

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA HOMOGENEIZACIÓN CLIMATOLÓGICA E HIDROLÓGICA EN LA CUENCA DEL RÍO ARAGÓN AGUAS ARRIBA DEL PANTANO DE YESA (PIRINEO CENTRAL)

Ahmed ELMOUJAHID

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio
Universidad de Zaragoza

Resumen: Se expone la aplicación del método de análisis de frecuencia regional, con el objetivo de identificar una subcuenca climática e hidrológicamente homogénea. Se han utilizado series completas de datos de precipitaciones y caudales representando 30 estaciones climáticas y 8 estaciones de aforo.

La variabilidad del coeficiente de variación (C_v) y del coeficiente de sesgo (C_s) de las precipitaciones medias anuales (PMA) y la localización geográfica han permitido la identificación de tres regiones climáticamente homogéneas (RCH). También se identificaron las subcuencas hidrológicamente homogéneas (ScHH), analizando los C_v y C_s de los caudales máximos de medias diarias de las estaciones de aforo y se ha aplicado el test de homogeneidad de Gumbel. A partir de ambas identificaciones se ha logrado especificar la subcuenca climática e hidrológicamente homogénea (ScCH). Por último, se formulan comentarios relativos a los resultados, destacando la utilidad del método de análisis estadístico en la homogeneización climática e hidrológica.

Palabras clave: análisis de frecuencia regional, homogeneidad, test de homogeneidad de Gumbel, río Aragón.

Abstract: A regional frequency analysis procedure is applied to identify a climatologically and hydrologically homogeneous catchment. A complete data sets of precipitation and discharge representing 30 meteorological stations and 8 of hydrometric stations were used for various statistical analyses.

Variability of the coefficient of variation (C_v) and the coefficient of skewness (C_s) and the mean annual precipitation (MAP) and geographical locations has been explained to identify three climatologically homogeneous regions (CHR). Also the analysis of C_v and C_s of annual maximum of daily mean discharge were examined to identify hydrologically homogeneous catchments (HHC) and application of procedure Gumbel test of homogeneity. Based on results of both identifications a climatologically and hydrologically homogeneous catchment has been specified.

Finally some remarks are presented concerning the usual statistics analysis method and some conclusions are drawn for these particular example work.

Key words: Analysis of Regional Frequency, Homogeneity Gumbel test, Aragon river.

INTRODUCCIÓN

Recientemente se ha emprendido un gran esfuerzo en temas de análisis de la frecuencia regional, en los que se utilizan datos de las estaciones climáticas que se encuentran en una región homogénea. Varias técnicas de frecuencia regional han sido propuestas por los investigadores, y entre ellas:

- Aplicación de la estadística del coeficiente de variación (C_v) cuando se analiza la precipitación extrema para una duración particular, porque visualiza distintos patrones geográficos que sobrepasan ampliamente las fluctuaciones de precipitación.

- Procedimiento de análisis regional utilizando las relaciones de los momentos lineares (momentos-L) con dos curvas de regresión regional del coeficiente de variación (C_v) y del coeficiente de asimetría (C_s), y la precipitación media anual (PMA).

- Esquema de regionalización para regiones con una alta variabilidad del C_v , del C_s y largas variaciones de precipitación media anual (PMA), utilizando el C_v y el C_s como variables y desarrollando dos curvas de regresión para explicar las relaciones entre C_v y la PMA, así como entre C_s y la PMA.

El procedimiento de análisis regional es, en realidad, una combinación del examen de las características físicas y el análisis de los parámetros estadísticos (CEDEX, 1994). Pero la dificultad que supone el estudio más detallado del aspecto geográfico, impone que se puede adoptar únicamente el análisis de los parámetros estadísticos, para una homogeneización relativa en función de los elementos de representación proyectada.

Ferrer y Ardiles (CEDEX, 1994) han utilizado las series anuales de máximas diarias a escala nacional (España) de 1545 estaciones pluviométricas con más de 30 años de registros, que han sido agrupadas en 26 regiones delimitadas con criterios meteorológicos y cuya homogeneización ha sido contrastada mediante análisis estadístico de los coeficientes de variación muestrales.

FANG Y NAGHAVI (1995) consideran que la variabilidad del clima de un sitio a otro influye ampliamente sobre el esquema de regionalización, y quizás es preferible

subdividir la región en pequeñas subregiones utilizando otro criterio que el Cv. Tal futura subdivisión puede ser cumplida usando la precipitación media anual y la ubicación geográfica de las estaciones climatológicas. Procedimiento que parece más aséquible y que se puede emprender en la zona del alto Aragón (aguas arriba del pantano de Yesa) en el Pirineo central.

METODOLOGÍA

Se propone llevar a cabo un análisis estadístico, con los siguientes objetivos:

1- Formulación de un procedimiento práctico de análisis regional y su aplicación a los datos de las precipitaciones y caudales de la zona de estudio.

2-Teniendo en cuenta la complejidad de las características geográficas del área de estudio, y con el fin de reducir más posible las variables, se propone llevar a cabo el estudio de homogeneización para identificar la subcuenca climática e hidrológicamente homogénea representativa de la zona de estudio, utilizando las series completas de datos (1950-1995) representando las 30 estaciones climáticas y las 8 estaciones de aforo.

El método de análisis de frecuencia regional de la zona de estudio consiste en las siguientes etapas:

a- Identificación, primero, de las Regiones Climatológicamente Homogéneas (RCH) usando la precipitación media anual y la ubicación geográfica de las estaciones climatológicas.

b- Análisis de la variabilidad del Cv y del Cs determinados a partir de las series de precipitación anual y la precipitación máxima de 24 horas dentro de las RCH.

c- Identificación de las Subcuencas Hidrológicamente Homogéneas (ScHH), usando también en primer lugar la aportación media anual y los caudales máximos diarios de las estaciones de aforo.

d- Análisis de la variabilidad del Cv y del Cs de los datos de caudales máximos diarios de las estaciones de aforo.

e- Aplicación del test de homogeneidad según la ley de Gumbel para probar cuál de las estaciones de aforo puede considerarse formando una ScHH.

INFORMACIÓN CLIMÁTICA E HIDROMÉTRICA UTILIZADA

Los datos de precipitación utilizados en la realización de este estudio han sido obtenidos del banco de datos del Instituto Meteorológico Nacional de Madrid, mientras que los datos hidrométricos de las 8 estaciones de aforo provienen de los anuarios de registros de la Confederación Hidrográfica del Ebro. En cuanto al período temporal, se han tomado las series isocrónicas de cuarenta y cinco años del periodo 1950 - 1995, correspondientes a los siguientes datos:

- Precipitaciones medias anuales y diarias máximas anuales.
- Aportaciones anuales y caudales diarios máximos anuales.

IDENTIFICACIÓN DE LAS REGIONES CLIMÁTICAMENTE HOMOGÉNEAS (RCH)

Análisis de los parámetros estadísticos

Para las RCH los valores del coeficiente de variación (C_v) y el coeficiente de asimetría (C_s) en una importante población regional se suponen constantes (FANG Y NAGHAVI, 1995). Entonces, y basándonos en esta consideración, los resultados de los gráficos de la precipitación media anual (Gráfico 1), C_v (Gráfico 2) y C_s (Gráfico 3), aconsejan que la zona de estudio esté dividida en tres regiones climatológicamente homogéneas, que corresponden a la región norte del Pirineo Axial (I), región central de las Sierras Interiores (II) y la región de la Canal de Verdun (III) (Fig. 2). La tabla 1 resume los resultados.

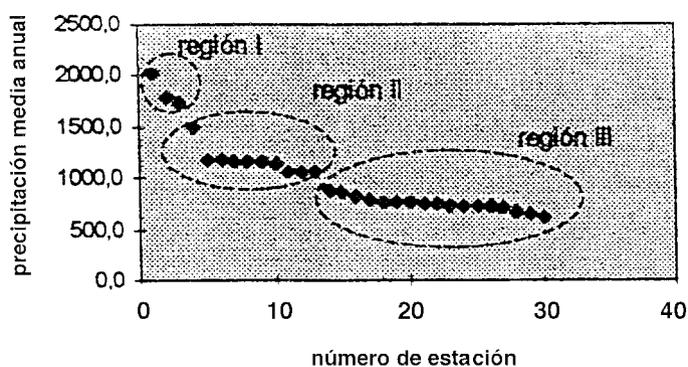


Gráfico 1.- Identificación de regiones homogéneas.

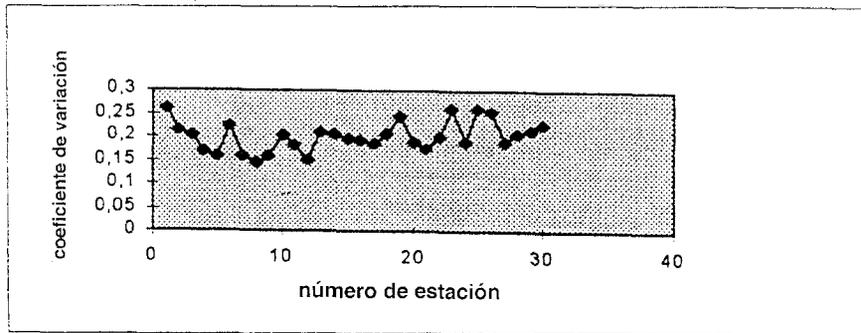


Gráfico 2.- Curva de variación del Cv.

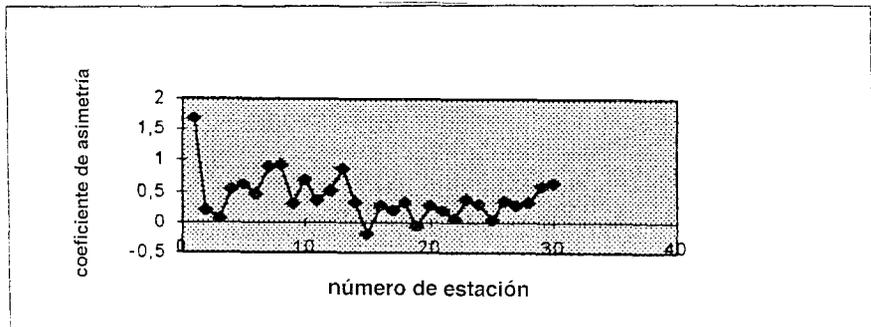


Gráfico 3.- Curva de variación del Cs.

IDENTIFICACIÓN DE LAS SUBCUENCAS HIDROLÓGICAMENTE HOMOGÉNEAS

Se sigue el mismo procedimiento en cuanto al tratamiento de las aportaciones medias anuales y los caudales máximos diarios. La aplicación se centrará sobre 8 estaciones de aforo de subcuencas: Sigüés e Isaba sobre el río Esca, Biniés y Zuriza sobre el río Veral, Javierregay sobre el río Subordán y finalmente Jaca, Canfranc y Cola de embalse sobre el río Aragón.

Tabla 1.- Análisis estadístico de la precipitación media anual de 33 estaciones meteorológicas.

ESTACION	CODIGO	NUM. OBSERV.	PRE. M. AN. (m)	DESV. EST. (s)	Cv = s/m	Cs	REGION
Candanchu	M09195	45	1966,8	521,202	0,265	1,678	I
Canfranc	M09198	45	1799,5	387,757	0,215	0,206	I
Villanua CE	M09199A	45	1488,1	302,532	0,203	0,079	II
Aratores Mol.	M09199D	45	1132,9	191,477	0,169	0,541	II
Bescos Garc.	M09200	45	1062,2	170,311	0,160	0,621	II
Castiello Jac	M0201	45	1060,5	235,965	0,223	0,472	II
Jaca	M0202	45	772,4	122,443	0,159	0,915	III
Canias	M0204	45	824,2	120,137	0,146	0,920	III
Aisa de Jaca	M0205	45	1072,0	167,915	0,157	0,309	II
Binacua	M09206E	45	651,3	131,574	0,202	0,696	III
Hecho	M09207	45	1161,7	211,258	0,182	0,349	III
Aragues del P	M09208	45	1196,6	180,868	0,151	0,527	II
Embun	M09209	45	734,6	155,626	0,212	0,882	III
Javierragay	M09210	45	752,7	156,565	0,208	0,335	III
Bailo Puente R	M09210E	45	716,8	141,510	0,197	-0,183	III
Bagues	M09211	45	739,4	143,256	0,194	0,280	III
Bailo	M09211E	45	765,8	143,492	0,187	0,210	III
Anso	M09212	45	1162,5	239,694	0,206	0,338	II
Villa real	M09214	45	722,1	175,936	0,244	-0,051	III
Artieda	M09215	45	725,2	138,339	0,191	0,284	III
Isaba Belagua	M09216	45	2023,3	355,192	0,176	0,213	I
Isaba	M09218	45	1159,3	233,084	0,201	0,079	II
Salvatierra	M09219I	45	899,4	236,013	0,262	0,379	III
Sigues	M09220	45	724,4	137,788	0,190	0,319	III
Leyre Monast.	M09222U	45	790,1	237,655	0,267	0,325	III
Yesa Embalse	M09223	45	771,4	197,801	0,256	0,350	III
Esparza	M09237I	45	1189,1	223,754	0,188	0,285	II
Navacues	M09238H	45	888,8	184,783	0,208	0,334	III
Urnies	M09243	45	617,9	132,278	0,214	0,599	III
Bernues	M09470E	45	663,7	149,946	0,226	0,635	III

La selección de estas estaciones está basada en su pertenencia a la red de la Confederación Hidrográfica del Ebro y también en la buena correlación ($R = 0,996$) de la superficie drenada por los ríos y las aportaciones medias anuales (Gráfico 4).

Del análisis de las estadísticas de los caudales anuales máximos de medias diarias (Tabla 2 y Gráfico 5), se destaca que la zona de interés puede ser dividida en cuatro grupos de subcuencas hidrológicamente homogéneas, que a continuación conviene someter al test de homogeneidad según la ley de Gumbel:

La subcuenca de la Cola del embalse de Yesa.

Las subcuencas de Biniés, Zuriza, Isaba y Canfranc.

La subcuenca de Sigüés.

Las subcuencas de Jaca y Javierregay.

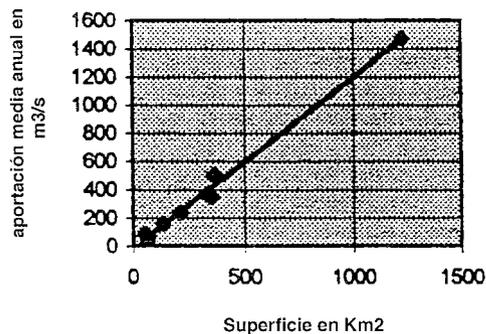


Gráfico 4.- Aportación media anual y superficie.

Tabla 2.- Análisis estadístico de caudales máximos de medias diarias.

Nº DE ESTACION	NUM. OBS.	C. M. AN.	DESV. ES.	Cv	Cs	REGION
Nº 18 Jaca	46	83,1	47,412	0,571	1,467	III
Nº 61 Javierregay.	46	96,7	52,892	0,547	1,113	III
Nº 62 Biniés	46	41,2	17,285	0,420	1,094	IV
Nº 63 Sigüés	46	141,1	53,889	0,382	0,522	II
Nº 170 Cola de Embalse	46	306,7	160,643	0,524	1,037	I
Nº 80 Zuriza	46	16,6	11,592	0,698	1,402	IV
Nº 77 Isaba	46	32,3	16,219	0,502	0,919	IV
Nº 164 Canfranc	46	29,2	13,322	0,456	1,513	IV

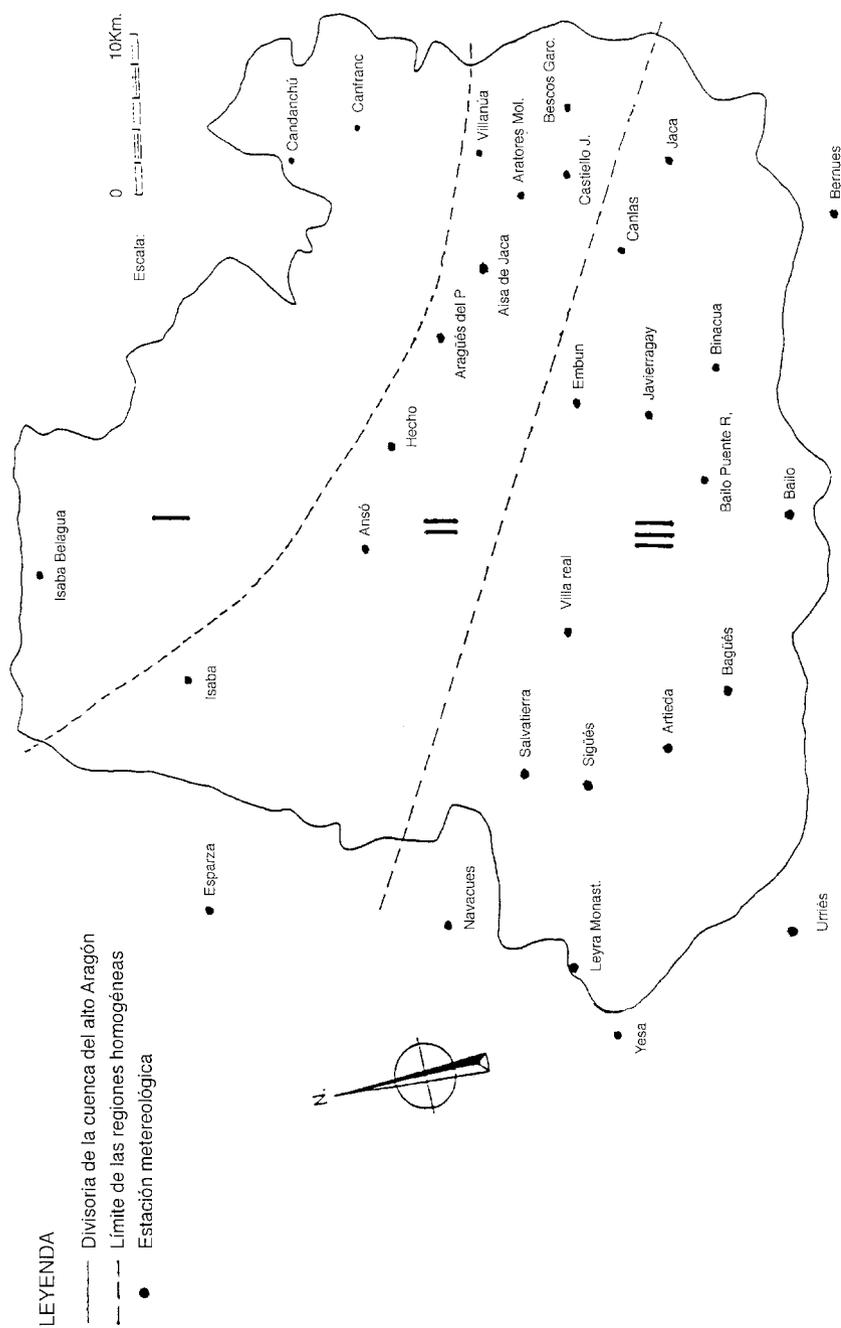


Figura 2.- Ubicación de las estaciones meteorológicas e identificación de las regiones homogéneas.

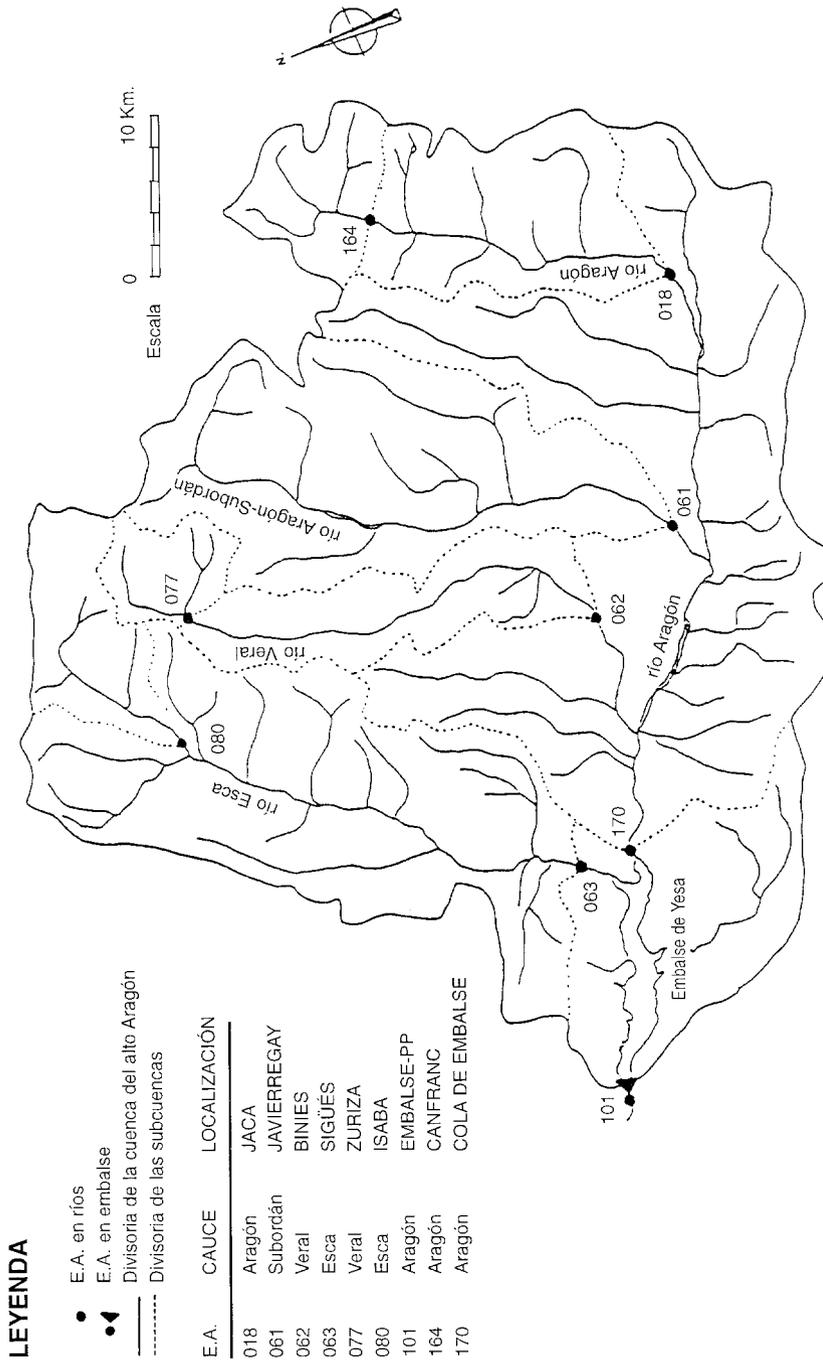


Figura 3.- Ubicación de las estaciones de aforo en la cuenca del río Aragón 09-723.

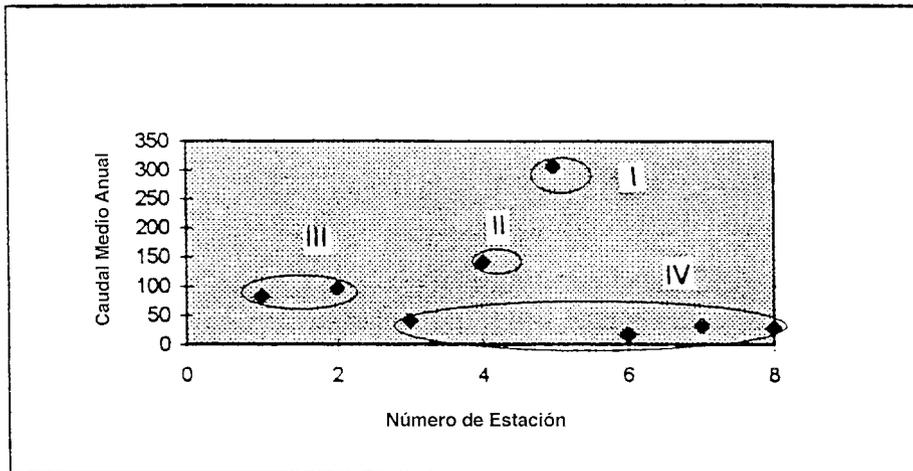


Gráfico 5.- Identificación de subcuencas homogéneas.

Teoría y aplicación del test de homogeneidad

El test de homogeneidad fue desarrollado por Langbein, del Geological Survey de EEUU, a partir del principio siguiente: Se considera una muestra de 1000 observaciones de un fenómeno hidrológico, el caudal de un río, por ejemplo; si se divide esta muestra en 10 submuestras de 100 observaciones cada una y se calcula el caudal con un periodo de retorno ($T = 10$ años) en cada una, puede esperarse que las variaciones de caudal de las 10 crecidas decenales sean pequeñas y fortuítas puesto que se trata, en definitiva, de una misma población. Decimos ahora que las 10 submuestras son homogéneas.

En nuestro caso, tenemos 8 estaciones con 45 observaciones de caudales máximos anuales. Es evidente que los 8 periodos de retorno T_{10} serán diferentes, pero habrá que saber si las variaciones son únicamente debidas al azar o bien al hecho de que las muestras no pertenecen a la misma población. De otro modo, se plantea saber si las 8 muestras son homogéneas y, por eso, hay que cuantificar los límites de las variaciones admisibles, fuera de las cuales se rechaza la hipótesis de homogeneidad.

Según la ley de Gumbel el test puede demostrar que aproximadamente el 65% de los periodos de retorno T_r estimados están dentro de una banda de ancho ∂y el 95% de T_r estimados están en una banda de ancho $2y$. Generalmente este tipo de test se hace para periodos de retorno $T_r = 10$ años.

Sobre papel de probabilidades de valores extremos (papel de Gumbel) se trazan, para cada estación, los caudales anuales en función de Tr. Después de ajustar las rectas de frecuencias se calcula gráficamente el módulo interanual $Q_{2,33}$ y el caudal de periodo de retorno decenal Q_{10} .

El factor de uniformidad es :

$$K = ((Q_{10} / Q_{2,33}) / m$$

Y para cada estación, el caudal uniformizado es:

$$Q_k = KQ_{2,33}$$

En las curvas de distribución correspondientes, se calculan los distintos periodos de retorno Tr_k y los conjuntos (Tr_k , n) se llevan sobre el papel de probabilidad donde previamente se trazaron las bandas de confianza de 95% y de 65%.

Las Tablas 3, 4 y 5, y los Gráfico 6a y 6b muestran los resultados obtenidos.

Solo las estaciones de Javierregay, Cola de embalse, Isaba, Zuriza y Canfranc se encuentran en la región de aceptación del test, dentro de las bandas de confianza de 95%, mientras que las bandas de confianza de 65% rechazan Zuriza y Canfranc.

Tabla 3.- Cálculos de las pruebas de homogeneidad.

Nº DE ESTACION	$Q_{2,33}$ (m ³ /s)	Q_{10} (m ³ /s)	$Q_{10}/Q_{2,33}$	$Q_k = KQ_{2,33}$	Tr (años)	n (años)
Nº 18 Jaca	85,0	146,1	1,719	237,9	40,33	39
Nº 61 Javierregay.	54,2	183,2	3,380	151,7	6,09	24
Nº 62 Binies	27,9	62,0	2,222	78,1	16,34	39
Nº 63 Sigües	101,9	218,4	2,143	285,2	66,67	38
Nº 170 Cola de Em.	177,5	529,4	2,982	496,8	9,35	11
Nº 80 Zuriza	8,3	38,8	4,675	23,2	5,21	30
Nº 77 Isaba	19,1	52,4	2,744	53,5	9,66	18
Nº 164 Canfranc	19,4	49,0	2,526	54,3	23,04	19

Tabla 4.- Test de homogeneidad - Valores de Tr (bandas de confianza $\alpha=0,05$)
 y^{10} : estimación de la media = 2,25.

n (años)	2a = 6,33 / no,5	límite inferior		límite superior		Ts
		$y^{10} - 2a$	Ti	$y^{10} + 2a$	Ts	
5	2,84	0,59	1,20	5,09	160,0	
10	2,00	0,25	1,85	4,25	70,0	
20	1,42	0,83	2,80	3,67	40,0	
30	1,16	1,09	3,50	3,41	30,0	
40	1,00	1,25	4,05	3,25	26,0	
50	0,90	1,35	4,40	3,15	24,0	
100	0,63	1,62	5,60	2,88	18,0	
200	0,45	1,80	6,50	2,70	15,5	
500	0,28	1,97	7,70	2,53	13,0	
1000	0,20	2,05	8,30	2,45	12,0	

Tabla 5.- Test de homogeneidad - Valores de Tr (bandas de confianza $\alpha=0,35$)
 y^{10} : estimación de la media = 2,25

n (años)	a = 6,33 / no,5	límite inferior		límite superior		Ts
		$y^{10} - a$	Ti	$y^{10} + a$	Ts	
5	1,42	0,83	2,83	3,67	39,75	
10	1,00	1,25	4,01	3,25	26,29	
20	0,71	1,54	5,18	2,96	19,80	
30	0,58	1,67	5,83	2,83	17,45	
40	0,50	1,75	6,27	2,75	16,15	
50	0,45	1,80	6,57	2,70	15,39	
100	0,32	1,93	7,40	2,57	13,57	
200	0,23	2,02	8,05	2,48	12,45	
500	0,14	2,11	8,76	2,39	11,42	

IDENTIFICACIÓN DE LA SUBCUENCA CLIMÁTICA E HIDROLÓGICAMENTE HOMOGÉNEA

Teniendo en cuenta que en este estudio se propone seleccionar una subcuena climática y hidrológicamente homogénea, con una extensión que trata de abarcar de Norte a Sur las tres regiones homogéneas identificadas, la ilustración de las curvas de homogeneidad demuestra que sólo las estaciones de Javierregay, Cola de embalse e Isaba se encuentran en la región de aceptación de las curvas de confianza de 65%. Finalmente nos quedan dos subcuencas, la cola de embalse y Javierregay de las cuales tenemos que elegir la más adecuada para los trabajos de campo (la estación de Isaba ha sido descartada por su corta extensión geográfica).

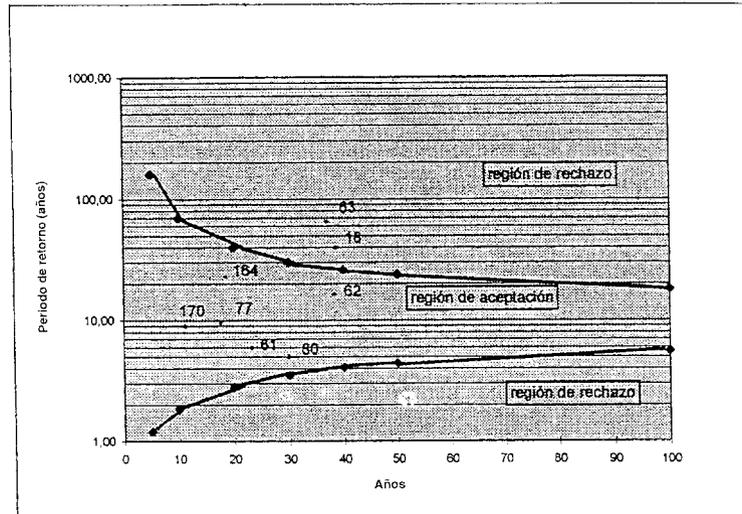


Gráfico 6a.- Test de homogeneidad, bandas de confianza ($\alpha=0.05$). Los números hacen referencia a las estaciones de aforo.

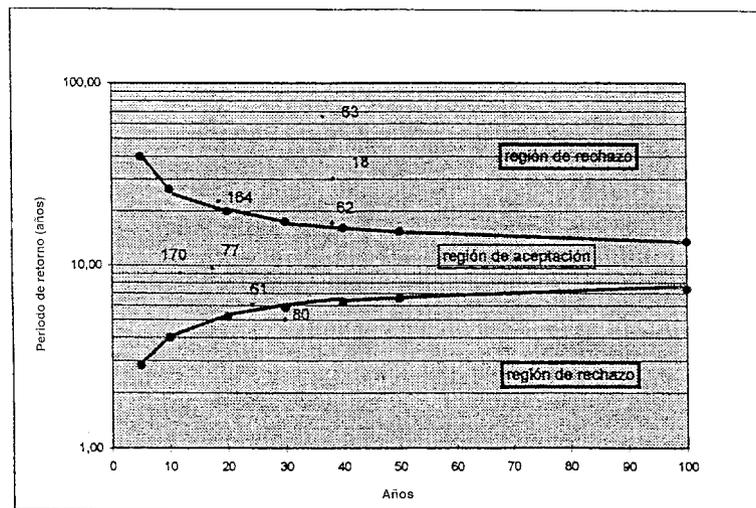


Gráfico 6b.- Test de homogeneidad, bandas de confianza ($\alpha=0.35$). Los números hacen referencia a las estaciones de aforo.

Respecto a la variabilidad de los coeficientes de correlación y de sesgo de ambas estaciones, no se destacan realmente diferencias muy significativas.

Estación	Cv	Cs
Javierregay	0,547	1,113
Cola de embalse	0,524	1,017

En el Gráfico 7 se ha trazado la recta de regresión entre los módulos interanuales Q_{2,33} y las superficies de las subcuencas correspondientes, lo que es un enfoque interesante para mejor esclarecer el análisis entre las estaciones de Javierregay y Cola de embalse. La ecuación de regresión es:

$$Q_{2,33} = 0,1142 A + 20, \text{ donde:}$$

Q_{2,33} es el módulo interanual, y

A es la superficie de la cuenca en km².

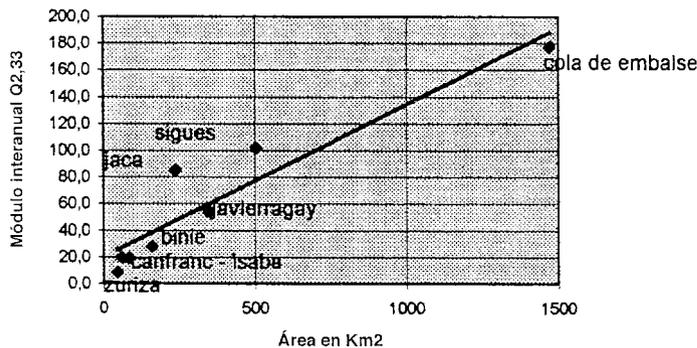


Gráfico 7.- Recta de regresión.

DISCUSIÓN

1º.- En relación con la identificación de las RCH, la estación de Belagua ha sido incluida en la región (I) a causa de su ubicación geográfica aunque tiene un alto valor de precipitación media anual (PMA = 2023,3mm), respecto las otras estaciones de la región. También destaca una significativa variabilidad del coeficiente de sesgo (Cs = 1,678) que corresponde a la misma estación de Belagua, pero la variabilidad del coeficiente de variación (0,176; 0,215; 0,265) de las tres respectivas estaciones de Belagua, Canfranc y Candanchú, favorece la conservación del grupo (I).

De otra parte, la estación de Villanúa ha sido incorporada a la zona (II), a pesar de que tiene un valor de PMA sensiblemente alto (1488,1mm) que el resto de su grupo, porque los coeficientes de variación que les corresponden se aproximan a los Cv de su región.

La precipitación media anual cumulativa, el Cv medio y el Cs medio de las regiones I, II y III son respectivamente: (1929,9; 1169,2 y 773,4); (0,219; 0,165; 0,208); (0,699; 0,361; 0,421).

2°.- Respecto a la identificación de las ScHH, se destaca del gráfico de las bandas de confianza calculadas y que definen la región de aceptación o rechazo de la hipótesis de homogeneidad, lo siguiente:

- En las bandas de confianza de 95% se han clasificado las subcuencas de Jaca, Sigüés y Biniés en la región de rechazo, y se han considerado como homogéneas las subcuencas de Javierregay, Zuriza, Isaba, Canfranc y Cola de embalse.

- A las bandas de confianza de 65%, sólo las subcuencas de Javierregay, Cola de embalse y Isaba quedan dentro de estas bandas, el resto de las muestras a que añadimos Isaba (por su corta extensión geográfica), están descartadas como subcuencas homogéneas.

3°.- Comparando los coeficientes de variación y de sesgo de los datos de aportaciones medias anuales y de caudales máximos diarios de ambas estaciones de aforo (Javierregay y Cola de embalse), se observa que no presentan diferencias muy significativas. Por tanto, parece juicioso adoptar la relación Superficie-Módulo interanual, para poder concretar lo más posible la subcuenca climática e hidrológicamente homogénea.

El gráfico 7 muestra que la estación de Javierregay se representa muy bien en la recta de regresión lineal. Además, se nota que las diferencias entre el módulo-interanual calculado y el determinado mediante la ecuación de regresión reflejan los siguientes valores:

- A Javierregay le corresponde la diferencia de 5,5406 m³/s.

- En cuanto a la Subcuenca de la Cola de Embalse, se estima una diferencia de 12,4872 m³/s.

Esta última comparación demuestra que la subcuenca de Javierregay tiene más ventaja que la de Cola de embalse; por tanto, la cuenca drenada por el río Subordán puede ser adoptada como subcuenca climática e hidrológicamente homogénea.

CONCLUSIÓN

El trabajo presentado realiza una selección de una subcuena climática e hidrológicamente homogénea dentro de una extensa región. El empleo de un método de análisis estadístico regional de parámetros, utilizando los datos de precipitación media anual y datos hidrométricos, ha permitido alcanzar el objetivo planteado.

La delimitación de tres regiones geográficas, cuya identificación ha sido determinada mediante las técnicas estadísticas y la ubicación geográfica, ha permitido destacar unas pequeñas diferencias de los parámetros estimados, lo que en cierto modo dificulta incluir tal estación climática en la región homogénea que le corresponde. Por eso, contar con dos o más parámetros permitirá reforzar la capacidad descriptiva del método adoptado.

La comparación de los resultados de la aplicación del test de homogeneidad de Gumbel con los datos hidrométricos ha permitido concretar las subcuencas hidrológicamente homogéneas. Además, la ilustración de la relación superficie-módulo interanual, constituye un enfoque conveniente para seleccionar, y de manera acusable, la subcuena homogénea requerida.

Del análisis de los C_v y C_s se destaca que la subcuena de Javierregay tiene más ventaja que la de Cola de embalse. También, en el Gráfico 7 se observa que la estación de Javierregay se representa muy bien en la recta de regresión, mejor que el resto de las subcuencas. En consecuencia, parece que la subcuena drenada por el río Subordan puede ser considerada como región homogénea adecuada para llevar a cabo los trabajos de campo. Por tanto, se adoptará como subcuena climática e hidrológicamente homogénea.

BIBLIOGRAFÍA

- NAGHAVI, B. & FANG X.Y. (1995): "Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in Luisiana". *Journal of Hydraulic Engineering*, 819-824.
- CAMPOS, D.F. (1994): "Aplicación del Método del Índice de Crecientes en la Región Hidrológica Número 10, Sinaloa". *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. IX, 3, 41-55.
- FRANCES, F. (1991): *Utilización de la información histórica en el Análisis Regional de las Avenidas*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- FERRER, J. y ARDILES, L. (1994): *Análisis Estadístico de las Series Anuales de Máximas Lluvias Diarias en España*. Centro de Estudios Hidrográficos (MOPT).

LLAMAS, J. (1993): *Hidrología General, Principios y Aplicaciones*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.

W.M.O. (1989): "Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis". World Meteorological Organisation. *Operational Hydrology Report* 33, 73 p.