	2.90	23.00	2.20
55.00	3.20	42.00	2.90	43.00	3.60	26.00	2.50
102.01	10.40	76.00	8.70	49.00	6.30	32.00	4.10
165.00	19.70	96.00	10.80	63.00	6.60	41.00	4.10
111.00	7.90	80.00	4.90	69.00	4.90	50.00	4.00
98.80	9.40	105.00	10.30	76.30	8.40	42.00	3.70
91.10	6.70	77.10	7.20	42.40	3.90	31.50	3.00
265.90	27.30	198.40	20.60	105.80	11.10	65.30	7.60
151.40	10.10	128.80	10.80	77.50	6.30	51.10	4.20
119.10	9.10	115.70	7.50	81.40	6.80	45.10	3.90
101.10	7.50	89.30	8.00	57.80	4.80	35.60	3.30
176.00	11.10	134.30	12.40	98.10	7.10	48.40	4.50
204.00	17.60	139.30	8.30	101.80	5.50	68.50	4.30
104.50	8.90	116.40	8.30	50.00	6.50	37.50	4.00
89.70	5.70	76.20	5.50	43.70	3.50	26.20	2.40
70.80	5.70	66.10	4.90	51.30	5.70	30.70	2.70
144.00	11.20	110.60	10.80	91.30	7.60	51.50	4.00
103.30	7.74	92.30	5.50	60.63	4.50	36.60	3.00
108.11	9.80	71.08	5.30	56.87	6.50	32.50	3.30
98.27	8.45	76.79	5.27	53.23	3.93	41.57	3.63
73.26	3.22	57.82	3.60	44.64	3.75	25.70	1.93
67.27	5.37	50.18	4.55	44.20	3.59	22.99	2.29
129.80	8.43	68.19	5.23	45.90	3.88	35.55	2.79
70.43	4.02	76.25	4.40	43.35	4.24	23.75	2.34
79.15	5.43	58.61	5.34	37.31	3.29	26.15	2.07
118.30	7.47	109.00	8.62	69.34	5.79	36.84	3.12
97.98	11.80	86.03	5.12	56.19	4.66	35.90	2.47
74.70	5.33	114.80	9.86	75.62	5.03	44.76	2.79
204.44	22.48	83.26	12.34	53.35	5.71	34.77	2.66
161.83	11.69	70.58	4.70	46.22	3.83	28.32	1.66
107.39	8.29	142.55	12.70	61.21	5.56	42.55	3.23
117.53	10.31	86.80	7.12	69.79	5.85	42.80	3.02
106.25	7.69	80.41	7.76	52.45	4.18	37.36	3.49
44.08	1.78	91.85	9.32	72.24	6.55	50.65	6.04
68.06	3.10	86.72	6.61	59.34	4.54	41.38	2.98
77.43	3.99	54.35	2.41	41.46	2.36	26.60	1.74
79.39	5.75	58.08	3.47	45.91	3.32	27.79	2.54
66.43	3.73	65.05	3.75	32.65	2.32	23.49	1.69
107.92	6.52	53.84	3.45	36.42	2.29	24.83	1.73
120.62	9.41	61.24	3.66	43.20	2.65	26.08	1.68
63.96	3.73	90.01	5.55	56.31	2.93	33.84	2.37
		83.37	5.03	52.22	3.13	33.95	2.30
		80.42	7.54	40.57	2.74	27.52	2.03

MAYO	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
22.00	1.40
18.00	1.50
24.00	1.80
20.00	1.30
20.00	2.40
23.00	2.30
20.00	2.00
26.00	3.20
19.00	1.70
26.00	3.20
23.00	2.60
19.00	2.10
15.00	1.40
22.00	2.40
17.00	1.50
21.00	1.90
32.00	4.30
23.00	2.90
26.00	2.20
19.00	1.60
21.00	1.80
24.00	2.90
31.00	3.70
37.00	3.40
31.90	3.00
24.70	2.30
46.80	4.80
39.00	3.60
39.10	2.60
32.00	2.50
41.30	5.10
46.70	3.40
30.00	2.50
19.80	2.10
28.10	2.20
44.46	2.60
36.70	1.90
26.33	2.70
28.18	2.57
22.06	1.75
16.20	2.44
28.62	2.18
20.00	1.67
17.56	1.74
27.17	2.53
27.96	2.01
32.17	2.10
27.78	1.88
23.84	1.29
36.12	2.49
32.11	2.49
31.38	1.93
34.27	4.29
29.39	1.93
20.19	1.33
20.43	1.86
19.16	1.40
21.18	1.46
21.12	1.32
28.32	2.06
26.26	2.00
20.22	1.85

JUNIO	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
18.00	1.30
16.00	1.80
20.00	1.60
17.00	1.20
17.00	1.40
20.00	1.80
17.00	1.30
21.00	2.70
18.00	1.90
22.00	2.40
18.00	2.10
17.00	1.80
13.00	0.90
18.00	1.60
14.00	1.30
18.00	1.60
26.00	3.90
20.00	2.20
22.00	1.70
16.00	1.30
18.00	1.40
21.00	2.30
26.00	3.00
30.00	2.70
27.00	2.60
22.00	1.70
37.00	4.30
35.00	2.20
34.00	2.60
35.00	6.40
43.00	2.90
27.20	2.30
22.90	1.90
26.40	2.10
27.00	2.40
28.80	1.70
23.53	2.40
23.60	2.51
17.20	1.39
13.67	1.92
25.22	1.95
16.28	1.65
16.28	1.45
23.05	2.15
25.36	1.95
28.15	2.02
24.75	1.63
23.11	1.26
34.70	1.74
26.26	1.73
28.14	2.10
30.04	2.08
23.01	1.31
17.59	0.98
17.89	1.38
18.71	1.31
17.64	1.24
16.87	1.25
23.09	1.73
22.23	1.70
16.40	1.72

JULIO	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
17.00	1.60
17.00	1.40
15.01	1.40
18.01	1.20
16.00	1.10
18.01	1.70
17.00	1.90
16.01	0.80
19.00	2.70
16.00	1.80
20.00	2.40
17.00	1.80
15.00	1.80
12.00	1.10
16.01	1.40
15.01	1.50
16.01	1.40
21.00	3.50
19.00	2.40
19.00	1.70
17.00	1.40
17.01	1.20
20.01	2.30
23.00	2.60
26.01	2.30
23.01	2.10
22.00	1.80
34.30	3.60
25.31	1.90
33.90	1.80
28.90	2.00
36.21	6.20
35.00	2.80
23.71	2.10
18.60	1.70
25.00	2.10
25.51	2.50
20.57	2.07
19.45	2.36
16.46	1.39
13.69	1.75
21.68	1.91
13.44	1.70
24.27	1.99
22.66	1.46
21.11	1.19
31.35	1.79
26.18	1.69
26.97	1.32
24.84	1.62
20.11	1.38
13.31	0.84
17.84	1.41
16.91	1.23
16.41	1.60
14.62	1.15
20.00	2.14
20.67	1.54

AGOSTO	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
18.00	1.60
16.00	1.60
15.01	1.70
18.01	1.20
15.00	1.50
19.01	2.10
18.00	2.20
15.01	1.10
18.00	2.60
15.00	1.60
20.00	2.66
16.00	1.80
15.00	1.50
11.00	1.40
16.00	1.40
16.01	2.10
16.01	1.80
19.00	3.50
21.00	2.80
18.00	1.70
16.00	1.50
18.01	2.10
23.01	2.90
24.00	3.20
26.01	2.60
22.01	2.10
22.70	1.90
31.60	3.50
22.01	2.20
30.30	1.90
26.50	1.80
35.51	8.10
34.70	3.10
22.21	2.20
21.60	2.00
24.90	2.20
22.80	2.20
25.51	2.70
21.89	2.71
18.81	2.27
16.17	1.35
15.56	2.14
19.12	1.65
15.33	1.70
23.76	1.71
24.30	2.02
22.49	1.58
20.73	1.65
27.72	2.13
25.42	1.83
26.31	1.23
23.21	1.62
19.23	1.39
12.97	0.86
17.23	1.30
16.41	1.36
18.52	1.64
14.83	1.35
19.92	1.94
18.10	1.41

SEPTIEMBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
19.00	2.10
16.00	1.50
18.01	2.30
23.01	3.00
17.00	1.70
16.01	2.00
18.00	2.40
16.00	1.70
20.00	2.90
18.00	2.00
22.00	3.00
16.00	1.90
14.00	1.30
13.00	2.10
17.00	1.60
18.01	2.20
17.01	2.10
20.00	3.90
20.00	2.90
20.00	2.20
17.00	1.70
26.01	4.20
24.01	3.70
23.00	3.40
29.81	3.50
22.41	1.80
29.20	2.80
29.20	2.90
27.11	2.40
27.60	2.00
28.20	1.90
34.81	7.00
35.50	2.90
25.41	2.30
23.60	1.80
31.40	2.90
22.70	2.70
27.61	2.60
24.82	2.98
24.58	2.52
16.17	1.43
17.11	2.61
18.48	1.48
18.58	1.84
21.55	1.91
21.32	2.28
23.02	1.60
23.89	2.18
23.93	1.94
22.08	1.92
31.20	3.16
28.39	2.75
30.72	4.54
24.03	1.77
16.16	1.30
19.52	1.77
16.32	1.40
17.51	1.37
16.04	1.47
28.26	3.22
19.95	2.15

OCTUBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
22.00	2.30
18.00	2.30
36.00	5.90
27.01	2.40
22.00	4.20
29.01	5.20
20.00	2.50
20.00	2.60
20.00	2.60
31.00	4.90
26.00	4.90
17.00	2.40
13.00	1.40
14.00	2.00
18.00	2.90
22.01	2.40
22.01	3.10
23.00	4.70
30.00	5.00
19.00	2.30
17.00	1.70
43.01	8.50
36.01	6.70
38.00	6.00
33.21	4.70
25.51	2.90
35.20	5.00
49.50	7.20
44.41	5.50
28.80	2.60
36.20	4.20
51.91	8.10
37.30	4.30
33.10	4.00
27.10	2.20
31.90	4.10
33.10	8.60
31.51	7.10
26.27	2.48
23.24	2.16
15.26	1.40
20.09	3.11
26.20	1.72
28.22	2.32
37.10	4.20
34.67	4.08
31.48	3.80
31.91	5.28
24.30	2.00
37.24	5.75
44.92	5.47
37.78	5.23
41.87	5.90
29.57	3.40
18.58	1.21
17.70	1.64
20.66	2.74
20.45	1.92
26.28	2.16
18.05	1.72
32.42	3.84
21.01	2.50

NOVIEMBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
27.00	2.60
32.00	4.30
41.00	5.40
39.00	4.20
43.00	6.70
62.01	7.50
36.00	4.40
21.00	2.40
25.00	2.70
61.00	12.20
38.00	5.70
23.00	3.00
19.00	2.20
30.00	5.40
27.00	3.70
41.01	3.40
38.01	6.70
46.00	7.80
44.00	7.30
26.00	3.50
27.00	4.50
63.01	11.30
62.01	11.60
39.00	5.10
55.01	8.20
40.01	4.50
75.20	11.10
77.20	8.80
65.61	11.10
58.30	7.30
62.10	9.30
140.03	36.50
47.90	4.10
73.30	5.80
46.80	8.20
54.20	5.90
44.61	5.10
55.27	6.21
51.23	3.49
19.84	1.75
41.17	6.71
33.47	2.34
45.66	3.89
48.59	6.42
61.28	8.76
55.47	9.42
25.69	2.34
85.75	18.86
85.36	12.20
59.31	7.88
104.97	15.55
38.64	4.84
20.31	1.42
29.04	2.45
39.87	5.02
36.09	2.98
26.49	2.24
35.61	3.10
55.09	6.10
27.08	2.22

DICIEMBRE	
X – Río Mendoza	Y – Río Vacas
31.00	2.10
67.00	10.90
52.00	4.60
65.00	5.90
78.00	6.70
95.01	9.10
48.00	3.70
109.00	16.70
29.00	2.70
65.00	9.80
48.00	4.90
48.00	3.50
23.00	2.20
95.00	8.70
36.00	3.30
50.01	3.60
117.01	15.70
62.00	7.10
55.00	7.60
59.00	5.40
33.00	3.20
127.05	13.60
154.03	29.50
62.00	7.80
131.61	11.50
59.40	3.80
204.40	27.00
154.10	10.60
112.61	11.60
85.70	6.60
165.09	17.10
225.80	29.60
70.90	5.70
78.90	5.20
50.70	3.60
80.50	9.00
76.50	5.00
70.84	5.60
128.62	12.67
81.71	3.24
33.81	2.72
85.16	8.63
51.81	2.53
64.18	3.18
109.93	5.09
69.55	6.72
42.95	3.08
160.37	27.57
138.89	12.13
78.71	5.92
139.33	12.14
81.47	7.94
30.34	1.62
49.47	2.52
48.99	2.87
72.78	4.90
39.94	1.80
79.89	7.70
93.25	6.64
57.51	2.67

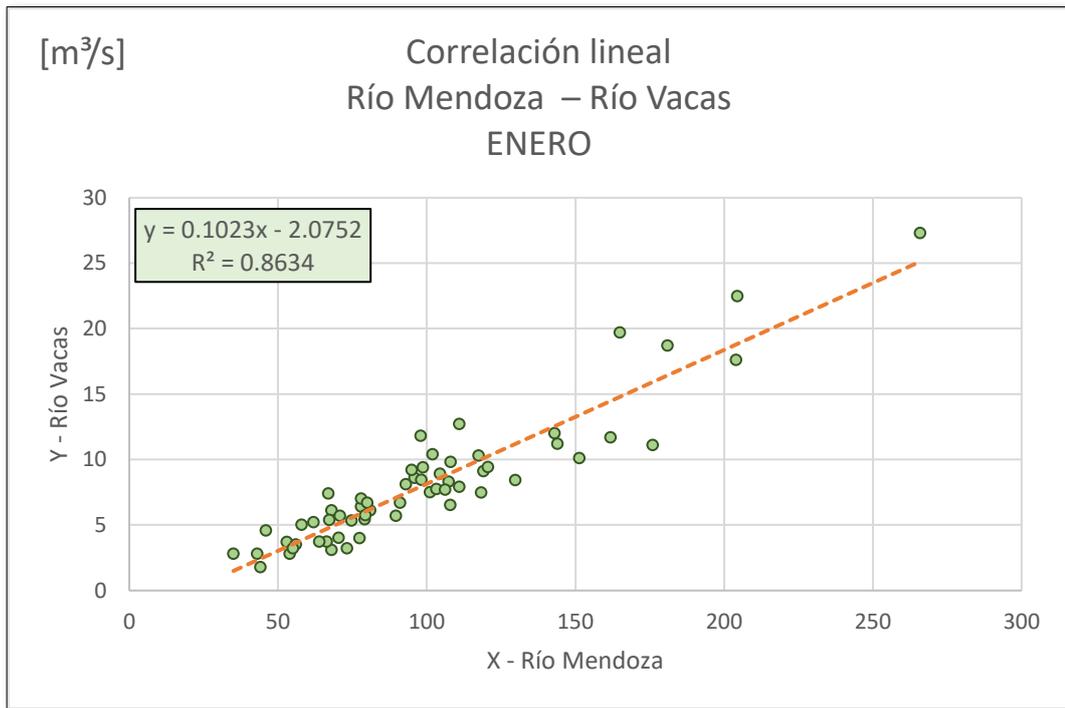


Figura A-65 Correlación enero. Río Mendoza – Río Vacas

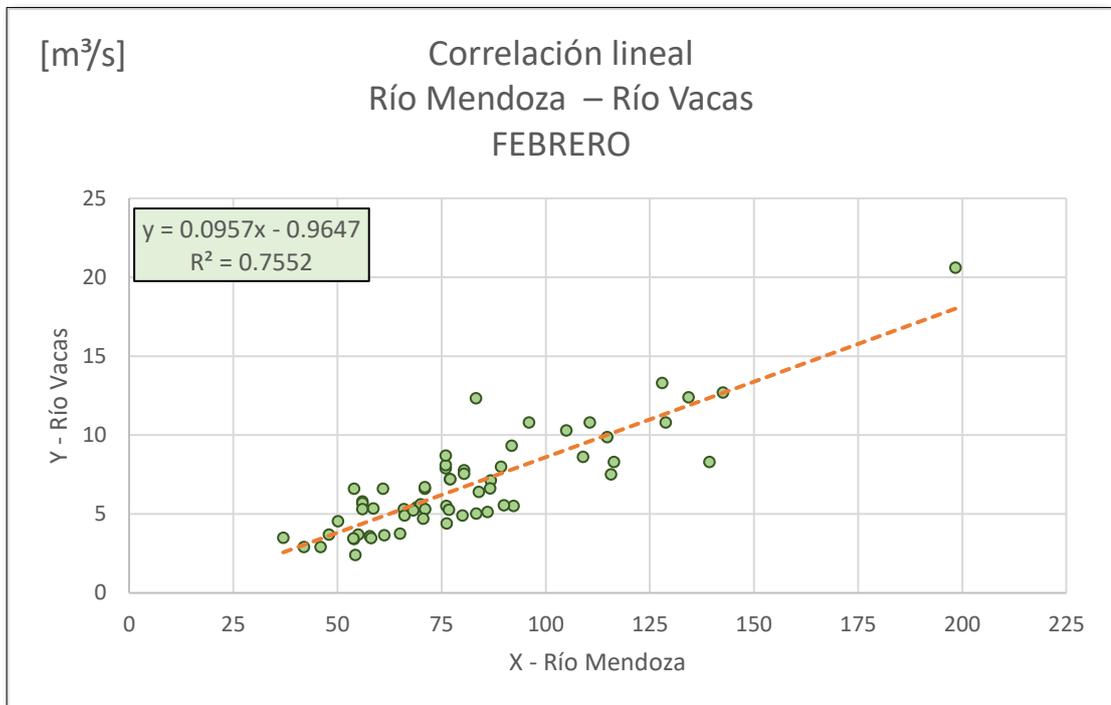


Figura A-66 Correlación febrero. Río Mendoza – Río Vacas

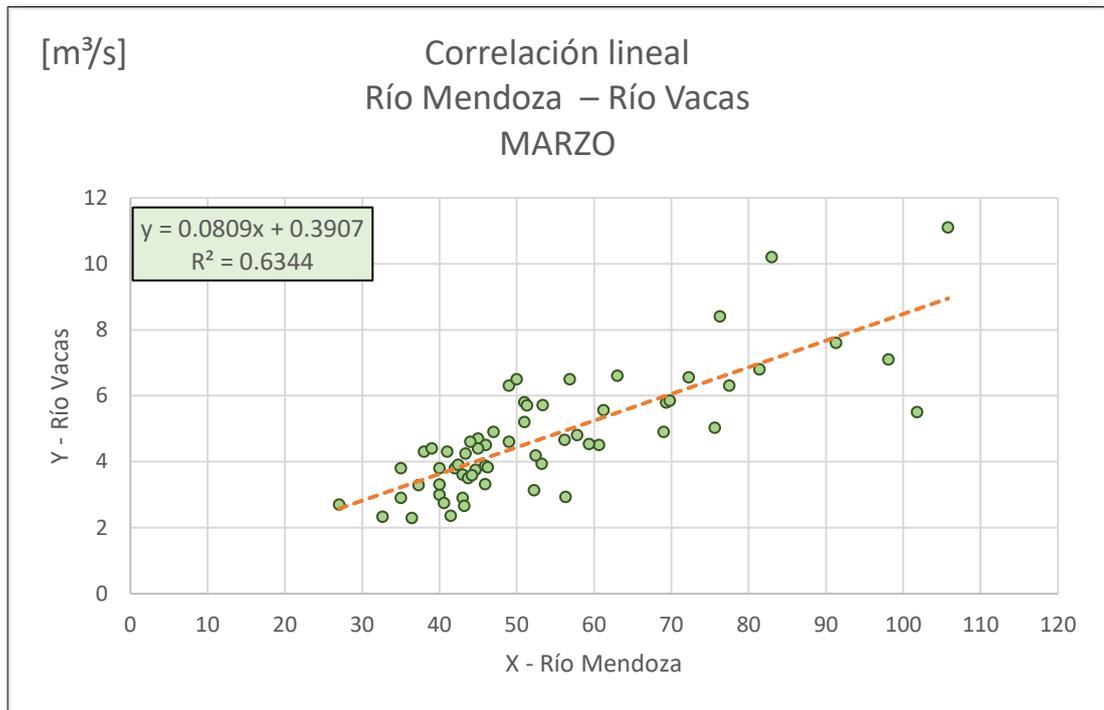


Figura A-67 Correlación marzo. Río Mendoza – Río Vacas

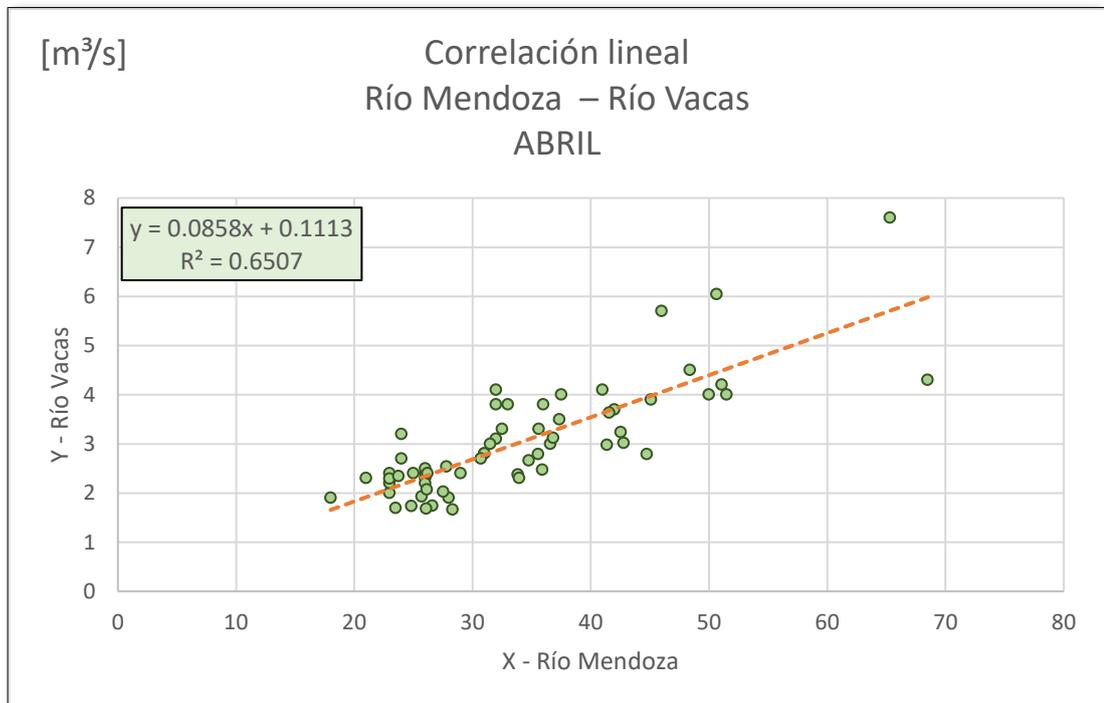


Figura A-68 Correlación abril. Río Mendoza – Río Vacas

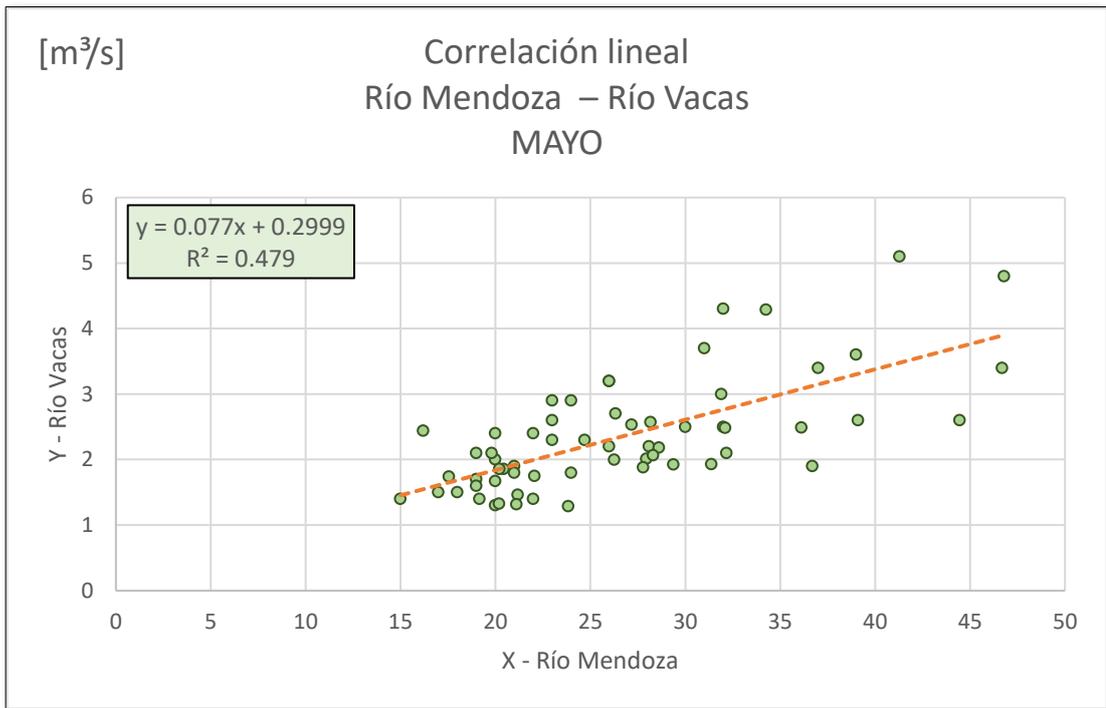


Figura A-69 Correlación mayo. Río Mendoza – Río Vacas

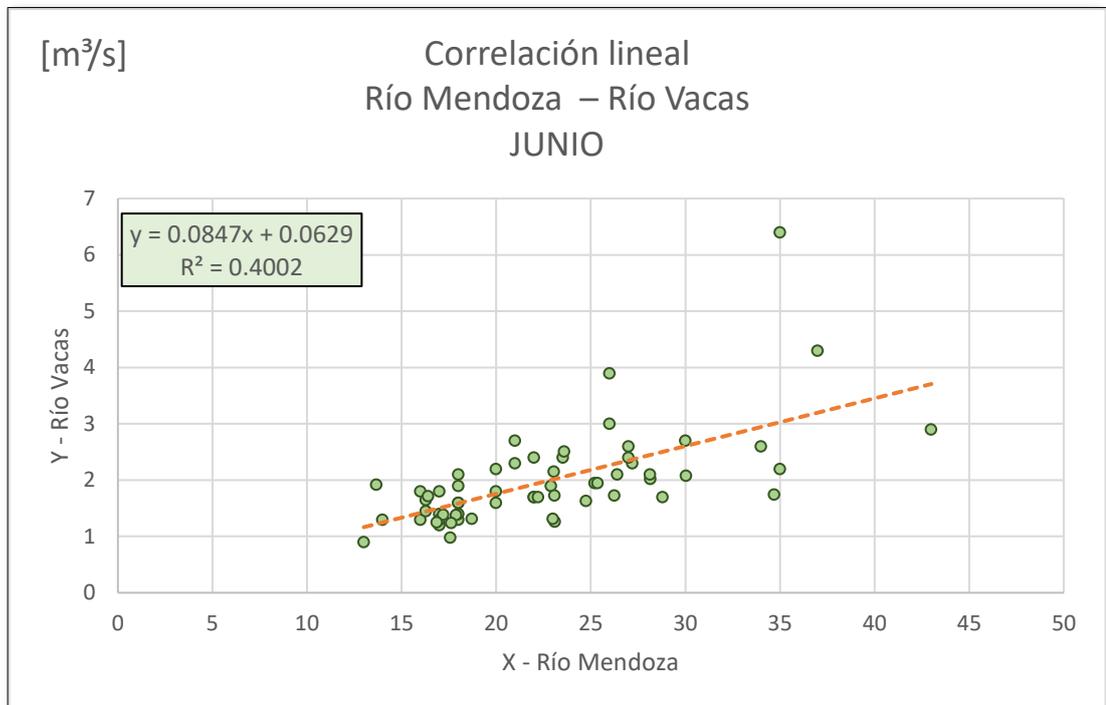


Figura A-70 Correlación junio. Río Mendoza – Río Vacas

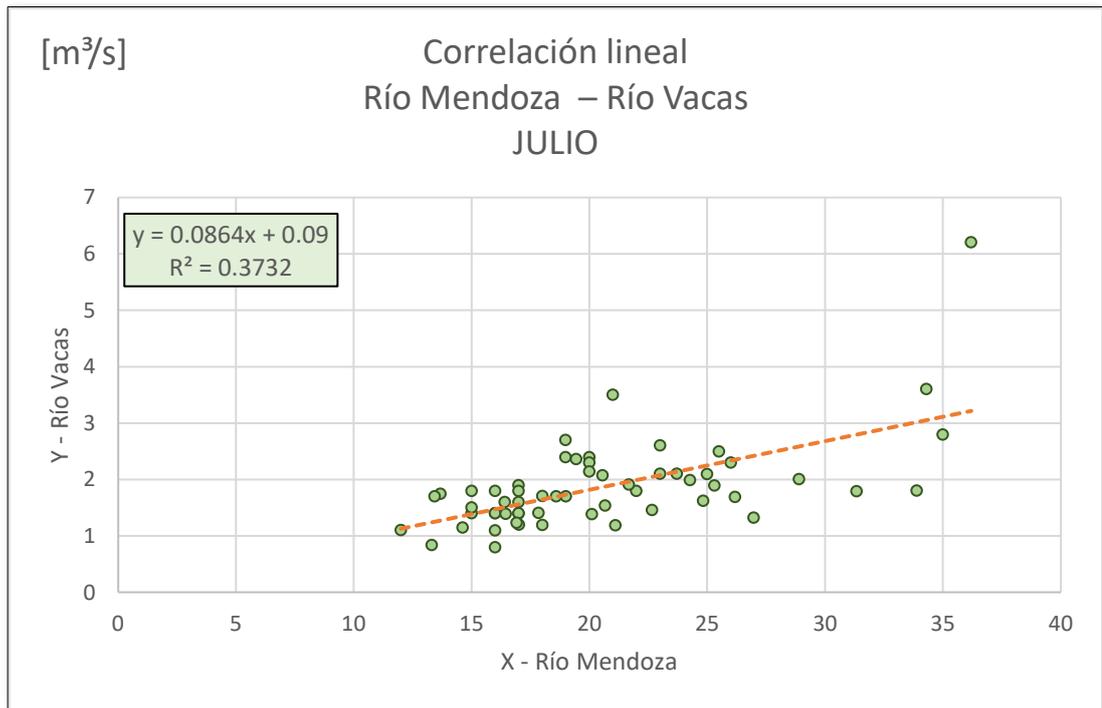


Figura A-71 Correlación julio. Río Mendoza – Río Vacas

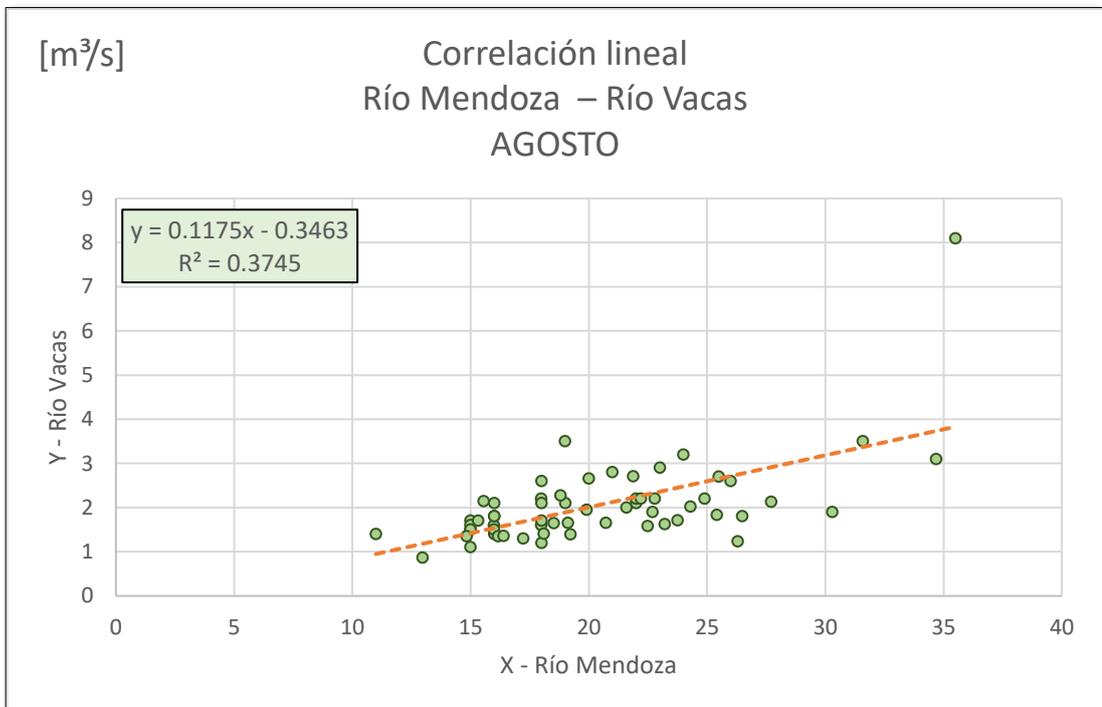


Figura A-72 Correlación agosto. Río Mendoza – Río Vacas

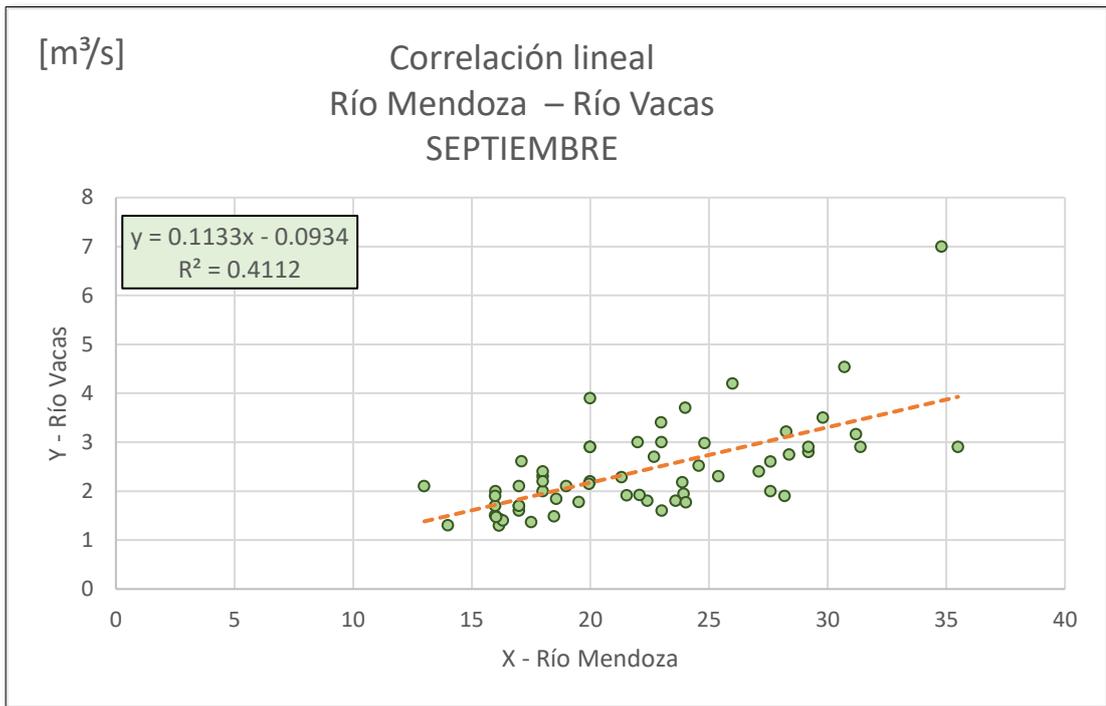


Figura A-73 Correlación septiembre. Río Mendoza – Río Vacas

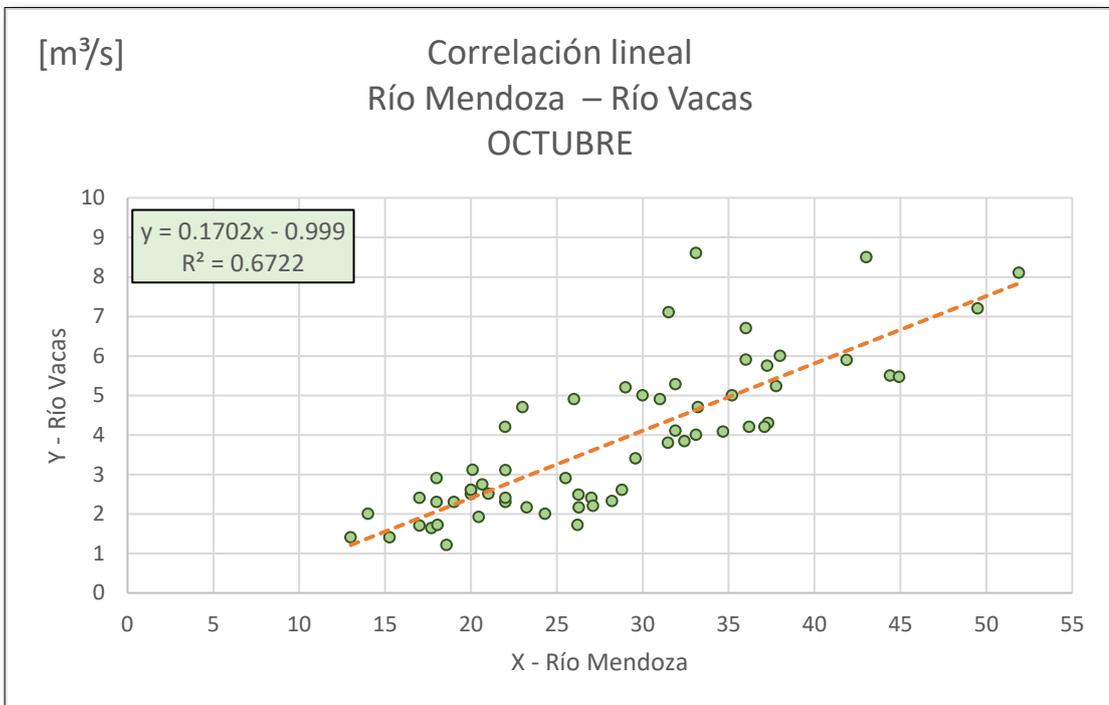


Figura A-74 Correlación octubre. Río Mendoza – Río Vacas

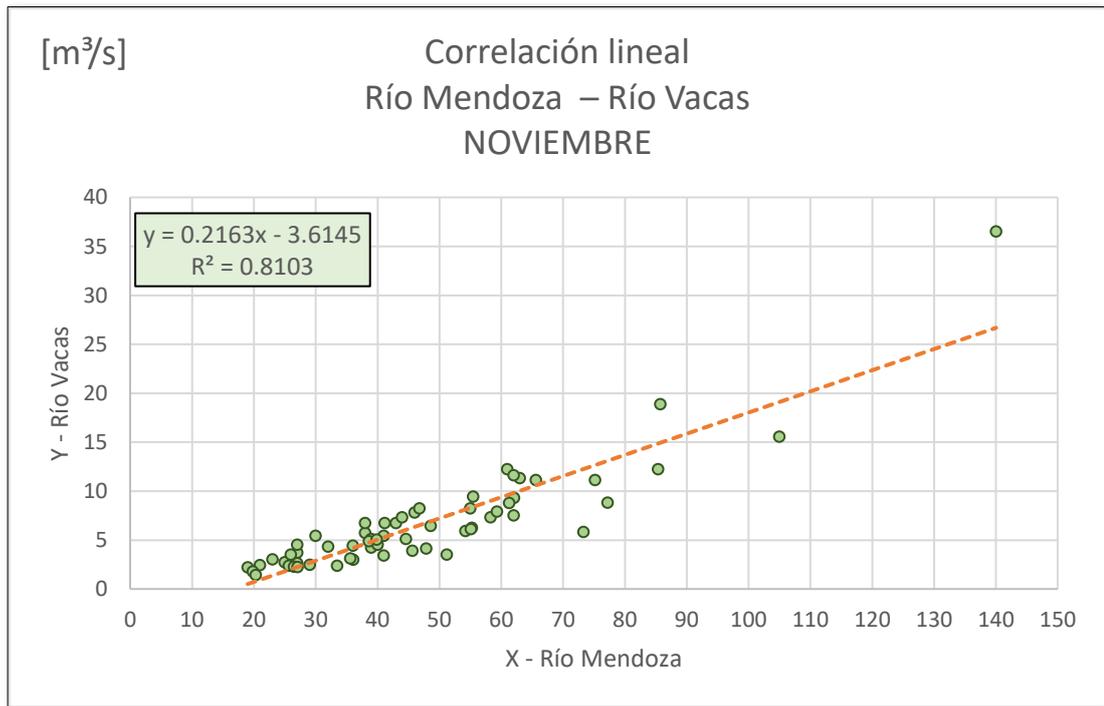


Figura A-75 Correlación noviembre. Río Mendoza – Río Vacas

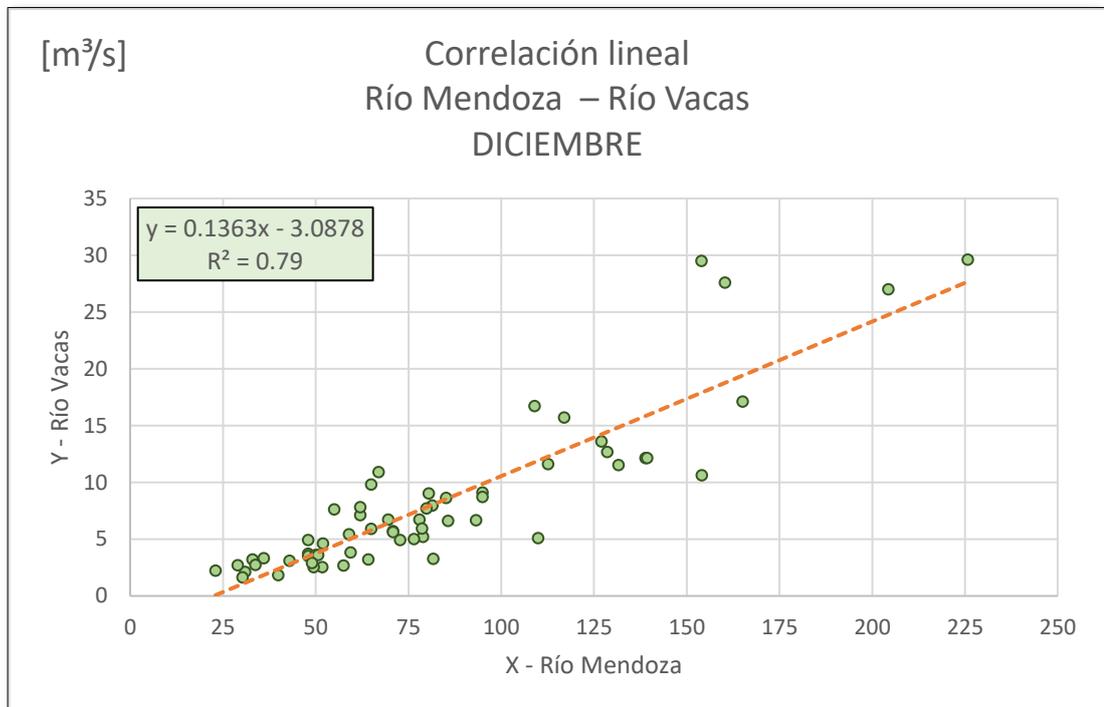


Figura A-76 Correlación diciembre. Río Mendoza – Río Vacas

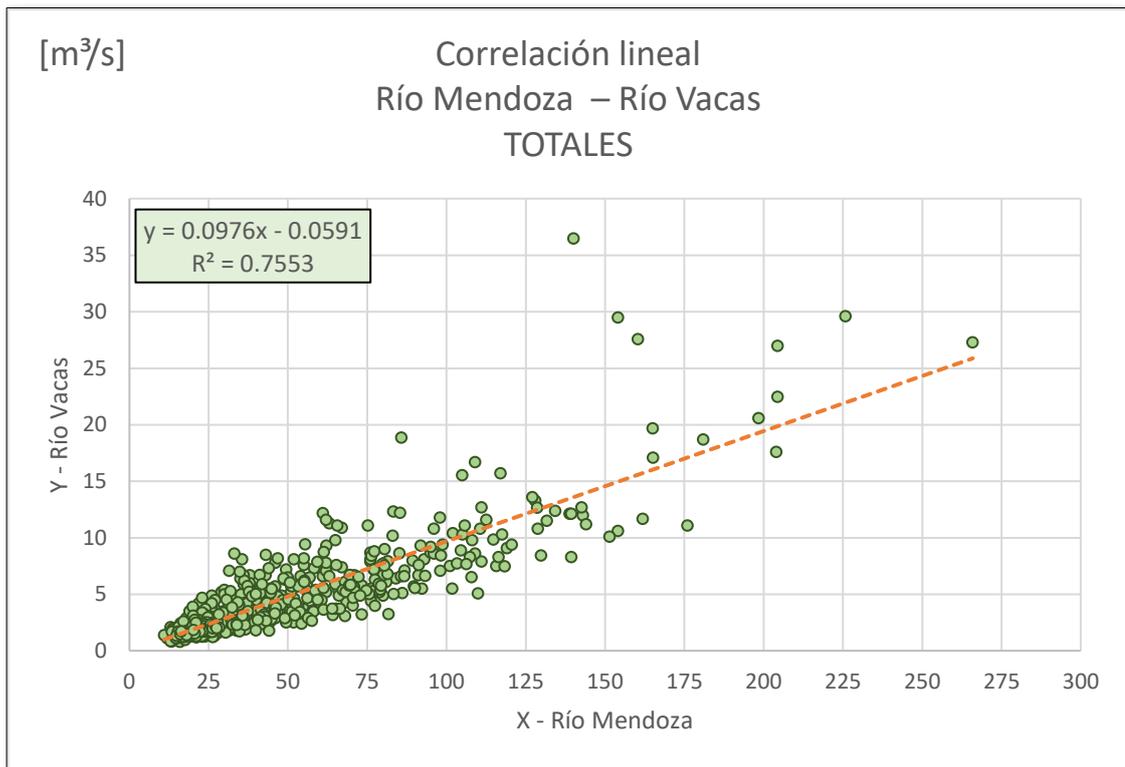


Figura A-77 Correlación totales. Río Mendoza – Río Vacas

Tabla A-48 Coeficientes R^2 y ecuaciones de correlación. Río Mendoza – Río Vacas

Año calendario		
Mes	Y =	R ² =
Enero	0.1023x - 2.0752	0.8634
Febrero	0.0957x - 0.9647	0.7552
Marzo	0.0809x + 0.3907	0.6344
Abril	0.0858x + 0.1113	0.6507
Mayo	0.077x + 0.2999	0.4790
Junio	0.0847x + 0.0629	0.4002
Julio	0.0864x + 0.09	0.3732
Agosto	0.1133x - 0.0934	0.3745
Septiembre	0.0989x + 1.3461	0.4112
Octubre	0.1702x - 0.999	0.6722
Noviembre	0.2163x - 3.6145	0.8103
Diciembre	0.1363x - 3.0878	0.79
Totales	0.0976x - 0.0591	0.7553

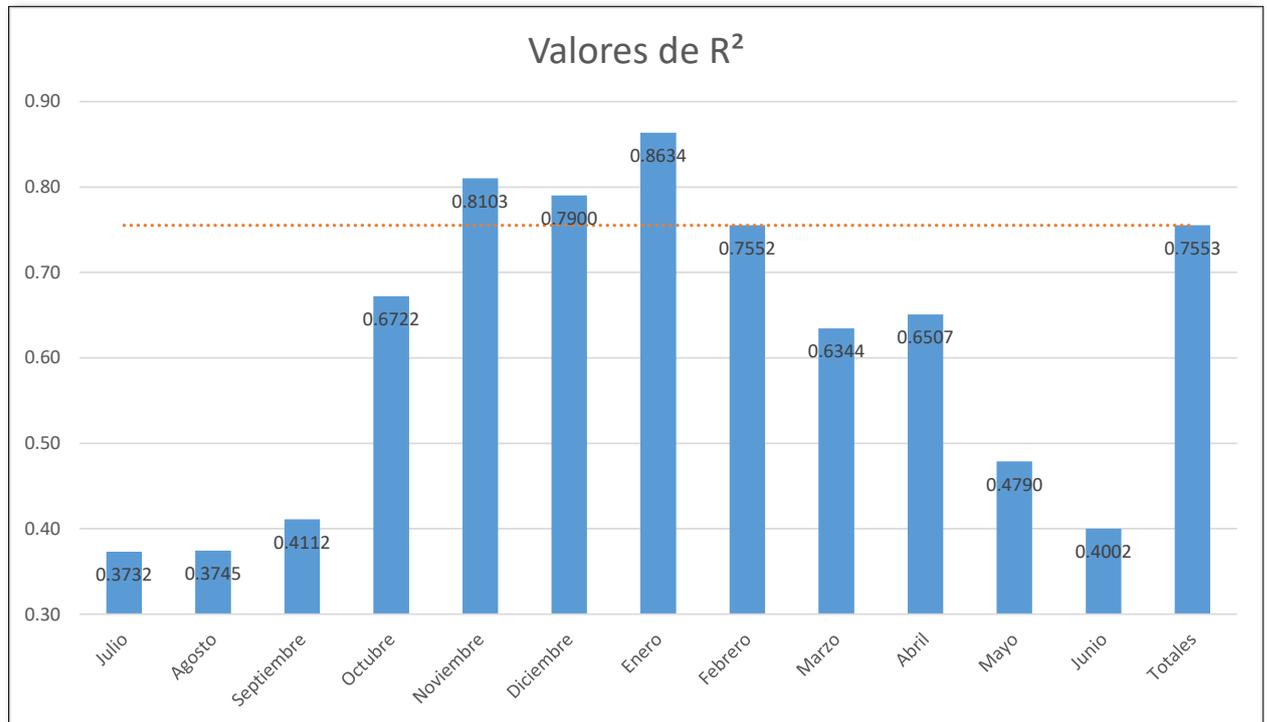


Figura A-78 Valores de R². Río Mendoza – Río Vacas

Considerando la auto correlación del río Mendoza, nuevamente se decidió publicar los resultados de la regresión aun cuando se espera una revisión profesional para el uso de los datos a fines investigativos.

Tabla A-49 Caudales medios mensuales faltantes rellenados. Río Mendoza – Río Vacas

Estación: Guido				Estación: Vacas			
Fecha	Mes	Medición	Regresión	Fecha	Mes	Medición	Regresión
01/06/86	6	28.00	-	-	6		2.43
01/11/90	11	42.20	-	-	11		5.51
01/07/92	7	23.20	-	-	7		2.09
01/07/00	7	20.69	-	-	7		1.88
01/08/00	8	21.49	-	-	8		2.34
01/11/00	11	46.74	-	-	11		6.49
01/12/00	12	113.98	-	-	12		12.45
01/07/01	7	20.44	-	-	7		1.86
01/08/01	8	20.71	-	-	8		2.25
01/12/01	12	126.96	-	-	12		14.22
01/01/02	1	103.80	-	-	1		8.54
01/01/03	1	144.00	-	-	1		12.66
01/07/03	7	25.76	-	-	7		2.32
01/09/10	9	17.01	-	-	9		3.03

Estación: Guido				Estación: Vacas			
Fecha	Mes	Medición	Regresión	Fecha	Mes	Medición	Regresión
-	1		109.24	01/01/49	1	9.10	-
-	2		88.71	01/02/49	2	7.00	-
-	3		71.12	01/03/49	3	5.20	-
-	4		55.48	01/04/49	4	3.60	-
-	5		40.81	01/05/49	5	2.10	-
-	6		40.81	01/06/49	6	2.10	-
-	7		39.83	01/07/49	7	2.00	-
-	8		39.84	01/08/49	8	2.00	-
-	9		40.81	01/09/49	9	2.10	-
-	10		48.63	01/10/49	10	2.90	-
-	11		61.34	01/11/49	11	4.20	-
-	12		51.57	01/12/49	12	3.20	-
-	1		67.21	01/01/50	1	4.80	-
-	2		62.32	01/02/50	2	4.30	-
-	3		62.32	01/03/50	3	4.30	-
-	4		41.79	01/04/50	4	2.20	-
-	5		35.93	01/05/50	5	1.60	-
-	6		32.99	01/06/50	6	1.30	-
-	7		34.93	01/07/50	7	1.50	-
-	8		32.99	01/08/50	8	1.30	-
-	9		36.90	01/09/50	9	1.70	-
-	10		46.68	01/10/50	10	2.70	-
-	11		49.61	01/11/50	11	3.00	-
-	12		64.27	01/12/50	12	4.50	-
-	1		55.48	01/01/51	1	3.60	-
-	2		47.66	01/02/51	2	2.80	-
-	3		44.72	01/03/51	3	2.50	-
-	4		38.86	01/04/51	4	1.90	-
-	5		36.90	01/05/51	5	1.70	-
-	6		35.93	01/06/51	6	1.60	-
-	7		32.99	01/07/51	7	1.30	-
-	8		35.93	01/08/51	8	1.60	-
-	9		36.90	01/09/51	9	1.70	-
-	10		42.77	01/10/51	10	2.30	-
-	11		71.12	01/11/51	11	5.20	-
-	12		72.09	01/12/51	12	5.30	-
-	7		32.99	01/07/54	7	1.30	-
-	8		37.88	01/08/54	8	1.80	-
-	9		38.86	01/09/54	9	1.90	-
-	10		42.77	01/10/54	10	2.30	-
-	11		60.36	01/11/54	11	4.10	-
-	12		61.34	01/12/54	12	4.20	-
-	1		91.64	01/01/55	1	7.30	-
-	2		68.18	01/02/55	2	4.90	-
-	3		46.68	01/03/55	3	2.70	-
-	4		38.86	01/04/55	4	1.90	-
-	5		35.93	01/05/55	5	1.60	-
-	6		34.95	01/06/55	6	1.50	-
-	7		31.04	01/07/55	7	1.10	-
-	8		31.04	01/08/55	8	1.10	-
-	9		33.97	01/09/55	9	1.40	-
-	10		35.93	01/10/55	10	1.60	-
-	11		68.18	01/11/55	11	4.90	-
-	12		89.69	01/12/55	12	7.10	-
-	1		62.32	01/01/56	1	4.30	-
-	2		59.39	01/02/56	2	4.00	-
-	3		51.57	01/03/56	3	3.20	-
-	4		42.77	01/04/56	4	2.30	-
-	5		39.84	01/05/56	5	2.00	-
-	6		35.93	01/06/56	6	1.60	-

A.V. Extrapolaciones

A.V.1. Estación Guido – Río Mendoza

Tabla A-50 Caudales medios diarios anuales clasificados – Estación Guido

Estación Guido				
Caudales [m³/s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
401.50	1	0.01	112.7	4.72
398.00	2	0.02	40.5	3.69
337.50	3	0.04	24.7	3.18
260.56	4	0.06	17.7	2.85
243.20	5	0.07	13.8	2.59
233.28	6	0.09	11.4	2.38
225.00	7	0.10	9.6	2.21
218.00	8	0.12	8.3	2.06
214.00	9	0.14	7.4	1.93
201.30	10	0.15	6.6	1.81
195.00	11	0.17	6.0	1.70
194.90	12	0.18	5.5	1.60
188.20	13	0.20	5.0	1.51
183.50	14	0.21	4.7	1.42
181.50	15	0.23	4.3	1.34
175.53	16	0.25	4.1	1.26
169.10	17	0.26	3.8	1.19
161.48	18	0.28	3.6	1.12
159.10	19	0.29	3.4	1.05
156.70	20	0.31	3.2	0.99
153.25	21	0.33	3.1	0.93
147.80	22	0.34	2.9	0.87
144.30	23	0.36	2.8	0.82
143.20	24	0.37	2.7	0.76
139.21	25	0.39	2.6	0.71
137.00	26	0.40	2.5	0.66
130.00	27	0.42	2.4	0.60
128.80	28	0.44	2.3	0.56
128.50	29	0.45	2.2	0.51
127.30	30	0.47	2.1	0.46
127.14	31	0.48	2.1	0.41
127.00	32	0.50	2.0	0.37
126.50	33	0.52	1.9	0.32
121.42	34	0.53	1.9	0.28
116.60	35	0.55	1.8	0.23

Estación Guido				
Caudales [m³/s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
115.97	36	0.56	1.8	0.19
115.10	37	0.58	1.7	0.14
115.00	38	0.60	1.7	0.10
115.00	39	0.61	1.6	0.06
114.90	40	0.63	1.6	0.01
114.77	41	0.64	1.6	-0.03
114.50	42	0.66	1.5	-0.07
113.00	43	0.67	1.5	-0.11
112.10	44	0.69	1.4	-0.16
110.50	45	0.71	1.4	-0.20
108.87	46	0.72	1.4	-0.25
107.50	47	0.74	1.4	-0.29
100.10	48	0.75	1.3	-0.34
100.00	49	0.77	1.3	-0.38
99.95	50	0.79	1.3	-0.43
96.39	51	0.80	1.2	-0.48
96.22	52	0.82	1.2	-0.53
95.50	53	0.83	1.2	-0.58
94.29	54	0.85	1.2	-0.64
90.00	55	0.86	1.2	-0.69
84.50	56	0.88	1.1	-0.75
83.00	57	0.90	1.1	-0.82
81.69	58	0.91	1.1	-0.89
81.11	59	0.93	1.1	-0.97
80.60	60	0.94	1.1	-1.06
71.60	61	0.96	1.0	-1.16
62.30	62	0.98	1.0	-1.31
52.00	63	0.99	1.0	-1.55

Tabla A-51 Parámetros y momentos de caudales diarios máximos anuales – Estación Guido

Momentos y parámetros – Estación Guido					
μ	146.38	GEV - ML		GP	
s	70.06	k	-0.23	k	0.02
b_0	146.38	α	38.83	α	71.76
b_1	90.70	β	112.64	β	75.76
b_2	68.21	EV1 - ML		EXP	
b_3	55.63	α	50.53	α	70.05
l_1	146.38	β	117.21	β	76.32
l_2	35.03	EV1 - MO			
l_3	11.43	α	54.63		
l_4	8.38	β	114.85		
t_2	0.24				
t_3	0.33				
t_4	0.24				

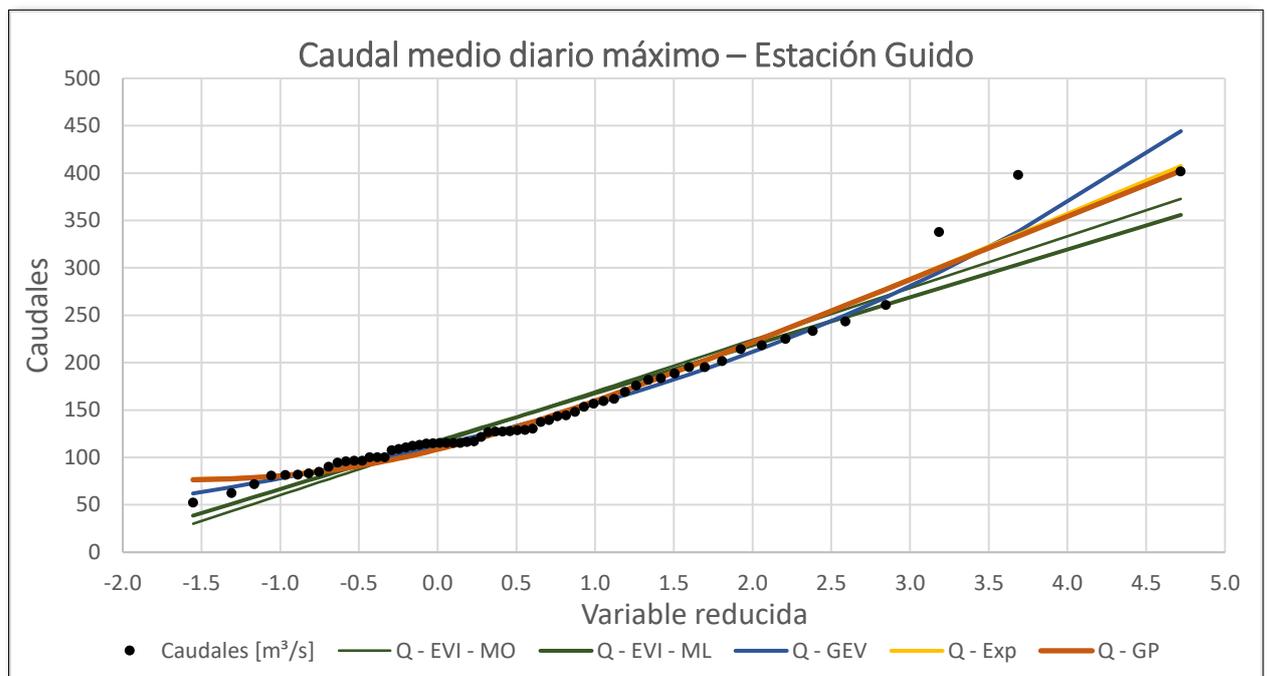


Figura A-79 Ajuste de funciones de probabilidad a caudales medios diarios máximos – Estación Guido

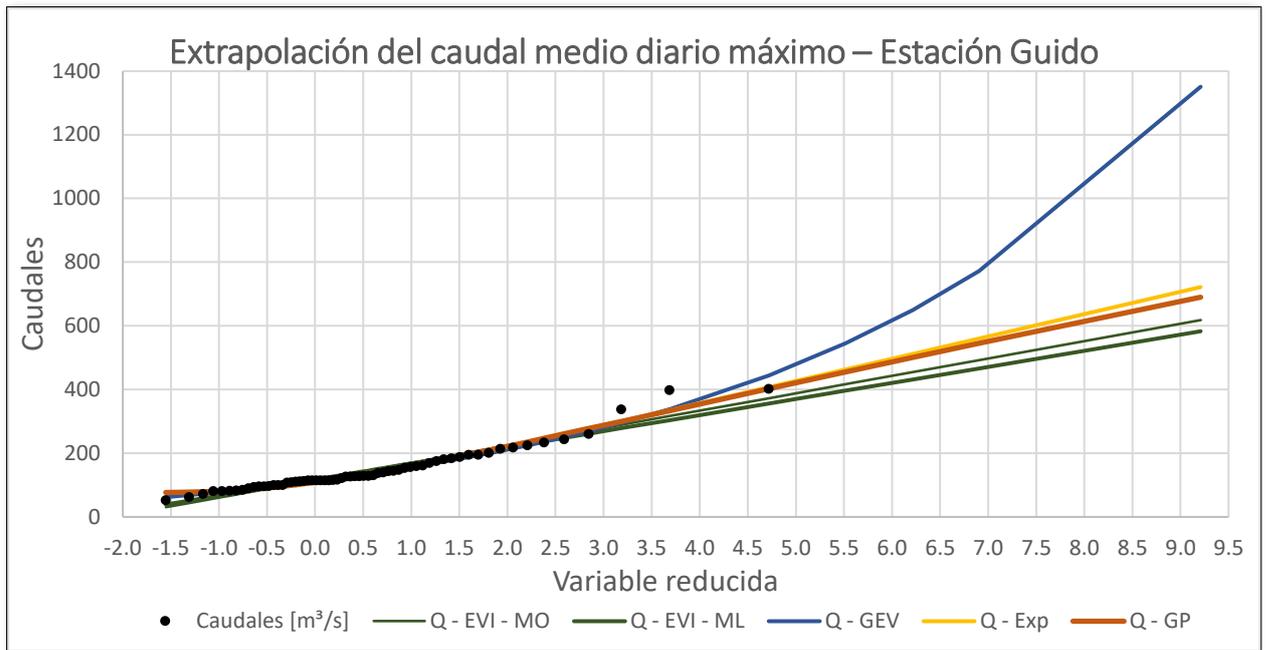


Figura A-80 Extrapolación de caudales medios diarios máximos – Estación Guido

El resultado obtenido de las extrapolaciones se resume en la siguiente tabla:

Tabla A-52 Extrapolaciones caudales diarios máximos anuales – Estación Guido

$p(q \leq Q)$	TR	var. red.	Q - EVI - MO	Q - EVI - ML	Q - GEV	Q - Exp	Q - GP
1.0000	1	-3.47	-74.88	-58.30	19.80	76.32	75.76
0.5000	2	0.37	134.87	135.73	127.49	124.88	125.22
0.2000	5	1.50	196.79	193.01	182.22	189.07	189.76
0.1000	10	2.25	237.78	230.93	227.16	237.63	237.96
0.0200	50	3.90	328.00	314.39	358.22	350.38	347.81
0.0100	100	4.60	366.14	349.67	430.50	398.94	394.24
0.0040	250	5.52	416.36	396.13	545.23	463.13	454.84
0.0020	500	6.21	454.28	431.21	649.48	511.68	500.08
0.0010	1000	6.91	492.18	466.26	771.71	560.24	544.83
0.0001	10000	9.21	617.99	582.64	1350.94	721.55	689.92

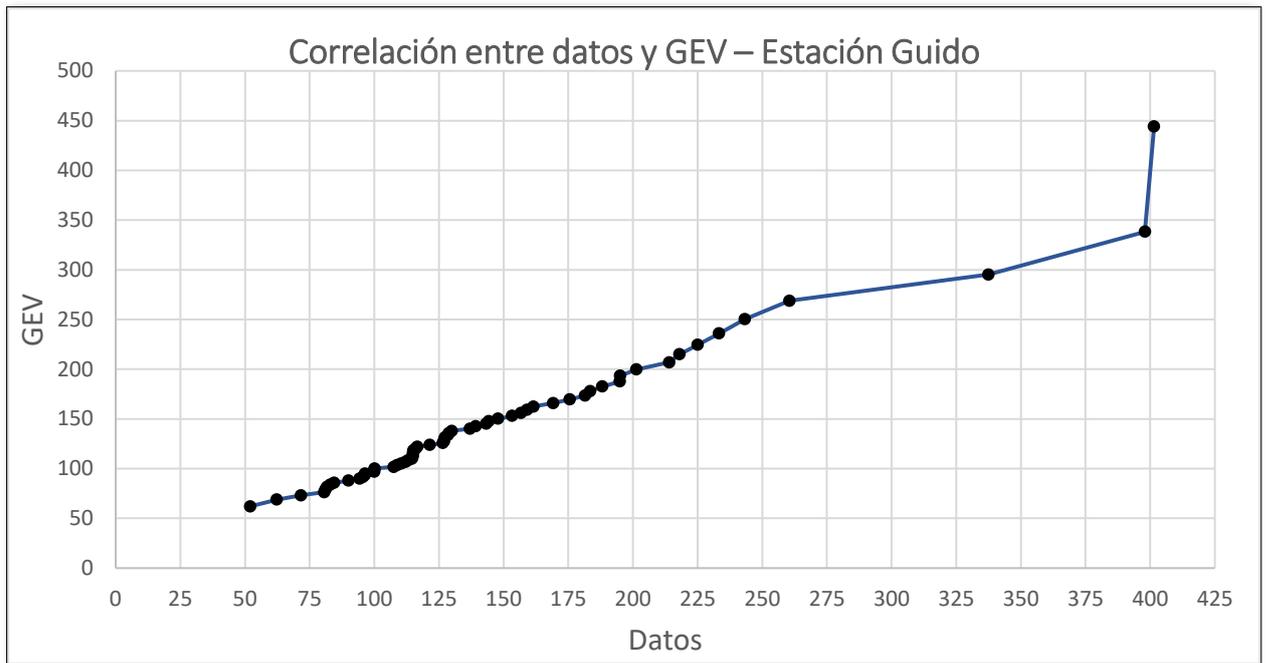


Figura A-81 Correlación entre puntos reales y ajustados mediante GEV – Estación Guido

A.V.2. Estación Tupungato – Río Tupungato

Tabla A-53 Caudales medios diarios máximos clasificados – Estación Tupungato

Estación Tupungato				
Caudales [m³/s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
293.00	1	0.01	102.0	4.62
193.00	2	0.03	36.6	3.59
128.10	3	0.04	22.3	3.08
119.17	4	0.06	16.0	2.74
119.00	5	0.08	12.5	2.49
115.00	6	0.10	10.3	2.28
110.30	7	0.11	8.7	2.10
109.60	8	0.13	7.6	1.95
104.00	9	0.15	6.7	1.82
101.20	10	0.17	6.0	1.70
98.80	11	0.18	5.4	1.59
97.00	12	0.20	4.9	1.49
95.51	13	0.22	4.5	1.39
95.00	14	0.24	4.2	1.31
91.70	15	0.25	3.9	1.22
90.31	16	0.27	3.7	1.15
87.14	17	0.29	3.4	1.07
86.67	18	0.31	3.3	1.00
86.20	19	0.32	3.1	0.93
85.50	20	0.34	2.9	0.87
84.00	21	0.36	2.8	0.81
84.00	22	0.38	2.6	0.75
83.00	23	0.39	2.5	0.69
82.60	24	0.41	2.4	0.63
78.50	25	0.43	2.3	0.58
75.75	26	0.45	2.2	0.52
75.70	27	0.46	2.2	0.47
75.54	28	0.48	2.1	0.42
75.04	29	0.50	2.0	0.37
74.42	30	0.52	1.9	0.32
74.23	31	0.54	1.9	0.27
74.00	32	0.55	1.8	0.22
71.40	33	0.57	1.8	0.17
67.50	34	0.59	1.7	0.12
66.80	35	0.61	1.7	0.07

Estación Tupungato				
Caudales [m³/s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
66.56	36	0.62	1.6	0.03
64.50	37	0.64	1.6	-0.02
64.50	38	0.66	1.5	-0.07
63.15	39	0.68	1.5	-0.12
61.32	40	0.69	1.4	-0.17
61.18	41	0.71	1.4	-0.21
59.50	42	0.73	1.4	-0.26
58.10	43	0.75	1.3	-0.31
57.83	44	0.76	1.3	-0.36
57.30	45	0.78	1.3	-0.42
54.44	46	0.80	1.3	-0.47
54.30	47	0.82	1.2	-0.52
52.50	48	0.83	1.2	-0.58
49.60	49	0.85	1.2	-0.64
49.50	50	0.87	1.2	-0.70
49.00	51	0.89	1.1	-0.77
46.41	52	0.90	1.1	-0.85
39.44	53	0.92	1.1	-0.93
38.20	54	0.94	1.1	-1.02
36.25	55	0.96	1.0	-1.13
36.00	56	0.97	1.0	-1.28
34.30	57	0.99	1.0	-1.53

Tabla A-54 Parámetros y momentos de caudales diarios máximos – Estación Tupungato

Momentos y parámetros – Estación Tupungato					
μ	80.75	GEV - ML		GP	
s	39.77	k	-0.16	k	0.14
b_0	80.75	α	22.20	α	44.28
b_1	49.48	β	63.86	β	41.82
b_2	36.86	EV1 - ML		EXP	
b_3	29.89	α	26.28	α	36.43
l_1	80.75	β	65.58	β	44.32
l_2	18.21	EV1 - MO			
l_3	5.01	α	31.01		
l_4	5.18	β	62.85		
t_2	0.23				
t_3	0.27				
t_4	0.28				

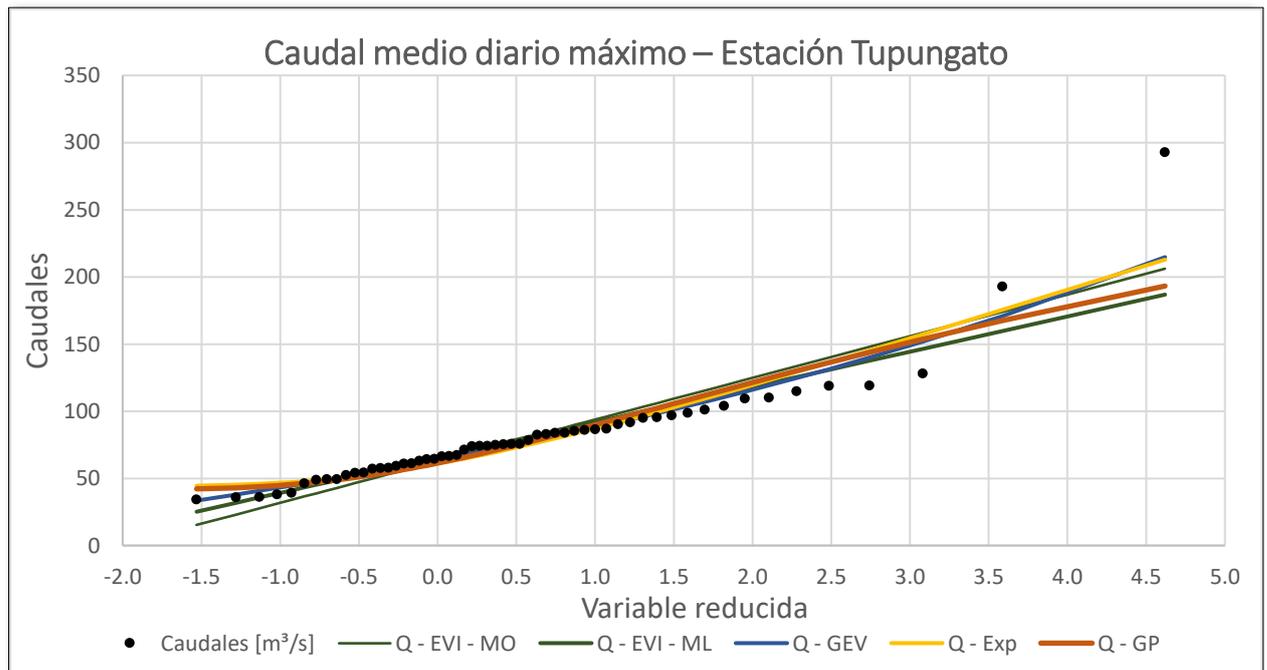


Figura A-82 Ajuste de funciones de probabilidad a caudales medios diarios máximos – Estación Tupungato

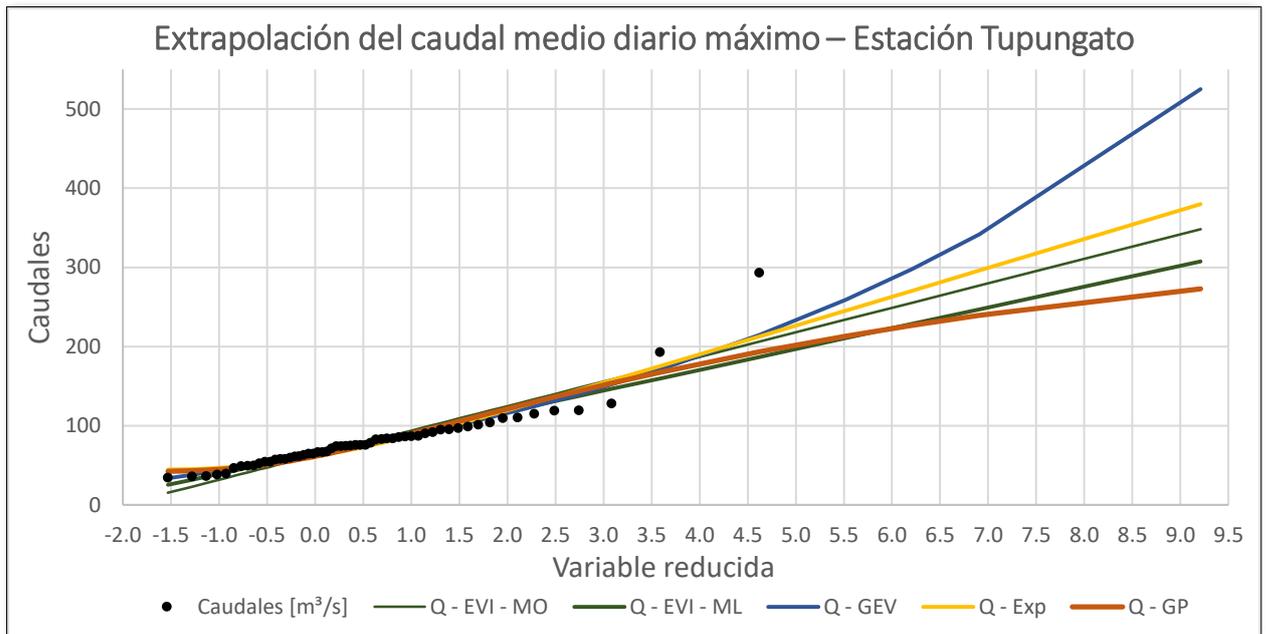


Figura A-83 Extrapolación de caudales medios diarios máximos – Estación Tupungato

Tabla A-55 Extrapolaciones de caudales diarios máximos anuales – Estación Tupungato

$p(q \leq Q)$	TR	var. red.	Q - EVI - MO	Q - EVI - ML	Q - GEV	Q - Exp	Q - GP
1.0000	1	-3.47	-44.85	-25.68	4.49	44.32	41.82
0.5000	2	0.37	74.21	75.21	72.24	69.57	71.09
0.2000	5	1.50	109.36	104.99	101.44	102.95	105.75
0.1000	10	2.25	132.63	124.71	123.85	128.20	129.22
0.0200	50	3.90	183.84	168.11	183.59	186.82	175.81
0.0100	100	4.60	205.49	186.45	213.92	212.07	192.91
0.0040	250	5.52	234.00	210.61	259.30	245.45	213.15
0.0020	500	6.21	255.52	228.85	298.20	270.70	226.85
0.0010	1000	6.91	277.03	247.08	341.57	295.95	239.31
0.0001	10000	9.21	348.44	307.59	524.89	379.82	273.13

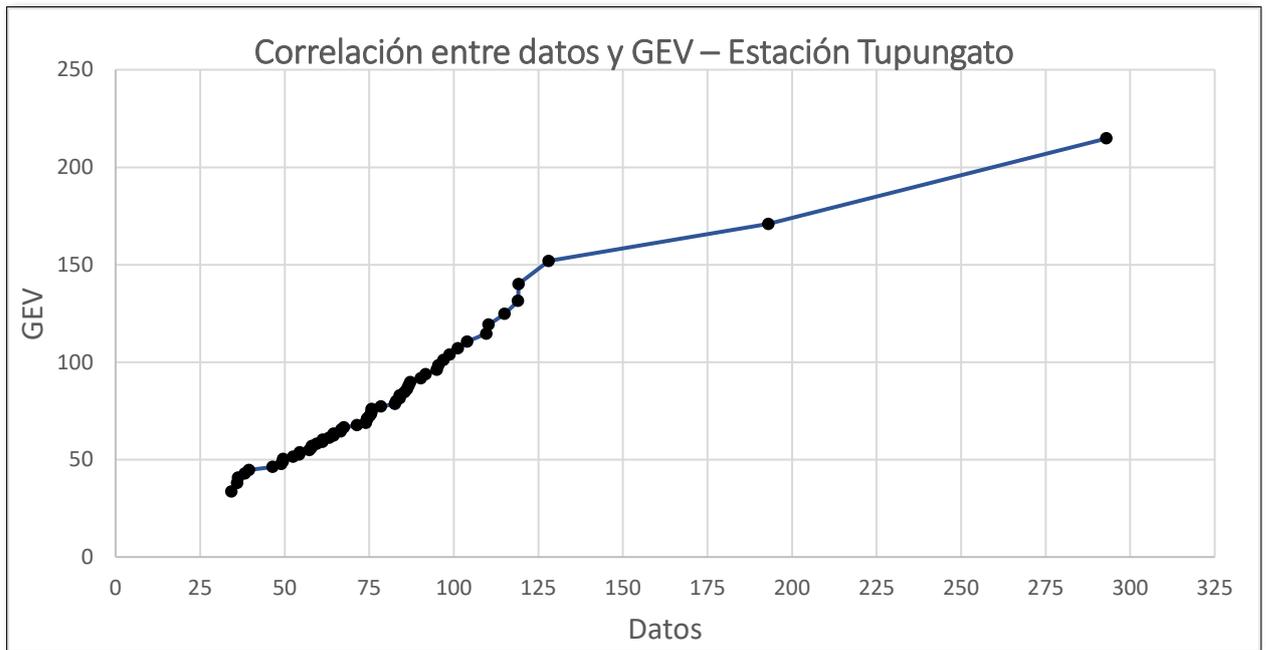


Figura A-84 Correlación entre puntos reales y ajustados mediante GEV – Estación Tupungato

A.V.3. Estación Cuevas – Río Cuevas

Tabla A–56 Caudales medios diarios máximos clasificados – Estación Cuevas

Estación Cuevas				
Caudales [m ³ /s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
70.00	1	0.01	110.9	4.70
52.00	2	0.03	39.8	3.67
48.80	3	0.04	24.3	3.17
46.30	4	0.06	17.4	2.83
42.70	5	0.07	13.6	2.57
40.37	6	0.09	11.2	2.37
39.89	7	0.11	9.5	2.19
35.50	8	0.12	8.2	2.04
33.62	9	0.14	7.3	1.91
30.54	10	0.15	6.5	1.79
28.10	11	0.17	5.9	1.68
27.60	12	0.19	5.4	1.58
27.40	13	0.20	4.9	1.49
26.15	14	0.22	4.6	1.40
24.44	15	0.23	4.3	1.32
23.46	16	0.25	4.0	1.24
22.80	17	0.27	3.8	1.17
22.04	18	0.28	3.5	1.10
21.88	19	0.30	3.3	1.04
20.20	20	0.31	3.2	0.97
19.79	21	0.33	3.0	0.91
19.60	22	0.35	2.9	0.85
19.50	23	0.36	2.8	0.80
19.01	24	0.38	2.6	0.74
18.56	25	0.40	2.5	0.69
18.50	26	0.41	2.4	0.63
18.01	27	0.43	2.3	0.58
17.50	28	0.44	2.3	0.53
17.30	29	0.46	2.2	0.48
17.16	30	0.48	2.1	0.44
16.67	31	0.49	2.0	0.39
16.60	32	0.51	2.0	0.34
15.00	33	0.52	1.9	0.30
14.30	34	0.54	1.9	0.25
14.00	35	0.56	1.8	0.21

Estación Cuevas				
Caudales [m ³ /s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
13.64	36	0.57	1.7	0.16
13.60	37	0.59	1.7	0.12
13.50	38	0.60	1.7	0.07
13.40	39	0.62	1.6	0.03
13.32	40	0.64	1.6	-0.01
13.30	41	0.65	1.5	-0.06
12.88	42	0.67	1.5	-0.10
11.50	43	0.69	1.5	-0.14
10.93	44	0.70	1.4	-0.19
10.80	45	0.72	1.4	-0.23
10.50	46	0.73	1.4	-0.28
10.20	47	0.75	1.3	-0.33
10.10	48	0.77	1.3	-0.37
10.00	49	0.78	1.3	-0.42
9.60	50	0.80	1.3	-0.47
9.60	51	0.81	1.2	-0.52
9.44	52	0.83	1.2	-0.57
9.43	53	0.85	1.2	-0.63
9.17	54	0.86	1.2	-0.68
9.11	55	0.88	1.1	-0.74
8.00	56	0.89	1.1	-0.81
7.34	57	0.91	1.1	-0.88
6.20	58	0.93	1.1	-0.96
6.07	59	0.94	1.1	-1.05
5.90	60	0.96	1.0	-1.16
5.46	61	0.97	1.0	-1.30
5.24	62	0.99	1.0	-1.55

Tabla A-57 Parámetros y momentos de caudales diarios máximos – Estación Cuevas

Momentos y parámetros – Estación Cuevas					
μ	19.57	GEV - ML		GP	
s	12.95	k	-0.23	k	0.02
b0	19.57	α	7.37	α	13.61
b1	13.11	β	13.17	β	6.17
b2	10.21	EV1 - ML		EXP	
b3	8.49	α	9.59	α	13.30
l1	19.57	β	14.03	β	6.27
l2	6.65	EV1 - MO			
l3	2.17	α	10.10		
l4	1.30	β	13.74		
t2	0.34				
t3	0.33				
t4	0.20				

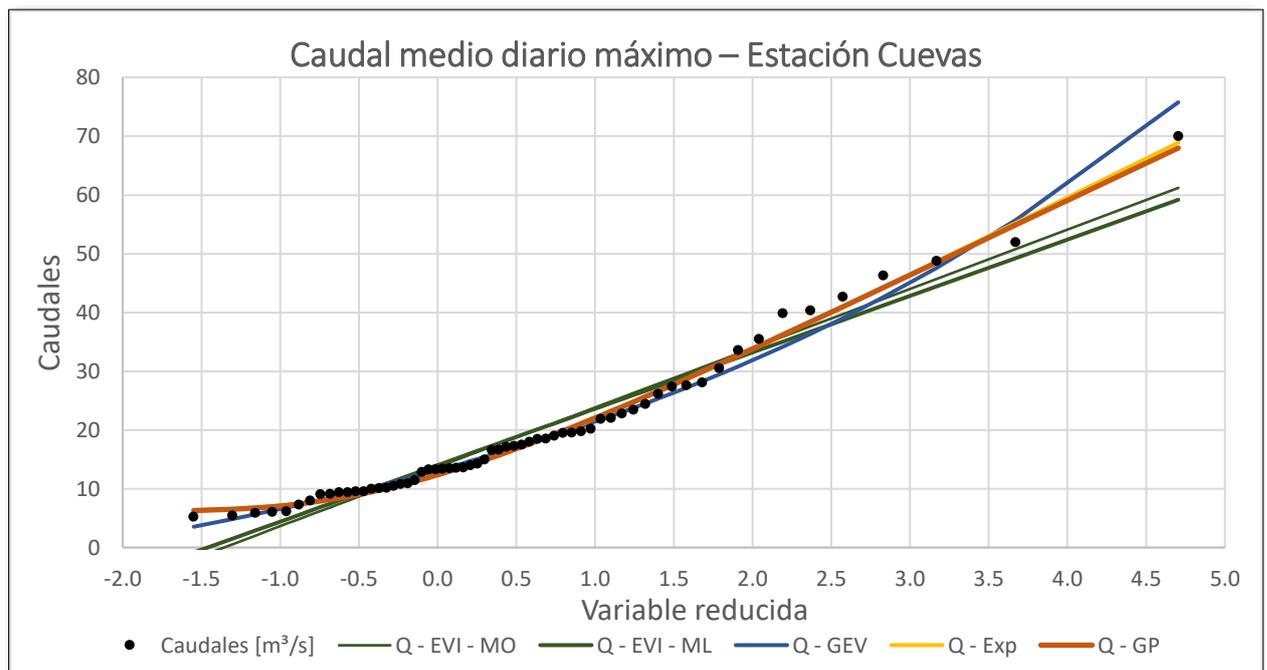


Figura A-85 Ajuste de funciones de probabilidad a caudales medios diarios máximos – Estación Cuevas

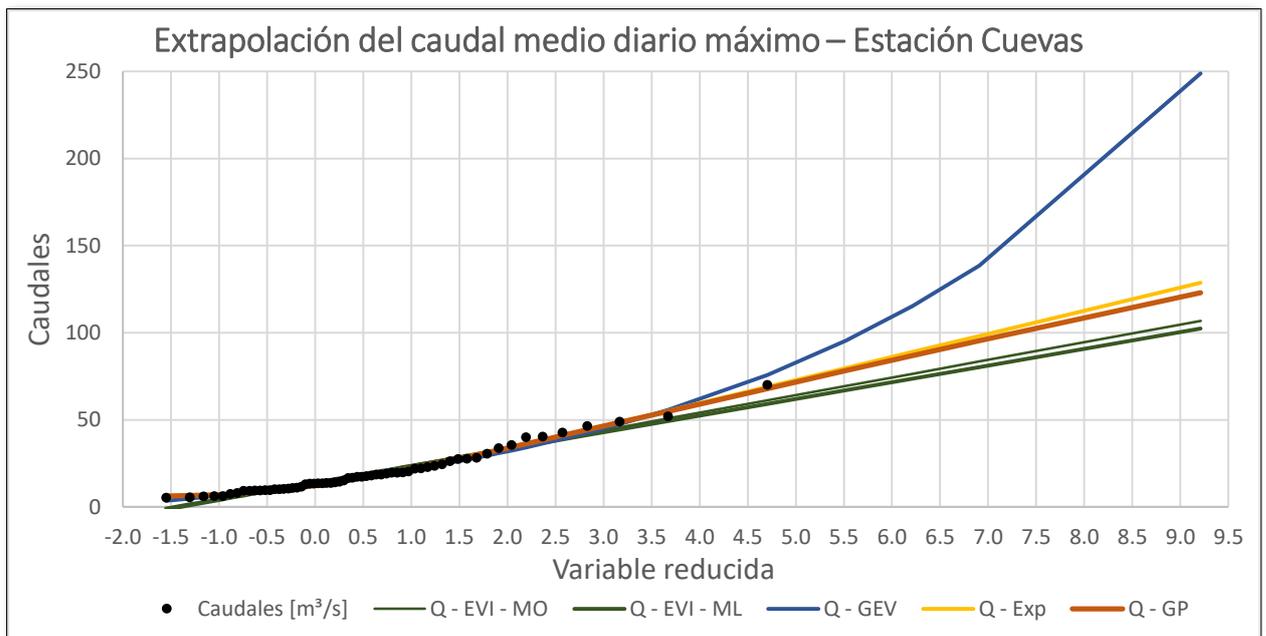


Figura A–86 Extrapolación de caudales medios diarios máximos – Estación Cuevas

Tabla A–58 Extrapolaciones de caudales diarios máximos anuales – Estación Cuevas

$p(q \leq Q)$	TR	var. red.	Q - EVI - MO	Q - EVI - ML	Q - GEV	Q - Exp	Q - GP
1.0000	1	-3.47	-21.32	-19.29	-4.44	6.27	6.17
0.5000	2	0.37	17.45	17.55	15.98	15.49	15.55
0.2000	5	1.50	28.89	28.43	26.37	27.68	27.80
0.1000	10	2.25	36.47	35.63	34.91	36.90	36.96
0.0200	50	3.90	53.14	51.47	59.81	58.31	57.84
0.0100	100	4.60	60.19	58.17	73.55	67.53	66.68
0.0040	250	5.52	69.48	66.99	95.38	79.71	78.21
0.0020	500	6.21	76.49	73.65	115.21	88.93	86.83
0.0010	1000	6.91	83.49	80.31	138.48	98.15	95.36
0.0001	10000	9.21	106.75	102.41	248.80	128.78	123.05

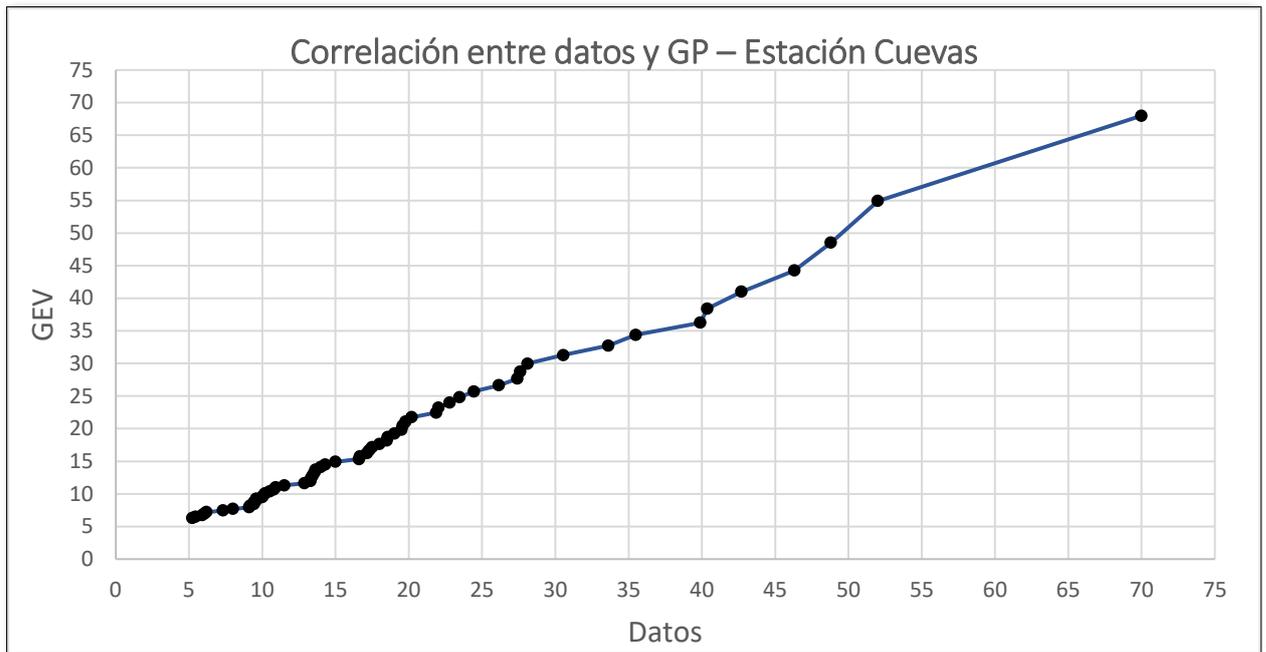


Figura A-87 Correlación entre puntos reales y ajustados mediante GP – Estación Cuevas

A.V.4. Estación Vacas – Río Vacas

Tabla A-59 Caudales medios diarios máximos clasificados – Estación Vacas

Estación Vacas				
Caudales [m³/s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
64.96	1	0.01	105.6	4.65
40.33	2	0.03	37.9	3.62
38.60	3	0.04	23.1	3.12
29.00	4	0.06	16.6	2.78
28.76	5	0.08	13.0	2.52
25.80	6	0.09	10.6	2.31
24.20	7	0.11	9.0	2.14
23.68	8	0.13	7.8	1.99
22.75	9	0.14	6.9	1.86
22.67	10	0.16	6.2	1.74
21.50	11	0.18	5.6	1.63
20.82	12	0.20	5.1	1.53
18.00	13	0.21	4.7	1.43
17.52	14	0.23	4.4	1.35
17.08	15	0.25	4.1	1.26
17.00	16	0.26	3.8	1.19
16.60	17	0.28	3.6	1.11
16.30	18	0.30	3.4	1.04
16.20	19	0.31	3.2	0.98
16.00	20	0.33	3.0	0.91
15.60	21	0.35	2.9	0.85
15.50	22	0.36	2.7	0.79
14.69	23	0.38	2.6	0.73
14.45	24	0.40	2.5	0.68
14.25	25	0.42	2.4	0.62
13.50	26	0.43	2.3	0.57
13.40	27	0.45	2.2	0.52
13.26	28	0.47	2.1	0.47
12.52	29	0.48	2.1	0.42
12.10	30	0.50	2.0	0.37
11.36	31	0.52	1.9	0.32
11.30	32	0.53	1.9	0.27
11.20	33	0.55	1.8	0.22
10.90	34	0.57	1.8	0.18
10.49	35	0.58	1.7	0.13

Estación Cuevas				
Caudales [m³/s]	Nº de orden	prob. de exc.	TR	Var. red. Gumbel
10.40	36	0.60	1.7	0.08
10.35	37	0.62	1.6	0.04
9.80	38	0.64	1.6	-0.01
9.65	39	0.65	1.5	-0.05
9.63	40	0.67	1.5	-0.10
9.20	41	0.69	1.5	-0.15
9.00	42	0.70	1.4	-0.19
8.97	43	0.72	1.4	-0.24
8.73	44	0.74	1.4	-0.29
8.70	45	0.75	1.3	-0.34
8.66	46	0.77	1.3	-0.39
7.90	47	0.79	1.3	-0.44
7.34	48	0.80	1.2	-0.49
7.06	49	0.82	1.2	-0.54
7.00	50	0.84	1.2	-0.60
6.64	51	0.86	1.2	-0.66
6.50	52	0.87	1.1	-0.72
6.00	53	0.89	1.1	-0.79
6.00	54	0.91	1.1	-0.86
5.45	55	0.92	1.1	-0.94
4.85	56	0.94	1.1	-1.03
4.72	57	0.96	1.0	-1.14
4.16	58	0.97	1.0	-1.29
4.00	59	0.99	1.0	-1.54

Tabla A-60 Parámetros y momentos de caudales diarios máximos – Estación Vacas

Momentos y parámetros – Estación Vacas					
μ	14.80	GEV - ML		GP	
s	10.27	k	-0.25	k	-0.02
b_0	14.80	α	5.31	α	9.61
b_1	9.86	β	10.01	β	5.03
b_2	7.67	EV1 - ML		EXP	
b_3	6.39	α	7.10	α	9.85
l_1	14.80	β	10.70	β	4.95
l_2	4.92	EV1 - MO			
l_3	1.68	α	8.00		
l_4	1.21	β	10.18		
t_2	0.33				
t_3	0.34				
t_4	0.25				

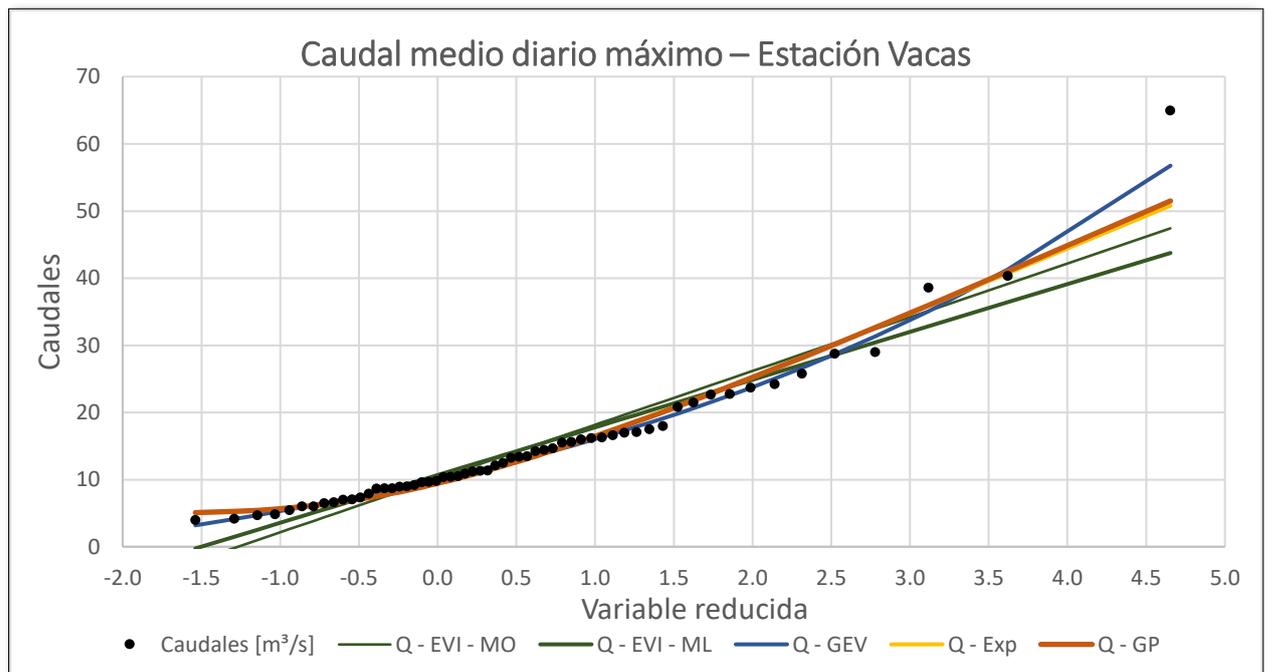


Figura A-88 Ajuste de funciones de probabilidad a caudales medios diarios máximos – Estación Vacas

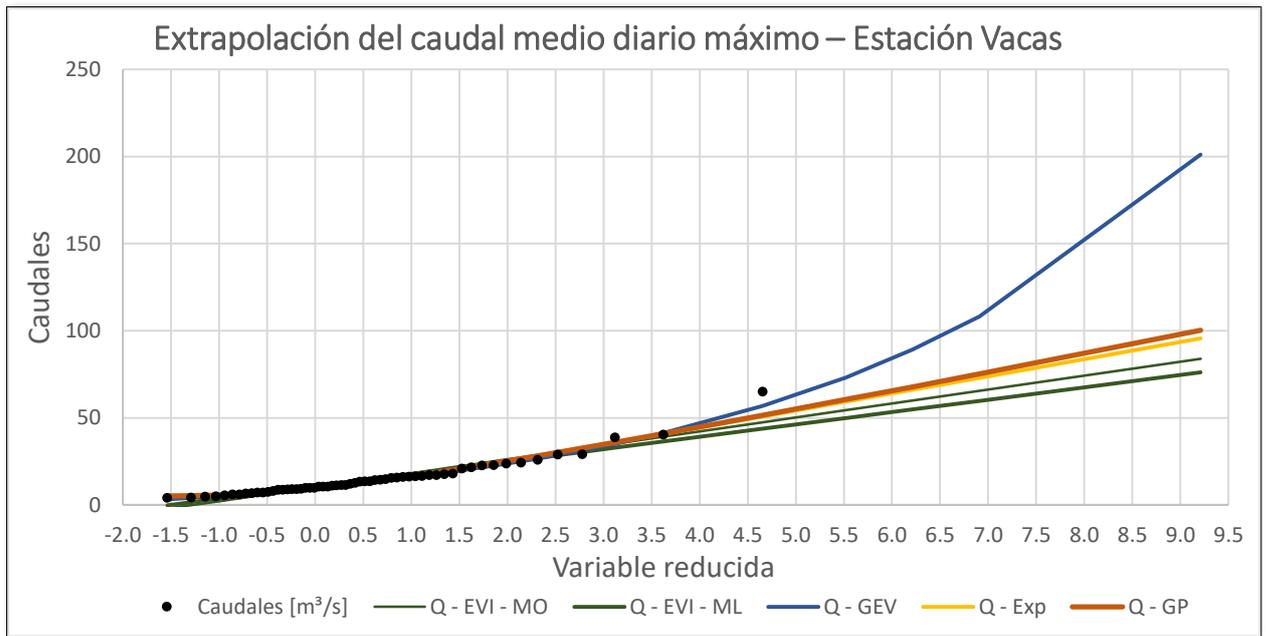


Figura A–89 Extrapolación de caudales medios diarios máximos – Estación Vacas

Tabla A–61 Extrapolaciones de caudales diarios máximos anuales – Estación Vacas

$p(q \leq Q)$	TR	var. red.	Q - EVI - MO	Q - EVI - ML	Q - GEV	Q - Exp	Q - GP
1.0000	1	-3.47	-17.62	-13.97	-2.31	4.95	5.03
0.5000	2	0.37	13.11	13.30	12.05	11.78	11.73
0.2000	5	1.50	22.18	21.35	19.67	20.80	20.70
0.1000	10	2.25	28.19	26.68	26.05	27.62	27.57
0.0200	50	3.90	41.41	38.41	45.10	43.47	43.83
0.0100	100	4.60	47.00	43.37	55.84	50.29	50.96
0.0040	250	5.52	54.36	49.90	73.17	59.32	60.50
0.0020	500	6.21	59.91	54.83	89.16	66.14	67.82
0.0010	1000	6.91	65.47	59.76	108.17	72.96	75.21
0.0001	10000	9.21	83.90	76.11	201.13	95.64	100.37

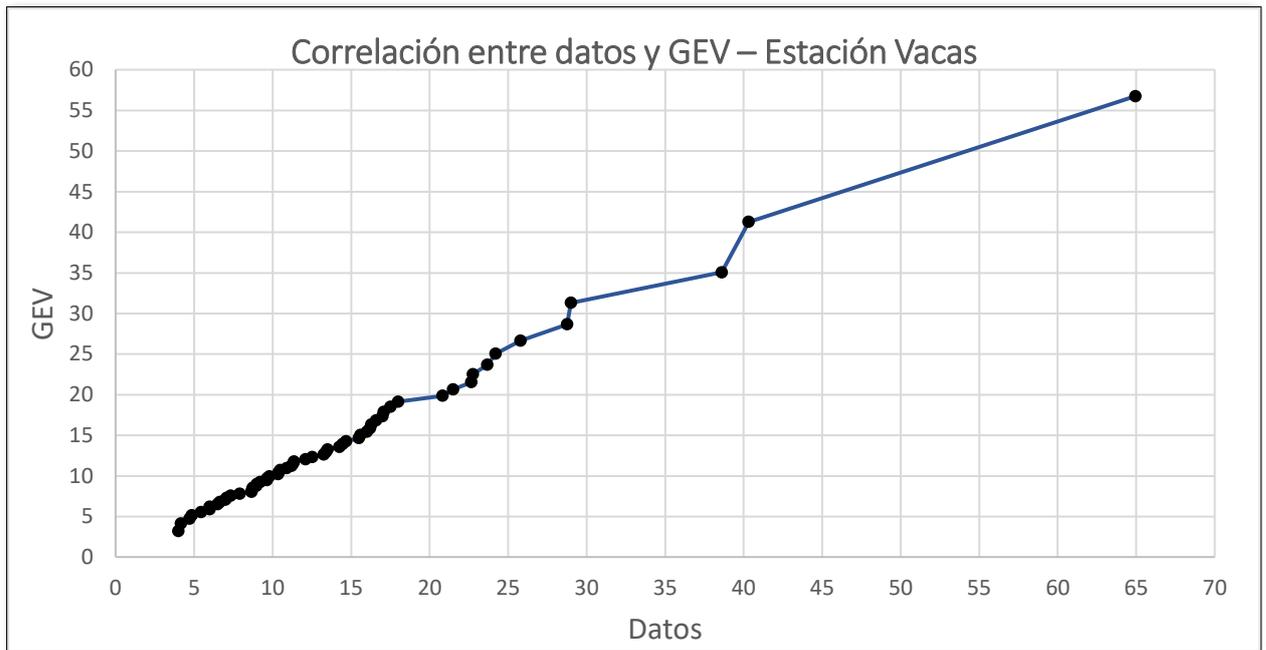


Figura A-90 Correlación entre puntos reales y ajustados mediante GEV – Estación Vacas

B. Distribuciones de probabilidad

Se plantearán en la forma general 2 funciones o distribuciones de probabilidad: la General de Valores Extremos (GEV) y la General Pareto (GP). Estas distribuciones son de 3 parámetros. En el presente trabajo se usará esa forma y el caso particular de cada una, que se da cuando uno de sus parámetros es igual a 0. En consecuencia, tendremos, además, la distribución de Valores Extremos tipo I o Gumbel (EVI), que es un caso particular de la GEV y la Exponencial (EXP), que lo es de la GP.

Todos los parámetros se estimarán mediante los L-Momentos, sin embargo, se resolverá la EVI con los Momentos Ordinarios para evidenciar su contraste.

Se resume la información planteada en el siguiente cuadro:

Tabla B-1 Funciones de distribución de probabilidad

Distribución	Abreviación	Parámetros	Momentos
General de Valores Extremos	GEV	k, α, β	ML
Valores Extremos Tipo I	EVI	α, β	ML
			MO
General Pareto	GP	k, α, β	ML
Exponencial	EXP	α, β	ML

A continuación, se desarrollarán las ecuaciones de las distribuciones mencionadas, calculando sus parámetros mediante los momentos descritos.

Existe bibliografía que sostiene que, en general, que tanto EVI como GEV aplican mejor para series de máximos, mientras que EXP y GP para series de excedencias. Su desarrollo y comparación exceden los alcances del presente trabajo, ya que se trabajará exclusivamente con series de máximos.

B.I. General de Valores Extremos – GEV

La función de densidad de probabilidad (f.d.p.), que es la que asigna numéricamente la probabilidad a cada dato es:

Ecuación B-1 f.d.p. GEV

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k} - 1} \cdot e^{-\left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k}}}$$

Los parámetros α y β son de escala y origen respectivamente. El parámetro k es de forma.

Aunque k puede tomar cualquier valor, si es usada para máximos de variables climáticas es conveniente usarla sólo si es negativo, donde la variable x puede tomar valores en el rango de: $\beta + \alpha / k \leq x \leq \infty$. Para valores positivos la distribución toma una asíntota superior en $x = \beta + \alpha / k$ por lo que es más conveniente usar la EVI, su caso particular.

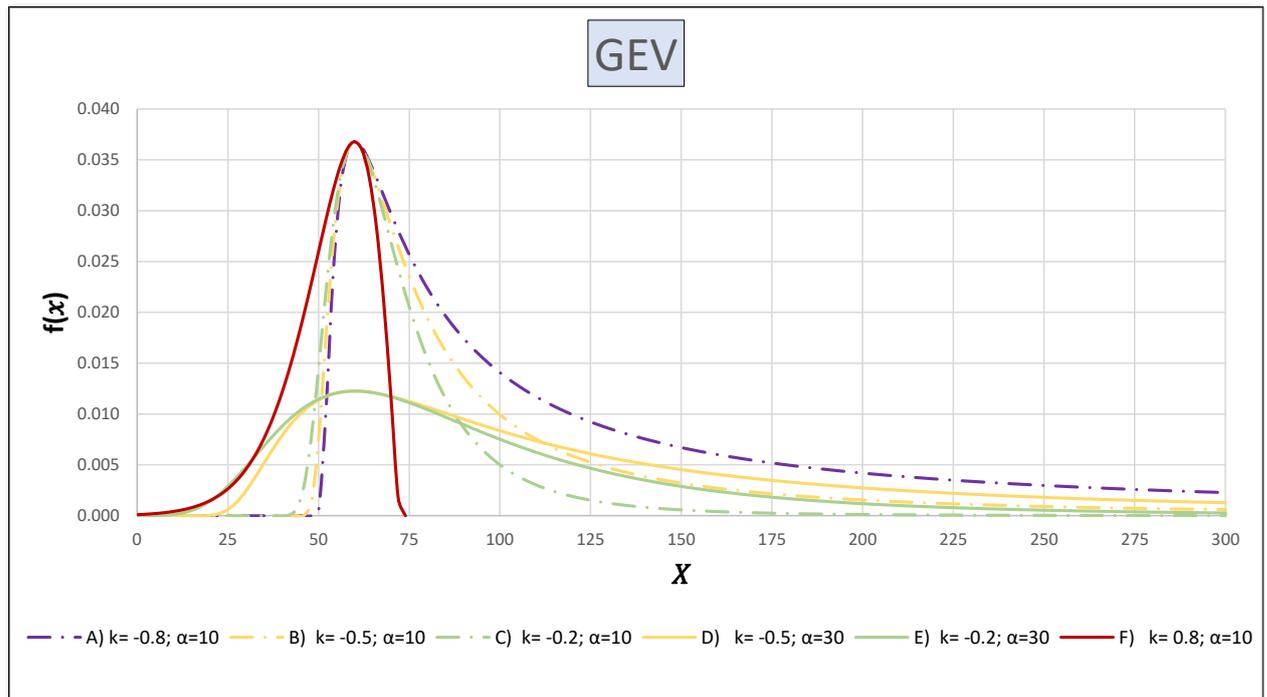


Figura B-1 Función de densidad de probabilidad de la distribución GEV con distintas parametrizaciones

En la figura anterior se muestra la f.d.p. de GEV con varias parametrizaciones: en todas $\beta = 60$. En las líneas punteadas se ha hecho variar el valor de k para enfatizar el efecto que produce la variación de la forma: la cola de la distribución es menos abrupta. En las líneas continuas cambia el valor del parámetro de escala α (reducidos a la tercera parte), dónde cada color de línea se corresponde con una de igual valor k del mismo color, a fines de estudiar el cambio producido por la variación de un único factor: se han aplanado a un tercio de su pico máximo. La línea F tiene un valor de k positivo, generando una asíntota superior en $x = \beta + \alpha/k = 60 + \frac{10}{0.8} = 72.5$ e invirtiendo la orientación de la distribución.

La función de distribución o de probabilidad acumulada (f.d.) es:

Ecuación B-2 f.d. GEV

$$F_{(x \leq X)} = e^{-\left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha}\right)\right]^{\frac{1}{k}}}$$

En la figura siguiente se muestra la f.d. de GEV con las parametrizaciones anteriores. Se observa, del mismo modo que para la f.d.p., el cambio de forma producido por la variación de k , la suavización de la cola de distribución (los valores extremos) y la asíntota vertical igual a 72.5 para la curva F . Asimismo, en las líneas punteadas varía únicamente el valor de k , mientras que las líneas continuas se corresponden con otro valor de α , parámetro de escala. Las trazas de igual color tendrán el mismo parámetro de forma, pero no de escala.

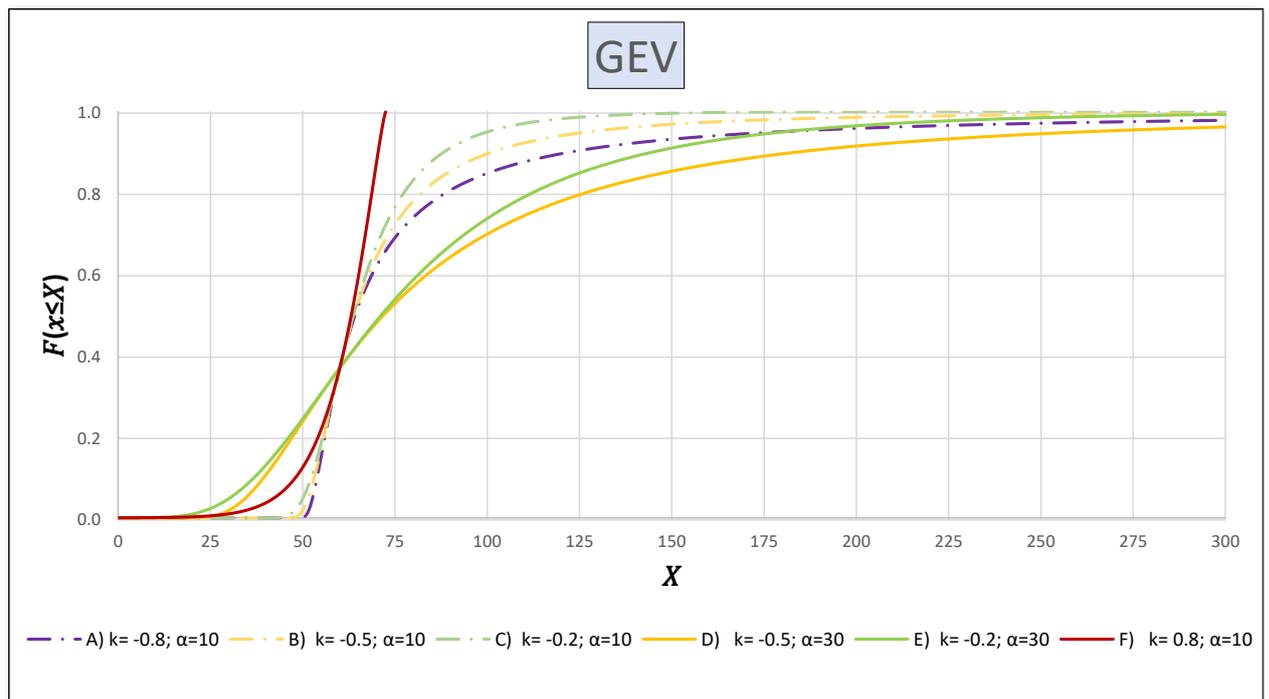


Figura B-2 Función de probabilidad acumulada de la distribución GEV con distintas parametrizaciones

Partiendo de la f.d., expresando la probabilidad acumulada como el tiempo de retorno (la inversa) y despejando x se calcula el valor de la variable correspondiente a un periodo de retorno determinado, que es lo que buscamos mediante este procedimiento. Esta función se conoce como función cuantil.

Las ecuaciones dadas para las funciones de distribución acumulada expresan por defecto la probabilidad de no excedencia (es decir, de no superar el valor dado o de ser menor). Supongamos un caudal máximo que represente un evento extremo: es de esperarse que habrá pocas probabilidades de superarlo (o excederlo) lo que implica que la probabilidad de no excederlo es bastante elevada. Gráficamente, en la Figura B-3 Probabilidad de excedencia de una función normal, la probabilidad de excedencia se interpreta como el área sombreada bajo la curva de la función de densidad de una distribución normal para un evento a ; A medida que el evento sea más extremo, el área se correrá a la izquierda y será menor, indicando menor posibilidad de excederlo.

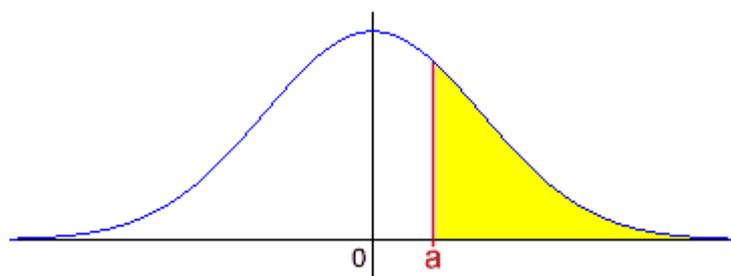


Figura B-3 Probabilidad de excedencia de una función normal

Como vemos, a medida que la probabilidad de excedencia disminuye al desplazarse a la izquierda, el área que no está sombreada y que representa la probabilidad de no excedencia, valor que efectivamente obtenemos de las ecuaciones, va en aumento.

La suma de la probabilidad de excedencia y de no excedencia para un mismo evento es igual a 1 por definición. En consecuencia, para obtener el tiempo de retorno en función de la probabilidad de no excedencia, además de invertirlo, debemos cambiar la expresión de $1/TR$ a $1 - 1/TR$.

Estos valores calculados no son datos de la muestra, sino los puntos estimados y ajustados mediante la distribución de probabilidad elegida a los observados. Existen procedimientos cuantitativos para determinar con exactitud el nivel de ajuste o de residuo que genera la distribución, para poder discernir la más adecuada, provocando la menor dispersión y mayor exactitud y ajuste a la realidad.

$$1 - \frac{1}{TR} = F_{(x \leq X)} = e^{-\left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha}\right)\right]^{\frac{1}{k}}}$$

Aplicando logaritmo natural en ambos lados de la ecuación:

$$\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right) = -\left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha}\right)\right]^{\frac{1}{k}}$$

Despejando:

$$\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right]^k = 1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha}\right)$$

$$\frac{\alpha}{k} \left\{1 - \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right]^k\right\} = x - \beta$$

$$\beta + \frac{\alpha}{k} \left\{1 - \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right]^k\right\} = x$$

Finalmente, se obtiene la ecuación:

Ecuación B-3 Cuantil GEV

$$x_T = \beta + \frac{\alpha}{k} \left[1 - \left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right\}^k\right]$$

B.II. Distribución de Valores Extremos Tipo I – EVI

Es una de las más frecuentemente utilizadas, debido a su sencillez y robustez. Es del tipo doble exponencial y, como ya se mencionó, un caso particular de la GEV cuando $k=0$.

La f.d.p. es:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)} \cdot e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}$$

Donde x puede tomar valores reales y los parámetros α y β , son parámetros de escala y forma, al igual que en la forma general.

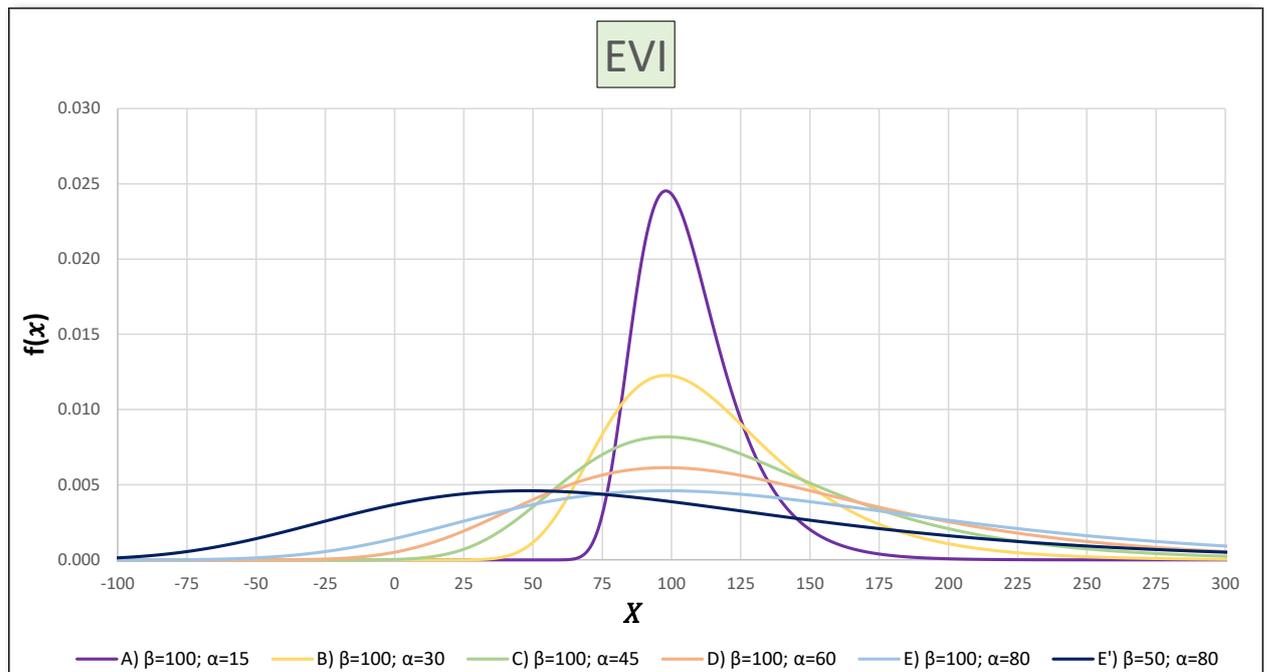


Figura B-4 Función de densidad de probabilidad de la distribución EVI con distintas parametrizaciones

En la figura anterior se muestra la f.d.p. de EVI con varias parametrizaciones: en todas $\beta = 100$. Exceptuando la E' donde $\beta = 50$. Este parámetro de origen se ha mantenido constante ya que el único efecto que produce es desplazar la curva sobre el eje. Se puede comparar la curva E con E' , observando que ambas son equivalentes, sólo que una está corrida sobre el eje de las abscisas respecto la otra. En las demás curvas, se ve el efecto producido por cambiar el parámetro de forma α . En este caso no sólo se ve alterado el pico máximo, sino que también se estira más la curva produciendo mayor dispersión. Las parametrizaciones por los MO o los ML arrojarán distintos valores de α y β , explicando, así como una misma distribución puede ajustar mejor a un conjunto de datos en función de sus parámetros.

La f.d. es:

$$F(x \leq X) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}}$$

En la figura siguiente se presentan las parametrizaciones anteriores. Las curvas E y E' tienen el mismo parámetro α , por lo que, a través de las líneas azules verticales (de igual

longitud), se evidencia que el origen únicamente se ha visto desplazado (β), teniendo la misma forma que en la primera. En este gráfico se observa mejor como varía la forma de la distribución según varía α .

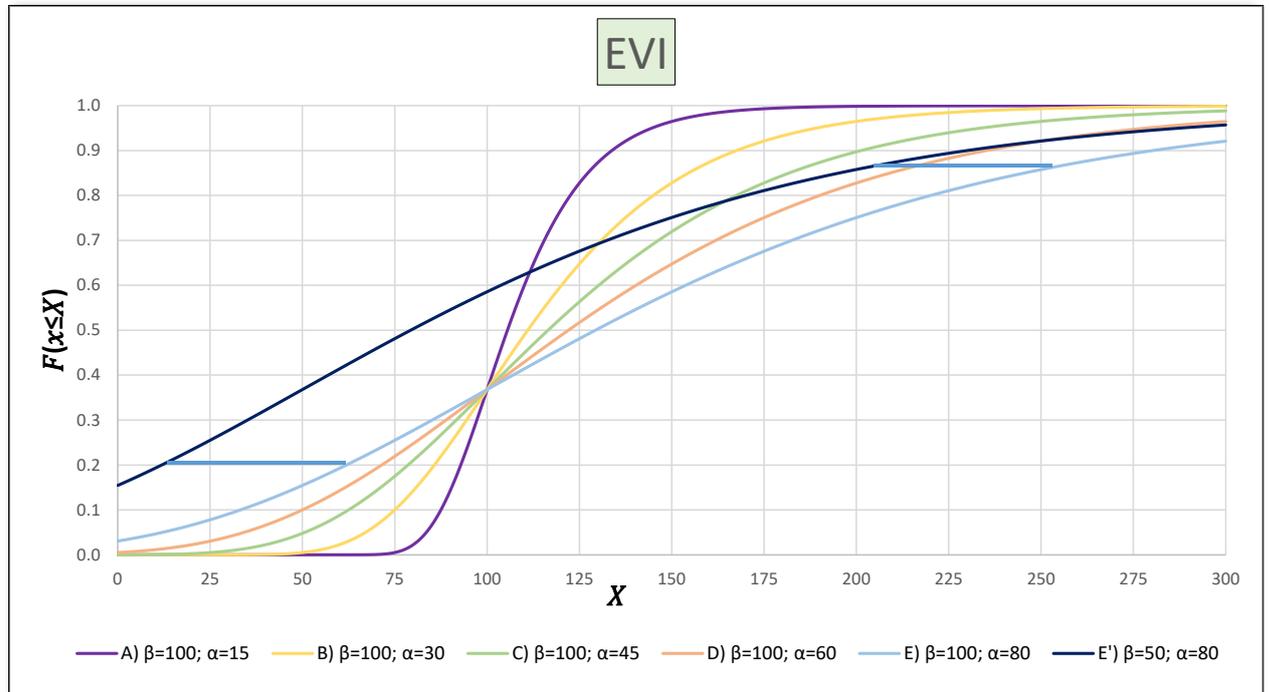


Figura B-5 Función de probabilidad acumulada de la distribución EVI con distintas parametrizaciones

La función cuantil, invirtiendo la f.d. será:

$$1 - \frac{1}{TR} = F_{(x \leq X)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}}$$

Aplicando logaritmo natural en ambos lados dos veces y despejando:

$$\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right) = -e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}$$

$$\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right] = -\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)$$

$$-\alpha \cdot \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right] = x - \beta$$

$$\beta - \alpha \cdot \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right] = x$$

Finalmente, se obtiene la ecuación:

$$x_T = \beta - \alpha \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right]$$

En la imagen siguiente se encuentran parametrizadas las funciones f.d.p. y f.d. de GEV y EVI para $\beta = 60$ a modo de comparativa. Las curvas A a D son de 3 parámetros y las E y F de 2. Se ve que B y D coinciden con E y F, ya que se les asignó $k = 0$.

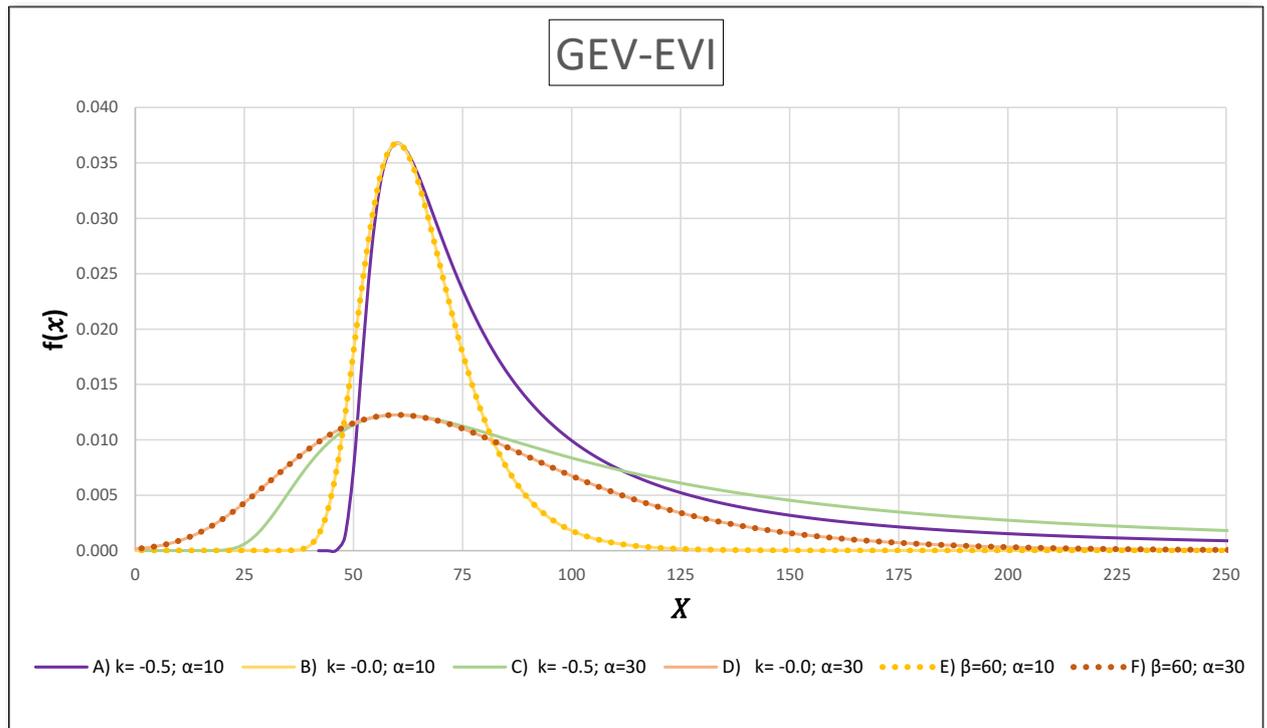


Figura B-6 Funciones de densidad de probabilidad de las distribuciones GEV y EVI con distintas parametrizaciones

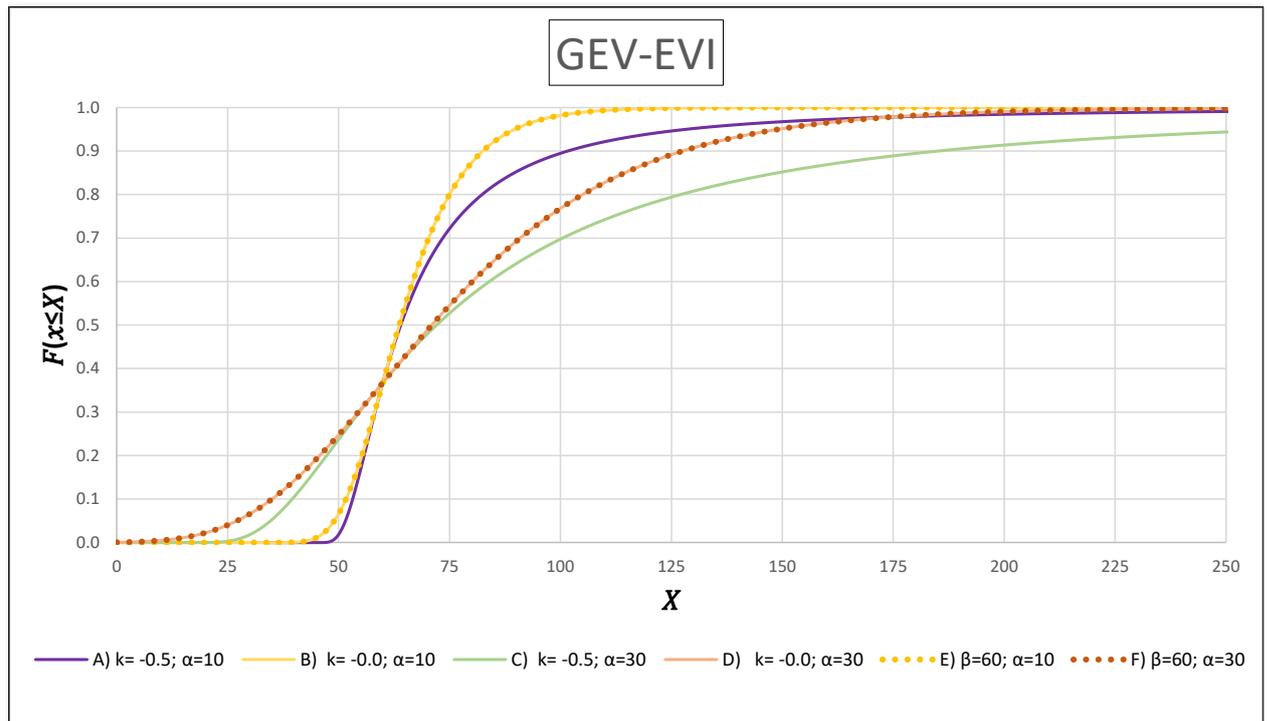


Figura B-7 Funciones de probabilidad acumulada de las distribuciones GEV y EVI con distintas parametrizaciones

B.III. General Pareto – GP

La función de densidad de probabilidad es:

Ecuación B-7 f.d.p. GP

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot \left[1 - \frac{k}{\alpha} \cdot (x - \beta) \right]^{\frac{1}{k} - 1}$$

Donde x puede tomar valores en el rango $\beta \leq x \leq \infty$ para valores de k negativos. Con k positiva, la distribución tiene una asíntota en $x = \beta + \alpha / k$, por lo que, en este caso, es recomendable usar la EXP (análogamente que en GEV).

Los parámetros α y β son de escala y origen respectivamente. El parámetro k es de forma.

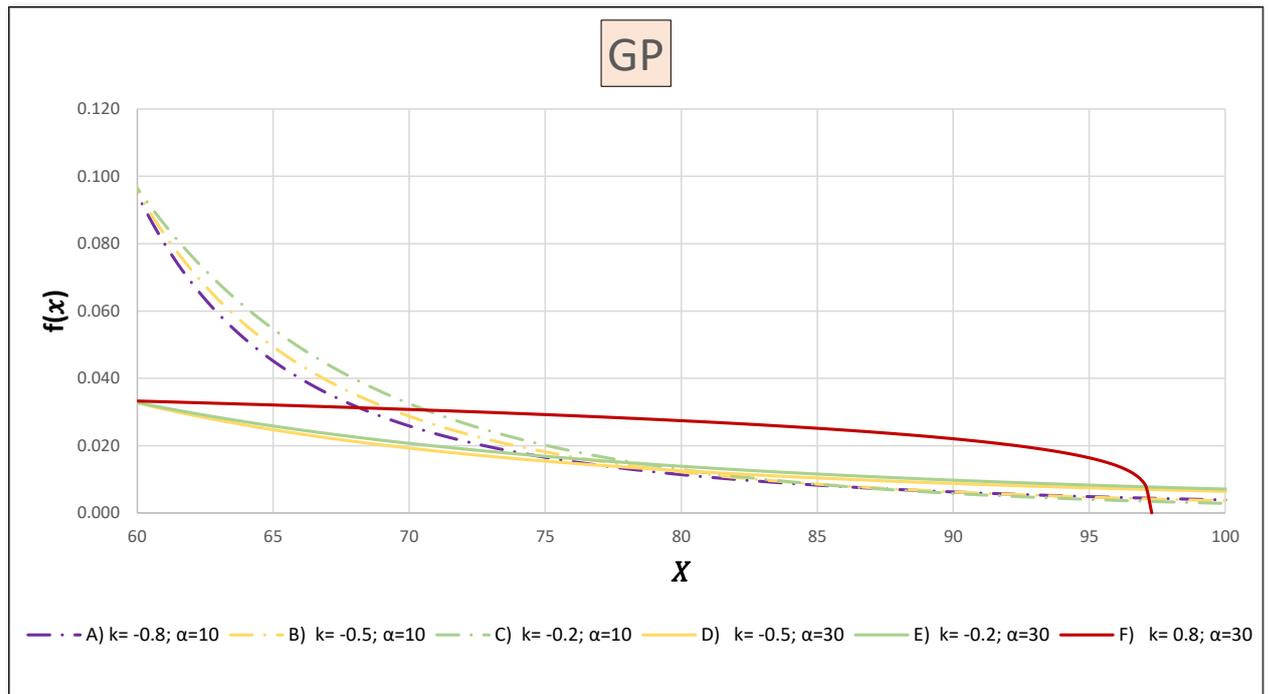


Figura B-8 Función de densidad de probabilidad de la distribución GP con distintas parametrizaciones

En la figura anterior se muestra la f.d.p. de GP con varias parametrizaciones: en todas $\beta = 60$. En las líneas punteadas se ha hecho variar el valor de k para enfatizar el efecto que produce la variación de la forma: la cola de la distribución es menos abrupta. En las líneas continuas cambia el valor del parámetro de escala α (reducidos a la tercera parte), donde cada color de línea se corresponde con una de igual valor k del mismo color, a fines de estudiar el cambio producido por la variación de un único factor: se han aplanado a un tercio de su pico máximo. La línea F tiene un valor de k positivo, generando una asintota superior en $x = \beta + \frac{\alpha}{k} = 60 + \frac{30}{0.8} = 97.5$ e invirtiendo la orientación de la distribución. Estas curvas no contemplan valores menores que $x_0 = \beta$, siendo sus valores iguales o mayores que β .

La función de probabilidad acumulada es:

Ecuación B-8 f.d. GP

$$F_{(x \leq X)} = 1 - \left[1 - \frac{k}{\alpha} \cdot (x - \beta) \right]^{\frac{1}{k}}$$

En la figura siguiente se muestra la f.d. de GP con las parametrizaciones anteriores. Se observa, del mismo modo que para la f.d.p., el cambio de forma producido por la variación de k , la suavización de la cola de distribución (los valores extremos) y la asintota vertical igual a 97.5 para la curva F. Asimismo, en las líneas punteadas varía únicamente el valor de k , mientras que las líneas continuas se corresponden con otro valor de α , parámetro de escala. Las trazas de igual color tendrán el mismo parámetro de forma, pero no de escala. Se distingue que las curvas empiezan siendo iguales o mayores que β .

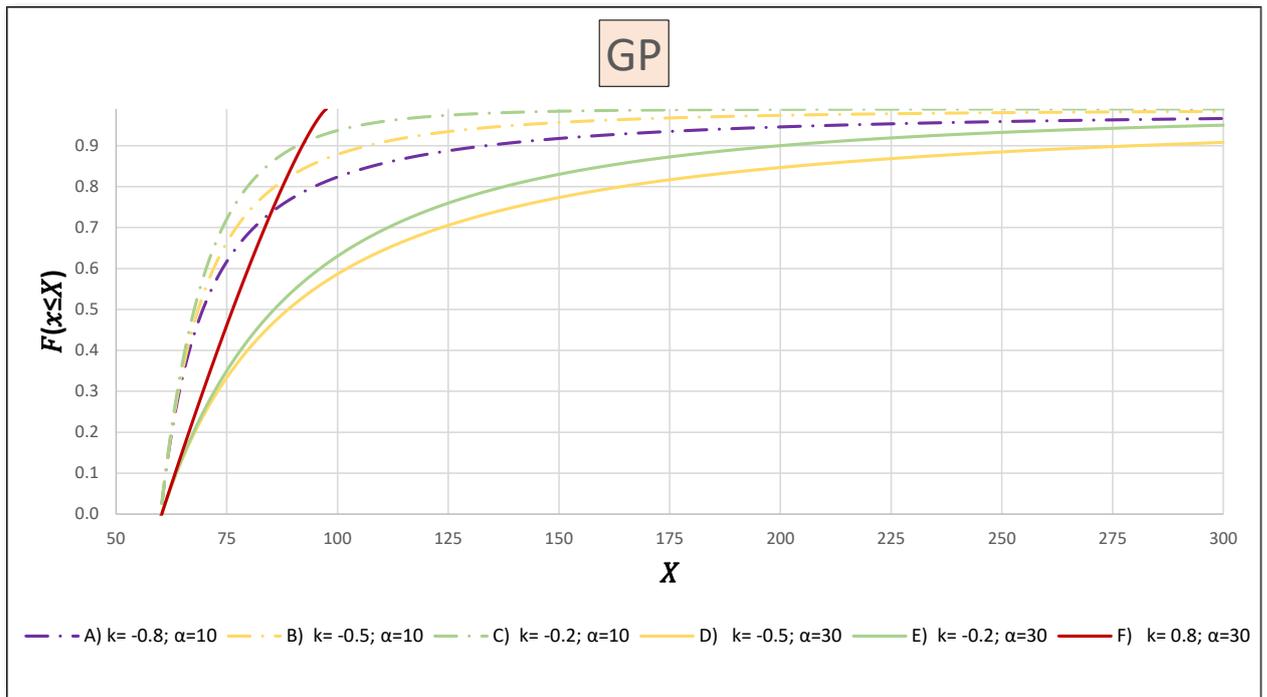


Figura B-9 Función de probabilidad acumulada de la distribución GP con distintas parametrizaciones

La función cuantil, invirtiendo la f.d. será:

$$1 - \frac{1}{TR} = F_{(x \leq X)} = 1 - \left[1 - \frac{k}{\alpha} \cdot (x - \beta) \right]^{\frac{1}{k}}$$

$$\frac{1}{TR} = \left[1 - \frac{k}{\alpha} \cdot (x - \beta) \right]^{\frac{1}{k}}$$

$$\left(\frac{1}{TR} \right)^k = 1 - \frac{k}{\alpha} \cdot (x - \beta)$$

$$\frac{\alpha}{k} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{TR} \right)^k \right] = x - \beta$$

$$\beta + \frac{\alpha}{k} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{TR} \right)^k \right] = x$$

Finalmente, se obtiene la ecuación:

Ecuación B-9 Cuantil GP

$$x_T = \beta + \frac{\alpha}{k} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{1}{TR} \right)^k \right]$$

B.IV. Distribución Exponencial – EXP

La distribución exponencial es un caso de la General Pareto, cuando $k=0$. La f.d.p. es:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}$$

Donde x puede tomar valores en el rango $\beta \leq x < \infty$ y siendo α un parámetro de escala

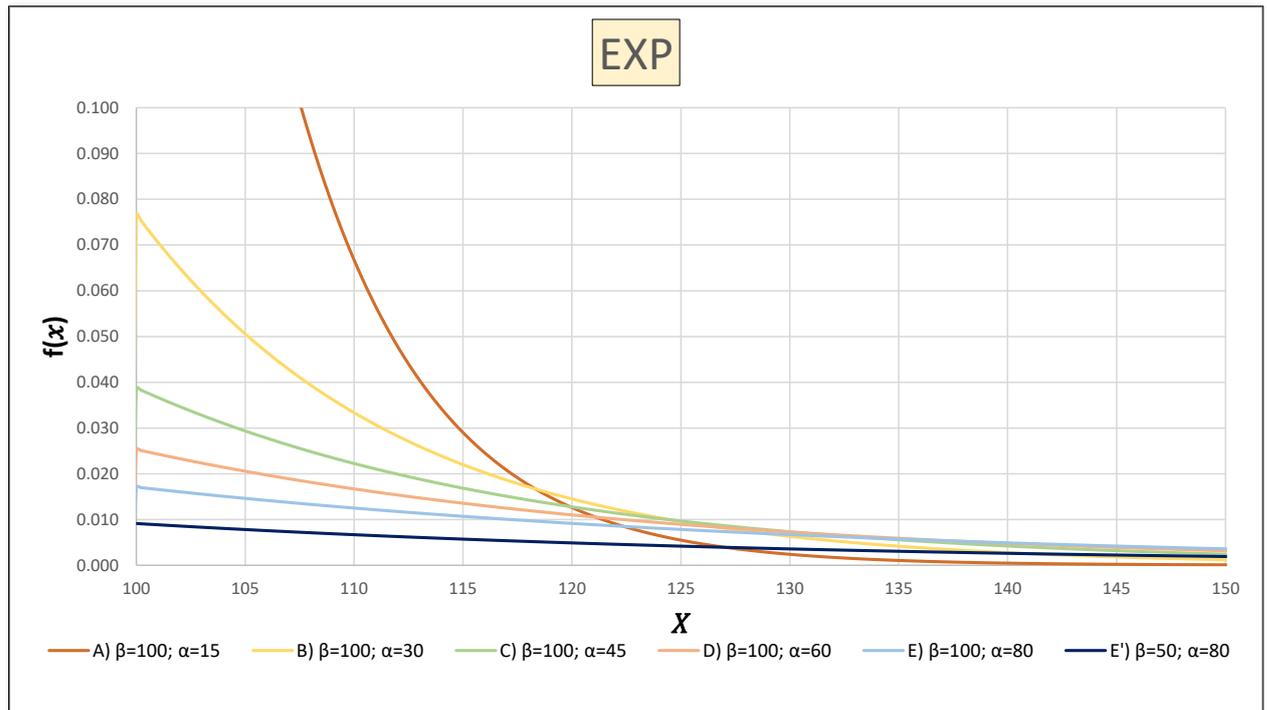


Figura B-10 Función de densidad de probabilidad de la distribución EXP con distintas parametrizaciones

En la figura anterior se muestra la f.d.p. de EXP con varias parametrizaciones: en todas $\beta = 100$. Exceptuando la E' donde $\beta = 50$. Este parámetro de origen se ha mantenido constante ya que el único efecto que produce es desplazar la curva sobre el eje. Se puede comparar la curva E con E' , observando que ambas son equivalentes, sólo que una está corrida sobre el eje de las abscisas respecto la otra. En las demás curvas, se ve el efecto producido por cambiar el parámetro de forma α . Estas curvas no contemplan valores menores que $x_0 = \beta$, siendo sus valores iguales o mayores que β . La curva E' continúa más allá del gráfico hasta el valor de $x_0 = 50$.

La f.d. es:

$$F_{(x \leq X)} = 1 - e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}$$

En la figura siguiente se presentan las parametrizaciones anteriores. Las curvas E y E' tienen el mismo parámetro α , por lo que, a través de las líneas azules verticales (de igual longitud), se evidencia que el origen únicamente se ha visto desplazado (β), teniendo la misma forma que en la primera. En este gráfico se observa mejor como varía la forma

de la distribución según varía α . Es notable la similitud de ésta con la EVI en forma, pero, análogamente a la forma general, la EXP sólo existe para valores mayores que β .

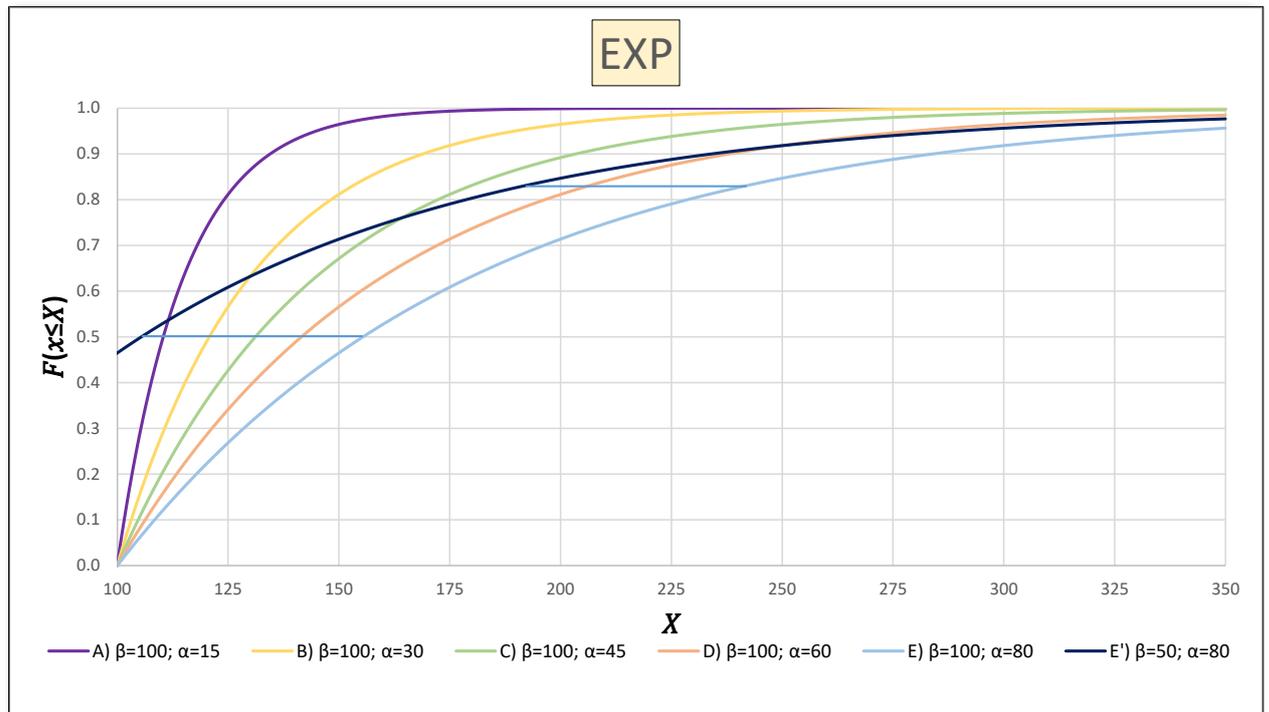


Figura B-11 Función de probabilidad acumulada de la distribución EXP con distintas parametrizaciones

La función cuantil, invirtiendo la f.d. será:

$$1 - \frac{1}{TR} = F_{(x \leq X)} = 1 - e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}$$

$$\frac{1}{TR} = e^{-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}$$

Aplicando logaritmo natural en ambos lados dos veces y despejando:

$$\ln\left(\frac{1}{TR}\right) = -\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)$$

Según las propiedades del logaritmo:

$$\ln(1) - \ln(TR) = -\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)$$

$$0 - \ln(TR) = -\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)$$

$$\alpha \ln(TR) = x - \beta$$

$$\beta + \alpha \ln(TR) = x$$

Finalmente, se obtiene la ecuación:

$$x_T = \beta + \alpha \ln(TR)$$

En la imagen siguiente se encuentran parametrizadas las funciones f.d.p. y f.d. de GP y EXP para $\beta = 60$ a modo de comparativa. Las curvas A a D son de 3 parámetros y las E y F de 2. Se ve que B y D coinciden con E y F, ya que se les asignó $k = 0$.

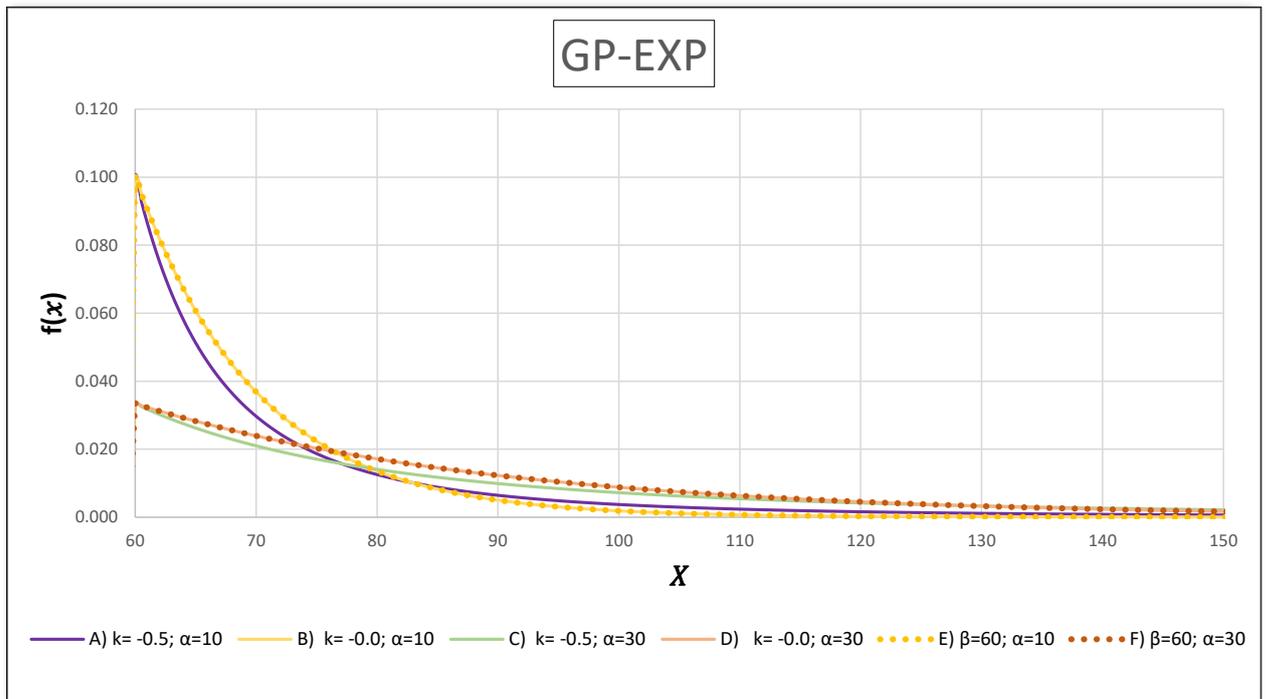


Figura B-12 Funciones densidad de probabilidad de las distribuciones GP y EVI con distintas parametrizaciones

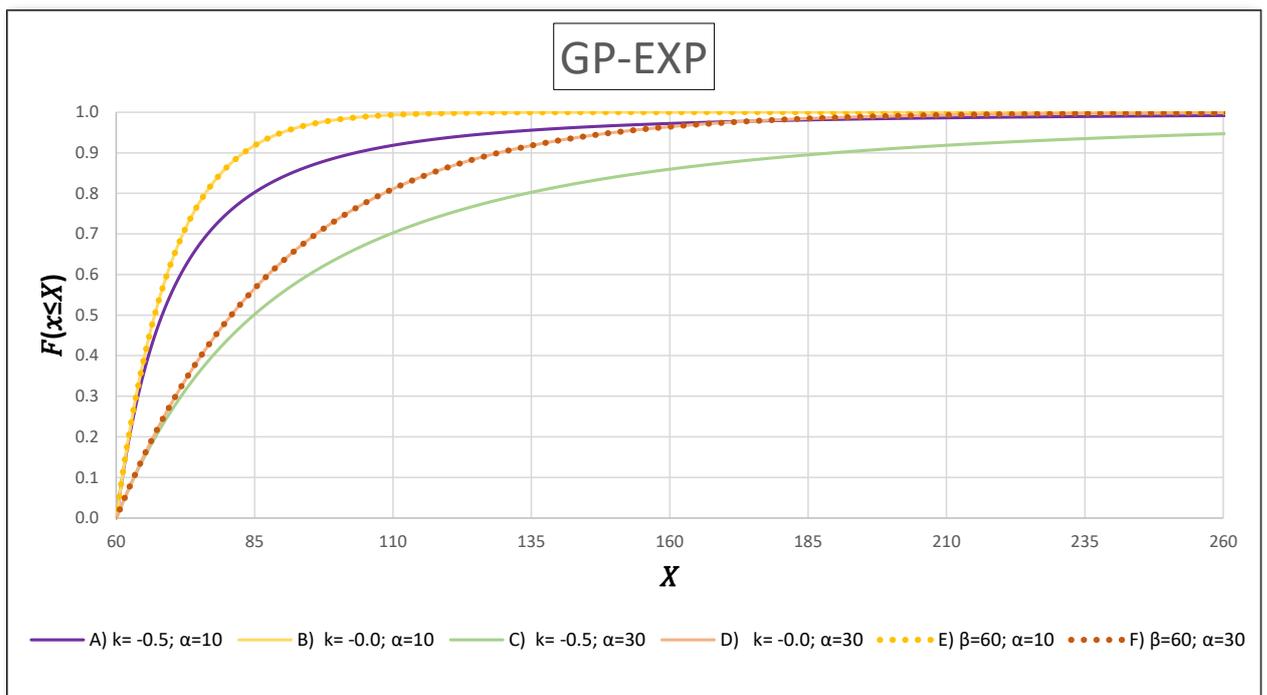


Figura B-13 Funciones de probabilidad acumulada de las distribuciones GEV y EVI con distintas parametrizaciones

A continuación, se expone la f.d.p. y f.d. a modo ilustrativa de las 4 distribuciones combinadas, dónde en todos los casos $k = -0.5$; $\beta = 60$; $\alpha = 20$. Se ve como parámetro afecta en cada distribución y las diferencias generales entre las distintas alternativas.

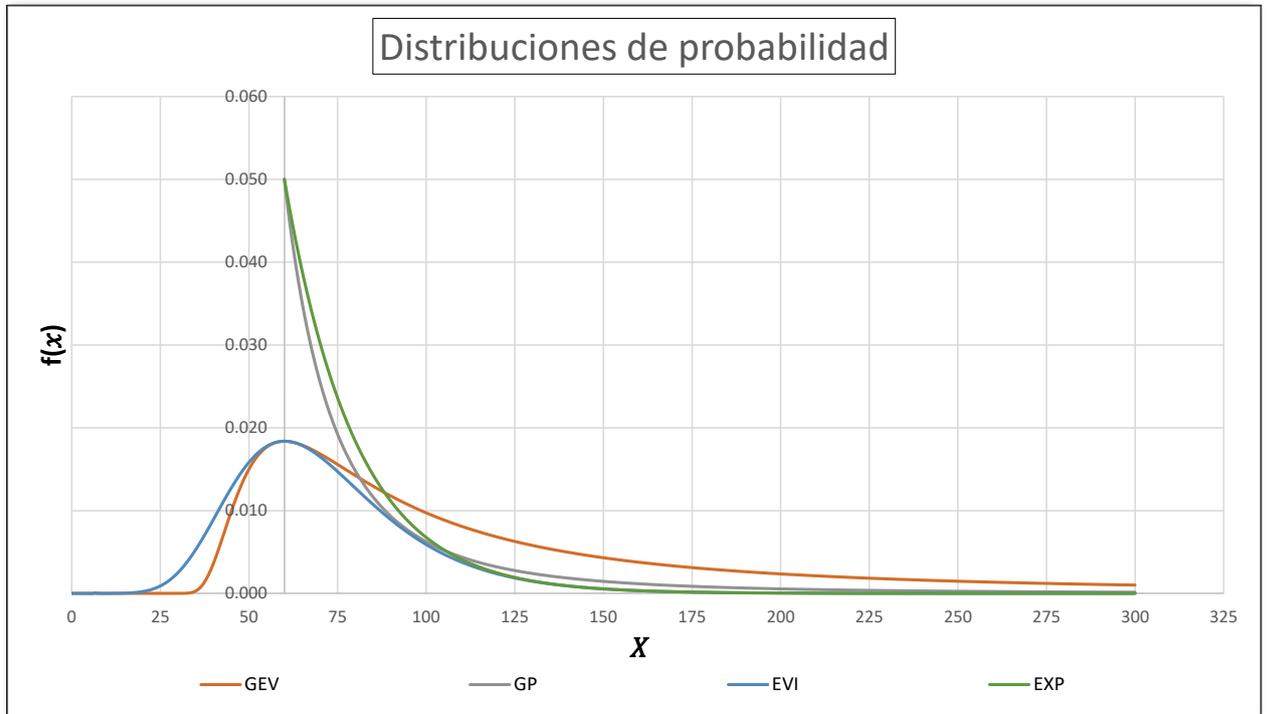


Figura B-14 Funciones de densidad de probabilidad de las distribuciones GEV, EVI, GP y EXP con parámetros semejantes

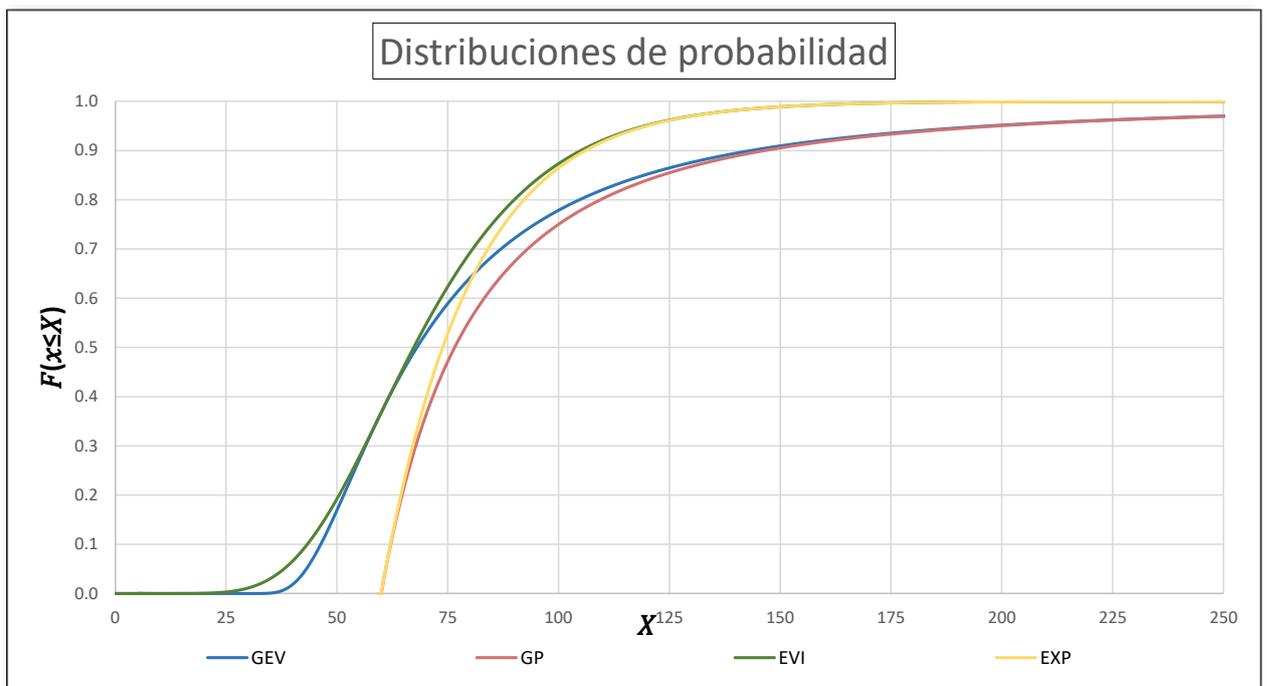


Figura B-15 Funciones de probabilidad acumulada de las distribuciones GEV, EVI, GP y EXP con parámetros semejantes

Finalmente, se adjunta una tabla resumiendo las fórmulas de las funciones de densidad de probabilidad (f.d.p.), de distribución de probabilidad o acumulada (f.p.) y de cuantiles para las 4 funciones expuestas: General de Valores Extremos (GEV), Distribución de Valores Extremos Tipo I o Gumbel (EVI), General Pareto (GP) y Exponencial (EXP)

Tabla B-2 Resumen de ecuaciones para las distribuciones GEV y EVI

Función	GEV	EVI
F.D.P.	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k} - 1} \cdot e^{-\left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k}}}$	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{-\left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right) - e^{-\left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right)}}$
F.P.	$F_{(x \leq X)} = e^{-\left[1 - k \cdot \left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k}}}$	$F_{(x \leq X)} = e^{-e^{-\left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right)}}$
Cuantil	$x_T = \beta + \frac{\alpha}{k} \left[1 - \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right\}^k \right]$	$x_T = \beta - \alpha \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right]$

Tabla B-3 Resumen de ecuaciones para las distribuciones GP y EXP

Función	GP	EXP
F.D.P.	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot \left[1 - \frac{k}{\alpha} \cdot (x - \beta) \right]^{\frac{1}{k} - 1}$	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{-\left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right)}$
F.P.	$F_{(x \leq X)} = 1 - \left[1 - \frac{k}{\alpha} \cdot (x - \beta) \right]^{\frac{1}{k}}$	$F_{(x \leq X)} = 1 - e^{-\left(\frac{x - \beta}{\alpha} \right)}$
Cuantil	$x_T = \beta + \frac{\alpha}{k} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{1}{TR} \right)^k \right]$	$x_T = \beta + \alpha \ln(TR)$

B.V. Variable reducida

A la hora de graficar las distribuciones, surge el inconveniente de qué escala o variables se colocan en los ejes. Mientras que en el eje de las ordenadas se representarán los datos, en el de abscisas pueden surgir ciertas variantes.

Si se elige la probabilidad de excedencia o el tiempo de retorno, por la forma de las distribuciones, no se dibujará una recta, sino una curva. Esto si bien en ciertos casos será suficiente, cuando se extrapola lo mejor es tener la ayuda cualitativa visual. Sin embargo, recordamos que existen métodos matemáticos exactos para determinar las bondades y el residuo del ajuste.

La representación en una recta sirve para rápidamente determinar qué distribuciones serán descartadas y si el proceso hasta entonces tiene coherencia y robustez esperada.

Para ello, debemos hacer una transformación mediante el álgebra a la variable que irá en el eje de las x, que será la probabilidad de excedencia ($P(X \geq x_m)$)

Esta transformación se denomina “variable reducida” cuya ecuación es la siguiente:

Ecuación B-13 Variable reducida

$$VR = -\ln[-\ln(1 - P(X \geq x_m))]$$

Expresada con el TR:

$$VR = -\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right]$$

Esta nueva variable, al ser función únicamente de la probabilidad de excedencia o su inversa, el tiempo de retorno, puede ser aplicada para la graficación de todas las distribuciones.

En el caso de la EVI, se puede reemplazar la variable reducida en la ecuación para la determinación de los caudales para un TR determinado, quedando la ecuación:

Ecuación B-14 Cuantil EVI en función de la variable reducida

$$x_T = \beta - \alpha \cdot \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{TR}\right)\right]$$

$$x_T = \beta + \alpha \cdot VR$$

B.VI. Estimación de parámetros

Como ya se ha mencionado anteriormente, para la estimación de parámetros se usarán los L-Momentos en todas las distribuciones, incorporando los MO para le EVI.

En el informe se presentan las estimaciones mediante los parámetros poblacionales, sin embargo, se usarán los muestrales. El único cambio radica en la nomenclatura, por lo que se omitirán dichas igualdades para evitar la reiteración de la información.

Para **GEV**, los parámetros son:

$$\hat{k} \approx 7,8590c + 2,9554c^2 ; \quad c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{\lambda}_2 \cdot \hat{k}}{\Gamma(1 + \hat{k}) \cdot (1 - 2^{-\hat{k}})}$$

$$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{k}} [\Gamma(\hat{k} + 1) - 1]$$

El $\hat{\cdot}$ circunflejo indica que se trata de estimadores muestrales. La aproximación de k es del orden de $9 \cdot 10^4$ para valores de $-0.5 \leq \tau_3 \leq 0.5$. Hosking y Wallis (1997).

El signo Γ representa a la función gamma:

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} x^{(n-1)} \cdot e^{-x} dx$$

Para los casos dónde el argumento tiene la forma de $N+1$, se cumple que:

$$\Gamma_{(n+1)} = n \cdot \Gamma_{(n)}$$

Y si N es un entero positivo, se obtiene:

$$\Gamma_{(n)} = (n - 1)!$$

Si hacemos tender el valor de k a 0, los parámetros tenderán a coincidir con los de **EVI**, que son:

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{\lambda}_2}{\ln(2)}$$

$$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 - \gamma \cdot \hat{\alpha}$$

y es la constante de Euler: $\gamma = 0.5772156649 \dots$

Usando los Momentos Ordinarios, los parámetros son:

$$\hat{\alpha} = \frac{\sqrt{6}s}{\pi}$$

$$\hat{\beta} = \bar{x} - 0.5772\hat{\alpha}$$

Donde s es la desviación estándar de la muestra, \bar{x} la media. En la bibliografía es común encontrar este último parámetro como u .

La diferencia entre los ML y los MO, más allá de su fundamento teórico, yace en el momento de estimar los parámetros que se usarán para ajustar las distribuciones de probabilidad. En estas páginas se ha descrito la parametrización para la función EVI con ambos momentos, en los cuales queda evidenciado que el ajuste será diferente. El análisis de cuál es mejor o arroja mejores resultados quedará sujeto, considerando cada muestra y su naturaleza, a un test de confiabilidad.

Para la **GP**:

Ecuación B-19 Parámetros k , α y β para GP

$$\hat{k} = (1 - 3\tau_3) / (1 + \tau_3)$$

$$\hat{\alpha} = (1 + \hat{k}) \cdot (2 + \hat{k})\hat{\lambda}_2$$

$$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 - (2 + \hat{k})\hat{\lambda}_2$$

Nuevamente, para la **EXP**, cuando k tiende a 0, tenemos:

Ecuación B-20 Parámetros α y β para EXP

$$\hat{\alpha} = 2\hat{\lambda}_2$$

$$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 - 2\hat{\lambda}_2$$

En este trabajo se han calculado los parámetros de las distribuciones mediante los L-Momentos: k , α y β , que representan la forma, la escala y el origen, respectivamente, sin embargo, en la bibliografía puede encontrarse que β es representado como ξ .

Se presenta un cuadro resumen de las parametrizaciones mediante los ML (y MO para la EVI).

Tabla B-4 Resumen de parámetros para la distribución GEV

Parámetro	GEV
	ML
α	$\hat{\alpha} = \frac{\hat{\lambda}_2 \cdot \hat{k}}{\Gamma(1 + \hat{k}) \cdot (1 - 2^{-\hat{k}})}$
β	$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{k}} [\Gamma(\hat{k} + 1) - 1]$
k	$\hat{k} \approx 7,8590c + 2,9554c^2 \quad c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)}$

Tabla B-5 Resumen de parámetros para la distribución EVI según los ML y MO

Parámetro	EVI
ML	
α	$\hat{\alpha} = \frac{\hat{\lambda}_2}{\ln(2)}$
β	$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 - \gamma \cdot \hat{\alpha} \quad \gamma = 0.5772156649 \dots$
MO	
α	$\hat{\alpha} = \frac{\sqrt{6}s}{\pi}$
β	$\hat{\beta} = \bar{x} - 0.5772\hat{\alpha}$

Tabla B-6 Resumen de parámetros para la distribución GP

Parámetro	GP
ML	
α	$\hat{\alpha} = (1 + \hat{k}) \cdot (2 + \hat{k})\hat{\lambda}_2$
β	$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 - (2 + \hat{k})\hat{\lambda}_2$
k	$\hat{k} = (1 - 3\tau_3) / (1 + \tau_3)$

Tabla B-7 Resumen de parámetros para la distribución EXP

Parámetro	EXP
ML	
α	$\hat{\alpha} = 2\hat{\lambda}_2$
β	$\hat{\beta} = \hat{\lambda}_1 - 2\hat{\lambda}_2$