

Estimación de flujos bajos mediante el análisis de recesión en diferentes cuencas ecuatorianas

Estimation of low flows through recession analysis in different Ecuadorian basins

Rudys Rafael Cusme Intriago¹, Andy Miguel Giler-Ormaza²

RESUMEN:

Con la presente investigación se obtiene una herramienta predictiva de flujos bajos para cuencas tropicales de las regiones costa y de las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes en Ecuador. Las cuencas seleccionadas son las de los ríos de Junín, Paján, Cañar, Santa Rosa y Arenillas, dado que estos sitios carecen de obras macro reguladoras que afecten dichos flujos. En la metodología utilizada en esta investigación son dos estudios previos que estimaron dichos flujos mediante el método de análisis de covarianza, el cual se inicia identificando las estaciones hidrológicas que brinda información relevante de caudal y precipitación con un periodo de 1990-2013. Con los criterios y variables definidos, se genera una serie de flujos bases con la ecuación exponencial de recesión, validándose la herramienta predictiva al aplicar los datos para otro periodo de tiempo. Los resultados demuestran que la constante de recesión K varía según los métodos, en el método de sensibilidad se encuentran K muy bajas y en el método de umbral se encuentra K mas aproximadas a 1. Con esto se define que el método de umbral es el seleccionado para hacer las comparaciones y verificaciones si el método es aplicable en las cuencas ecuatorianas, para Junín con un valor de 0.988, Paján con un valor de 0.988, Cañar con un valor de 0.987, Santa Rosa con un valor de 0.969 y Arenillas con un valor de 0.983. En la validación del método se dieron resultados no muy satisfactorios, pero si los suficientes para poder determinar que el método es funcional para cuencas ecuatorianas.

Palabras claves: Recesión, validación, estaciones hidrológicas, umbrales.

Recibido 12 de julio de 2023; revisión aceptada 26 de septiembre de 2023

ABSTRACT:

In this investigation, we obtain a predictive tool for low flows of tropical basins of the Ecuadorean coast region as well as for the western flanks of the Andean range. The basins selected for the analysis are those of Junín, Paján, Cañar, Santa Rosa and Arenillas rivers given that these sites lack major regulatory works that affect the natural low flow dynamics. In

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Guayas, Guayaquil, Ecuador, rcusme@ups.edu.ec

² PUCE, Portoviejo, Manabí, Ecuador, andygiler90@gmail.com

the methodology used in this research, there are two previous studies that estimated said flows through the covariance analysis method, which begins by identifying the hydrological stations that provide relevant information on flow and precipitation with a period of 1990-2013. With the defined criteria and variables, a series of base flows is generated with the exponential recession equation, validating the predictive tool by applying the data for another period of time. The results show that the recession constant K varies according to the methods, in the sensitivity method K is found to be very low and in the threshold method K is found to be closer to 1. With this it is defined that the threshold method is the selected one, to make the comparisons and verifications if the method is applicable in the Ecuadorian basins, for Junín with a value of 0.988, Paján with a value of 0.988, Cañar with a value of 0.987, Santa Rosa with a value of 0.969 and Arenillas with a value of 0.983. In the validation of the method, not very satisfactory results were given, but enough to be able to determine that the method is functional for Ecuadorian basins.

Keywords: *Recession, validation, hydrological stations, thresholds.*

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos tienen la capacidad de trasladar flujos y sedimentos en las cuencas hidrográficas con lo que se logra aportar componentes que dan sustento al entorno de dichas cuencas [1]. En particular, los flujos bajos sostienen actividades económicas como la agricultura y ganadería durante las temporadas secas. Ese es el caso de las cuencas y ríos en la costa ecuatoriana donde hay una marcada estacionalidad de los caudales. Por lo tanto, es necesario conocer los flujos bajos y elaborar herramientas matemáticas predictivas de ellos. De esa forma se puede ayudar a la toma de decisiones para la conservación, manejo y sustento del valioso recurso agua [2]. Los flujos bajos se presentan cuando los niveles de caudales llegan a ser los mínimos presentados en los ríos, esto se provoca por la disminución o ausencia de lluvia, también se lo conoce como estiaje, en donde los flujos pueden mantenerse por aportaciones de agua subterránea o subsuperficiales [3].

En las cuencas ecuatorianas los estudios de los flujos bajos no se han realizado de una manera eficaz existiendo una brecha en el conocimiento [4]. El análisis de las curvas de recesión de los hidrogramas tienen mucha información hidrológica que también será de utilidad para determinar la relación que existe en el almacenamiento y descargas de los flujos bajos [5]. Se han realizado estudios en cuencas y sub cuenca como la del Rio Chambo utilizando técnicas de hidrología física y curva de recesión para determinar los flujos bajos [6] y en la sub cuenca Las Flores se trabajó con un modelo de reservorio lineal que es idóneo para el análisis de la curva de recesión de los flujos bajos. Asimismo, en un estudio similar no publicado, se representan

efectivamente la relación de almacenamiento y salida de los flujos para cuencas seleccionadas de las estribaciones de la cordillera occidental [7]. Cuando se busca entender el funcionamiento de las cuencas hidrográficas en su estado natural, es necesaria una cuidadosa selección de las cuencas, partiendo del criterio que esta o estas no deben ser afectados obras macro reguladoras de caudales, además que estas tengan una red activa de estaciones meteorológicas que proporcionen datos relevantes para los estudios [8].

Con esto podemos definir el objetivo de la investigación que es estimar los flujos bajos mediante el análisis de recesión en cuencas ecuatorianas. Asimismo, los objetivos específicos quedan determinados de la siguiente manera: a) identificar la red de estaciones hidrológicas para las cuencas ecuatorianas seleccionadas realizando el preprocesamiento de datos pertinente, b) definir los criterios y variables para el análisis de recesión y flujos mínimos, c) generar series de flujos bases con la ecuación exponencial de recesión y d) validar mediante la aplicación de la herramienta para otro periodo de datos.

2. METODOLOGÍA

2.1) identificación de la red de estaciones hidrológicas y preprocesamiento de datos.

En la recolección de la información hidro-meteorológica, se descargan datos del INAMHI desde sus anuarios para el periodo 1990-2013. Se tuvo que hacer el relleno de datos por medio de la curva de descarga para los caudales de las diferentes cuencas seleccionadas.

En la recesión se toma en consideración dos criterios; a) consideración de lluvias mensuales, b) consideración por medio de la sensibilidad de la constante K , ambas consideraciones funcionan con datos de las estaciones hidrológicas y meteorológicas. En algunos casos se puede presentar que en un año de dato observado se contemple más de una recesión de flujos bajos [9].

2.2. Consideración de lluvias mensuales

La consideración de lluvias mensuales se basa en la selección estaciones hidrológicas y sus estaciones meteorológicas ubicadas aguas arriba. Luego se crean hidrogramas y hietogramas mensuales. Aquí se pueden presentar tres tipos de situaciones con respecto a los datos de lluvia: a) cuando se tiene datos de una estación registrada, b) cuando se tiene 2 estaciones con datos registrados y c) cuando se tiene 3 o más estaciones con datos registrados. Cada cuenca hidrográfica presenta características potencialmente diferentes incluyendo su recesión o recesiones, por ende, para establecer los criterios se inicia por definir los umbrales donde se observe el comienzo de la recesión del flujo base. Es un requerimiento descartar la recesión o recesiones de flujos de tormentas o flujos sub superficial [9] para enfocarnos en los flujos que provienen de acuíferos que sostienen los caudales a lo largo de la temporada seca.

CIYA. Ciencias de la ingeniería y Aplicadas, vol. 8 N° 1, enero-junio de 2024, pp. 1-15

Para la determinación de los umbrales se utilizan las gráficas de hidrogramas e hietogramas con los siguientes pasos: a) se observa cual fue el último pulso de precipitación mensual con un efecto de incremento sobre el hidrograma, b) se selecciona el umbral que da inicio a la recesión en el cual ya no se provoca cambios a los flujos bases en el hidrograma, c) utilizar el umbral para definir el final de la recesión y la duración de esta misma. Con esto se define que los caudales a considerar en la recesión serán aquel que se encuentre a la mitad del mes que se produjo él puso que excedió el umbral [9]. Y finalizando la consideración de lluvias mensuales se utiliza la fórmula de la constante de recesión [8]:

$$\text{Log } Q_t = \text{Log } Q_0 + t * \text{Log } K \quad (1)$$

Donde:

Q_t = Flujo de salida en cualquier momento. (m^3/s).

Q_0 = Flujo de salida en el momento inicial. (m^3/s).

t = tiempo. (días).

K = Constante de recesión (adimensional).

2.3. Consideración por medio de la sensibilidad de la constante K

La consideración por medio de la sensibilidad de la constante K comienza en la determinación del comienzo de la recesión en las gráficas del hidrograma, con tres pasos: a) Se observo cual fue el pico del hidrograma que dio una recesión más prolongada en el año observado, b) se observa el final de la recesión y c) se determina el tiempo de la recesión entre el literal a y b [8]. Al utilizar la ecuación (1) se necesita generar la constante K de recesión para los criterios mencionados, sin embargo es necesario hallar una constante por cada cuenca de estudio [8].

$$K = 10^{(\text{Log } Q_t + \text{Log } Q_0)/t} \quad (2)$$

Donde:

Q_t = Flujo de salida en cualquier momento, (m^3/s).

Q_0 = Flujo de salida en el momento inicial, (m^3/s).

t = tiempo, (días).

K = Constante de recesión, (adimensional).

Al momento de utilizar la fórmula de la constante se formularia una serie de constante y es algo que no se busca en la investigación, por ello se utiliza una fórmula para encontrar una constante de toda la serie de datos que se obtendrá [10].

$$b = \frac{\sum_{i=0}^k \left(\sum_{v=0}^{ni} U * yi - \frac{1}{2} * ni * (ni + 1) * Yi \right)}{\sum_{v=0}^{ni} \frac{1}{12} * (ni^3 + ni)}$$

(3)

Donde:

b = Promedio de las líneas de regresión.

U = Números de flujos.

Yi = Promedio de los flujos.

yi = Logaritmo del flujo inicial.

Ni = Número de observaciones.

2.4. Validación del método

Para validar el método se analiza la forma inversa de la ecuación (1), para encontrar el resultado del caudal final con el resultado de la constante de recesión para la cuenca de estudio, esto con la finalidad de determinar la eficiencia de los métodos de recesión con respecto a cada una de cuencas de estudios [8].

$$Qt = 10^{(Log Qo + t * Log K)}$$

(4)

Donde:

Qt = Flujo de salida en cualquier momento, (m³/s).

Qo = Flujo de salida en el momento inicial, (m³/s).

t = tiempo, (días).

K = Constante de recesión, (adimensional).

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En los cantones principales en los cuales se basa el área de estudios con las redes hidrológicas y meteorológicas se observó si existían represas o embalses que pueden provocar las variaciones de caudales, no en todas las cuencas se encontraron dichos embalses o represas macro reguladoras de caudales. En cuenca de Paján se encuentra una represa que en la actualidad esta azolvada y colapsada, también paso a ser un lugar turístico [11], por otra parte también se tiene

la represa de Tahuin ubicada en la cuenca de Arenilla, esta represa tiene varios funcionamientos los cuales son el control de inundación, sistemas de riego, manejo de hidroeléctrico, manejo ambiental y agua potable para los pueblos Arenilla y Huaquillas [12], por los funcionamientos de la represa se determina como macro reguladora. No obstante caso revisando la literatura en cuanto a clasificaciones de represas se considera como represa mediana lo que permitiría trabajar con esa cuenca [13].

3.1. Recolección de información

En la recolección de la información hidrográfica, se tuvo que hacer el relleno de datos por medio de la curva de descarga para las diferentes cuencas seleccionada, en el caso de la estación H233 Junín-Estero del palmar se rellenaron los datos desde 1990 a 1994 y del 2003 a 2006 el resto de periodo de tiempo hasta el 2013 se encuentra sin información. En el caso de la estación de H359 Paján en Agua fría se rellenaron los datos en el periodo de 1991 a 1998, 2003, 2005 y 2006, en este caso solo el año 1990 se encuentra sin datos.

En la estación H472 Cañar en el punto del Inca se rellenaron los datos de los años 2005 y 2006, en esta estación es la que más datos incompletos o sin registros tienen en el periodo de 1996 a 2004, en la estación H573 Santa Rosa en el Vado se rellenaron los datos desde 1997 a 2001, 2002 y no cuenta con datos incompletos o sin registros, y en la estación H574 Arenillas en Arenillas se rellenó solo en el año 2003 y al igual que la estación anterior no cuenta con datos incompletos o sin registros.

De la mismas manera se evalúa la información de las estaciones meteorológicas, comenzando con la estación M452 Zapote con falta de información en los años 1994, 2001, 2002 y 2011, en la estación M462 Junín con falta de información en los años 1994 y 2012, en la estación M464 Rio Chamote con falta de información en los años 1994 y 2003, en la estación M171 Zapotillo datos completos, en la estación M451 El Anegado con falta de información en el año 1994, en la estación M458 Colimes con falta de información en el año 1994, en la estación M459 San Pablo con falta de información en los años 1994 y 2012, en la estación M031 Cañar datos completos, en la estación M411 Ingapirca con falta de información en los años 1990, 1994, 1995 y 1996, en la estación M412 Sucalpamba con falta de información en los años 1994 y 2010, en la estación M477 Puerto Inca con falta de información en el año 1994, en la estación M773 Piñas con falta de información en los años 1994, 2001 y 2002, y en la estación M179 Arenillas con falta de información en los años 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2009, 2011 y 2012.

3.2. Método de lluvias mensuales

Los cálculos de las lluvias mensuales con las constantes de recesión por cada cuenca, demostrando las variaciones que existe en las series de datos, además de haber definido los años observados para esta parte del proceso.

Tabla 1. Resultados de la constante K para Junín.

AÑO	CAUDAL INICIAL (Qo) (m ³ /s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m ³ /s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1991	0.351	0.213	189	0.997
1992	2.671	1.959	153	0.998
2004	0.756	0.776	153	1.000
2006	1.752	0.900	214	0.997

Tabla 2. Resultados de la constante K para Paján.

AÑO	CAUDAL INICIAL (Qo) (m ³ /s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m ³ /s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1991	2.918	2.015	184	0.998
1995	1.289	0.063	200	0.985
2001	3.029	1.773	200	0.997
2006	0.128	0.063	184	0.996

Tabla 3. Resultados de la constante K para Cañar.

AÑO	CAUDAL INICIAL (Qo) (m ³ /s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m ³ /s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1995	8.350	11.269	91	1.003
2005	5.638	0.716	121	0.983
2006	4.499	5.167	122	1.001

Tabla 4. Resultados de la constante K para Santa Rosa.

AÑO	CAUDAL INICIAL (Qo) (m³/s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m³/s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1992	4.358	3.160	62	0.995
	2.857	2.351	61	0.997
2005	6.889	4.158	229	0.998
2007	1.048	0.472	31	0.975
2008	0.966	0.572	31	0.983
	0.387	0.251	32	0.987
	0.966	0.686	31	0.989
2010	1.032	0.288	153	0.992

Tabla 5. Resultados de la constante K para Arenillas.

AÑO	CAUDAL INICIAL (Qo) (m³/s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m³/s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1992	3.451	2.267	62	0.993
	2.519	4.089	61	1.008
1993	2.788	2.197	62	0.996
	2.060	2.484	61	1.003
1995	3.110	1.864	184	0.997
2008	6.889	5.740	31	0.994
	6.743	6.306	32	0.998
	6.743	7.187	31	1.002
2010	6.889	8.102	184	1.001

3.3. Método de sensibilidad de K

Para el método de sensibilidad de la constante K, en el cual muestra una variación más grande a cada vez que la recesión de los flujos va llegando al punto final de la recesión.

Tabla 6. Resultados de la constante K para Junín.

AÑO	DIAS	CAUDAL INICIAL (Qo) (m³/s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m³/s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1991	140	5.662	2.419	1	0.427
	146	5.662	0.536	6	0.675
	152	5.662	0.551	11	0.809
	158	5.662	0.372	16	0.844
	164	5.662	0.361	21	0.877
	170	5.662	0.351	26	0.899
	176	5.662	0.351	31	0.914
	182	5.662	0.351	36	0.926
	188	5.662	0.351	41	0.934
	194	5.662	0.332	46	0.940
	200	5.662	0.315	51	0.945
	206	5.662	0.298	56	0.949
212	5.662	0.298	61	0.953	

Tabla 7. Resultados de la constante K para Paján.

AÑO	DIAS	CAUDAL INICIAL (Qo) (m³/s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m³/s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1991	140	20.564	11.279	1	0.548
	146	20.564	4.228	6	0.768
	152	20.564	4.304	11	0.867
	158	20.564	3.303	16	0.892
	164	20.564	3.237	21	0.916
	170	20.564	3.172	26	0.931
	176	20.564	3.172	31	0.941
	182	20.564	3.172	36	0.949
	188	20.564	3.172	41	0.955

	194	20.564	3.044	46	0.959
	200	20.564	2.918	51	0.962
	206	20.564	2.795	56	0.965
	212	20.564	2.795	61	0.968

Tabla 8. Resultados de la constante K para Cañar.

AÑO	DIAS	CAUDAL INICIAL (Qo) (m ³ /s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m ³ /s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
1995	215	26.280	21.193	1	0.806
	221	26.280	15.951	6	0.920
	227	26.280	8.799	11	0.905
	233	26.280	8.103	16	0.929
	239	26.280	7.694	21	0.943
	245	26.280	6.961	26	0.950
	251	26.280	7.250	31	0.959
	257	26.280	7.563	36	0.966
	263	26.280	7.090	41	0.969
	269	26.280	6.996	46	0.972
	275	26.280	6.670	51	0.973
	281	26.280	7.096	56	0.977
	287	26.280	8.461	61	0.982

Tabla 9. Resultados de la constante K para Santa Rosa.

AÑO	DIAS	CAUDAL INICIAL (Qo) (m ³ /s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m ³ /s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
2005	86	26.277	19.489	1	0.742
	92	26.277	15.152	6	0.912
	98	26.277	15.152	11	0.951
	104	26.277	11.415	16	0.949

110	26.277	9.765	21	0.954
116	26.277	9.765	26	0.963
122	26.277	9.765	31	0.969
128	26.277	6.889	36	0.963
134	26.277	6.889	41	0.968
140	26.277	6.889	46	0.971
146	26.277	5.658	51	0.970
152	26.277	5.658	56	0.973
158	26.277	5.658	61	0.975

Tabla 10. Resultados de la constante K para Arenilla.

AÑO	DIAS	CAUDAL INICIAL (Qo) (m ³ /s)	CAUDAL FINAL (Qt) (m ³ /s)	TIEMPO (T) (DIAS)	CONSTANTE DE RECESION (K)
2010	124	41.547	40.006	1	0.963
	130	41.547	21.852	6	0.898
	136	41.547	12.995	11	0.899
	142	41.547	11.394	16	0.922
	148	41.547	11.226	21	0.939
	154	41.547	11.743	26	0.953
	160	41.547	11.048	31	0.958
	166	41.547	10.539	36	0.963
	172	41.547	9.707	41	0.965
	178	41.547	9.705	46	0.969
	184	41.547	8.415	51	0.969
	190	41.547	7.487	56	0.969
196	41.547	6.596	61	0.970	

Con los datos se coloca los puntos en un grafica para calcular las regresiones y aplicar la fórmula de [10] para encontrar una sola constante K en cada cuenca ecuatoriana. Para la cuenca de Junín con un valor de constante K igual a 0.988, en la cuenca de Paján con un valor de constante K

igual a 0.988, en la cuenca de Cañar con un valor de constante K igual a 0.987, en la cuenca de Santa Rosa con un valor de constante K igual a 0.969 y en la cuenca de Arenillas con un valor de constante K igual a 0.983. Una vez encontrada la constante única para cada cuenca se valida con la herramienta predictiva en otra serie de datos no tomados para realizar el proceso de la constante. A continuación, se presentan las gráficas de la herramienta predictiva.

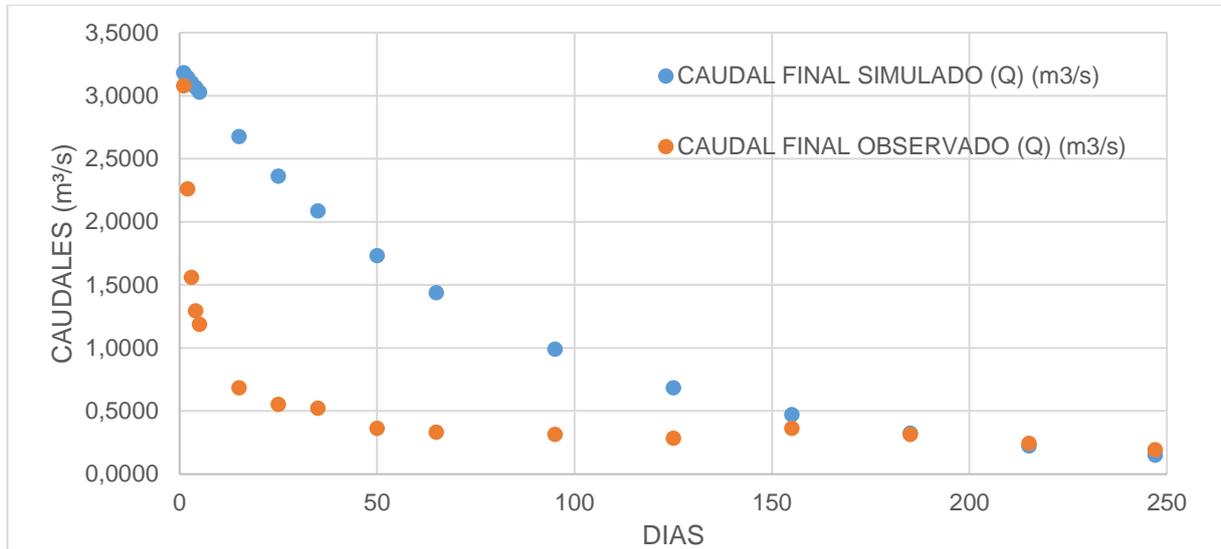


Figura 1. Caudal simulado vs Caudal observado en el año 1990 en Junín.

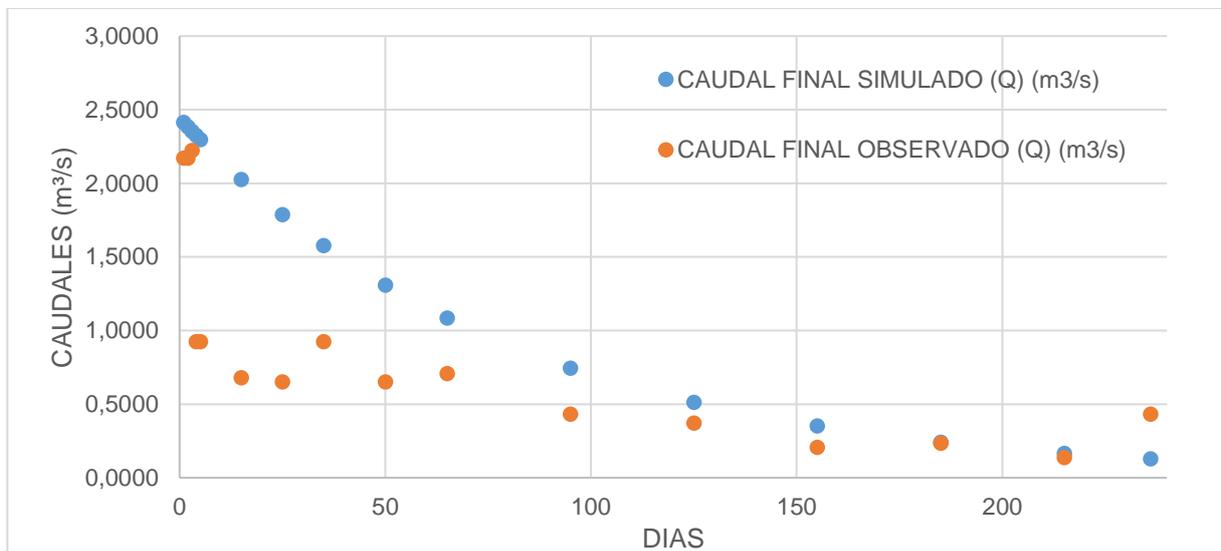


Figura 2. Caudal simulado vs Caudal observado en el año 1996 en Paján.

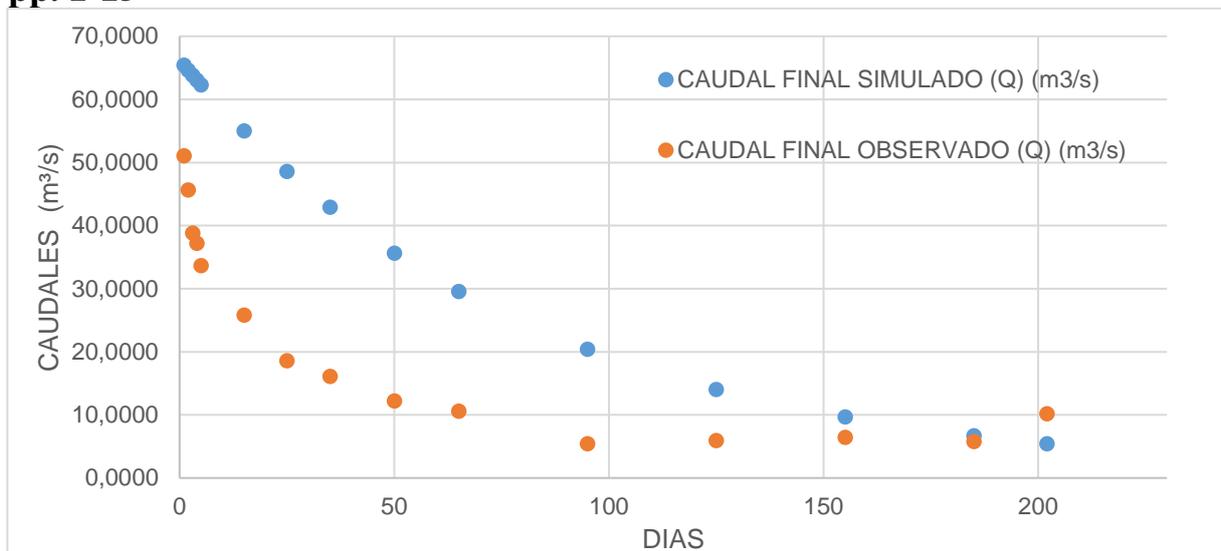


Figura 3. Caudal simulado vs Caudal observado en el año 2009 en Cañar.

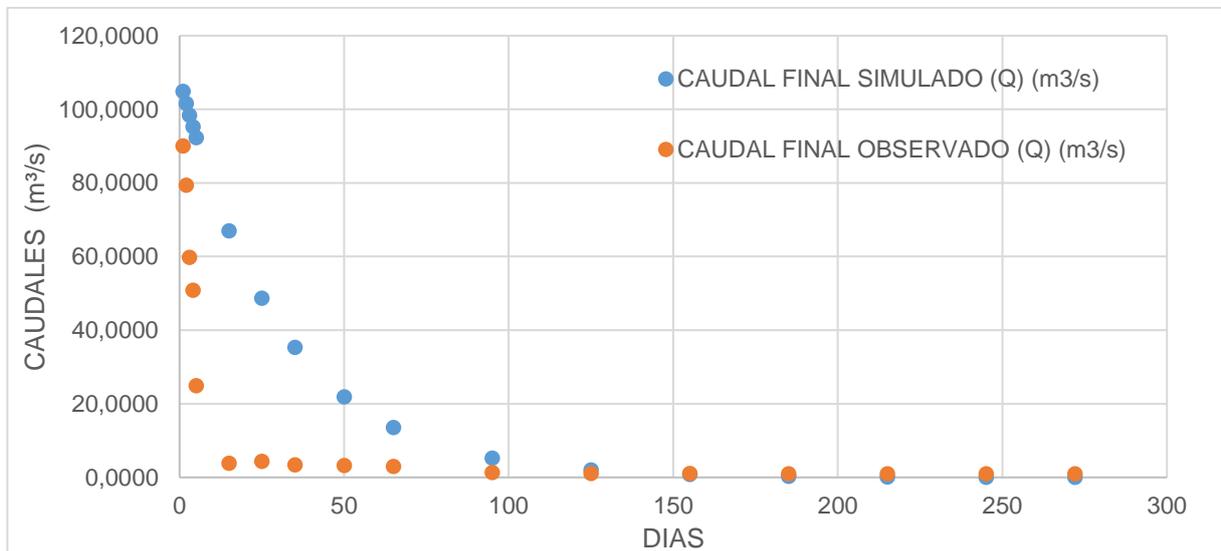


Figura 4. Caudal simulado vs Caudal observado en el año 1998 en Santa Rosa.

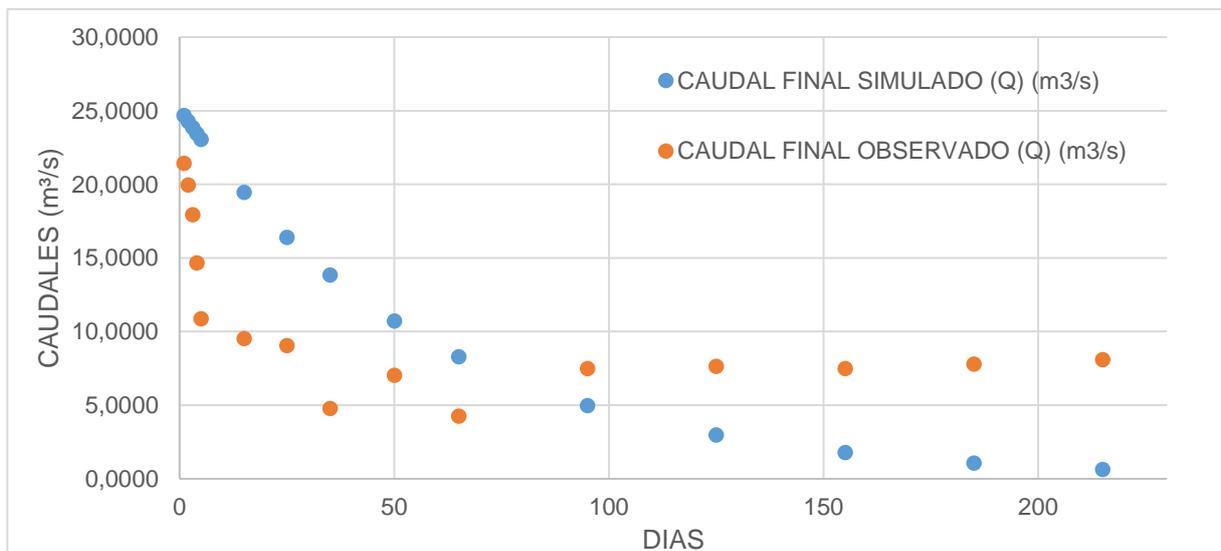


Figura 5. Caudal simulado vs Caudal observado en el año 2009 en Arenilla.

Lo que se observa que en algunas cuencas la validación de los métodos se ven disipados los puntos en referencial al caudal simulado, en las cuencas de Junín y Paján la validación se mantiene aproximada en los puntos finales de la recesión, para la cuenca Cañar se observa que solo en los últimos puntos se aproximan en diferencia a Junín y Paján esta solo concuerda con una aproximación.

Para la cuenca Santa Rosa ocurre una validación más precisa en aproximaciones desde el declive de la recesión al final de la misma, para la cuenca Arenillas no ocurre una validación aproximada ni cercana en varios puntos de la simulación de los datos. En cuestión de zonas se determina que las cuencas de la provincia de Manabí son más homogéneas en datos hidrológicos, lo que en las cuencas de la provincia de El Oro no ocurre por medio de la validación son muy diferentes a pesar de estar geográficamente cerca.

4. CONCLUSIONES

- Una vez realizado el método de derivación de recesión de flujos bajos en las cuencas seleccionadas con resultados muy buenos y una validación con una aproximación que determina que este método es funcional para el país, sin tomar en cuenta las deficiencias de información que se mantiene en las estaciones hidrológicas y meteorológicas. Además, se pudo comparar los resultados por cuencas que se mantienen cercanas, tal es el caso de Junín y Paján pertenecientes a la provincia de Manabí con valores de K igual a 0.988, algo que en las cuencas de la provincia del El Oro que son Arenillas y Santa Rosa con valores con la diferencia de valores 0.014 pero se podría determinar una homogeneidad de flujos en cuencas muy cercanas.
- En conclusión, se mantuvo una validación de método muy buena para las cuencas de Junín, Paján, Arenillas Y Cañar, algo que en la cuenca de Santa Rosa no se dio por motivos de datos incoherentes que lo alejaron de la herramienta predictiva pero se puede mejorar con una base de información más completa, para la cuenca de Cañar se la trabajo de forma individual como parte de la Sierra, en el cual si se obtuvo buenos resultados resaltando que en la Sierra se aplicaría de mejor manera el método pero faltaría hacer una comprobación con otra cuenca cercana a Cañar.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. G. T. Honorio Campoblanco Díaz, “Importancia de los ríos en el entorno ambiental,” *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, vol. 3, pp. 57–63, 2000.
- [2] D. B. Sanz and D. G. De Jalón, “Cálculo de caudales de mantenimiento en ríos de la cuenca del Tajo a partir de variables climáticas y de sus cuencas,” 1999.

- [3] L. Andrade and C. Ríos, “Variabilidad Climática y Caudales Mínimos en los Andes Ecuatorianos,” vol. 33, no. 1, 2014.
- [4] Rubén Omar Ortiz Vásquez, “Caracterización de sequias en la cuenca del río Puyango-Tumbes en base a los índices de flujo base y precipitación estandarizada”.Universidad Nacional de Cajamarca,” 2017.
- [5] S. Gómez-Isidro and V. L. Gómez-Ríos, “Análisis de flujo base usando curvas maestras de recesión y algoritmos numéricos en cuencas de montaña: Cuenca del río Suratá y cuenca del Río de Oro (Santander, Colombia),” *DYNA (Colombia)*, vol. 83, no. 196, pp. 213–222, 2016, doi: 10.15446/dyna.v83n196.53222.
- [6] Andrade-Valdospinos A., Zapata-Ríos X., Manciatí-Jaramillo C. Recarga potencial del acuífero de la sub-cuenca del Río Chambo provincia de Chimborazo – Ecuador, bajo una perspectiva de la hidrología física *Memorias del V Congreso REDU*. 2018.
- [7] Giler-Ormaza M.J., “Estimación de flujos mínimos en subcuencas hidrográficas que interceptan en la provincia de Los Ríos,” 2020.Tesis de pregrado. Universidad Estatal de Quevedo, Ecuador.
- [8] M. D. Bako and A. Owoade, “Field application of a numerical method for the derivation of baseflow recession constant,” *Hydrological Processes*, vol. 2, no. 4, pp. 331–336, 1988, doi: 10.1002/hyp.3360020404.
- [9] L. Tallaksen, “A review of baseflow recession analysis,” *Journal of Hydrology*, vol. 165, no. 1–4, pp. 349–370, 1995, doi: 10.1016/0022-1694(95)92779-d.
- [10] M. D. Bako and D. N. Hunt, “Détermination du coefficient de tarissement de l’écoulement de base,” *Hydrological Sciences Journal*, vol. 33, no. 4, pp. 357–367, 1988, doi: 10.1080/02626668809491259.
- [11] Gobierno Autónomo Descentralizado - Paján (GAD), “Actualización de plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial Sigchos 2015 -2065,” p. 135, 2014.
- [12] M. E. Mendoza, G. Bocco, E. López-Granados, and M. Bravo Espinoza, “Hydrological implications of land use and land cover change: Spatial analytical approach at regional scale in the closed basin of the Cuitzeo Lake, Michoacan, Mexico,” *Singapore Journal of Tropical Geography*, vol. 31, no. 2, pp. 197–214, 2010, doi: 10.1111/j.1467-9493.2010.00400.x.
- [13] R. Sandoval, “Presas y Embalses,” *ResearchGate*, no. November, pp. 1–29, 2018.