

AVANCES EN LA REGIONALIZACIÓN DE CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES PARA LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Cardini, Julio¹; Zabalett, Alejandro² y Reguero, Gimena³

Grupo de Estudio de la Contaminación del Río Uruguay (GECRU)
Facultad Regional Concepción del Uruguay (FRCU) - Universidad Tecnológica Nacional,
Ingeniero Pereira 676 (CP 3260)

1: e-mail: cardinij@frcu.utn.edu.ar / cardinijulio@gmail.com

2: e-mail: zabaleta@frcu.utn.edu.ar

3: e-mail: gpsouto@gmail.com

Resumen. *Se presentan los avances alcanzados en una investigación sobre la regionalización de caudales de estiaje para diferentes subcuencas aforadas en la provincia de Entre Ríos. En ésta etapa se analizaron y procesaron datos históricos de caudales, correspondientes a 14 estaciones hidrológicas, generando índices estadísticos. Se adoptó inicialmente como parámetro de referencia el Q10 (pertinente al caudal definido por el percentil 10% de los caudales medios diarios). Para calcular los datos morfométricos se consideró cada estación como punto de concentración o desfogue, y se delimitó la subcuenca que la contiene. A partir de análisis de correlaciones se concluyó que es factible encontrar relaciones entre los distintos parámetros morfométricos y la estadística de caudales mínimos de las cuencas. El objetivo final del estudio es desarrollar una metodología que permita considerar la hidrología de las cuencas en estudios de calidad del agua y estimar caudales ambientales en cuencas no aforadas, a los efectos de generar un modelo de análisis replicable a otros cursos de agua de la provincia. Ello permitiría mejorar las normativas ambientales de vuelco, que actualmente no consideran la relación entre el caudal descargado y el caudal del curso de agua.*

Palabras clave: Regionalización, Curvas de duración de Caudal, Morfometría, Entre Ríos

1. INTRODUCCIÓN

El caudal ecológico de un curso de agua está relacionado con diferentes términos, tales como el caudal de mantenimiento, caudal mínimo, caudal de acondicionamiento, caudal de estiaje, caudal generador, caudal de limpieza, etc., los cuales suelen agruparse bajo el nombre genérico de caudales ambientales (Magdaleno, 2012). Como parte de las tareas de investigación que lleva a cabo el Grupo de Estudio Contaminación del Río Uruguay (GECRU) con respecto al impacto ambiental que la actividad humana genera en la región, se presentan los avances parciales alcanzados en una investigación sobre la regionalización de caudales ambientales para diferentes subcuencas aforadas en la provincia de Entre Ríos.

Esta tarea se enmarca en una investigación que abarca los siguientes aspectos:

- Realizar mediciones sistemáticas de niveles de agua, aforos y registro de parámetros meteorológicos en las cuencas piloto de los arroyos Centella y Las Piedras de la provincia de Entre Ríos, ubicadas entre Concepción del Uruguay y Gualeguaychú.
- Analizar el régimen de caudales naturales de las cuencas entrerrianas, evaluando las condiciones que afectan la ecología, a los efectos de generar conclusiones que permitan evaluar los impactos generados por emprendimientos de aprovechamiento hídrico.
- Estimar indicadores relacionados con los caudales ambientales de las subcuencas aforadas de la provincia, a través de un procedimiento de regionalización, mediante la correlación con parámetros geomorfológicos y parámetros climáticos representados por la precipitación y la evapotranspiración media sobre la misma. Verificar la aplicabilidad de estas relaciones para cuencas de los pequeños arroyos anteriormente mencionados, empleando los datos registrados en los mismos.

2. OBJETIVO

El objetivo final del estudio es desarrollar una metodología que permita considerar la hidrología de las cuencas en estudios de calidad del agua y estimar caudales ambientales en cuencas no aforadas, a los efectos de generar un modelo de análisis replicable a otros cursos de agua de la provincia. Ello permitiría mejorar las normativas ambientales de vuelco, que actualmente no consideran la relación entre el caudal descargado y el caudal del curso de agua, así como evaluar el posible impacto de obras de aprovechamiento hídrico.

El caudal ecológico (o ambiental) es un instrumento de administración en razón de que establece acuerdos entre los usuarios y la autoridad en la materia (la Comisión Nacional del Agua), para asignar o concesionar el agua para los diferentes usos y cumplir al mismo tiempo con el régimen deseado de caudales, que conservará, como se ha explicado, la funcionalidad ecológica y la sustentabilidad de los ecosistemas fluviales. Dichos ecosistemas son fuentes de abastecimiento de agua para las actividades humanas (González Mora, et al., 2014).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 13 subcuencas de la provincia de Entre Ríos con información de aforos líquidos y de registros de niveles diarios de la base de datos de la Red Hidrológica Nacional (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación, 2018).

Las mismas son: arroyo Guayquiraró, arroyo Feliciano, arroyo Estacas, Paso Medina, río

Gualeguay, arroyo Yuquerí, arroyo Las Conchas, río Gualeguaychú en RN130, río Gualeguaychú en RP39, Gualeguaychú en Rosario del Tala, Arroyo Nogoyá en RP39, río Del Doll en RP11, río Nogoyá en RP11.

En la

Tabla 1 se presentan las coordenadas geográficas de las estaciones analizadas y los períodos de registro correspondientes, y en la Figura 1 la ubicación de las mismas con las subcuencas correspondientes, junto con la cuenca piloto del arroyo Centella.

Tabla 1. Ubicación de estaciones analizadas

Nombre de la estación	Código	Latitud	Longitud	Periodo de aforos
Guayquiraró - Límite con Entre Ríos - RP N° 28	3898	30° 12' 59.90"	58° 47' 04.70"	27/05/2015 - 06/08/2018
Arroyo Feliciano - RP N° 2 - Paso Correa	3064	30° 23' 35.40"	58° 42' 26.90"	27/05/2015 - 06/08/2018
A° Estacas - Ex RP N° 50	3065	30° 46' 00.10"	59° 28' 14.30"	05/05/2015 - 09/05/2018
Feliciano - Paso Medina	3003	30° 55' 25.30"	59° 33' 04.40"	15/01/1975 - 24/07/2018
Gualeguay - Paso Duarte RP N° 22	3023	31° 06' 18.50"	58° 46' 16.20"	20/05/2015 - 06/08/2018
Yuquerí Grande - Concordia	3061	31° 21' 29.40"	58° 05' 41.10"	07/05/1991 - 07/05/2018
A° Las Conchas - La Picada - RN N° 12	3063	31° 43' 43.80"	60° 18' 27.40"	26/05/2015 - 09/08/2018
Gualeguaychú - Ruta Nacional N°130	3031	32° 06' 16.60"	58° 29' 25.70"	07/07/2011 - 07/08/2018
Gualeguaychú - Ruta Provincial N°039	3030	32° 26' 42.60"	58° 33' 17.60"	17/03/1987 - 19/07/2018
Gualeguaychú - Rosario del Tala	3004	32° 18' 30.60"	59° 04' 36.50"	23/11/1988 - 19/07/2018
Nogoyá - RP N° 039	3038	32° 23' 40.70"	59° 45' 49.90"	18/05/2009 - 08/08/2018
Del Doll - RP N° 011	3015	32° 18' 21.00"	60° 25' 35.50"	14/04/1987 - 18/07/2018
Nogoyá - RP N° 011	3037	32° 50' 31.11"	59° 51' 52.65"	15/03/1987 - 18/07/2018

Para cada estación se realizó un análisis de los parámetros morfométricos de la cuenca de aporte, consistente en datos de su superficie, cotas, pendientes, características de la red hídrica y tiempo de Concentración calculado empleando la Fórmula de Benham:

$$tc = [0,87 L^2 / (H/L)]^{0,385} \tag{1}$$

Donde: tc es el tiempo de concentración
 L es la longitud del cauce (km)
 H la diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca (m)

A partir de los datos aforados para distintos niveles de agua se establecieron curvas H-Q (altura-caudal) para cada subcuenca. El ajuste de dichas curvas en la mayoría de los casos fue logarítmico, es decir aproximando la curva mediante la siguiente expresión:

$$Q = K * (H - H_0)^n \tag{2}$$

Donde: K y n son constantes
 H₀ es la altura del agua cuando el caudal es 0

El resto se ajustó mediante funciones cuadráticas simples o combinadas para diferentes intervalos de niveles. Las series finales de caudales fueron obtenidas a partir de aplicar las mencionadas curvas H-Q al registro de niveles diarios medidos en cada estación.

Se está analizando el régimen natural de caudales mediante el software IAHRIS (Índices de Alteración Hidrológica en RÍoS), desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Medio Ambiente de España, de libre difusión, con base metodológica desarrollada por la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Forestales de la Universidad Politécnica de Madrid, y la empresa INCLAM. El mismo permite evaluar de manera objetiva y eficiente los cambios que sobre

los elementos del régimen de caudales con mayor trascendencia ambiental, inducen los aprovechamientos de los recursos hídricos, permitiendo identificar los componentes del ecosistema fluvial que deben considerarse para valorar su estado ecológico (Martínez Santa María y Fernández Yuste, 2010).

Se denomina Régimen Natural de Caudales (RNC) al que de forma natural circularía por el cauce, considerando la complejidad y variabilidad de todos los factores implicados, en contraposición a otros regímenes “alterados” obtenidos al modificarlo mediante una regulación y/o detención directa de caudales desde el cauce (Fernández Yuste, 2010).

Conocer el régimen de caudales de un río en los aspectos de magnitud, frecuencia, duración, estacionalidad y tasa de cambio permite identificar sus posibilidades respecto a la disponibilidad de hábitat, diversidad, capacidad de resiliencia y capacidad de respuesta y sincronía con los ciclos vitales (Martínez Santa María y Fernández Yuste, 2006). La metodología IAHRIS fue aplicada a ríos de Argentina con buenos resultados para valorar alteraciones hidrológicas debido a obras hidráulicas (Prieto Villarroja y Fariás, 2017).

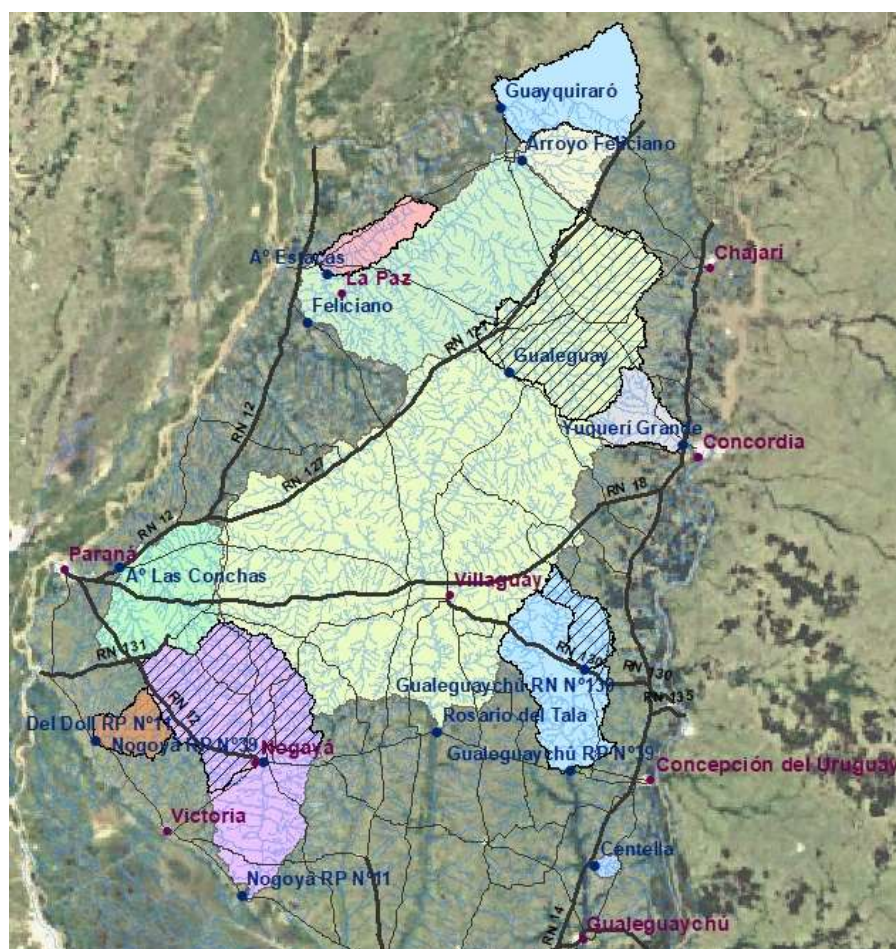


Figura 1. Ubicación de las subcuencas analizadas

El desarrollo sucesivo de la presente investigación comprenderá analizar la influencia en las correlaciones con los datos morfométricos de las subcuencas entrerrianas, y en los parámetros que caracterizan el RNC de las mismas, de la precipitación media anual (la

cual se incrementa de Sur a Norte), y de las condiciones de evapotranspiración del suelo.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Para cada estación se realizó un análisis de los parámetros morfométricos de la cuenca de aporte, relacionados con las propiedades de la superficie y de la red hídrica, presentándose en la Tabla 2 a modo de ejemplo una síntesis de los mismos para 5 de las 13 cuencas.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de las subcuencas

# de Estación RHN		3898	3064	3065	3003	3023
Id.		1	2	3	4	5
Cuenca - Estación		Guayquiraró	A Feliciano	A Estacas	Paso Medina	Guauguay
Área	km ²	1499,8	692,7	557,3	5501,5	2984,0
Perímetro de la cuenca	km	269,3	173,2	224,3	560,4	389,1
Cota máxima	msnm	97,2	89,0	74,0	88,7	90,0
Cota mínima	msnm	49,2	56,0	42,0	28,0	49,0
Altitud media	msnm	75,9	74,3	62,2	64,6	71,0
Altitud más frecuente	msnm	72,0	72,0	62,6	67,4	69,7
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	60,5	59,8	58,3	58,9	56,3
Pendiente promedio de la cuenca	%	8,9	9,7	7,8	8,0	7,5
Longitud del curso principal	km	73,5	47,0	60,1	165,9	102,9
Orden de la Red Hídrica	-	7	9	6	6	7
Longitud de la Red Hídrica	km	3969	26089	1484	3615	7959
Pendiente promedio de la Red	%	1,2	1,5	1,1	1,1	1,1
Tiempo de concentración	horas	30,5	21,0	28,3	71,5	47,9
Pendiente del cauce principal	m/km	0,7	0,7	0,5	0,4	0,4

En la Figura 2 se presentan a título de ejemplo dos ajustes de curvas H-Q, una para la estación N° 3037 correspondiente al río Nogoyá RP N°11 aproximada mediante el método logarítmico, y otra mediante una combinación de dos ecuaciones cuadráticas, correspondiente a la estación N° 3061 (Yuquerí grande). A partir de la función hallada y aplicada a los niveles medidos para la obtención de la serie de caudales, se calculó también el caudal medio y los percentiles de caudales para cada estación.

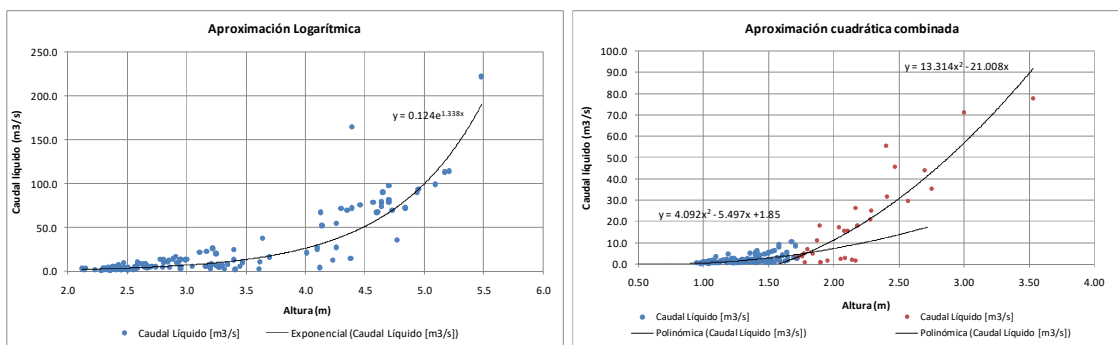


Figura 2. Aproximaciones para la construcción de la ley H-Q, en dos subcuencas

Con los datos morfométricos y las series de caudales calculadas para cada subcuenca, se

procedió a hallar una relación entre dicha información, considerando en una primera instancia el caudal correspondiente al Percentil 10 %.

La relación obtenida con el área de la cuenca se presenta en la Figura 3. El mayor caudal corresponde a la cuenca cuyo punto de cierre es la estación N° 3004 en Rosario del Tala, que es la cuenca más grande de todas las analizadas, cuya área es 5 veces más grande que el promedio de las demás subcuencas.

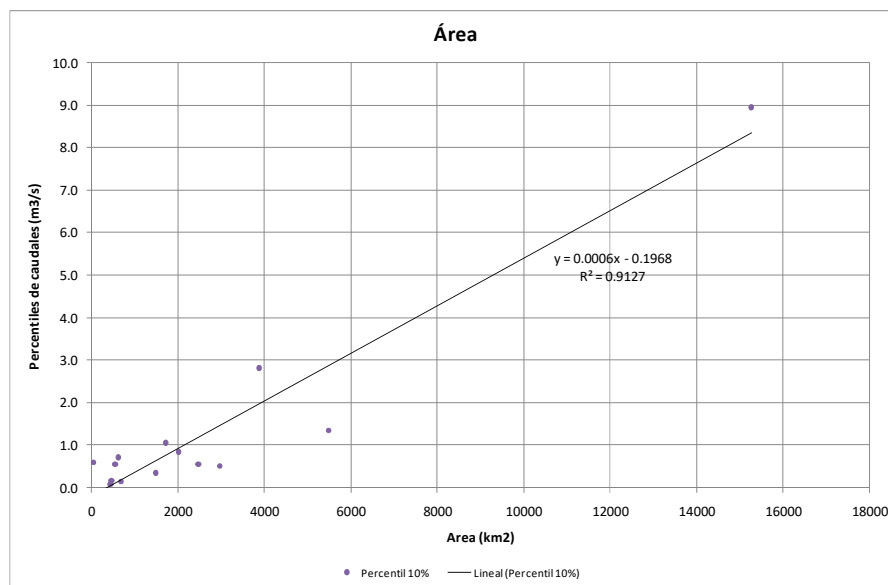


Figura 3. Relación entre la estadística de caudales y los parámetros morfométricos de las subcuencas

En la Tabla 3 se presentan a modo de ejemplo, los percentiles de caudales normalizados por el caudal medio en 7 de las 13 cuencas analizadas. En la Figura 4 se grafica la relación caudal/caudal medio en función del percentil de caudal, para todas las cuencas analizadas.

Tabla 3. Percentiles de caudales normalizados por el caudal medio

Caudales por percentil	Guayquiraró	A Feliciano	A Estacas	Paso Medina	Gualeguay	Yuquerí	A Las Conchas
1%	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,11
2%	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,12
5%	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,07	0,15
10%	0,01	0,02	0,06	0,02	0,02	0,09	0,17
15%	0,02	0,02	0,08	0,03	0,02	0,11	0,18
20%	0,02	0,03	0,10	0,04	0,03	0,13	0,21
25%	0,02	0,03	0,13	0,05	0,04	0,15	0,24
30%	0,02	0,04	0,15	0,07	0,07	0,18	0,26
35%	0,03	0,06	0,18	0,08	0,17	0,20	0,28
40%	0,04	0,08	0,21	0,10	0,30	0,22	0,30
45%	0,05	0,11	0,25	0,13	0,50	0,24	0,33
50%	0,09	0,17	0,31	0,17	0,71	0,27	0,41
55%	0,20	0,25	0,40	0,22	0,91	0,30	0,51
60%	0,43	0,44	0,54	0,30	1,15	0,34	0,58
65%	0,64	0,71	0,73	0,41	1,34	0,39	0,66
70%	0,90	1,03	0,98	0,56	1,46	0,44	0,75
75%	1,29	1,46	1,39	0,75	1,58	0,49	0,85
80%	1,81	1,98	1,82	1,06	1,79	0,59	1,04
85%	2,77	2,45	2,33	1,69	2,04	0,92	1,43
90%	3,09	3,10	3,16	2,71	2,43	1,67	2,18
95%	4,14	4,41	4,06	5,52	3,02	4,01	3,12
99%	8,12	6,66	5,83	13,98	4,43	17,89	12,50

Caudal medio (m ³ /s)	23,6	8,1	9,5	57,5	32,1	7,9	6,3
----------------------------------	------	-----	-----	------	------	-----	-----

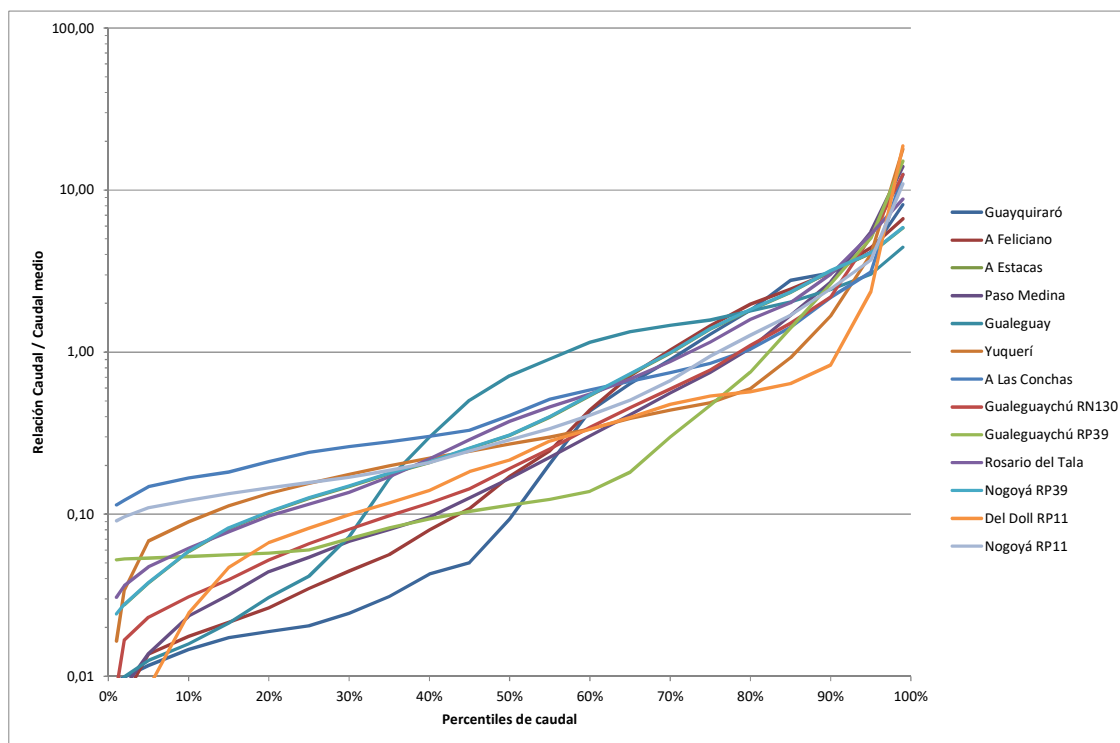


Figura 4. Relación entre el logaritmo del caudal relativo y los percentiles de caudales

Se puede observar que el caudal medio en general coincide con el intervalo 70-80 del percentil, excepto para el caso de la subcuenca de “Del Doll RP N°11” que alcanza el percentil 90, y el de “Guauguay” que lo alcanza en el percentil 55.

Del Doll es un arroyo pequeño con bajo caudal líquido (3,4 m³/s). La subcuenca cuyo punto de desfogue es la estación N° 3023 “Guauguay”, coincide con la zona alta de la cuenca correspondiente a “Rosario del Tala” y su caudal medio es de 32,1 m³/s, el tercero más importante de los estudiados (incluyendo Rosario del Tala).

A modo de ejemplo, se presentan a continuación a modo de ejemplo, los siguientes resultados obtenidos mediante el software IAHRIS para la caracterización del régimen natural del río en la estación N° 3031 “Guauguaychú RN N°130”, a partir de la serie diaria de caudales completa para el intervalo de 1987-2018:

- **Variabilidad Intra e Interanual:** el rango completo de variación intra e interanual del régimen hidrológico con sus características asociadas de estacionalidad, duración, frecuencia y tasa de cambio, son parámetros críticos para sustentar la biodiversidad natural y la integridad de los ecosistemas acuáticos, y se determinan a partir de la clasificación de los años en húmedos, medios o secos según su aportación anual (Proff et al., 1997).

En la Figura 5 se ilustran las aportaciones mensuales según el tipo de año para la

estación N° 3031.

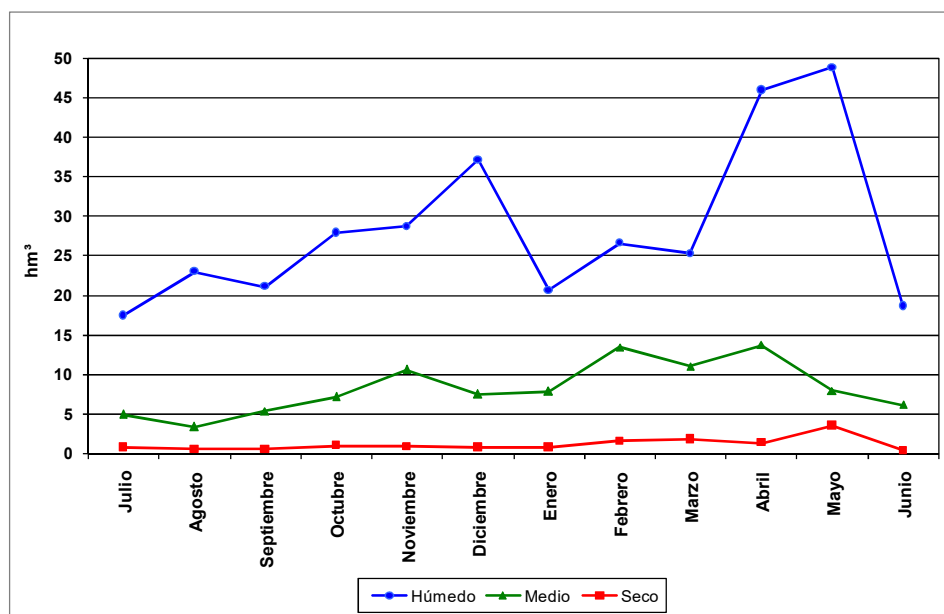


Figura 5. Aportaciones mensuales según tipo de año. Estación N° 3031 “Guauguaychú RN N°130”

- Parámetros para la caracterización del régimen: son variables que, numéricamente, permiten caracterizar los aspectos de mayor trascendencia ambiental del régimen de caudales. Se calculan 4 parámetros para la caracterización de los valores habituales del régimen, 8 parámetros para la caracterización de las crecidas y 7 parámetros para la caracterización de las sequías.

A la hora de determinar los aspectos de este régimen que poseen mayor significación ambiental, la comunidad científica ofrece también una opinión generalizada en la selección de la magnitud, frecuencia, estacionalidad, duración y tasas de cambio del régimen natural como los aspectos más significativos (Martínez Santa María y Fernández Yuste, 2010):

- Magnitud: ya que determina la disponibilidad general de agua en el ecosistema.
- Frecuencia con la que un evento se produce en un intervalo de tiempo dado: indicativa de la variabilidad en el régimen de caudales y condicionante de la dinámica geomorfológica y ecológica y por ende de la diversidad.
- Duración o intervalo de tiempo asociado con unas determinadas condiciones de flujo: en situaciones extremas, avenidas y sequías, la duración está íntimamente ligada a los umbrales de resiliencia de las diferentes especies.
- Estacionalidad: o regularidad con la que ese evento acontece en una época determinada del año. Es un aspecto vinculado estrechamente y en sincronía con los ciclos de vida de las especies (fluviales, de estuarios y marinas).
- Tasas de cambio: referente a la rapidez con la que se producen los cambios de unas magnitudes a otras, afectando a la capacidad de respuesta de la biota.

En la Tabla 4 se presenta la caracterización del régimen hidrológico de la Estación N° 3031, Guauguaychú RN N°130”. En la Figura 6 se presenta el parámetro de número de

días de cada mes en que el caudal es superior al percentil 5% e inferior al percentil 95%.

Tabla 4. Parámetros para la caracterización del régimen. Estación “Gualeguaychú RN N°130”

COMPONENTE DEL RÉGIMEN NATURAL	ASPECTO	PARÁMETRO			
		DESCRIPCIÓN	VALOR (hm ³ ó m ³ /s)		
VALORES HABITUALES	Aportaciones anuales y mensuales	Magnitud	Media de las aportaciones anuales	Año húmedo	292,01
				Año medio	145,93
				Año seco	71,16
		Variabilidad	Diferencia entre aportación mensual máxima y mínima en el año	Año húmedo	58,09
				Año medio	44,03
				Año seco	19,27
	Estacionalidad	Mes de máxima y mínima aportación	Año húmedo	MAY-JUL	
			Año medio	ABR-AGO	
			Año seco	MAY-JUN	
	Caudales diarios	Variabilidad	Diferencia entre los caudales medios diarios correspondientes a los percentiles de excedencia del 10% y 90%	Q 10%	12,96
Q 90%				0,51	
VALORES EXTREMOS	Caudales máximos (avenidas)	Magnitud y frecuencia	Media de los máximos caudales diarios anuales	Qc	83,39
			Caudal generador del lecho; Período de retorno	QGL; T	76,3 2
			Caudal de conectividad; Período de retorno	QCONEC;T	97,2 4
			Caudal de la avenida habitual (percentil de excedencia del 5%)	Q 5%	25,98
		Variabilidad	Coeficiente de variación de máximos caudales diarios anuales	CV(Qc)	0,36
				Coeficiente de variación de la serie de avenidas habituales	CV(Q 5%)
		Estacionalidad	Número medio de días al mes con caudal medio diario $\geq Q5\%$	Ver Figura 6 izquierda	
		Duración	Máximo n° de días consecutivos con caudal medio diario $\geq Q5\%$		4,55
VALORES EXTREMOS	Caudales mínimos (sequías)	Magnitud y frecuencia	Media de los mínimos caudales diarios anuales	Qs	0,28
			Caudal de la sequía habitual (percentil de excedencia del 95%)	Q 95%	0,44
		Variabilidad	Coeficiente de variación de mínimos caudales diarios anuales	CV(Qs)	0,87
				Coeficiente de variación de la serie de sequías habituales	CV(Q 95%)
		Estacionalidad	Número medio de días al mes con caudal medio diario $\leq Q95\%$	Ver Figura 6 derecha	
		Duración	Máximo n° de días consecutivos con caudal medio diario $\leq Q95\%$		47,68
				Número medio de días al mes con caudal medio diario nulo	No hay

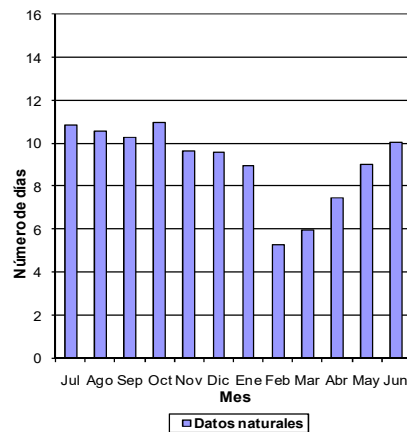
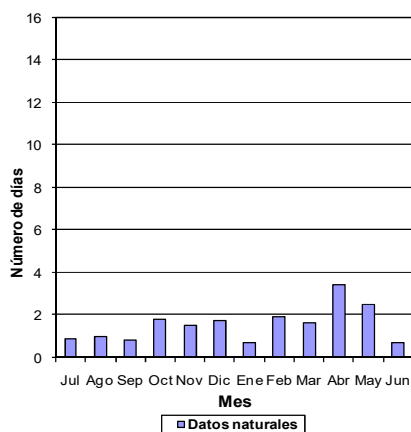


Figura 6. Número medio de días al mes con $Q \geq Q5\%$ (izquierda) y $Q \leq Q95\%$ (derecha)

- Valores medios de las Curvas Anuales de caudales clasificados: esta información permite discriminar las crecidas en términos de tiempo en base a la curva de caudales clasificados, dado que estas curvas nos informan del número de días al año, como media, en el que un caudal determinado es igualado o superado. De este modo, hablaríamos de avenidas cuando el caudal circulante sea un caudal “alto que se presenta ocasionalmente en el cauce” y podría seleccionarse, dentro de este conjunto de valores máximos, aquel valor que, a modo de umbral, permitiese asignar la condición de avenida a todos aquellos eventos que lo superasen (Martínez Santa María y Fernández Yuste, 2010). En la Tabla 5 se presentan los caudales clasificados según el percentil de excedencia diario.

Tabla 5. Caudales clasificados según percentiles de excedencia. Estación “Gualeguaychú RN 130”

N° DIAS EN LOS QUE EL CAUDAL ES EXCEDIDO	PERCENTIL DE EXCEDENCIA	CAUDAL (m ³ /s)
		REG. NATURAL
18	5	26,20
37	10	12,71
55	15	7,62
73	20	5,03
91	25	3,73
110	30	2,95
128	35	2,47
146	40	2,21
164	45	1,94
183	50	1,75
201	55	1,60
219	60	1,43
237	65	1,24
256	70	1,01
274	75	0,85
292	80	0,74
310	85	0,64
329	90	0,51
347	95	0,44
365	100	0,29

5. CONCLUSIONES

A partir del análisis preliminar de la información se concluye que es factible encontrar relaciones entre parámetros morfométricos e indicadores estadísticos de caudales mínimos o ambientales de las cuencas. Se considera posible alcanzar el objetivo final del estudio desarrollando una metodología que permita considerar la hidrología de las cuencas en estudios de calidad del agua y estimar caudales ambientales en cuencas no aforadas, a los efectos de generar un modelo de análisis replicable a otros cursos de agua de la provincia. Ello permitiría mejorar las normativas ambientales de vuelco, que actualmente no consideran la relación entre el caudal descargado y el caudal del curso de agua, y evaluar con criterios fundamentados las alteraciones del Régimen Natural de Caudales. Para ello se está trabajando actualmente en la caracterización del régimen de los ríos de las subcuencas analizadas, incorporando en la correlación la información de precipitación media anual y la evapotranspiración del suelo, y los relevamientos de las cuencas piloto.

6. REFERENCIAS

Fernández Yuste F. y Martínez C. (2010). Régimen Ambiental de Caudales. Manual de Referencia Metodológica. CEDEX.

González Mora, I., Salinas Rodríguez, S., Guerra Gilbert, A., Sánchez Navarro, R., Ríos Patrón, E. (2014). Capítulo 3. En: Ríos Libres y Vivos, Introducción al Caudal Ecológico y Reservas de Agua. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Magdaleno, F. (2012). Caudales Ecológicos: Conceptos, Métodos e Interpretaciones. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento. CEDEX.

Martínez Santa María, C. y Fernández Yuste, J. (2006). Índices de Alteración Hidrológica en Ríos. CEDEX.

Martínez Santa-María, C. y Fernández Yuste, J.A. (2010). IAHRIS 2.2 Índices de Alteración Hidrológica en Ríos. Manual de referencia metodológica.

Prieto Villarroya, J., Farías, H. (2017). Aplicabilidad de índices de alteración hidrológica en ríos regulados de argentina. XXVI CONAGUA. Córdoba. Tomo I – 1º Edición.

Proff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E., Stromberg, C. (1997). The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration. BioScience Vol. 47 No.11

Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación, Red Hidrológica Nacional (2018). Web: <https://www.argentina.gob.ar/interior/secretaria-de-infraestructura-y-politica-hidrica/base-de-datos-hidrologica-integrada>