

TAREA 1.

ANÁLISIS DE DATOS AMBIENTALES.

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Posgrado de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos.

Por: Stephany Córdoba Yepes.

Para la realización de este trabajo se estudiará la serie de caudales medios diarios registrados por la estación limnigráfica El Diamante, ubicada en el Río Porce aproximadamente 7km aguas arriba del embalse Porce II, dicha estación registra datos desde el 29 de julio de 1994 hasta el 01 de enero de 2017, para un total de 8193 datos. Es importante resaltar que estos datos los suministró la entidad EPM, esto implica que existan posibles modificaciones a la serie original, especialmente respecto a datos faltantes que eventualmente pudieron hallarse por métodos de reanálisis.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante el lenguaje de programación Python en la interfaz Spyder. La serie estudiada se presenta en la Figura 1.

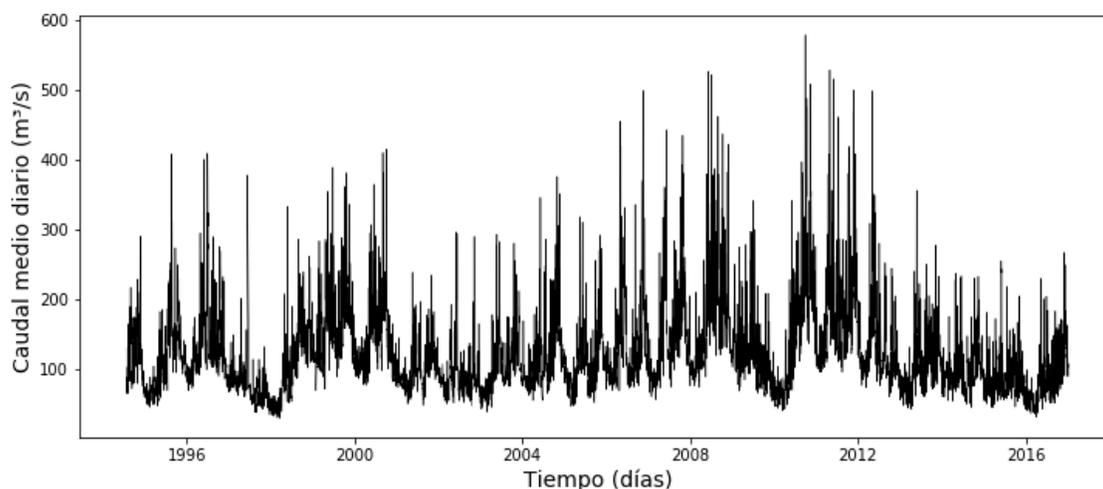


Figura 1. Serie diaria de caudales estación El Diamante - Río Porce.

El primer análisis realizado a la serie consistió en el cálculo de los percentiles, como se muestra en la Figura 2, donde además se señalan los cuartiles de la serie ($q_{25} = 82.758 \text{ m}^3/\text{s}$, $q_{50} = 106.758 \text{ m}^3/\text{s}$, $q_{75} = 143.458 \text{ m}^3/\text{s}$). La pequeña diferencia entre estos cuartiles en comparación con el amplio rango de los datos ($30.16 \text{ m}^3/\text{s} - 578.545 \text{ m}^3/\text{s}$), indica cierta agrupación de la serie hacia valores menores.

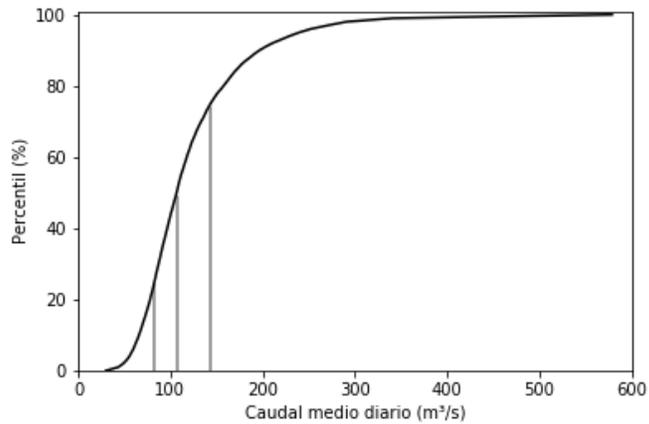


Figura 2. Percentiles asociados a los Caudales medios diarios. Río Porce

Con el fin de analizar los datos desde una visión probabilística, se graficó el histograma de la serie y se calcularon la función de distribución de probabilidades y la función de distribución acumulada, para un número de intervalos igual a 30, estos se presentan en las figuras Figura 3 y Figura 4.

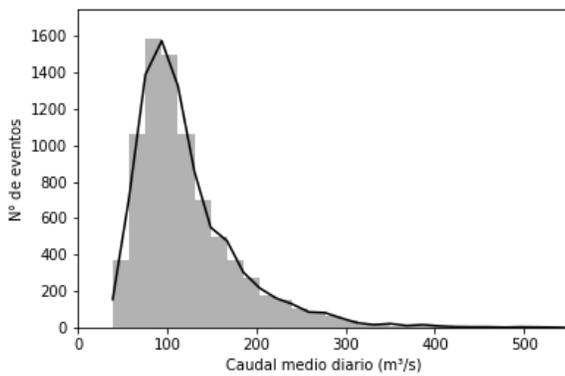


Figura 3. Histograma de la serie de caudales medios diarios. Río Porce.

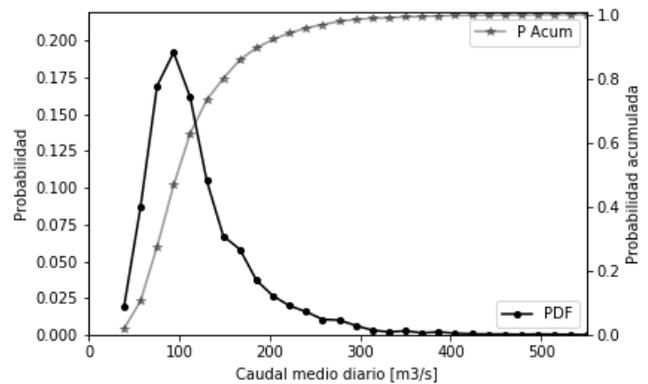


Figura 4. Función de distribución de probabilidades y Función de distribución acumulada de la serie de caudales medios diarios. Río Porce.

Tal y como se predijo en los percentiles, el histograma y la función de probabilidades muestran una tendencia de la serie hacia la derecha, es decir hay mayor probabilidad de ocurrencia en valores menores de la serie, esto también se observa en la función de distribución acumulada, donde a partir de caudales de 300 m³/s en adelante, comienza a hacerse asintótica la función (en $y=1$), expresando que ya no hay un aumento significativo en la probabilidad de excedencia de esos caudales.

Por otra parte, se calcularon algunos índices tanto paramétricos como no paramétricos de la serie, que sirven como medidas descriptivas de la organización y la distribución de los datos analizados. Estos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Índices estadísticos serie caudal medio diario. Río Porce.

Tipo de índice	Estadístico	Unidades	Valor
Localización	Media	[m ³ /s]	121.784
	Mediana	[m ³ /s]	106.808
Dispersión	Desviación estandar	[m ³ /s]	59.640
	Rango Intecuartil	[m ³ /s]	60.738
Simetría	Coef. Asimetría Fisher	adim.	1.934
	Yule Kendall	adim.	0.208

Como se observa, la media es en cierta medida menor a la mediana, lo que evidencia una acumulación mayor de masa hacia valores menores, incluso que la media, esto además refleja la capacidad de la mediana para dar una mejor representación a los datos ya que esta no es alterada por eventos extremos. Otra muestra de dicha acumulación se observa en el coeficiente de asimetría de Fisher, que al ser mayor que cero (>0) indica el desplazamiento de la serie hacia la derecha del histograma.

La desviación estándar, muestra que los datos en promedio se encuentran a una distancia de hasta 0.5 veces la media, siendo bastante coherente con el rango intercuartil que muestra que el 50% de los datos muestreados se encuentran en un rango de 60.

El índice Yule Kendall mayor a cero, continúa dando fuerza a la idea de un sesgo positivo de la serie.

El sesgo presentado, puede concluirse que era de esperarse por tratarse de una serie de caudales medios diarios para una cuenca relativamente grande ($A \sim 3000 \text{ km}^2$), donde los caudales tienden a ser más regulados en vista de que la geomorfología generalmente es más desarrollada en cuencas con mayor área.

Para evaluar la estacionariedad de la serie, se propusieron ventanas de tiempo de 365 días (1 año) con el fin de evaluar la variabilidad interanual de la serie y se calcularon tanto las funciones de distribución de probabilidad como los índices estadísticos para cada ventana, posteriormente se graficaron como se muestra en las figuras 5 a 8.

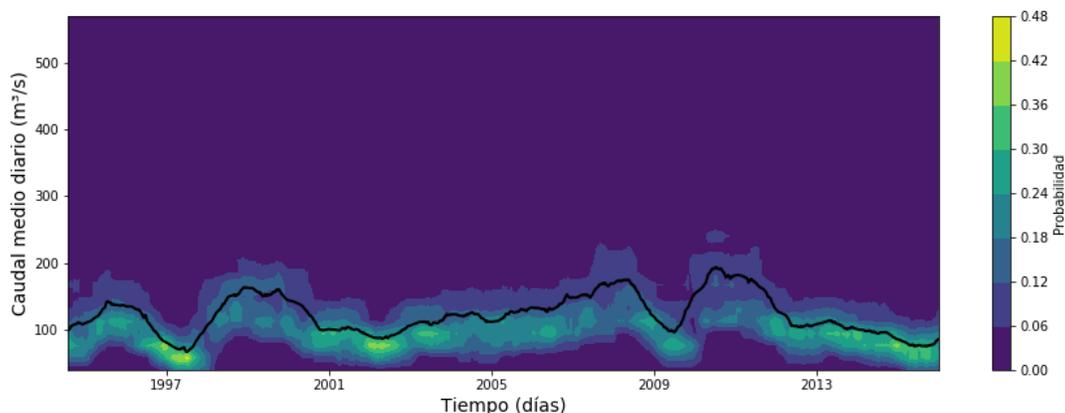


Figura 5. Matriz de funciones de distribución de probabilidades para cada ventana de la serie de caudales medios diarios. Río Porce.

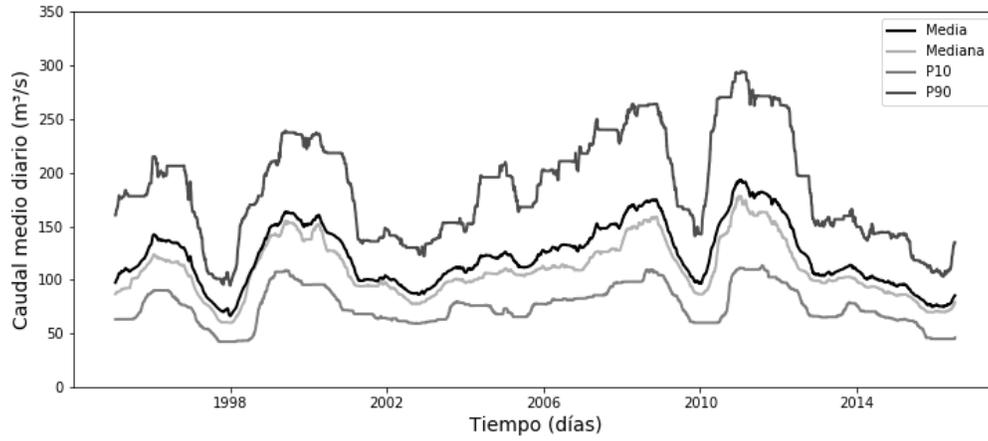


Figura 6. Media, mediana y percentiles 10 y 90 móviles para la serie de caudales medios diarios. Río Porce.

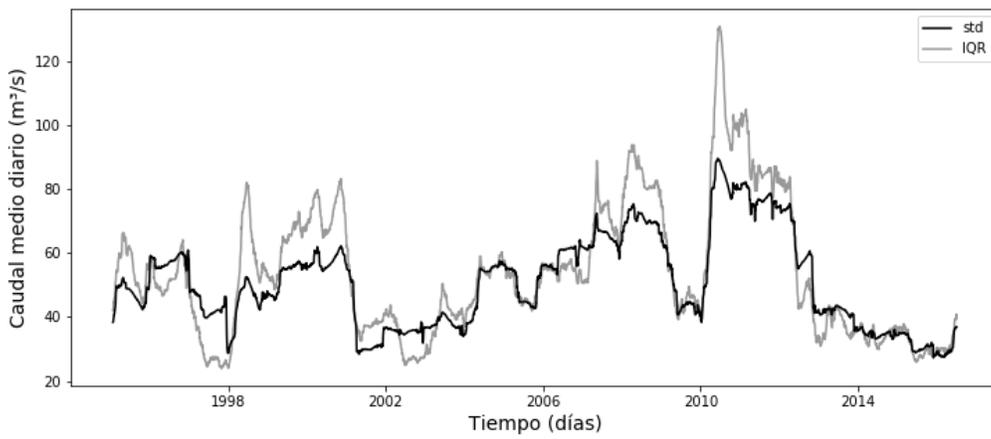


Figura 7. Índices de distribución (Desviación estándar y Rango Intercuartil) para la serie de caudales medios diarios. Río Porce.

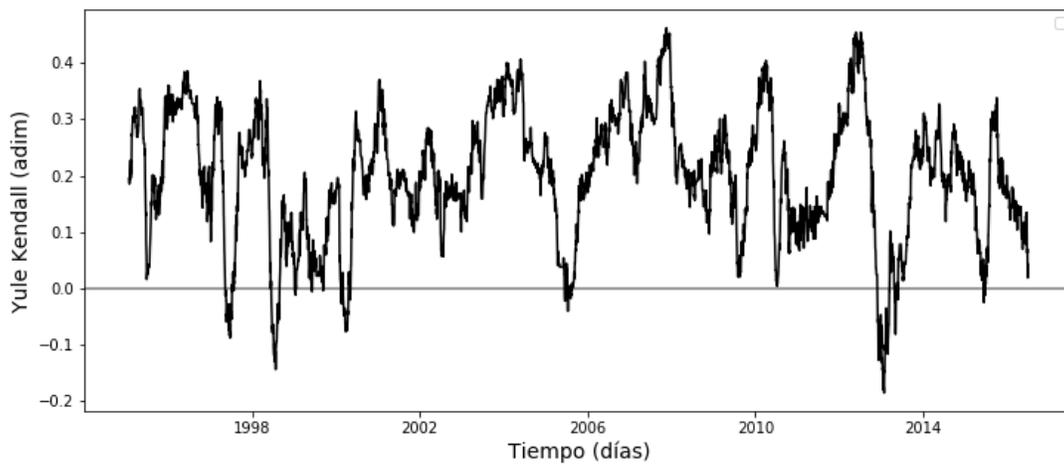


Figura 8. Índice de simetría Yule Kendall para la serie de caudales medios diarios. Río Porce.

No 100%

La figura 5, exhibe estacionariedad respecto a las funciones de distribución de probabilidad de la serie, manteniendo para cada ventana de tiempo una clara acumulación de masa entre los 50 m³/s y los 150m³/s, evidenciando además mayor probabilidad de ocurrencia en caudales menores a la media móvil (marcada en negro).

Respecto a los índices de localización (mediana y media móviles) además de ser muy cercanos, se intuye cierta estacionariedad, que, sin embargo, se ve alterada por la variabilidad interanual discutida más adelante, dicha variabilidad, además, tiende a afectar más a percentiles mayores, como el percentil 90 mostrado en la figura 6. Contrario a esto, la figura 7 enseña la desviación estándar y el rango intercuartil móviles, que pueden incluso llegar a sextuplicar su valor a lo largo de la serie, concluyéndose su no estacionalidad.

La simetría por su parte, parece ser estacionaria como lo muestra el índice Yule Kendall, que durante la mayoría del tiempo se mantiene mayor a cero, indicando que la acumulación de masa generalmente se da hacia caudales menores.

Por otra parte, respecto a la variabilidad interanual que se pretendía analizar, fue evidente la influencia del ENSO en la serie, pues periodos de El Niño muy fuertes como los ocurridos entre 1997 y 1998 y entre 2015 y 2016, marcan notorias disminuciones no solo en la media móvil, sino también en los percentiles marcados y en la desviación estándar. Un comportamiento inverso (aumento significativo) presentan los diferentes índices ante los periodos La Niña intensos, ocurridos en los periodos 1999-2000, 2007-2008 y 2010-2011.

Finalmente, buscando encontrar la existencia de tendencias en la serie y en los percentiles asociados, se hizo una prueba de tendencias Mann Kendall a la media móvil y a los cuartiles. Esta prueba tiene como hipótesis nula la no existencia de tendencias y como hipótesis alternativa se propone la existencia de tendencia (bien sea positiva o negativa). De esta forma, el objetivo de su uso será rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia especificado, que en este caso será $\alpha < 0.05$. Sin embargo, dado que la hipótesis alternativa no identifica la pendiente de la tendencia, se deberán tomar las dos colas y por tanto el estadístico de prueba Z_S hallado mediante Mann Kendall se deberá comparar con $Z_{\alpha/2}$ de la función normal.

Así pues, cuando $|Z_S| > Z_{\alpha/2}$ se rechazará la hipótesis nula. Cabe anotar que $Z_{\alpha/2}$ cuando $\alpha = 0.05$ es 1.96.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2 y en la figura 9.

Tabla 2. Prueba de Tendencia Mann Kendall para Media móvil y cuartiles de la serie caudales medios diarios. Río Porce

Prueba Mann Kendall	S	varianza (m3/s)2	Z	Nivel de significancia
Media Móvil	322419	53308091594.33	1.396	>0.05
Q25	588716	53306547052.66	2.550	< 0.05
Q50	45700	53307789013.33	0.198	>0.05
Q75	-396487	53306683452.33	-1.717	>0.05

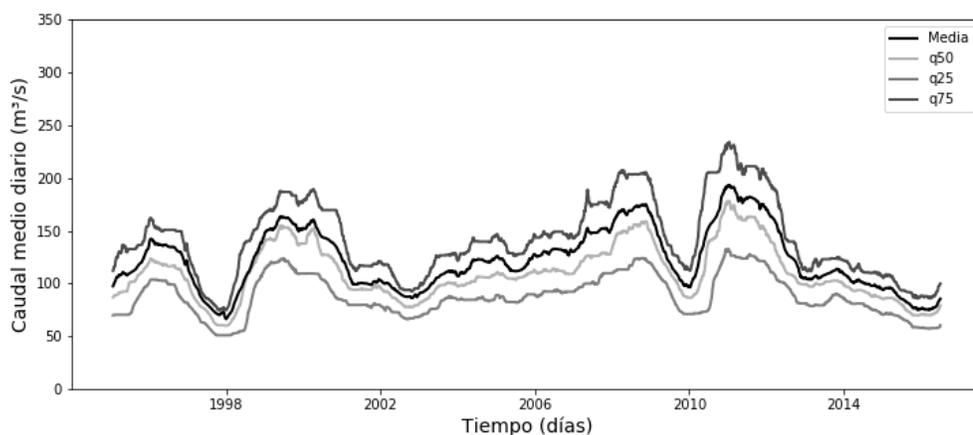


Figura 9. Media Móvil y cuartiles para la serie de caudales medios diarios. Río Porce

Finalmente, se observa que para la media móvil y para los dos cuartiles superiores, no se rechaza la hipótesis nula, pues sus niveles de significancia asociados eran mayores al valor límite impuesto, esto por su parte es coherente con lo que muestra la figura 9, donde se observan series sin tendencia aparente. Caso contrario es el del cuartil 25, que según la prueba de Mann Kendall se rechaza la hipótesis nula con una confiabilidad del 95%, lo cual no se exhibe gráficamente, por tanto se decide no rechazar la hipótesis.

CONCLUSIONES.

Es clara la acumulación de masa hacia la derecha del histograma de la serie, es decir que existe más frecuencia en caudales menores a la media, esto es un comportamiento normal en cuencas de área grande como la de estudio, que normalmente abarcan geomorfologías más desarrolladas de pendientes medias menores y por tanto respuestas hidrológicas más controladas respecto a cuencas de menor tamaño.

Es evidente la influencia del ENSO en la serie de estudio, generando disminuciones importantes en algunos índices para épocas El Niño y aumentos significativos en épocas La Niña.