

## CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE LAS SEQUÍAS EXTREMAS DEL RÍO TIRGUA EN EL ESTADO COJEDES

### Historical characterization of the extreme droughts of the river Tirgua in the State Cojedes

Franklin Paredes <sup>(1)</sup>, Luís Rumbo <sup>(2)</sup>, Edilberto Guevara <sup>(3)</sup> y Nahir Carballo <sup>(1)</sup>

(1) Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Programa Ingeniería del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. San Carlos, Venezuela. e-mail: *franklinparedes75@cantv.net*

(2) Empresa Regional Desarrollos Hidráulicos Cojedes. San Carlos, Venezuela.

(3) Escuela de Ingeniería Civil, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. e-mail: *eguevara@thor.uc.edu.ve*

Recibido: 03-06-2005 / Aceptado: 15-04-2006

### RESUMEN

La mayor parte del país fue afectada por la severa sequía que ocurrió en el año 2003. En ese momento se especuló que ese fenómeno ocasionó la reducción drástica del gasto medio del río Tirgua. Dado que los municipios San Carlos, Tinaco y Falcón del estado Cojedes se abastecen de agua del referido río, esta investigación tuvo como objetivo evaluar las sequías extremas del río Tirgua. Fue una investigación de tipo retrospectiva y nivel exploratorio explicativo. Se tomó como base el gasto medio diario del río registrado en la estación hidrométrica Paso Viboral durante el período 1963/1993. Se caracterizó la dinámica fluvial por medio de los parámetros: media, moda, mediana y desviación estándar. Se empleó el modelo Wisner a fin de determinar la ocurrencia de períodos secos de 1 a 60 días de duración. Se generó un modelo matemático de tipo exponencial a fin de estimar la ocurrencia de períodos secos de duración variable. Por último, se efectuó un análisis de duración-frecuencia de los caudales mínimos. Se encontró que el río Tirgua posee un caudal medio de  $13 \pm 12 \text{ m}^3/\text{s}$  con una elevada probabilidad de ocurrencias de sequías de duración inferior a 15 días continuos. El caudal mínimo se relaciona con la duración (D) y el período de retorno ( $T_r$ ) por medio del modelo:  $Q_{\min} = 5,053 \cdot D^{0,105} \cdot T_r^{-0,925}$ , mientras que el número de períodos secos ( $n_d$ ) sigue un patrón en función de la duración (d) dado por:  $n_d = 411,322 \cdot e^{-0,568 \cdot d}$ . Se infiere que la sequía que experimentó el río Tirgua en el 2003 fue un fenómeno inherente a la dinámica propia del río, no obstante se sugiere el estudio de la periodicidad de este tipo de evento.

**Palabras clave:** *sequía extrema, río Tirgua, gasto medio diario*

### SUMMARY

The year 2003 was characterized by the severe drought that affected the most portion of the country. At that moment, it was believed that this phenomenon caused the drastic reduction of the mean flow of Tirgua River. As the river is the source of water supply for the municipalities San Carlos, Tinaco and Falcón, this research deals with the description of the extreme droughts of the Tirgua River for the period 1963-1993. The basic information is the daily mean flows of the river at Paso Viboral gaging station. First statistical analysis of the flow record was done; finding that mean value is  $13 \text{ m}^3/\text{s}$  and its standard deviation is  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ . The time series has strong tendency for the occurrence of dry periods. The Wisser model was used to find the behavior of dry periods for different durations (from 1 to 60 days). The minimum flow is related with the duration (D) and the period of return ( $T_r$ ) as follows,  $Q_{\min} = 5.053 \cdot D^{0.105} \cdot T_r^{-0.925}$ , while the number of dry periods ( $n_d$ ) follows a pattern given by:  $n_d = 411.322 \cdot e^{-0.568 \cdot d}$  as a function of duration (d). Apparently the drought of 1963 is only a phenomenon of stochastic occurrence. Nevertheless it is advisable to study the periodicity of that.

**Key words:** *extreme drought, river Tirgua, flow medium daily*

## INTRODUCCIÓN

La sequía es probablemente el desastre natural más severo que ocurre sobre nuestro planeta. Las causas de las sequías son variables, pero según Carrillo (1999) se pueden agrupar en sequías meteorológicas, sequías de ubicación geográfica, sequías orográficas y sequías antropogénicas. Las principales características de una sequía son comienzo, terminación, duración, magnitud, intensidad y superficie afectada. Carrillo (1999) sostiene que existen cuatro métodos para analizar sequías: índices, empíricos, analíticos y de generación de datos. Dentro del análisis analítico de sequías asociadas a cauces superficiales se encuentra el análisis de caudales mínimos.

En el análisis estadístico de caudales mínimos frecuentemente se toma como variable aleatoria a los valores de caudal más pequeños dentro de un intervalo determinado (año, semestre o mes). Otras veces se suele escoger como eventos extremos al promedio mínimo de períodos mayores que un día (Guevara, 1992). Ojeda y Espinoza (1985) sostienen que existen otras maneras de abordar el estudio de los caudales mínimos diferentes a las señaladas con anterioridad; la curva de duración y el análisis de frecuencia duración de los caudales mínimos. En este orden de ideas, Kiely (1999) menciona técnicas tales como:

**Curva de duración de caudal:** la cual es una gráfica generada al contrastar el caudal del río por las ordenadas y el porcentaje de excedencia por las abscisas. El porcentaje de excedencia se refiere al porcentaje de tiempo que se excede una descarga dada.

**Caudal medio diario:** que es la media de la descarga instantánea en un periodo de 24 horas.

**Caudal medio diario anual:** referido a la media en un año de los caudales medios diarios.

**Caudal de tiempo seco:** que es el caudal medio diario anual mínimo con un periodo de retorno seleccionado.

**Caudal base:** que es la contribución al cauce del agua subterránea.

**Caudal de día D:** que es el caudal medio en D días consecutivos.

**Caudal mínimo sostenido:** que se define como el caudal medio más bajo que no se excede durante una duración dada.

**Caudal mínimo:** que es el mínimo caudal observado en el periodo.

El análisis de las sequías (períodos secos), se orienta a demostrar la persistencia de los eventos hidrológicos y meteorológicos. La persistencia se refiere a la tendencia de que un período seco (año, día, entre otros) sea seguido por otro seco y que un período húmedo ocurra después de otro húmedo, de acuerdo a un comportamiento similar al de cualquier variable aleatoria.

El modelo Wisser, según Guevara (1992), es una valiosa herramienta para el análisis de sequías; éste asume que la probabilidad de que, por ejemplo, un día seco siga a otro seco, es constante. Es decir, cada realización es dependiente sólo de la realización inmediatamente anterior, además de ser constante. Esta

acepción fuertemente simplificada conduce a una cadena de Markov homogénea y estacionaria. Ahondando, Guevara (2004) señala que para el análisis del régimen de los caudales ecológicos o de estiaje existen cuatro modelos generales, cuya aplicabilidad depende del objetivo que se busca; modelos probabilísticos para el análisis de frecuencia de los caudales o niveles mínimos, modelos probabilísticos para determinar la ocurrencia de periodos de estiaje para diferentes duraciones, modelos para determinar persistencia de un valor de caudal o nivel determinado y modelos cualitativos que describen la ocurrencia de los estiajes en conexión con fenómenos globales.

Durante el año 2003 los estragos ocasionados por las sequías en Venezuela fueron alarmantes. Una larga cadena de fenómenos climatológicos acaecidos en Sudamérica puso en relieve la vulnerabilidad del abastecimiento de agua a varias regiones del país; la merma hídrica de importantes embalses, la reducción del gasto en múltiples ríos de la región llanera, y la ocurrencia de una ola de calor inusualmente alta se conjugaron para alarmar a los venezolanos. En el caso del estado Cojedes, los municipios Falcón, San Carlos, Tinaco y Macapo fueron los más afectados. Dado que el río Tirgua presentó una disminución importante de su caudal en este periodo, surgió la apremiante necesidad de evaluar la dinámica de las sequías del referido río a fin de comprender la evolución histórica de este tipo de eventos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Caracterización fisiográfica de la zona de estudio**

Ubicación: la cuenca del río Tirgua está ubicada al noroccidente del país, abarcando porciones importantes de los estados: Yaracuy, Carabobo y Cojedes. La cuenca alta y media se ubica astronómicamente entre las coordenadas  $9^{\circ} 04' 00''$  a  $10^{\circ} 36' 00''$  de latitud norte y  $68^{\circ} 12' 00''$  a  $68^{\circ} 41' 00''$  de longitud oeste, ocupando un área de  $1.497,3 \text{ Km}^2$ , correspondiendo al estado Cojedes  $323,5 \text{ Km}^2$  (Figura 1).

El río Tirgua nace en la confluencia de la fila de Bejuma y la fila de Aguirre, en el cerro San Isidro ( $\approx 1480 \text{ msnm}$ ), llevando el nombre de río Aguirre y luego río Tirgua. Es denominado río San Carlos desde la confluencia del río Orupe y el río Tirgua, al llegar a la frontera política del estado Cojedes con el estado Carabobo. Los principales ríos tributarios del río San Carlos son: Bejuma, Aguirre, Onoto, Orupe, San Pedro, Cabuy y Mapuey.

Los parámetros morfométricos más importantes de la cuenca con punto de cierre en la estación hidrométrica Paso Viboral son:

Área drenada:  $1.486 \text{ Km}^2$

Longitud axial:  $72,2 \text{ Km}$

Perímetro:  $238,1 \text{ Km}$

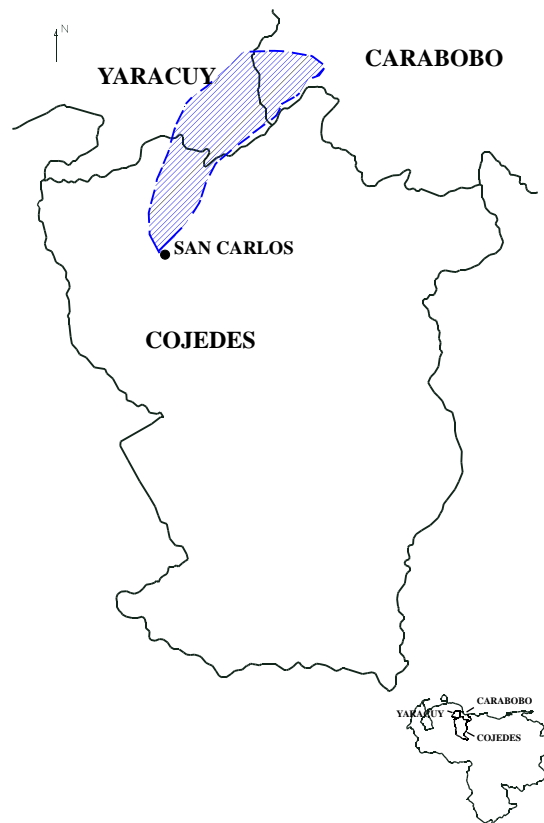
Pendiente media de la cuenca:  $20 \%$

Orientación: NE

Longitud del cauce principal:  $1.147,3 \text{ Km}$

Precipitación anual: entre  $1400$  y  $2100 \text{ mm}$

Temperatura: entre  $17$  y  $20^{\circ}\text{C}$



**Figura 1.** Ubicación espacial de la cuenca del río Tirgua con punto de cierre en la estación hidrométrica Paso Viboral

### Fases de la investigación

**Fase 1.** Análisis de los registros históricos de los caudales medios diarios del río Tirgua medidos en la estación hidrométrica Paso Viboral.

En el MARN San Carlos, se recabaron los registros históricos de los caudales medios diarios del río Tirgua en la estación hidrométrica Paso Viboral para el periodo 01/01/1963 - 31/12/1993. Dicha estación se ubica en la cota 158 m del mencionado río y coordenadas geográficas: Latitud  $09^{\circ} 43' 10''$  y Longitud  $68^{\circ} 36' 15''$  (UTM REGVEN 1074418,86 N y 543418,579 E). Se efectuó un análisis estadístico, que consistió en cuantificar varias medidas de tendencia central (media, moda y mediana) y medidas de dispersión (desviación estándar, varianza y rango). Por último, se generó la curva de duración de caudal (Kiely, 1999; Vide, 2000; Guevara 2004)

**Fase 2.** Modelo Wisser para la determinación de la ocurrencia de períodos secos de duración “d”

Se estableció un caudal referencial,  $Q_s$ , que es el caudal mínimo de abastecimiento necesario para cubrir la demanda hídrica de la ciudad de San Carlos para el año 2006; el referido caudal se generó tomando un caudal mínimo de riego de 1.500 l/s y una dotación poblacional de 250 l/día/habitante. Para

estimar la población del municipio San Carlos se consideró los datos censales reportados por el Instituto Nacional de Estadística. En base de los registros históricos mencionados en la Fase 1 y empleando el software Microsoft Excel 2003™ se determinaron el número de períodos secos de diferentes duraciones (desde 1 día hasta 60 días). Esta información permitió cuantificar el número total de días secos y períodos secos acaecidos en el lapso evaluado.

**Fase 3.** Modelo matemático de decaimiento exponencial que explique el número de períodos secos como una función de su duración “d”.

Tomando como referencia la información generada en la fase precedente se generó un modelo matemático de tipo exponencial (Ecuación 1) para estimar el número de períodos secos del río Tirgua en función de su duración.

$$n_d = a.e^{-k.d} \quad (1)$$

donde:

$n_d$ : número de períodos secos

d: duración del periodo seco en días

a, y k: constantes del modelo de decaimiento exponencial

La data base se procesó con el software estadístico STATISTICA, haciendo uso del módulo Nonlinear Regression, en su función User Specified Regression Function; con ello, se cuantificó los parámetros de la Ecuación (1) (a y k). Se empleó el método de estimación: Quasi Newton y la función de pérdida siguiente:

$$L = (obs - pred)^2 \quad (2)$$

donde:

L. función de pérdida (Loss Function)

obs: valor observado

pred: valor predicho

Con el propósito de evaluar la calidad predictora del modelo se calcularon el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el porcentaje de la varianza explicada por el modelo, la media y desviación estándar de los residuales (Se) (Montgomery, 1991)

**Fase 4.** Análisis de la duración frecuencia de los caudales mínimos del río Tirgua.

Tomando como referencia la serie histórica de los caudales medios diarios del río Tirgua señalada en la Fase 1 se evaluó la severidad de las sequías a través del método análisis de frecuencia duración de los caudales mínimos (Guevara, 2004), el cual se resume a continuación:

- 1.- Con los caudales medios diarios, se generó las medias superpuestas o promedios cabalgantes para: 7, 15, 30, 45 y 60 días.

2.- De la serie de los promedios cabalgantes para D-días, generados de un registro de n años de los gastos medios diarios, se seleccionó (n-1) eventos los cuales representan una serie parcial de los gastos mínimos para la duración D-días. El procedimiento es el siguiente:

- De la serie original de los promedios móviles se seleccionó el valor mínimo  $Y_i$  al que se asigna un periodo de retorno (Ecuación 3):

$$T = \frac{n + 1}{m} \quad (3)$$

donde:

T: período de retorno, años

m: número de orden asignado al ordenar los valores en forma creciente

n: número de años de registro

- Teniendo en cuenta que cada  $Y_i$  mínimo seleccionado se puede considerar como una función de los D-1 valores anteriores de  $Y_i$  y además, por ser la serie de los promedios cabalgantes una serie correlacionada en el tiempo, se suele eliminar D valores hacia ambos lados del valor  $Y_i$  seleccionado, con la finalidad de asegurar la independencia de los eventos generados por el modelo de promedios cabalgantes.
- De los valores restantes de la serie se seleccionó nuevamente el mínimo y se calculó su correspondiente,  $T_r$  tomando  $m_2 = m_1 + 1$ . Se eliminó nuevamente D valores hacia arriba y hacia abajo del valor seleccionado.
- Se continuó el proceso anterior, hasta encontrar un evento con  $T = 1$ .
- Los (n-1) valores de los eventos obtenidos mediante el procedimiento explicado para cada duración D se graficaron en un papel semi-logarítmico en función del periodo de retorno,  $T_r$ .

**Fase 5.** Modelo matemático para estimar el caudal mínimo esperado en época de estiaje como una función de la duración y el periodo de retorno.

La información generada en la fase anterior se ajustó a un modelo matemático de tipo exponencial, propuesto por Guevara (2004), de la forma:

$$Q_{min} = a \frac{D^c}{T_r^d} \quad (4)$$

donde:

$Q_{min}$ : caudal mínimo del río para una duración y período de retorno definido,  $m^3/s$

D: duración, días

$T_r$ : período de retorno, años

a, b, c, d: constantes adimensionales del modelo

El método de ajuste fue el de mínimos cuadrados. Con el objeto de evaluar la calidad predictora del modelo se calcularon el coeficiente de determinación y la desviación estándar de los residuales (Montgomery, 1991)

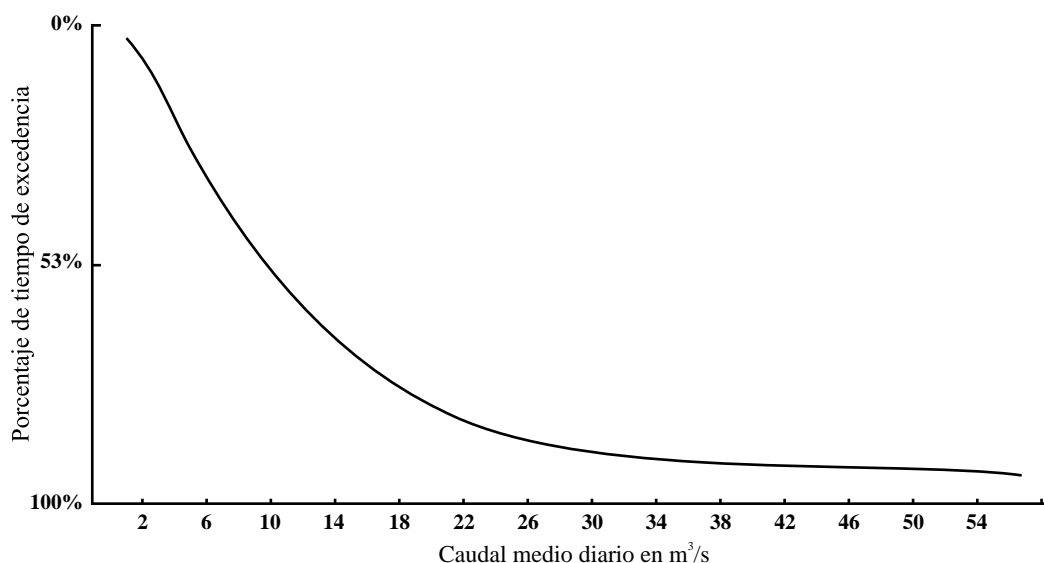
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del Cuadro 1 se infiere que el gasto medio diario del río Tirgua a la altura de la estación hidrométrica Paso Viboral experimentó variaciones extremas en el lapso temporal 1963 a 1993, pues el rango es bastante amplio; no obstante, la baja desviación estándar reveló que la ocurrencia de eventos extremos fue en cierta medida poco frecuente. La Figura 2 representa la curva de duración del caudal medio diario del río Tirgua en Paso Viboral, la cual muestra lo señalado anteriormente; La Figura 3 muestra el hidrograma diario del río Tirgua, ambas revelan la ocurrencia de caudales bajos.

**Cuadro 1. Medidas de tendencia central y dispersión del caudal medio diario del río Tirgua.**

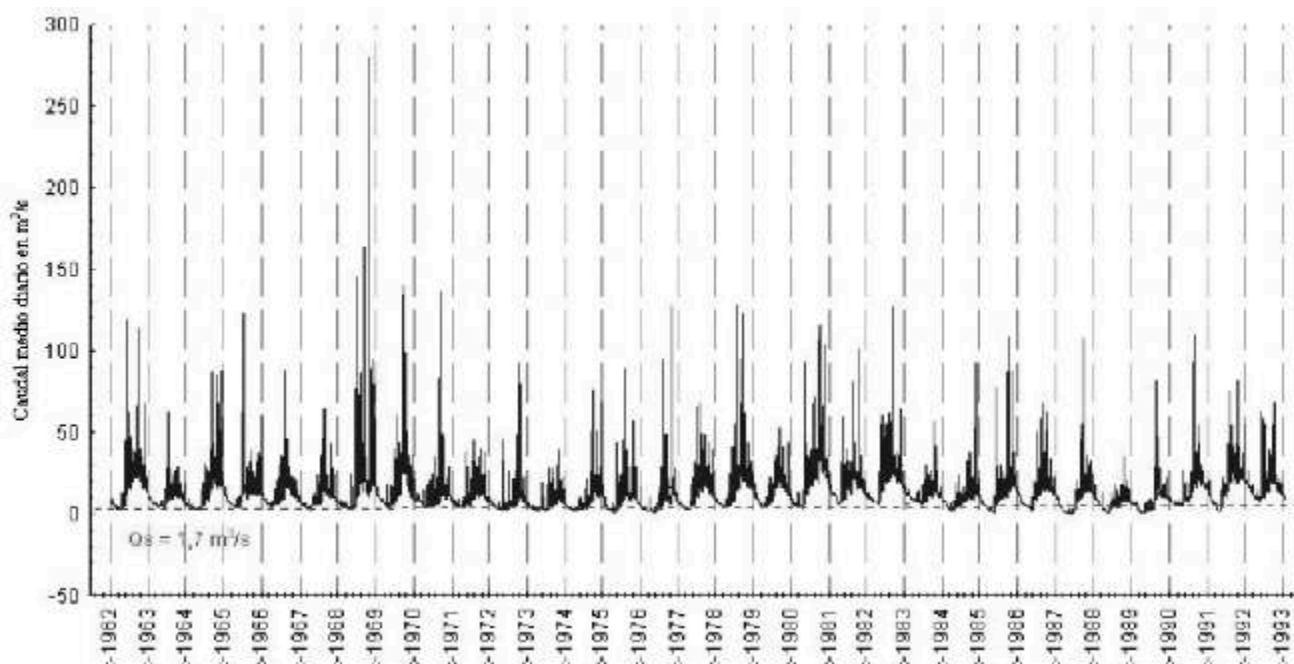
<b>Medidas de tendencia central</b>	
Media	13,0 m <sup>3</sup> /s
Mediana	10,2 m <sup>3</sup> /s
<b>Medidas de dispersión</b>	
Desviación estándar	11,7 m <sup>3</sup> /s
Rango	279,6 m <sup>3</sup> /s
Mínimo valor registrado	0,4 m <sup>3</sup> /s
Máximo valor registrado	280,0 m <sup>3</sup> /s

**Nota:** el número de registros validos empleados en la determinación de estos estadísticos fue de 11322.



**Figura 2.** Curva de duración de los gastos medios diarios del río Tirgua en el lapso 1963 a 1993.





**Figura 3.** Hidrograma diario del río Tigrúa en la estación Paso Viboral para el período 1963 a 1993.

**Nota:**  $Q_s$ : caudal mínimo de abastecimiento del Municipio San Carlos para el año 2006

Se encontró que el caudal referencial,  $Q_s$ , para el año 2006 es igual a  $1,766 \text{ m}^3/\text{s}$  razón por la cual se consideró que cualquier día que tuviese un caudal inferior es un día seco. El Cuadro 2 resume parcialmente la dinámica de los períodos secos registrados entre 1963 y 1993 sobre el río Tigrúa a la altura de la estación hidrométrica Paso Viboral (Modelo Wiser). Es evidente que el río presentó una tendencia a exhibir sequías de corta duración, a lo sumo de 30 días (1 evento). Si la dinámica del gasto medio diario se mantiene para el año 2006, no solamente es probable la ocurrencia de días donde el caudal promedio mínimo que debe aportar el río Tigrúa no cubrirá la demanda conjunta del Municipio San Carlos y el sistema de riego, sino que las sequías se extenderán por varios días.

**Cuadro 2. Resultados parciales del análisis de los períodos secos registrados en la estación hidrométrica Paso Viboral en el período 1963 1993.**

Duración del período seco en días (D)	Número de períodos secos de duración d (Nd)	Sumatoria de períodos secos con duración mayor o igual a d	Totalidad de períodos secos	Número de los días secos	Número de días secos de duración igual a d
1	247	696	3399	247	3399
2	103	449	2703	206	3152
3	69	346	2254	207	2946
4	48	277	1908	192	2739

*continuación del Cuadro 2*

Duración del período seco en días (D)	Número de períodos secos de duración d (Nd)	Sumatoria de períodos secos con duración mayor o igual a d	Totalidad de períodos secos	Número de los días secos	Número de días secos de duración igual a d
5	38	229	1631	190	2547
6	27	191	1402	162	2357
7	22	164	1211	154	2195
8	19	142	1047	152	2041
9	15	123	905	135	1889
10	15	108	782	150	1754
11	12	93	674	132	1604
12	9	81	581	108	1472
13	9	72	500	117	1364
14	9	63	428	126	1247
15	7	54	365	105	1121

**Nota:** Se considera un gasto referencial de 1,766 m<sup>3</sup>/s

Considerando la duración de periodo seco, “d”, como variable independiente y el número de períodos secos de duración d, “n<sub>d</sub>”, como variable dependiente (refiérase al Cuadro 2) se generó el siguiente modelo:

$$n_d = 411,322.e^{-0,568.d} \quad (5)$$

$$R^2 = 96,2\%; Se = 6,3$$

donde:

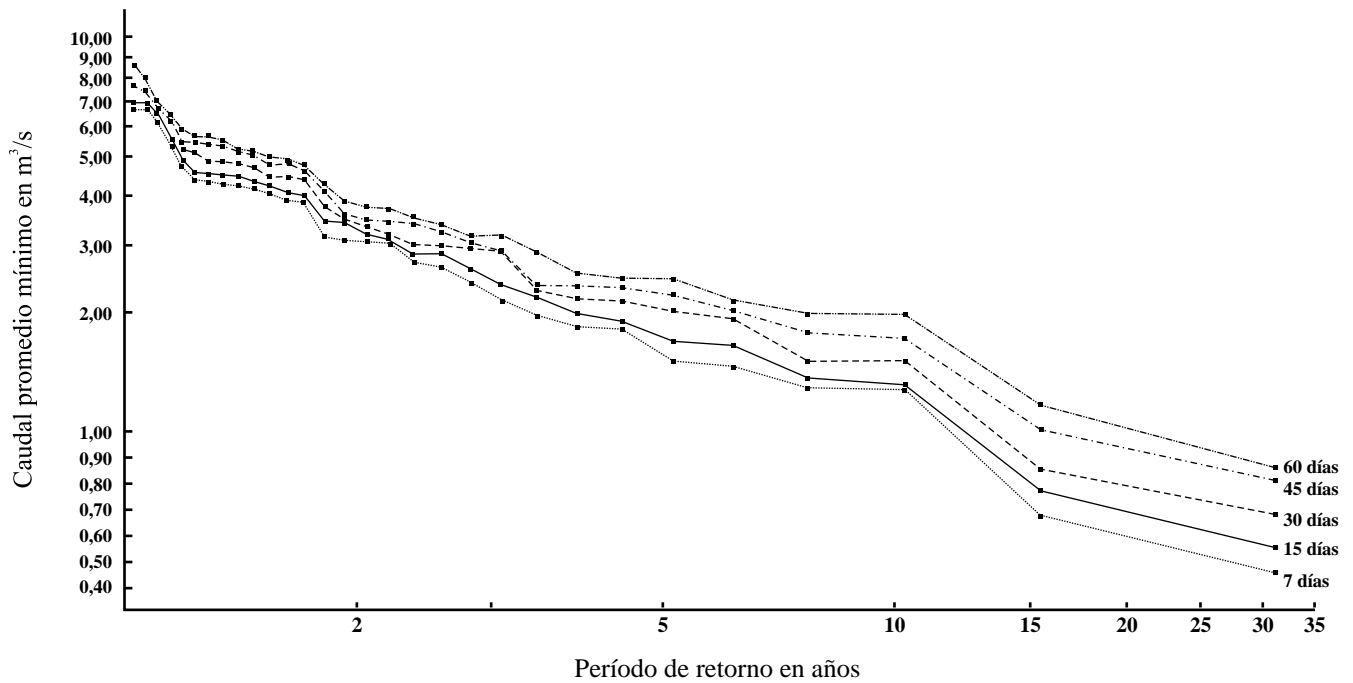
n<sub>d</sub>: número de períodos secos, adimensional

d: duración del periodo seco, días

R<sup>2</sup>: varianza total explicada por el modelo

Se: desviación estándar de los residuales

La Figura 4 muestra la manera como se distribuyó el caudal promedio mínimo del río Tirgua en función de la duración (7, 15, 30, 45 y 60 días) y el periodo de retorno. Se observa que la ocurrencia de pequeños caudales (menores a 1 m<sup>3</sup>/s) durante varios días consecutivos (7, 15 y 30 días) posee períodos de retornos que oscilan entre 15 y 30 años.



**Figura 4.** Curvas de frecuencia-duración de los caudales promedio mínimos del río Tirgua en la estación hidrométrica Paso Viboral.

De la Figura 4, se infiere que la disminución del caudal en el referido río es inherente a la dinámica de su régimen hidrológico y presumiblemente, sigue un patrón cíclico. Ajustando el caudal promedio mínimo, la duración y el período de retorno (ver Cuadro 3), a la Ecuación (4), se generó el siguiente modelo:

$$Q_{\min} = 5,053 \frac{D^{0,105}}{T_r^{0,925}} \quad (6)$$

$$R^2 = 91,5 \% ; Se = 0,59$$

donde:

$Q_{\min}$ : caudal promedio mínimo del río en la estación hidrométrica Paso Viboral, m<sup>3</sup>/s

$T_r$ : período de retorno del evento, años

$D$ : duración del evento, días

$R^2$ : varianza total explicada por el modelo

$Se$ : desviación estándar de los residuales

**Cuadro 3. Promedios cabalgantes del gasto promedio mínimo del río Tirgua en la estación Paso Viboral para duraciones de 7, 15, 30, 45 y 60 días.**

Año de Registro	D = 7 días m <sup>3</sup> /s	D = 15 días m <sup>3</sup> /s	D = 30 días m <sup>3</sup> /s	D = 45 días m <sup>3</sup> /s	D = 60 días m <sup>3</sup> /s
1963	3,08	3,18	3,31	3,51	3,71
1964	4,03	4,20	4,83	5,19	5,20
1965	2,73	2,81	2,94	3,02	3,13
1966	4,33	4,60	4,87	5,06	5,16
1967	4,72	4,86	5,25	5,47	5,65
1968	3,13	3,39	3,42	3,57	3,86
1969	3,07	3,44	3,74	4,04	4,23
1970	4,17	4,52	5,11	5,41	5,54
1971	4,22	4,32	4,86	5,43	5,85
1972	3,90	4,06	4,47	4,75	4,97
1973	2,38	2,59	3,00	3,38	3,48
1974	1,97	2,18	2,31	2,37	2,54
1975	1,83	1,92	2,17	2,33	2,47
1976	1,46	1,70	1,96	2,04	2,15
1977	1,28	1,38	1,52	1,73	2,00
1978	3,03	3,06	3,15	3,25	3,36
1979	4,35	4,47	4,48	4,60	4,79
1980	4,29	4,48	4,66	4,77	4,93
1981	3,81	4,01	4,43	5,33	5,56
1982	6,66	6,79	6,94	7,40	8,40
1983	6,17	6,38	6,54	6,67	6,91
1984	6,62	6,79	6,89	7,44	7,89
1985	2,15	2,35	2,91	2,87	3,14
1986	1,52	1,66	2,02	2,23	2,46
1987	2,61	2,81	2,97	3,40	3,65
1988	0,44	0,51	0,62	0,76	0,81
1989	1,30	1,33	1,52	1,79	1,99
1990	0,62	0,71	0,81	1,01	1,17
1991	5,42	5,57	6,11	6,27	6,36
1992	1,85	1,98	2,16	2,36	2,84
1993	8,14	8,57	9,89	10,14	10,20

### CONCLUSIONES

- 1.- El río Tirgua posee un caudal medio de 13,0 m<sup>3</sup>/s, con una desviación estándar de 11,7 m<sup>3</sup>/s, oscilando regularmente entre 2,5 y 7,5 m<sup>3</sup>/s.
- 2.- El río Tirgua muestra una tendencia a presentar sequías de 7 y 30 días de duración cada 15 a 30 años. Entendiéndose por día seco, aquel cuyo gasto promedio mínimo sea igual o inferior a 1,766 m<sup>3</sup>/s.
- 3.- Para estimar el caudal promedio mínimo del río Tirgua en función de su duración y el período de

retorno se puede usar el modelo (5).

4.- Para estimar el número de períodos secos en función de su duración “d” se puede usar el modelo (6).

Se sugiere utilizar los modelos referidos sólo para estudios preliminares y de planificación, y en la medida que se disponga de mayor información, se recomienda actualizar los modelos presentados.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrillo, J. 1999. Agroclimatología. Editorial Innovación Tecnológica. CDCH Universidad Central de Venezuela. pp. 213-246.
- Dumith, D., Homes, P., Molina, G. y Peña, R. 1999. Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río San Carlos. Documento de la Empresa Regional Desarrollos Hidráulicos Cojedes. Cojedes
- Guevara, E. 1992. Métodos hidrológicos para el análisis de sequías. Ingeniería UC, 1(1), pp. 25-34.
- Guevara, E. 2004. Modelación de los caudales mínimo en la cuenca del río Caroní. Proyecto de investigación subvencionado por el CDCH de la Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- Guevara, E. y Cartaya, H. 2004. Hidrología ambiental. CDCH-UC. pp 243-245
- Kiely, G. 1999. Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión (José Miguel Veza Trad.) Islas Gran Canaria, España: Mc Graw Hill. p. 279.
- Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos (Lic. Jaime Delgado Saldivar Trad.) México: Grupo Editorial Iberoamericana. pp. 429-462.
- Ojeda, R. y Espinoza, J. 1985. Análisis de los caudales mínimos en la región sur de Venezuela. Trabajo de grado de Ingeniería Civil no publicado, Universidad de Carabobo, Valencia. pp. 22-37.
- Rondón, G. 1988. Determinación de caudales derivables en épocas de estiajes en el río San Carlos Sitio Paso Viboral. Documento del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables; Zona 8. Cojedes
- Vide, J. 2000. *Ingeniería Fluvial*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia. pp. 77-138.