

UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación

MODELACION DE CAUDALES RECESIVOS PARA LA
CUENCA DEL RIO PURAPEL, ESTACION NIRIVILO.

JORGE ALEJANDRO CARO DUMAS

Memoria para optar al título de INGENIERO FORESTAL.

Profesor Guía: ROBERTO PIZARRO TAPIA.

Profesor Patrocinante: MEDARDO AGUIRRE GONZALEZ.

TALCA - CHILE
2001

**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

El alumno Sr. Jorge Alejandro Caro Dumas, ha realizado la Memoria: "Modelación de Caudales Recesivos para la Cuenca del Río Purapel, Estación Nirivilo", como uno de los requisitos para optar el título de Ingeniero Forestal. El profesor guía es el Sr. Roberto Pizarro Tapia y el profesor patrocinante es el Sr. Medardo Aguirre González.

La comisión de calificación, constituida por los Sres. Roberto Pizarro Tapia y Mauricio Ponce Donoso evaluó la memoria con una nota de 6,9 (seis coma nueve).

**MAURICIO PONCE DONOSO
DIRECTOR
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos van dirigidos a todas aquellas personas e institución que colaboraron para el desarrollo del presente estudio, en especial:

A don Roberto Pizarro Tapia, por sus consejos y su gran paciencia durante el período de realización del estudio.

A don Medardo Aguirre González, por la entrega sus conocimientos estadísticos.

A la Dirección General de Aguas, VII Región (D.G.A.), quienes aportaron la información necesaria para la elaboración del estudio.

A mis amigos, en especial a Marce y Claudio, por demostrarme que la amistad con el pasar del tiempo no termina, por el contrario crece.

Finalmente, quiero agradecer a mis padres y hermanos quienes entregaron lo mejor de sí para brindarme la oportunidad de acceder y terminar un largo camino a una de las cosas más importante en la vida, la educación.

A todos muchas

GRACIAS

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad la estimación de los caudales recesivos provenientes de aguas subterráneas y la capacidad de almacenamiento de la cuenca del río Purapel, VII Región, Chile. La información de los hidrogramas respectivos, fue aportada por la Dirección General de Aguas y corresponde a la estación Nirivilo, en Nirivilo.

Para cumplir lo anterior se ajustó y evaluó el modelo $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$, siendo necesaria la aplicación de dos modelos más que correspondieron a $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$ y $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$, debido a que el primero no satisfizo en sus resultados. Los ajustes consistieron en la determinación de los coeficientes de agotamiento (a partir de 10, 15, 20 y 25 horas), el caudal recesivo inicial Q_0 y el parámetro n . La evaluación se realizó a partir de las predicciones hechas por los modelos y los valores modelados se contrastaron con los reales, utilizando para ello el coeficiente de determinación, la prueba U de Mann-Whitney, la prueba de Chi-cuadrado y el error estándar de estimación.

Los ajustes alcanzados, no fueron del todo satisfactorios, para los tres modelos analizados. No obstante, cuando se empleó el total de los datos de la curva recesiva para la estimación del coeficiente de agotamiento, y el modelo $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$, los ajustes fueron de buena calidad. Aunque ello no permite la predicción de caudales recesivos, sí permite la estimación de los volúmenes almacenados. Asimismo, este modelo podría constituir una herramienta de ayuda para la estimación de caudales recesivos, dado que entrega valores aproximados del caudal que a futuro se puede presentar, aunque ello debe ser utilizado con cautela.

Finalmente, se recomienda repetir el estudio en áreas similares, pero con caudales de mayor magnitud, dado que la cuenca del río Purapel presenta caudales bajos que lo hacen muy sensible a altas variaciones de una tormenta y por consiguiente a la posibilidad de ajuste de modelos predictores del gasto recesivo.

SUMMARY

The present study has as purpose the estimate of the recessive caudals originating from underground waters and the capacity of storage of the basin of the Purapel river, VII Region, Chile. The information of the respective hydrographs, it was contributed by the General Address of Waters and it corresponds to the station Nirivilo in Nirivilo.

To fulfil the foregoing it was adjusted and evaluated the model $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$, being necessary the application of two models more than they corresponded to $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha t^n}$ and $Q(t) = Q_0 (1 + t_0 * t)^{-2}$, because the first one did not satisfy in their results. The adjustments consisted of the determination of the coefficients exhaustion (starting from 10, 15, 20 and 25 hours), the initial recessive caudal Q_0 and the parameter n . The evaluation was carried out starting from the predictions made by the models and the modeling values were contrasted with the real ones, using for it the coefficient of determination, the test U of Mann-Whitney, the test of Chi-squared and the standard error of estimate.

The reached adjustments, they were not of the all satisfactory, for the three analyzed models. Nevertheless, when it was employed the total of the data of the recessive curve was used for the estimate of the coefficient exhaustion, and the model $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$, the adjustments were of good quality. Although it does not allow it the prediction of recessive caudals, if it allows the estimate of the volumes of having stored. Also, this model could constitute a tool of help for the estimate of the recessive caudals, since it gives approximate values of the caudal that to future you can present, although this should be used it with caution.

Finally, it is recommended to repeat the study in similar areas, but with caudals of more magnitude, since the basin of the Purapel river presents low caudals that make it very sensitive to high variations of a storm and consequently to the possibility of adjustment predict models of the recessive expense.

INDICE

1.-	INTRODUCCION.	1
2.-	OBJETIVOS.	3
	2.1.- Objetivo General.	3
	2.2.- Objetivos Específicos.	3
3.-	REVISION BIBLIOGRAFICA	4
	3.1.- Antecedentes general de la cuenca	4
	3.2.- Hidrograma de crecida.	6
	3.3.- Forma de un hidrograma de crecida	8
	3.4.- Curva de agotamiento del hidrograma.	9
	3.5.- Inicio de la curva recesiva o agotamiento	13
	3.6.- Capacidad de almacenamiento de una cuenca.	13
	3.7.- Modelos matemáticos de curva de agotamiento.	14
	3.8.- Modelos determinísticos.	15
	3.9.- Problemas que se presentan en la recopilación de información.	16
4.-	METODOLOGIA.	18
	4.1.- Etapas de la metodología.	18
	4.1.1.- Información requerida.	18
	4.1.2.- Selección de las crecidas a medir.	18
	4.1.3.- Obtención de los caudales a partir de los limnigramas.	18
	4.1.4.- Selección de las crecidas a analizar.	19
	4.1.5.- Obtención del Q_0	19
	4.1.6.- Obtención del coeficiente de agotamiento (α).	20
	4.1.7.- Almacenamiento de la cuenca.	21
	4.1.8.- Pruebas estadístico.	21
	4.1.9.-Etapas complementarias.	26
	4.1.10.- Comparación con otros modelos.	27
	4.1.11.- Método complementario: Uso del total de los datos seleccionados para la determinación de α	29

4.1.12.-	Discusión, conclusiones y recomendaciones.	.....	30
4.2.-	Materiales.	.....	30
5.-	RESULTADOS.	.....	31
5.1.-	Selección de las crecidas.	.....	31
5.2.-	Valores de los parámetros de los modelos.	.....	31
5.3.-	Análisis estadístico.	.....	35
5.3.1.-	Coefficiente de determinación (R^2).	.....	35
5.3.2.-	Error estándar de estimación.	.....	39
5.3.3.-	Tests estadísticos aplicados.	.....	41
5.3.4.-	Capacidad de almacenamiento de la cuenca.	.....	58
6.-	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	.....	61
6.1.-	Recopilación de la información.	.....	61
6.2.-	Análisis de las crecidas seleccionadas.	.....	61
6.3.-	Análisis del modelo exponencial 1.	.....	62
6.3.1.-	Coefficiente de agotamiento (α).	.....	62
6.3.2.-	Coefficiente de determinación (R^2).	.....	64
6.3.3.-	Error estándar de estimación.	.....	65
6.3.4.-	Prueba U de Mann-Whitney.	.....	65
6.3.5.-	Prueba Chi-cuadrado.	.....	66
6.3.6.-	Capacidad de almacenamiento.	.....	66
6.3.7.-	Método utilizando el total de los datos seleccionados.	.....	67
6.4.-	Análisis del modelo exponencial 2.	.....	68
6.4.1.-	Coefficiente de agotamiento (α).	.....	68
6.4.2.-	Coefficiente “ n “ del modelo.	.....	69
6.4.3.-	Coefficiente de determinación (R^2).	.....	70
6.4.4.-	Error estándar de estimación.	.....	71
6.4.5.-	Prueba U de Mann-Whitney.	.....	71
6.4.6.-	Prueba Chi-cuadrado.	.....	72
6.4.7.-	Capacidad de almacenamiento.	.....	72

6.4.8.- Método utilizando el total de los datos seleccionados.	72
6.5.- Análisis del modelo potencial.	73
6.5.1.- Coeficiente de agotamiento (α).	74
6.5.2.- Coeficiente de determinación (R^2).	75
6.5.3.- Error estándar de estimación.	76
6.5.4.- Prueba U de Mann-Whitney.	76
6.5.5.- Prueba Chi-cuadrado.	77
6.5.6.- Capacidad de almacenamiento.	77
6.5.7.- Método utilizando el total de los datos seleccionados.	78
6.6.- Comparación de los modelos.	78
6.7.- Análisis global.	79
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	81
7.1.- Conclusiones.	81
7.2.- Recomendaciones.	83
8.- BIBLIOGRAFIA.	84

APENDICE.

Tablas de los caudales observados y estimados de acuerdo al modelo exponencial 1, con su respectivo gráfico.

ANEXO.

Tablas de la tabulación de la curva de descarga del río Purapel.

1.- INTRODUCCION.

La evaluación de los recursos naturales, y en especial el recurso hídrico, es una herramienta indispensable para interpretar los procesos dinámicos que modifican el ambiente y para ordenar sus usos, hecho que según Figueroa *et al* (1999), ha provocado en Chile una fuerte estimulación a la investigación, durante los últimos años.

La estimación de la disponibilidad de agua es un elemento que en los tiempos actuales ha adquirido una gran relevancia, debido a que el desarrollo de las ciudades, el aumento de la población y las mayores necesidades del consumo humano, han convertido a los recursos hídricos en un bien cada vez más escaso y limitado, lo que por tanto exige no tan sólo tener la posibilidad de disponer de este preciado recurso, sino que también de conocer y caracterizar su comportamiento.

En este marco, el hidrograma es una herramienta que muestra el comportamiento de los caudales con respecto al tiempo. Está compuesto por una curva de concentración, una curva de descenso y una curva recesiva; esta última es producida teóricamente por aguas subterráneas. La curva recesiva representa la disminución del agua almacenada en los acuíferos y sigue una ley exponencial, y además es de gran importancia en los períodos de estiaje, ya que permite calcular la disponibilidad de agua en los períodos secos.

Por otra parte, los modelos matemáticos para estimar los caudales recesivos constituyen una forma para resolver los problemas hídricos teóricos y, además, son los que tienen un mayor sentido físico e hidrológico (Estrela, 1992). Así, a través de la modelación, es posible determinar los volúmenes que salen de una cuenca, así como también la capacidad de almacenamiento de la misma.

De acuerdo con lo anterior, el presente estudio pretende analizar el comportamiento de los caudales recesivos en la cuenca del Río Purapel, estación Nirivilo, VII Región de Chile, utilizando para ello un modelo exponencial negativo.

2.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo General.

- ❖ Aumentar el conocimiento en el uso de modelos matemáticos recesivos, para la predicción de los recursos hídricos en períodos estivales, en la cuenca del río Purapel.

2.2.- Objetivos Específicos.

- ❖ Analizar el nivel de validación, del modelo matemático $Q = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$, para curvas recesivas, en la Estación Río Purapel en Nirivilo, en la Cuenca del Maule, para distintos períodos.
- ❖ Determinar la capacidad de almacenamiento de la cuenca del río Purapel, para las diversas crecidas en estudio.

3.- REVISION BIBLIOGRAFICA.

3.1.- Antecedentes generales de la cuenca.

El lugar de estudio se ubicó en la cuenca Purapel, la que se encuentra al interior de la cuenca del Maule, en el sector de Nirivilo, cuyo punto de desagüe está en las coordenadas, latitud $35^{\circ} 33'$, longitud $72^{\circ}05'$, estación Nirivilo. En este punto se encuentra una instalación limnigráfica que registra las variaciones fluviométricas del río Purapel.

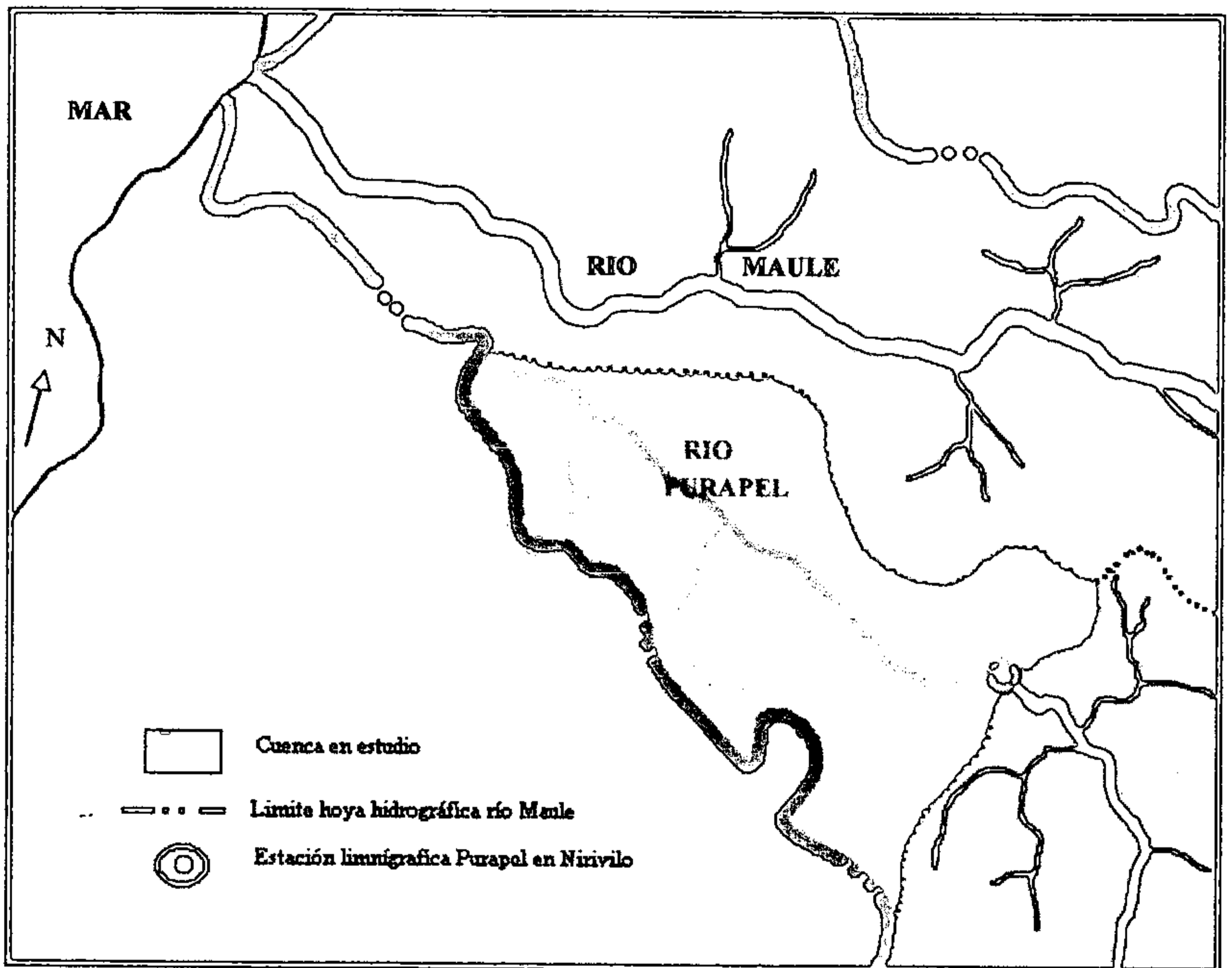
La principal característica por la que fue elegida esta cuenca, como objeto de estudio, fue que el total de sus aportaciones se explican por aportes pluviales, situación difícil de encontrar, por presentar en Chile, la mayoría de las cuencas, un régimen pluvio-nival.

Por otra parte, la cuenca se encuentra en la cordillera de la costa, posee una superficie de 259 Km^2 , su régimen térmico presenta temperaturas que varían entre una máxima promedio de $28,5^{\circ}\text{C}$ y una mínima promedio de $5,4^{\circ}\text{C}$; la primera se registra en Enero y, la segunda en Julio. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 780 mm y un déficit hídrico de 884 mm . (Santibañez *et al*, 1993).

Desde el punto de vista climático, la cuenca presenta una prolongada estación seca, período que se extiende por 8 meses, aproximadamente. Por otra parte, las precipitaciones se concentran entre los meses de Mayo a Septiembre, situación que limita esta zona a una agricultura de secano.

La hoya del río Purapel, presenta en la superficie una granulometría, en general, media y fina. Además, como consecuencia de la presencia de roca impermeable muy cerca de la superficie, en los sectores inferiores del valle y aflorando en las lomas existentes, es posible que se encuentren acuíferos compuestos de arena y grava entre los flancos del valle

y los umbrales rocosos. Producto de estas características, la cuenca presenta una permeabilidad que va de muy baja a ausente, provocando que las aguas subterráneas sean muy bajas a ausentes (MOP y DGA, 1986).



Fuente: Elaboración propia, a partir de información proporcionada por DGA.

Figura N°1: Cuenca en estudio.

3.2.- Hidrograma de crecida.

Según Vilaró (1976) ” se denomina hidrograma en el sentido más amplio, a cualquier gráfico que relaciona alguna propiedad del flujo de agua de un cauce, tal como caudal o velocidad, con el tiempo. En un sentido más estricto, se entiende por hidrograma el gráfico que muestra la variación del caudal de un cauce, en el tiempo”.

Rodríguez (1974), señala que una parte de las precipitaciones totales caídas sobre una cuenca no llega nunca al río, ya que a través del tiempo ésta se pierde en diferentes fenómenos naturales como la transpiración de las plantas, la evaporación a partir de la humedad del suelo, lagos, embalses, etc. Además, otra parte se infiltra para pasar a incrementar la napa de agua subterránea, que llegará al río en forma retardada en diferentes puntos de su cauce, pasando a formar parte del caudal del río durante el período de estiaje o varios días, semanas o meses después de la lluvia.

En una cuenca el caudal que hay durante una crecida estará constituido por los escurrimientos superficial, subsuperficial y subterráneo (Llamas, 1976), y cada uno corresponde a lo siguiente:

- Escurrimiento superficial: corresponde al volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar algún cauce. En general el tiempo en que fluye el agua sobre la superficie, es breve.

- Escurrimiento subsuperficial: es una porción del agua que se infiltra a través de la superficie de la tierra, puede moverse lentamente en las capas superiores del suelo hasta llegar al cauce de la corriente y su movimiento es más lento que la escorrentía superficial. La fracción total de la escorrentía que se presenta como flujo subsuperficial, depende de la geología del lugar.

- Escurrimiento subterráneo: constituye la parte de las precipitaciones que se infiltra hasta llegar al nivel frático y eventualmente llega a los ríos como un flujo subterráneo, siendo la velocidad de escurrimiento muy pequeña (Linsley Kohler y Paulus, 1977); (Rodríguez, 1976).

Para Rodríguez (1976), hacer la distinción entre tres tipos de escurrimiento es ciertamente difícil, ya que no se pueden determinar en forma exacta los límites de cada uno de ellos, e incluso puede suceder que el agua comience como escurrimiento superficial, se infiltre y fluya en el subsuelo, para llegar al cauce escurriendo en forma superficial nuevamente.

Para efectos prácticos, muchos autores como Pizarro y Novoa (1986) y Cirugeda (1985), citados por Guzmán (1994), acostumbran a dividir el caudal total en dos partes: escurrimiento superficial y escurrimiento subterráneo. El superficial está constituido por los aportes superficiales y subsuperficiales, mientras el subterráneo está constituido por el aporte de las napas subterráneas.

Para el Ministerio de Medio Ambiente de España (1998), conceptualmente se puede decir que el inicio de la esorrentía superficial, viene representado en el hidrograma por el punto de la rama ascendente donde se produce un cambio brusco de pendiente. Por el mismo razonamiento, se deduce que la finalización de la esorrentía superficial, se producirá en aquel punto de la curva de descenso donde la pendiente cambia, de igual forma y bruscamente, en el segundo punto de inflexión.

Todd (1980), menciona una alternativa para poder separar el caudal total, en escurrimiento superficial y aguas subterráneas durante el período de una tormenta. Ello puede ser logrado mediante la medición de concentraciones químicas del agua.

Llamas (1976), asevera que en las cuencas hidrográficas de extensión reducida o moderada, por lo general toda la esorrentía superficial alcanza los cursos de agua y sale de

la cuenca a los pocos días de producirse una lluvia o tormenta. Durante el resto del tiempo, si los ríos llevan agua, se debe a la escorrentía subterránea o la escorrentía superficial diferida (lagos, embalses).

3.3.- Forma de un hidrograma de crecida.

Para tener una noción de la forma de un hidrograma en relación con la cuenca que lo provoca, es necesario conocer los factores que influyen en ello. Según Wisler-Brater, citado por Vilaró (1976), se consideran los siguientes:

- Entre los factores climáticos están el tipo de precipitación, la intensidad y duración de la lluvia, distribución de la precipitación en la cuenca, etc.

- Entre los factores fisiográficos están el uso del suelo, el tipo de suelo, la superficie, la forma, la altitud, la pendiente, el tipo y red de drenaje, etc.

Llamas (1976), señala que las cuencas con suelos permeables y con acuíferos importantes que tengan igualdad de aportación anual y con un régimen de precipitaciones, temperaturas y vegetación similares, presentarán una distribución de caudales uniformes. Lo contrario sucede en aquellas cuencas en las que predominen los suelos poco permeables, y las formaciones geológicas acuíferas sean poco extensas. El hidrograma de estas últimas cuencas presentará un aspecto irregular, de forma de dientes de sierra, ya que los caudales del río responderán de modo mucho más inmediato a las precipitaciones.

Pizarro en 1993, afirma que todo hidrograma de crecida está compuesto por:

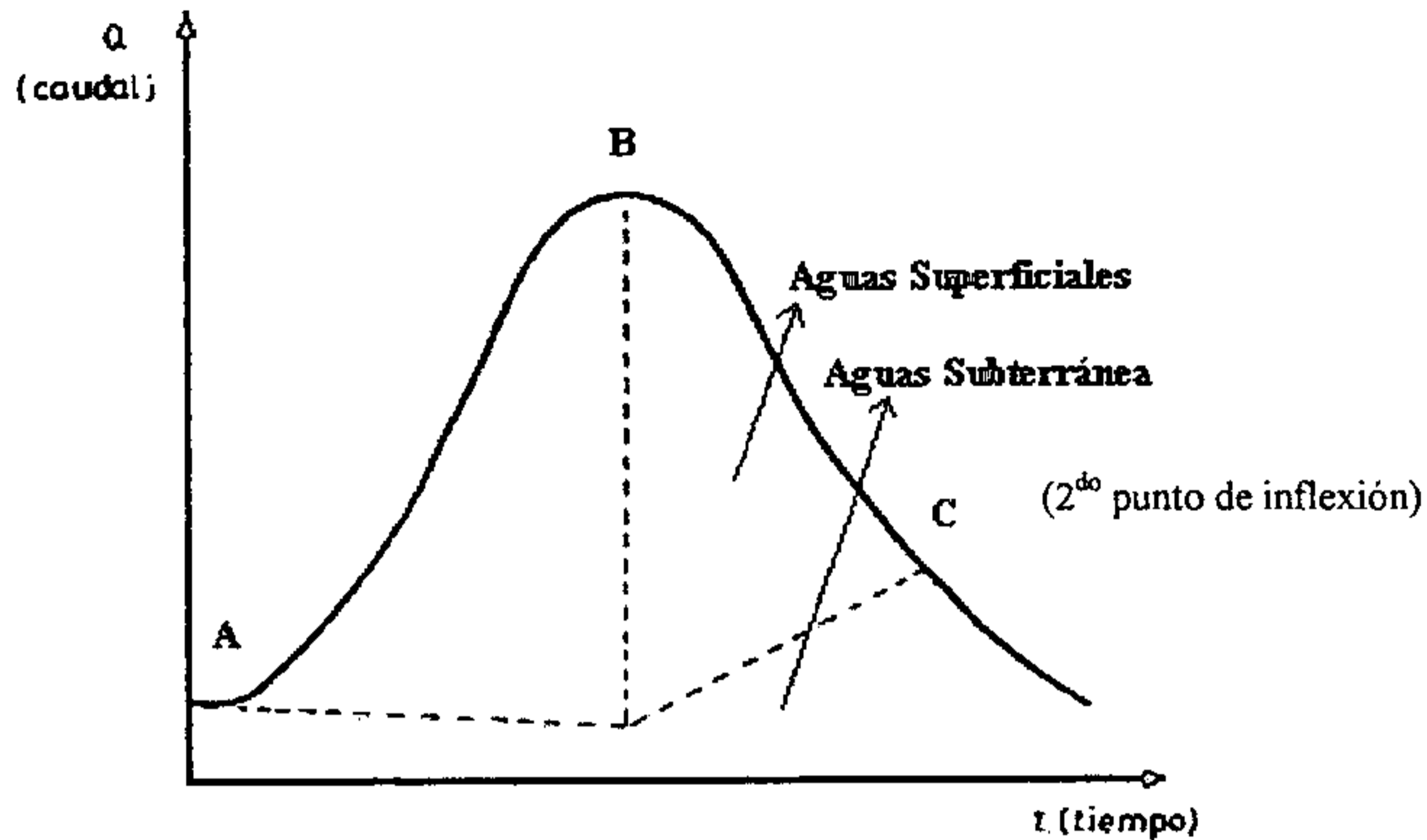


Figura N°2: Hidrograma.

- * Curva de crecida: corresponde a la parte del hidrograma comprendida entre los puntos A y B, en se que inicia la crecida y se alcanza el caudal punta.
- * Curva de bajada : corresponde al tramo de descenso comprendido entre los puntos B y C, es decir, el caudal punta y el fin de la afluencia de aguas superficiales.
- * Curva recesiva o de agotamiento: el tramo se genera a partir del punto C y, corresponde a aguas que proceden teóricamente de alimentación subterránea, en forma exclusiva.

3.4.- Curva de agotamiento del hidrograma.

Vilaró (1976), plantea que pasada la punta del hidrograma, se inicia la curva de descenso o bajada, que al principio se debe al aporte conjunto de las tres escorrentías antes mencionadas. Pasado un cierto tiempo se anulan primero la escorrentía superficial y después la subsuperficial, quedando el caudal reducido a los aportes recibidos de la escorrentía subterránea. Entonces recibe el nombre de curva de agotamiento o curva

recesiva. Dicha curva representa la disminución del agua almacenada en los acuíferos y sigue una ley exponencial.

Todd (1980), comenta que una recesión en la curva del agua subterránea muestra la variación del caudal mínimo o base en períodos de tiempo en los cuales la caída de lluvia en la cuenca del río es muy pequeña. Además, señala que si los acuíferos son grandes y altamente permeables, el caudal base se mantiene aún durante períodos de sequías prolongadas, pero si el acuífero es pequeño y de baja permeabilidad, el caudal base disminuye relativamente rápido e incluso puede cesar. Si se conoce la forma de una curva de recesión, se puede calcular el flujo de corrientes durante períodos de sequía.

Cirujeda cita a Serra (1985), donde expone un modelo matemático para la estimación de esta curva recesiva o de agotamiento, que drena una cuenca, donde este modelo posee la característica que el caudal varía con respecto al tiempo. En este marco, se puede definir teóricamente un modelo matemático, asimilando el vaciado de un acuífero, a un recipiente lleno de material poroso, el cual vierte por un orificio un caudal Q con una carga variable h al instante inicial t_0 , con un caudal Q_0 . En el intervalo de tiempo dt , se desagua un volumen $dV = - Q dt$ y la pérdida de carga dh correspondiente es:

$$Q dt = - S dh$$

Donde S es la superficie del recipiente considerado. Según Cirujeda, admitiendo que se cumple la ley de Poiseuille, $Q = C h$, se tiene

$$Q dt = C h dt = - S dh$$

Integrando queda

$$t = - S/C (\ln h) + K$$

donde K es la constante de integración. Evaluando entre t y t_0 , queda:

$$- S/C (\ln Q/C) + K - t = -t_0 - S/C (\ln Q_0/C) + K$$

$$t - t_0 = - S/C (\ln Q/Q_0)$$

$$Q = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$$

siendo $\alpha = C/S$ una constante de la cuenca, conocida como coeficiente de agotamiento.

Q = caudal en el tiempo t ($m^3/seg.$).

Q_0 = caudal en el tiempo t_0 ($m^3/seg.$).

α = coeficiente de agotamiento.

t = tiempo

t_0 = tiempo inicial.

Para Llamas (1976), pueden existir algunos factores que contribuyen a que la curva de agotamiento de la escorrentía subterránea no siga la ley exponencial. Citando a Riggs (1964), éste hace notar que las curvas de agotamiento del flujo básico correspondientes al verano, suelen tener más pendientes que las correspondientes al invierno, debido a la evapotranspiración. Por tanto, considera que el flujo básico correspondiente a los inviernos, corresponde con más exactitud a la descarga del agua de los embalses subterráneos, que el correspondiente a los períodos estivales.

Además, Llamas (1976) señala que la forma de la curva de agotamiento depende, en parte, de las características de los embalses subterráneos de la cuenca. En igualdad de régimen climático, puede considerarse que cuanto más horizontal sea dicha curva, mayor importancia tiene el efecto regulador de los embalses subterráneos y superficiales de la cuenca. Si no existen lagos o embalses de superficie, puede atribuirse este efecto regulador, exclusivamente a los acuíferos.

Acerca de las aguas subterráneas y su importancia, Newson (1997) señala que:

- el agua subterránea constituye, para determinadas zonas del planeta, una de las mayores fuentes de suministro de agua, especialmente en áreas rurales con regímenes semiáridos.
- su existencia y magnitud puede determinar la ejecución de ciertos proyectos de infraestructura.
- su presencia es un factor condicionante de la ingeniería, construcción y disposición que se haga de desperdicios, por la contaminación a la que puede verse expuesta.

López (1995) en las jornadas del Libro Blanco, señala que en las zonas de descarga natural de las aguas subterráneas, éstas tienen un importante valor ecológico, ya que permiten de manera insustituible el mantenimiento del ecosistema; por tal motivo, si este recurso es aprovechado económicamente, debe realizarse con sumo cuidado.

Por otra parte Sánchez (1995) en las mismas jornadas, menciona que una explotación significativa del recurso subterráneo, conllevará una alteración en las descargas naturales del acuífero, a lo largo del tiempo, y por ende, producirá una modificación en las aguas superficiales, pero esto dependerá en gran medida de las características del acuífero, como del nivel de explotación que se haga.

Llamas (1976), cita a Wemelsfelder (1963), quien realizó un estudio de la escorrentía subterránea, basado casi exclusivamente en el análisis de los caudales mensuales a lo largo de 62 años. Siguiendo un procedimiento que se basa esencialmente en suponer que la curva de agotamiento de la escorrentía subterránea sigue la ley exponencial, llega a la conclusión de que el 57% de la escorrentía media, es de origen subterráneo.

En España hasta principios de siglo, en que apenas existían embalses, era el régimen de estas descargas subterráneas el que determinaba la parte principal de la regulación fluvial (del orden del 8 % del total de los caudales circulantes), haciendo posible, mediante tomas en los ríos, el establecimiento de los riegos tradicionales del país (Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Transporte y Medio Ambiente de España, 1995).

Raghunath (1987), señala que el uso creciente de aguas subterráneas ya sea para agricultura, necesidades industriales o bien para consumo humano, ha llevado a que las extracciones anuales de este recurso superen el promedio de recarga desde fuentes naturales, lo que conlleva a que el nivel de almacenaje decline. Tal situación produce que en zonas costeras el agua de mar avance hacia los lugares de almacenaje natural, ocasionando un desequilibrio en los contenidos de sal en las aguas subterráneas.

3.5.- Inicio de la curva recesiva o agotamiento (Q_0).

Como señala Pizarro en 1993, el inicio de la curva recesiva, se encuentra en la curva de bajada del hidrograma, punto D de las figuras. Ésta se determina teóricamente, al graficar el $\log Q$ (caudal) v/s t (tiempo) de la curva de bajada (figura 3b), indicando el inicio de la curva recesiva, el segundo punto de inflexión de la curva.

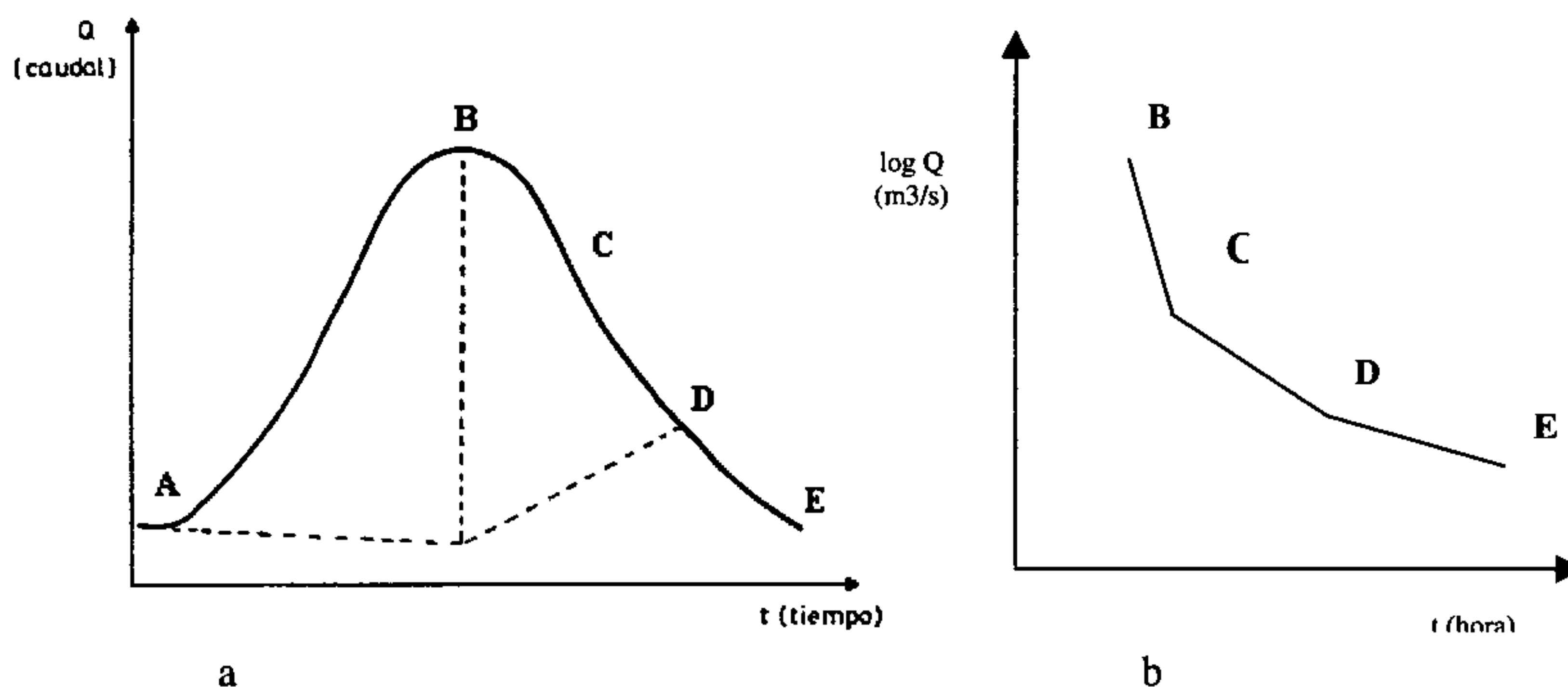


Figura N°3: Determinación del inicio de la curva recesiva.

La determinación de este punto (D), que corresponde al segundo punto de inflexión de la curva, además de indicar el inicio de la curva recesiva, marca el inicio de la generación de caudales recesivos que provienen de aguas subterráneas. Asimismo, a medida que transcurre el tiempo, los caudales van disminuyendo. Además, el valor del punto D en la abscisa, es el valor del parámetro Q_0 del modelo exponencial de este estudio.

3.6.- Capacidad de almacenamiento de una cuenca.

Si se cumple que $Q = Q_0 e^{-\alpha (t - t_0)}$ y se conoce Q_0 y el valor de α , se puede determinar el volumen de agua subterránea almacenado en el momento t_t , por encima del nivel de drenaje, a través de la expresión,

$$V = \int_0^{\infty} Q dt = \int_0^{\infty} Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)} dt = Q_0/\alpha$$

donde V es conocido como la capacidad de almacenamiento de la cuenca (Vilaró, 1976).

Además, Remenieras (1971) dice que es una estimación por defecto, ya que no considera la pérdida por evaporación.

Por otra parte, un acuífero es simultáneamente almacén de agua y vía de transporte de la misma y, las reservas del acuífero, están constituidas por el volumen de agua que almacena, determinado éste por el nivel de saturación del terreno. Unas lluvias intensas elevan la posición de este nivel, incrementan las reservas y se induce una intensificación del flujo subterráneo hacia el río o punto de drenaje (Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Transporte y Medio Ambiente de España, 1995).

Newson (1997), indica que el tipo de uso que se le de al suelo y su manejo, pueden influenciar el caudal de un río. Tal situación se puede observar al contrastar hidrogramas anuales en lo que respecta al rango medio del flujo de un río, pudiendo encontrarse cambios drásticos en los volúmenes.

Para Llamas (1976), el volumen de agua almacenado guarda una relación aproximadamente lineal con el nivel piezométrico de la zona saturada. Por tanto, es lógico que en muchas zonas se haya obtenido una correlación bastante clara de la escorrentía subterránea de un río, y algunos niveles piezométricos que se consideraron representativos del volumen del agua almacenada.

3.7.- Modelos matemáticos de curva de agotamiento.

Existe una gran variedad de fórmulas o tipos de modelos matemáticos para definir la curva de agotamiento que drena una cuenca, que depende en gran medida del tipo de cuenca que se esté modelando. Así por ejemplo, existen modelos potenciales y modelos

exponenciales, donde los primeros tienen la característica de ajustarse mejor en terrenos muy permeables. En cambio los modelos exponenciales, en general son más precisos en los terrenos poco permeables (Cirujeda, 1985). A continuación se presentan algunos modelos:

Modelo Potencial

$$Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$$

donde;

$Q(t)$ = caudal en el tiempo t ($m^3/seg.$).

Q_0 = caudal en el tiempo cero ($m^3/seg.$).

α = coeficiente de proporcionalidad.

t = tiempo (hr.)

Modelo Exponencial

$$Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$$

donde;

$Q(t)$ = caudal en el tiempo t ($m^3/seg.$).

Q_0 = caudal en el tiempo cero ($m^3/seg.$).

α = coeficiente de proporcionalidad.

t = tiempo (hr.).

n = coeficiente.

3.8.- Modelos determinísticos.

De acuerdo a lo planteado por Estrela (1992), en los modelos determinísticos sus variables vienen determinadas por leyes físicas (teóricas, conceptuales o empíricas) que son consideradas como exactas y tienen aplicación en la evaluación de recursos hídricos, como por ejemplo, completar y extender series de aportaciones en puntos aforados a partir de series meteorológicas más largas.

Para la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca, los modelos determinísticos de simulación continua son los más utilizados, existiendo dos tipos: los agregados y los distribuidos. Los modelos agregados tiene como característica considerar la cuenca en forma global, y por tal motivo utilizan unos pocos parámetros que globalizan el sistema, dando una idea de la variación del acuífero a través del tiempo, como consecuencia de acciones exteriores. Por otro lado, los modelos distribuidos, emplean las propiedades hidrodinámicas y además la distribución espacial del acuífero (Estrela, 1992).

Estrela (1988), afirma que como consecuencia de que los modelos agregados poseen una excesiva simplicidad, ésta trae consigo ventajas en cuanto a la rapidez de cálculo, pero presenta dificultades, por ejemplo al modelar acuíferos cársticos, que poseen en ocasiones múltiples lugares de descarga en el proceso de agotamiento del acuífero.

Los modelos determinísticos agregados de simulación continua, no deberían utilizarse en cuencas, generalmente de gran extensión, donde las variaciones y parámetros sean tales que no se puedan obtener valores areales representativos (Estrela, 1992).

3.9.- Problemas que se presentan en la recopilación de información.

Ruiz (1995), plantea que la información que se recopila del limnigrama puede presentar algunos errores o alteraciones, que se pueden deber a una serie de problemas, como por ejemplo el tipo de instrumento que se utiliza, ya que éstos producen errores que son propios de su funcionamiento, así como también de causas externas, y estas últimas se pueden apreciar fácilmente en los registros donde se muestran tales alteraciones (errores). Este tipo de alteraciones, con frecuencia se producen por obstrucciones en el tubo de aducción, como consecuencia del sedimento de fondo o de los materiales que arrastra el río. Es así, que en el momento que se limpia este tubo, este instrumento vuelve a dar una lectura en forma correcta, pero el problema que se presenta es el no saber en qué instante se produjo la obstrucción de dicho tubo, para así tratar de corregir los registros.

También en ocasiones, la medición presenta un salto vertical, en que luego de algún instante, esta medición vuelve a su estado normal. Este fenómeno se puede producir, por ejemplo, a la caída de algún objeto de gran tamaño cerca de la estación fluviométrica, donde la caída del mismo produce un aumento repentino del río, y por ende, una alteración en la medición (Ruiz, 1995).

Otro tipo de errores que se producen según Ruiz (1995), se derivan del proceso de fotocopiado de los limnigramas, así como también de la digitalización de los datos. Con respecto al primero, las máquinas que realizan este trabajo producen alteraciones en el fotocopiado; además, como consecuencia que los limnigramas son rollos de papel que tienen un registro de períodos de 3 meses, aproximadamente, se presentan dificultades en su fotocopiado, al igual que en la unión de estas fotocopias. Respecto al segundo tipo de errores, se pueden producir por la mala transcripción de los datos en el proceso de digitalización, debido a la gran cantidad de datos con que se cuenta.

4.- METODOLOGIA.

4.1.- Etapas de la metodología.

4.1.1.- Información requerida.

La información necesaria para un estudio de este tipo, fue obtenida de una estación control dependiente de una institución pública (Dirección General de Aguas). En este marco, la Dirección General de Aguas (DGA), VII Región, facilitó la información necesaria para el desarrollo de este estudio, correspondiente a limnigramas y curvas de descarga de la estación Nirivilo, VII Región, para el período comprendido entre los años 1990 – 1995.

4.1.2.- Selección de las crecidas a medir.

En esta etapa, se seleccionaron las crecidas que se utilizaron en este estudio, que fueron extraídas a partir de los limnigramas proporcionadas por la DGA, donde las crecidas seleccionadas estaban bien definidas, es decir, la curva de bajada de cada crecida presentó una continuidad y regularidad en cuanto al descenso de ésta, como se muestra por ejemplo en la figura 4.

4.1.3.- Obtención de los caudales a partir de los limnigramas.

En esta fase se obtuvieron las alturas de los caudales con respecto al tiempo, mediante los limnigramas de la estación en estudio. Mediante una regla se midieron las alturas para cada hora, donde cada cuadro correspondía a una hora, de la curva de bajada de cada crecida. Este procedimiento se siguió hasta el momento en que la curva se estabilizó, debido a que no existía variación significativa de la altura en el tiempo. Posteriormente, con las curvas de descarga facilitadas por la Dirección General de Aguas, que corresponden a tablas que indican el valor de un caudal a una altura específica (anexo), y las alturas de

caudales ya registradas, se determinaron los caudales en m^3/s de las crecidas, para diferentes tiempos (hidrograma). Para determinar estos caudales se debió interpolar en los datos que entregó la curva de descarga, ya que las alturas se encontraban dentro de los intervalos que poseen las tablas del anexo.

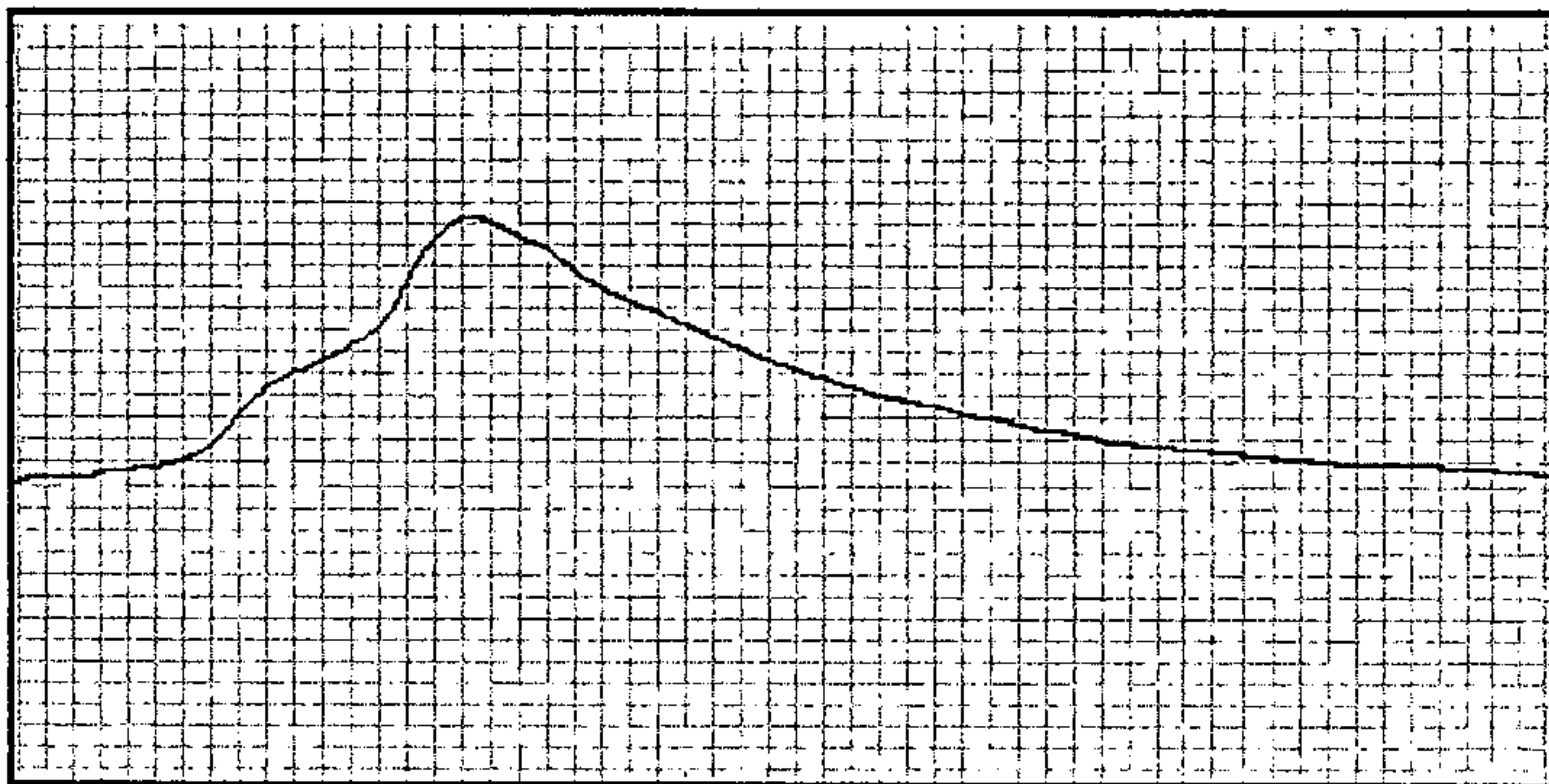


Figura N°4: Forma que tiene una crecida registrada por el limnógrafo, en donde el eje horizontal representa al tiempo y el eje vertical la altura de la crecida.

4.1.4.- Selección de las crecidas a analizar.

La selección de las crecidas fue de acuerdo al número de datos que estas poseían, que correspondieron a una recesión no inferior a 30 hr, con una separación horaria de 1 hora, es decir, se contó con un mínimo de 30 datos en cada crecida para su análisis. Las crecidas seleccionadas se encuentran en la tabla N°1 (pag. 32).

4.1.5.- Obtención del Q_0 .

El punto Q_0 se determinó de acuerdo a lo planteado en la revisión bibliográfica (punto 3.5), en la que a partir del gráfico de logaritmo del caudal de la curva de bajada respecto al tiempo (gráfica semilogarítmica), se obtuvo una línea recta con dos puntos de inflexión, donde el segundo punto corresponde al valor de Q_0 en m^3/s , a la hora t . El punto

Q_0 , determina el comienzo de la curva recesiva que es producida exclusivamente por las aguas subterráneas (Pizarro, 1993).

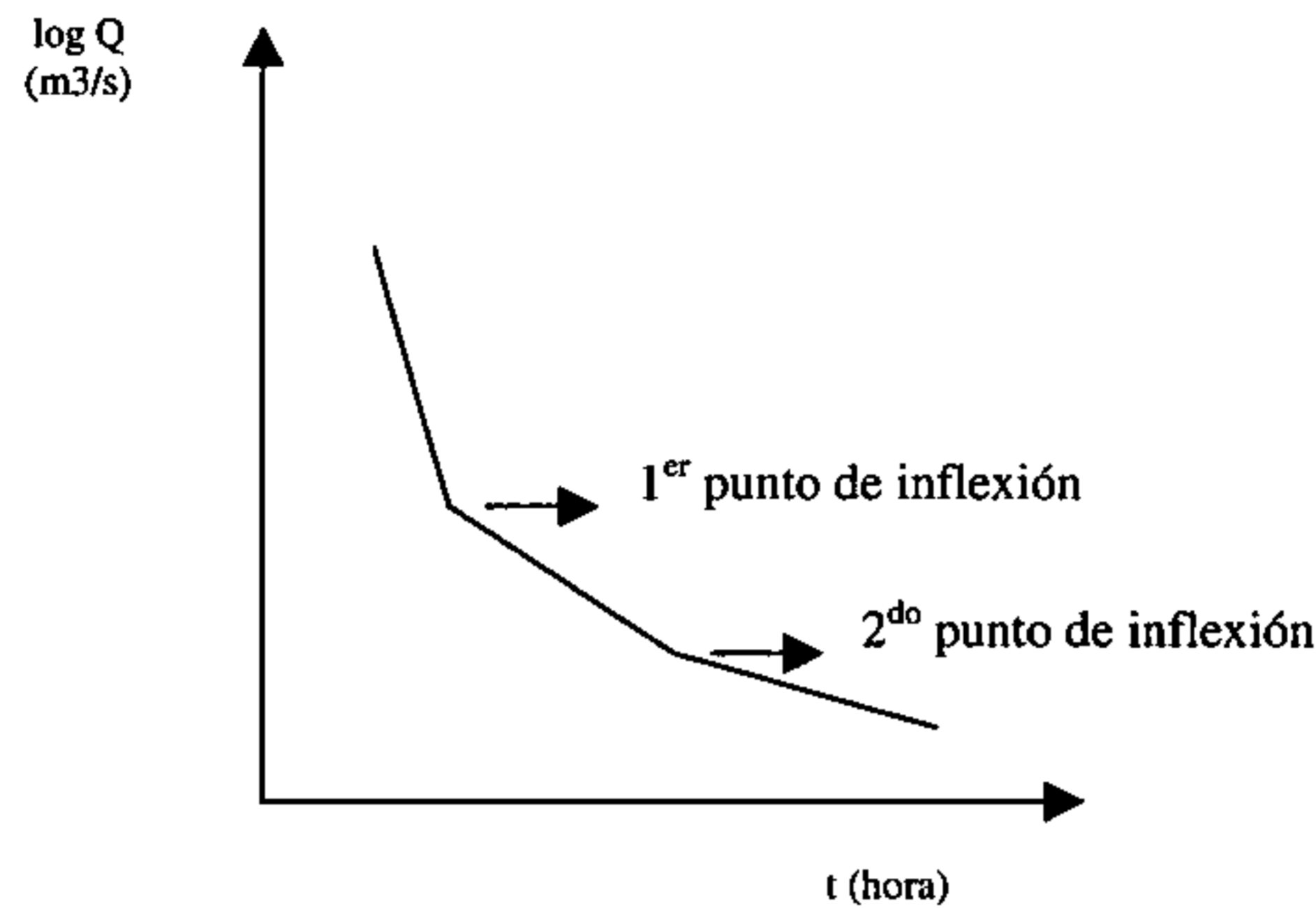


Figura N°5: Gráfica logarítmica de log Q a través del tiempo.

4.1.6.- Obtención del coeficiente de agotamiento (α).

De acuerdo a la información preliminar obtenida de cada crecida (Q_0), y a partir del gráfico del logaritmo del caudal de la curva de bajada que marca el comienzo de la curva recesiva, fue posible obtener el coeficiente de agotamiento (α) del modelo planteado, mediante la toma de dos valores de caudales distintos en la curva recesiva y en un lapso de m horas. Luego se reemplazaron los valores de caudal y tiempo en el modelo, para finalmente despejar el coeficiente α y así obtener su valor. El lapso m asumió los valores 10, 15, 20 y 25 hr, por lo que se obtuvo 4 valores de α para cada crecida.

Cada valor de α definió un tipo de modelo exponencial ya que se determinaron 4 distintos valores paramétricos para α , por lo que fue necesario posteriormente determinar cuál se ajustó mejor a la realidad, sabiendo que un buen ajuste asociado a un menor lapso (m), permite la predicción de un mayor número de caudales recesivos.

4.1.7.- Almacenamiento de la cuenca.

Con respecto a este punto, se puede señalar que la capacidad de almacenamiento de la cuenca para cada crecida se establece en función del criterio que si no existieran más lluvias, la cuenca terminaría por evacuar, a un tiempo infinito, las reservas existentes. Es decir, si $Q(t)$ es la función que explica el comportamiento recesivo del caudal en función del tiempo, $\int_{t=0}^{t=\infty} Q dt$, define el volumen de agua almacenado en la cuenca, bajo las condiciones hidrológicas iniciales. Para este caso, la función $Q(t)$ se determinó a partir de las variables Q_0 y α , y específicamente a partir de los α obtenidos a las 10, 15, 20 y 25 hr de cada curva de bajada, y el total de datos.

4.1.8.- Pruebas Estadísticas.

En esta etapa se verificó la calidad del modelo ya planteado, para lo cual se usaron algunos test e indicadores estadísticos específicos, los cuales fueron aplicados con el fin de conocer la calidad de las medidas de bondad de ajuste del modelo propuesto. Esta etapa, de bondad de ajuste, es la más importante de todo el proceso, pues aquí se debe tomar la decisión sobre la aceptación definitiva del modelo para su uso, puesto que determinará la capacidad predictora del mismo.

De acuerdo a Gujarati (1992), en forma general las pruebas de significancia son un procedimiento mediante el cual se utilizan los resultados de la muestra para verificar la veracidad o falsedad de una hipótesis nula. Por ello, la idea central de las pruebas de significancia es la de un estadístico de prueba y de distribución muestral de dicho estadístico bajo la hipótesis nula.

Estos tests e indicadores estadísticos se emplearon para los datos que se encontraron a continuación de los lapsos de 10, 15, 20 y 25 horas considerados, ya que los datos anteriores a estos lapsos de cada crecida, permitieron el ajuste del modelo. Por ejemplo,

para el lapso de la hora 10, fueron utilizados los primeros 10 datos para el ajuste del modelo, y mientras que los datos restantes, que sería a partir de la hora 11 o dato 11, se emplearon en el proceso de aplicación de los tests e indicadores estadísticos.

Tests estadísticos.

Como consecuencia que los datos con que se trabajó son no paramétricos, o comúnmente conocidos como sin distribución, no se requiere hacer la suposición de que la población está distribuida en la forma de una curva normal u otra forma específica. En general, la mayor parte de las pruebas no paramétricas no requieren el tipo de cálculos tan laboriosos que suelen necesitarse en el caso de asumir una curva normal, como por ejemplo probar la heterocedasticidad, la autocorrelación y otros (Levin, 1988).

a) Prueba U de Mann-Whitney.

En esta prueba no paramétrica se ordenaron las observaciones de acuerdo a su magnitud, sin considerar si los datos eran observados o modelados; luego, se les asignó un número en forma correlativa y ascendente, para posteriormente sumar los números asignados a los datos observados. Finalmente se aplicó la siguiente ecuación:

$$U_a = n_1 * n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - T$$

donde;

n_1 = número de caudales observados.

n_2 = número de caudales modelados.

T = suma de los rangos para la muestra de caudales observados.

Se establecen las hipótesis nula y alternativa.

Hipótesis nula, H_0 : Las distribuciones de frecuencias relativas de las

poblaciones observada y modelada son idénticas.

Hipótesis alternativa, H_b : Las distribuciones de frecuencias relativas de las dos poblaciones no son idénticas.

La región de rechazo de la hipótesis nula para la prueba bilateral, donde el valor de α fue de 0,05 y 0,01, se estableció si $U_a \geq U_0$, donde $P(U_a \geq U_0) = \alpha/2$.

Luego, para muestras grandes, donde n_1 y n_2 fueron superiores a 10 datos, y las distribuciones poblacionales fueron idénticas, se puede decir que el valor U_a tiene la siguiente varianza y esperanza:

$$V(U_a) = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} \quad \text{y} \quad E(U_a) = \frac{n_1 * n_2}{2}$$

y distribución de

$$Z = \frac{U_a - E(U)}{\sqrt{V(U)}}$$

por lo que tiende a la normalidad con media cero y varianza 1, a medida que n_1 y n_2 aumentan.

Así, para una prueba bilateral, la hipótesis nula se rechazó si $Z \leq Z_{\alpha/2}$ ó $Z < - Z_{\alpha/2}$, para valores de α de 0,05 y 0,01.

b) Prueba Chi-cuadrado (χ^2).

Esta prueba de bondad de ajuste es una de las pruebas no paramétricas más utilizadas; es apropiada para los niveles de datos tanto nominales como ordinales. El objetivo de la prueba de bondad de ajuste de Chi-cuadrado es determinar cuán bien se ajusta un conjunto observado de datos, a un conjunto modelado.

Como primer paso se establecieron las hipótesis nula y alternativa.

Hipótesis nula, H_0 : Las distribuciones de frecuencias relativas de las poblaciones observada y modelada son idénticas.

Hipótesis alternativa, H_a : Las distribuciones de frecuencias relativas de las dos poblaciones no son idénticas.

En segundo lugar, se procedió a la construcción de una distribución de frecuencias, para agrupar los datos, tanto para los observados como modelados, donde se realizaron los siguientes pasos para cada crecida:

- Determinación del valor máximo y el mínimo de los datos de la crecida.

$$\text{Rango} = \text{Max} - \text{Min}$$

- Determinación del número de intervalos o clases (de igual longitud) que cubrieron el rango, evitando que las clases se superpongan, para lo que se utilizó la regla Sturges.

$$\text{N}^\circ \text{ de clases} = 1 + 3,3 \log N \quad \text{donde; } N: \text{ número de datos}$$

- Determinación de la amplitud del intervalo.

$$\text{Amplitud} = (\text{Rango}/\text{N}^\circ \text{ de clases})$$

En tercer lugar, se escogió el nivel de significancia con un β de 0,05 y 0,01, donde la regla de decisión es no rechazar la hipótesis nula si el valor de χ^2 es menor o igual a $\chi^2_{\beta, n-1}$. Básicamente, dicha regla de decisión indica que si existen grandes diferencias entre las frecuencias observadas y las frecuencias modeladas, debe rechazarse la hipótesis nula. Sin embargo, si las diferencias entre la frecuencia observada (f_o) y la frecuencia modelada (f_m) son pequeñas, el valor calculado de χ^2 será menor o igual al χ^2 tabulado y, la hipótesis nula no debe rechazarse. El razonamiento es que tales pequeñas diferencias, entre

las frecuencias observadas y las modeladas, se deben al azar. Así, la expresión que lo define es la siguiente:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_m)^2}{f_m}$$

donde;

f_o = frecuencia observada.

f_m = frecuencia modelada.

Esta prueba es aplicada en el caso que se cuente con un mínimo de 30 datos.

Indicadores estadísticos.

a) Coeficiente de determinación (R^2).

Mediante el Coeficiente de Determinación (R^2), se estableció qué proporción de la variación total de los caudales observados, son explicados por los caudales modelados:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

donde;

y_i = caudal observado.

—

\bar{y} = promedio de los caudales observados.

^

\hat{y}_i = caudal modelado.

Este coeficiente, que representa el porcentaje de variación de los datos reales que son explicados por el modelo, fue calculado para cada una de las curvas recesivas.

b) Error estándar de estimación.

En el mismo marco, se calculó el error estándar de estimación, para así ver la disparidad promedio entre los caudales observados y los estimados o modelados de cada crecida, en donde los valores más cercanos a cero indican que el modelo hace una buena descripción de los caudales. Por otra parte, un valor grande, indica que el modelo hace una descripción deficitaria de los caudales.

$$E.E.E = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{(n - 2)}}$$

donde;

Y : caudal observado.

\hat{Y} : caudal modelado.

n : número de caudales.

E.E.E : Error estándar de estimación.

4.1.9.- Etapas complementarias.

Por el hecho que el modelo en estudio no tuvo los resultados satisfactorios, se realizó una serie de actividades, con el objetivo de buscar posibles respuestas a la situación que se presentó y para esto se efectuó lo siguiente:

- Se llevó a cabo un análisis de la forma de cada crecida seleccionada, para ver si existía alguna relación entre las crecidas que tuvieron una buena o mala simulación con respecto a la forma de la misma. Ésto se hizo con la finalidad de ver si, por ejemplo,

aquellas crecidas que tenían en la curva de bajada un descenso brusco, presentaban una mala simulación.

- También se hizo un análisis del efecto de las crecidas anteriores a la seleccionada, ya que podría presentarse la siguiente situación; al haber un número considerable de crecidas anteriores a la seleccionada, podría provocar una mala simulación de la crecida seleccionada, por encontrarse, por ejemplo, los suelos completamente saturados de agua.
- Por último, se realizó un análisis del tiempo transcurrido desde la crecida inmediatamente anterior a la crecida seleccionada, ya que podría presentarse el caso que a mayor tiempo entre las crecidas, mejor es la simulación de la crecida seleccionada.

4.1.10.- Comparación con otros modelos.

Como consecuencia de los resultados obtenidos en este estudio, y no encontrando posibles respuestas a lo que estaba sucediendo, se procedió a analizar otros dos modelos, uno potencial y otro exponencial, donde las características de cada uno se pueden ver en la revisión bibliográfica.

Por otra parte, los otros modelos empleados modelos, exponencial y potencial, consideran otras formas para obtener la capacidad de almacenamiento de la cuenca.

Para una mejor comprensión acerca de los distintos modelos matemáticos a los que se hará referencia más adelante, se procedió a denominarlos de la siguiente manera:

Modelo Exponencial 1 (Base del estudio) \longrightarrow $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$

Modelo Exponencial 2 (Alternativo) \longrightarrow $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$

Modelo Potencial (Alternativo) \longrightarrow $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$

Modelo Exponencial 2.

Es importante mencionar que este modelo es muy similar al modelo exponencial 1, y la única diferencia radica en que el tiempo se encuentra elevado a un valor n.

En lo que respecta a la metodología, este modelo presenta dos parámetros desconocidos, que son α y n; para tal efecto se tomaron dos valores de caudales distintos en la curva recesiva y en un lapso de m horas. Luego, se reemplazaron los valores de caudal y tiempo en el modelo, para así construir un sistema de ecuaciones, donde se obtuvieron los valores de los parámetros desconocidos. El valor m considerado fue el mismo que para el modelo exponencial 1, para así poder realizar una comparación entre los modelos.

Para este modelo, la capacidad de almacenamiento esta dada por la solución de la siguiente integral.

$$V = \int_0^{\infty} Q dt = \int_0^{\infty} Q_0 e^{-\alpha * t^n} dt = (Q_0 * \sqrt{\pi}) / (n * \alpha^{(n/2)}) = 1,772 \frac{Q_0}{n * \alpha^{0,5*n}}$$

Modelo Potencial.

Este modelo, es completamente diferente a los dos anteriores, pero en la etapa de determinación de los parámetros, se utilizó la misma metodología que se empleó en el modelo exponencial 1.

La capacidad de almacenamiento de la cuenca según este modelo se obtiene de la solución de la siguiente integral.

$$V = \int_0^{\infty} Q dt = \int_0^{\infty} Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2} dt = Q_0 / \alpha$$

La finalidad de la integración, para los tres casos, de cero (0) a infinito (∞), es para determinar el volumen de agua que está almacenado en la cuenca y que debería ser evacuado totalmente de no existir nuevas precipitaciones.

4.1.11.- Método complementario: Uso del total de los datos seleccionados para la determinación de α .

Por el hecho de no obtener resultados satisfactorios, se procedió a utilizar una metodología diferente para la obtención del parámetro α , situación que afectó a los tres modelos estudiados.

Para la obtención de cada uno de los parámetros de los modelos, se procedió de igual forma a lo que se ha hecho anteriormente. Así, para el caso del parámetro $Q(t)$, se tomó el último dato de la crecida (el menor valor); el valor de t (tiempo) del modelo, correspondió a aquel momento en que ocurrió el caudal $Q(t)$; y por último, el valor de Q_0 , es el mismo utilizado en las etapas anteriores, al igual que el t_0 (tiempo), que correspondió a aquel momento en que ocurrió el caudal Q_0 . La diferencia estriba en que $Q(t)$ se toma al tiempo total t de datos con que se cuenta para cada crecida, obteniéndose el valor de la incógnita (α), y permitiendo así realizar el ajuste de la función para cada crecida.

Para el proceso de bondad de ajuste de los modelos se utilizaron los mismos indicadores y test estadísticos empleados en las etapas anteriores. Para tal efecto, se tomaron todos los valores de la curva recesiva de cada crecida para la aplicación de estas medidas de ajuste. En cambio, para la metodología en donde existen los lapsos de 10, 15

20 y 25 hrs, se emplearon los primeros m datos (horas) en el ajuste del modelo y, los datos restantes de la crecida, se usaron para la aplicación de las medidas de bondad de ajuste.

Por otra parte, los coeficientes de agotamiento obtenidos mediante esta nueva metodología fueron considerados como patrón, con la finalidad de poder compararlos con aquellos obtenidos en los diferentes lapsos (10, 15, 20 y 25 horas), producto de los buenos resultados que se obtuvo en el ajuste en el caso de los modelos exponencial 1 y exponencial 2.

4.1.12.- Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.

A partir de los resultados obtenidos, se pudo establecer si los modelos matemáticos estudiados tuvieron un buen ajuste, pues aquí se debió tomar la decisión sobre la aceptación definitiva para su uso en la Cuenca Purapel. Además, se definió la capacidad de almacenamiento de la cuenca para cada crecida en estudio y para cada uno de los modelos. De igual forma, todos los resultados permitieron hacer un análisis acerca de las características hidrológicas generales de la cuenca y de cómo éstas pueden ser explicadas o no por el modelo.

4.2.- Materiales.

En la elaboración de este estudio, se utilizaron los datos facilitados por la Dirección General de Aguas, tanto a nivel de limnigramas como de curvas de descarga de la estación río Purapel en Nirivilo, además de un equipo y programas computacionales como el Word y Excel, para el manejo de los datos y su presentación final.

5.- RESULTADOS.

A continuación se detallan los resultados obtenidos en cada una de las etapas que se mencionó en la metodología, a partir del análisis de las crecidas seleccionadas para los 6 años estudiados.

5.1.- Selección de las crecidas.

Con respecto a las crecidas seleccionadas para este estudio, se puede señalar que en un principio se contaba con más de 50 crecidas medidas pero, de acuerdo a las características que éstas debían tener, sólo quedaron 20 crecidas para el análisis. Estas características consistieron en que la curva de bajada de cada crecida presentara una continuidad y regularidad en cuanto al descenso de ésta. Además, cada crecida debía contar con un mínimo de 30 datos para su análisis. Por tanto, las tablas N°1, N°2 y N°3 muestran la fecha de inicio y los diferentes parámetros requeridos para el ajuste de los modelos exponencial 1, exponencial 2 y potencial.

5.2.- Valores de los parámetros de los modelos.

Los valores del caudal inicial (Q_0) y los coeficientes de agotamiento (α) para cada lapso, se muestran en las tablas N°1, N°2 y N°3, para cada uno de los modelos estudiados.

Cabe recordar que a partir de estos parámetros se realizó la modelación de cada crecida, en donde Q_0 y α son valores constantes en cada uno de los modelos.

Por otra parte, las tablas que a continuación se presentan, muestran los resultados obtenidos, al haber aplicado la metodología en donde se tomó el primer y el último valor de la crecida, remplazándolos luego en el modelo para, posteriormente, obtener el valor del parámetro α , para cada una de las crecidas. Es decir y como ya se señaló, el lapso m correspondió como mínimo a 30 horas.

Tabla N°1 : Valores de los parámetros Q_0 , y α en cada intervalo de hora considerada y para cada crecida seleccionada, en el modelo exponencial 1 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$).

Crecida	Q_0 (m³/s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (25 hr)	α(Total de hr)
03-5-1990	2,246	0,01858	0,02672	0,02873	0,02825	0,02824
18-7-1990	5,070	0,24138	0,02386	0,02308	0,02306	0,02485
20-9-1990	7,030	0,30551	0,03139	0,03349	0,33054	0,03138
18-5-1991	3,792	0,05218	0,04053	0,04070	0,38370	0,03919
18-7-1991	16,200	0,01042	0,01171	0,01158	0,01131	0,01112
06-8-1991	11,100	0,02442	0,02339	0,02168	0,01897	0,01968
17-9-1991	16,500	0,01905	0,02156	0,02182	0,02184	0,01876
30-5-1992	30,200	0,03270	0,03051	0,02886	0,02673	0,01925
24-6-1992	23,950	0,01947	0,02000	0,01929	0,01799	0,01433
20-8-1992	5,680	0,02367	0,02276	0,02236	0,02066	0,02201
15-10-1992	15,400	0,03688	0,03239	0,02939	0,02640	0,02315
20-5-1993	4,780	0,03759	0,03399	0,03115	0,02906	0,00943
13-6-1993	11,910	0,02665	0,02385	0,02291	0,02343	0,02404
28-6-1993	12,800	0,02984	0,02533	0,02240	0,02186	0,01654
26-7-1993	7,750	0,00732	0,00822	0,01113	0,01103	0,01850
16-4-1994	3,680	0,04119	0,03482	0,03120	0,02816	0,02529
23-4-1994	7,750	0,03138	0,03017	0,02819	0,02568	0,02373
09-6-1995	4,780	0,05745	0,05673	0,05163	0,04817	0,04490
15-6-1995	12,800	0,05250	0,04465	0,04276	0,04475	0,01919
23-8-1995	12,300	0,03112	0,02673	0,02384	0,02224	0,04369
Promedio		0,054965	0,028466	0,027310	0,058192	0,02386

Tabla N°2 : Valores de los parámetros Q_0 , y α en cada intervalo considerada y para cada crecida seleccionada, en el modelo exponencial 2 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha \cdot t^n}$).

Crecidas	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (25 hr)	α(Total de hr)	n
03-05-1990	0,00345	0,00391	0,00350	0,00299	0,00265	1,6850
18-07-1990	0,21709	0,33382	0,43814	0,55292	1,01788	0,0003
20-09-1990	0,05589	0,06748	0,08010	0,08555	0,08652	0,6918
18-05-1991	0,18520	0,19000	0,23050	0,25080	0,39045	0,4040
18-07-1991	0,00920	0,01080	0,01090	0,01070	0,0107	1,0033
06-08-1991	0,06039	0,07169	0,07673	0,07483	0,07773	0,5610
17-09-1991	0,01014	0,10860	0,01047	0,01007	0,00754	1,2280
30-05-1992	0,02431	0,02274	0,02138	0,01964	0,01369	1,0880
24-06-1992	0,02215	0,02459	0,02459	0,02397	0,02169	0,8982
20-08-1992	0,01921	0,01928	0,01907	0,01767	0,01883	1,0359
15-10-1992	0,12243	0,14033	0,15256	0,15715	0,17159	0,4331
20-05-1993	0,07334	0,07881	0,08096	0,08226	0,08578	0,6640
13-06-1993	0,04217	0,04322	0,04535	0,04950	0,04651	0,7550
28-06-1993	0,05477	0,06749	0,07624	0,08914	0,11328	0,4630
26-07-1993	0,00220	0,00227	0,00254	0,00229	0,00164	1,4760
16-04-1994	0,01562	0,01176	0,00962	0,00807	0,00667	1,3753
23-04-1994	0,02872	0,02872	0,02737	0,02524	0,02358	0,9926
09-06-1995	0,12132	0,14436	0,14877	0,15235	0,15298	0,6296
15-06-1995	0,19779	0,22451	0,26169	0,31799	0,42915	0,3781
23-08-1995	0,07360	0,07771	0,07960	0,08241	0,08178	0,5804
Promedio	0,066950	0,083604	0,090004	0,100777	0,13803	

Tabla N°3 : Valores de los parámetros Q_0 , y α en cada intervalo de hora considerada y para cada crecida seleccionada, en el modelo potencial ($Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$).

Crecidas	Q_0 (m³/s)	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (25 hr)	α(Total de hr)
03-05-1990	2,246	0,03973	0,74220	0,09901	0,11526	0,13816
18-07-1990	5,070	0,05442	0,06338	0,07020	0,08100	0,15894
20-09-1990	7,030	0,07331	0,09388	0,12856	0,15548	0,17235
18-05-1991	3,792	0,15578	0,14071	0,18476	0,21226	0,85797
18-07-1991	16,200	0,02063	0,02587	0,27640	0,02883	0,03640
06-08-1991	11,100	0,05520	0,06168	0,63970	0,05944	0,06061
17-09-1991	16,500	0,40908	0,05528	0,06457	0,07413	0,10576
30-05-1992	30,200	0,08156	0,09000	0,09975	0,10430	0,12169
24-06-1992	23,950	0,04198	0,05005	0,05408	0,05489	0,08560
20-08-1992	5,680	0,05313	0,05943	0,06695	0,06785	0,08615
15-10-1992	15,400	0,09423	0,09846	0,10277	0,10205	0,11261
20-05-1993	4,780	0,09672	0,10602	0,11329	0,12134	0,17296
13-06-1993	11,910	0,06156	0,06331	0,06943	0,08318	0,13158
28-06-1993	12,800	0,07111	0,06884	0,06710	0,07424	0,08676
26-07-1993	7,750	0,01407	0,01867	0,02632	0,02791	0,02624
16-04-1994	3,680	0,10991	0,11009	0,11367	0,11457	0,11869
23-04-1994	7,750	0,07593	0,08850	0,09596	0,09723	0,10482
09-06-1995	4,780	0,18130	0,25981	0,30575	0,36404	0,41732
15-06-1995	12,800	0,15728	0,16611	0,20392	0,30286	0,77918
23-08-1995	12,300	0,07511	0,07426	0,07373	0,07635	0,07494
Promedio		0,096102	0,121827	0,142795	0,115860	0.19243

5.3.- Análisis estadístico.

Los resultados que a continuación se presentan son producto de las medidas de bondad de ajuste aplicados a la proyección de los caudales hasta la hora de existencia de la crecida, para cada una de las 20 crecidas estudiadas. Así por ejemplo, para el lapso de 10 hr, se ajustó con los primeros 10 datos los modelos, para luego hacer las proyecciones de los caudales hasta la hora de término de la crecida.

5.3.1.- Coeficiente de determinación (R^2).

Los distintos coeficientes de determinación obtenidos para los diferentes modelos estudiados, se presentan en las tablas siguientes. Para cada crecida, se señaló en rojo el lapso que define el coeficiente α y que mejor explica la variación total de los caudales observados.

Tabla N°4 : Coeficiente de determinación según lapso considerado, a partir del modelo exponencial 1 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$).

Crecida	R ² (%)				
	$\alpha(10 \text{ hr})$ (a)	$\alpha(15 \text{ hr})$ (b)	$\alpha(20 \text{ hr})$ (c)	$\alpha(25 \text{ hr})$ (d)	Total de hr (e)
03-5-1990	57,3	88,2	97,8	98,2	96,5
18-7-1990	98,9	98,3	94,5	87,3	99,2
20-9-1990	96,9	95,9	80,3	0	99,4
18-5-1991	63,5	99,1	98,2	97,1	97,9
18-7-1991	87,5	97,1	93,2	71,5	97,7
06-8-1991	0	0	0	0	84,7
17-9-1991	93,9	94,0	85,0	66,5	97,0
30-5-1992	0	0	0	0	83,2
24-6-1992	4,6	0	0	0	74,9
20-8-1992	87,7	82,6	54,2	95,3	95,2
15-10-1992	0	0	0	0	82,9
20-5-1993	0	0	3,4	8,3	87,5
13-6-1993	37,7	52,6	41,1	0	87,1
28-6-1993	0	7,9	56,3	9,3	88,4
26-7-1993	28,3	49,7	42,4	0	96,4
16-4-1994	0	0	0	0	77,0
23-4-1994	41,8	0	0	9,3	92,8
09-6-1995	98,6	7,0	1,7	0	93,5
15-6-1995	88,7	97,1	91,6	80,6	88,6
23-8-1995	0	0	0	0	81,1

(a) La determinación de los parámetros se hizo en base a 10 datos (horas).

(b) La determinación de los parámetros se hizo en base a 15 datos (horas).

(c) La determinación de los parámetros se hizo en base a 20 datos (horas).

(d) La determinación de los parámetros se hizo en base a 25 datos (horas).

(e) La determinación de los parámetros se hizo en base al total de datos (horas).

Tabla N°5 : Coeficiente de determinación según lapso considerado, a partir del modelo exponencial 2 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha \cdot t^n}$).

Crecida	R ² (%)				Total de hr (e)
	$\alpha(10 \text{ hr})$ (a)	$\alpha(15 \text{ hr})$ (b)	$\alpha(20 \text{ hr})$ (c)	$\alpha(25 \text{ hr})$ (d)	
03-5-90	78,0	0	0	0	91,4
18-7-90	0	0	0	0	0
20-9-90	2,6	10,6	67,3	96,3	80,4
18-5-91	0	0	0	0	28,8
18-7-91	74,1	94,3	90,6	63,4	98,0
06-8-91	22,6	85,1	97,5	87,4	97,5
17-9-91	81,9	39,3	10,2	0	94,1
30-5-92	0	0	0	0	79,0
24-6-92	48,7	46,3	34,7	15,9	77,4
20-8-92	93,4	86,1	56,9	95,4	99,7
15-10-92	0	0	56,5	39,4	73,0
20-5-93	82,9	92,8	94,7	95,1	97,1
13-6-93	87,2	85,9	90,6	97,2	98,7
28-6-93	0	0	0	0	86,9
26-7-93	80,0	44,4	0	0	84,4
16-4-94	0	0	0	0	43,6
23-4-94	95,9	24,2	48,8	79,5	94,0
09-6-95	96,5	86,9	83,7	82,4	88,3
15-6-95	0	0	0	53,8	20,4
23-8-95	82,0	90,4	91,4	93,6	94,0

(a) La determinación de los parámetros se hizo en base a 10 datos (horas).

(b) La determinación de los parámetros se hizo en base a 15 datos (horas).

(c) La determinación de los parámetros se hizo en base a 20 datos (horas).

(d) La determinación de los parámetros se hizo en base a 25 datos (horas).

(e) La determinación de los parámetros se hizo en base al total de datos (horas).

Tabla N°6 : Coeficiente de determinación según lapso considerado, a partir del modelo potencial ($Q(t) = Q_0 (1 + \alpha \cdot t)^{-2}$).

Crecida	R ² (%)				Total de hr (e)
	$\alpha(10 \text{ hr})$ (a)	$\alpha(15 \text{ hr})$ (b)	$\alpha(20 \text{ hr})$ (c)	$\alpha(25 \text{ hr})$ (d)	
03-5-90	0	0	0	0	0
18-7-90	0	0	0	0	0
20-9-90	0	0	0	0	0
18-5-91	0	0	0	0	0
18-7-91	0	0	0	0	0
06-8-91	0	0	0	0	0
17-9-91	0	0	0	0	0
30-5-92	0	0	0	0	0
24-6-92	0	0	0	0	0
20-8-92	0	0	0	0	0
15-10-92	0	0	0	0	0
20-5-93	0	0	0	0	0
13-6-93	0	0	0	0	0
28-6-93	0	0	0	0	0
26-7-93	0	0	0	0	0
16-4-94	0	0	0	0	0
23-4-94	0	0	0	0	0
09-6-95	26,9	0	0	0	0
15-6-95	0	0	0	0	0
23-8-95	0	0	0	0	0

(a) La determinación de los parámetros se hizo en base a 10 datos (horas).

(b) La determinación de los parámetros se hizo en base a 15 datos (horas).

(c) La determinación de los parámetros se hizo en base a 20 datos (horas).

(d) La determinación de los parámetros se hizo en base a 25 datos (horas).

(e) La determinación de los parámetros se hizo en base al total de datos (horas).

5.3.2.- Error estándar de estimación.

La diferencia existente entre los valores simulados, y los valores reales se puede establecer en función del error estándar de estimación, lo que se observa en las tablas siguientes, para cada uno de los modelos estudiados. Además, en la última fila de cada tabla se destacó el promedio de cada lapso, mostrándose así la tendencia de disminución del promedio del error estándar de estimación, a medida que aumentan los lapsos considerados.

Tabla N°7 : Error estándar de estimación en cada crecida para cada lapso y para el modelo exponencial 1 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$).

Crecida	E.E.E				Total de hr (e)
	$\alpha(10 \text{ hr})$ (a)	$\alpha(15 \text{ hr})$ (b)	$\alpha(20 \text{ hr})$ (c)	$\alpha(25 \text{ hr})$ (d)	
03-5-1990	0,108	0,202	0,163	0,080	0,028
18-7-1990	1,465	1,172	0,962	0,754	0,024
20-9-1990	0,794	0,502	0,175	0,025	0,031
18-5-1991	0,662	0,680	0,481	0,417	0,039
18-7-1991	0,736	0,284	0,286	0,387	0,011
06-8-1991	0,709	0,229	0,070	0,126	0,015
17-9-1991	0,873	1,252	1,167	1,072	0,018
30-5-1992	4,117	3,768	3,457	2,891	0,019
24-6-1992	0,800	1,516	1,685	1,491	0,014
20-8-1992	0,133	0,129	0,146	0,086	0,022
15-10-1992	1,244	0,721	0,393	0,322	0,023
20-5-1993	0,212	0,107	0,071	0,052	0,024
13-6-1993	0,568	0,496	0,325	0,143	0,016
28-6-1993	2,694	2,278	2,054	1,656	0,018
26-7-1993	0,243	0,305	0,539	0,439	0,001
16-4-1994	0,767	0,515	0,348	0,201	0,025
23-4-1994	0,297	0,343	0,184	0,072	0,023
09-6-1995	0,368	0,096	0,061	0,028	0,044
15-6-1995	0,607	0,310	0,248	0,167	0,043
23-8-1995	0,340	0,176	0,106	0,055	0,019
Promedio	0,830	0,713	0,609	0,506	0,023

Tabla N°8 : Error estándar de estimación en cada crecida para cada lapso y para el modelo exponencial 2 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^{\wedge}n}$)

Crecida	E.E.E				Total de hr. (e)
	$\alpha(10 \text{ hr})$ (a)	$\alpha(15 \text{ hr})$ (b)	$\alpha(20 \text{ hr})$ (c)	$\alpha(25 \text{ hr})$ (d)	
03-5-1990	0,270	0,048	0,001	0,008	0,126
18-7-1990	0,069	0,073	0,109	0,126	1,743
20-9-1990	0,143	0,108	0,136	0,140	0,598
18-5-1991	0,347	0,045	0,048	0,049	0,744
18-7-1991	0,512	0,201	0,243	0,341	0,265
06-8-1991	1,072	1,024	0,863	0,478	0,471
17-9-1991	0,508	0,394	0,477	0,529	0,979
30-5-1992	3,830	3,426	3,144	2,628	2,397
24-6-1992	0,770	2,813	2,676	2,265	0,741
20-8-1992	0,178	0,144	0,150	0,085	0,123
15-10-1992	1,793	1,305	0,965	0,538	1,252
20-5-1993	0,533	0,412	0,306	0,223	0,149
13-6-1993	1,257	0,910	0,814	0,939	0,264
28-6-1993	1,529	0,938	0,499	0,463	0,699
26-7-1993	0,461	0,267	0,168	0,190	0,304
16-4-1994	0,443	0,289	0,200	0,114	0,424
23-4-1994	0,460	0,429	0,331	0,152	0,323
09-6-1995	0,235	0,255	0,151	0,090	0,360
15-6-1995	0,797	0,241	0,282	0,279	2,726
23-8-1995	1,388	0,933	0,616	0,478	0,406
Promedio	0,887	0,754	0,646	0,523	0,755

Tabla N°9 : Error estándar de estimación en cada crecida, para cada lapso y para el modelo potencial ($Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$).

Crecida	E.E.E.				Total de hr. (e)
	$\alpha(10 \text{ hr})$ (a)	$\alpha(15 \text{ hr})$ (b)	$\alpha(20 \text{ hr})$ (c)	$\alpha(25 \text{ hr})$ (d)	
03-5-1990	0,649	0,961	1,055	1,185	1,246
18-7-1990	1,925	2,050	2,063	2,058	2,761
20-9-1990	2,789	2,974	3,146	3,537	3,797
18-5-1991	1,266	1,128	0,105	0,955	1,806
18-7-1991	5,139	6,391	6,812	7,090	6,991
06-8-1991	5,073	5,406	5,543	5,496	4,907
17-9-1991	5,593	6,565	6,835	6,955	8,206
30-5-1992	12,549	12,823	12,935	12,890	14,051
24-6-1992	9,766	10,793	11,091	11,123	12,031
20-8-1992	2,488	2,698	2,934	3,339	2,846
15-10-1992	7,052	7,119	7,169	7,226	7,161
20-5-1993	1,923	1,920	1,885	1,843	2,251
13-6-1993	4,421	4,395	4,400	4,460	5,465
28-6-1993	5,892	5,850	5,753	5,846	5,989
26-7-1993	1,817	2,551	3,478	3,803	2,861
16-4-1994	1,720	1,716	1,748	1,849	1,681
23-4-1994	3,461	3,640	3,759	3,973	3,749
09-6-1995	1,687	1,652	1,589	1,710	2,353
15-6-1995	4,278	4,125	3,701	3,331	6,289
23-8-1995	5,963	6,041	6,128	6,459	5,463
Promedio	4,273	4,540	4,606	4,757	5,095

5.3.3.- Tests estadísticos aplicados.

La tabla N°10 del modelo exponencial 1, N°11 del modelo exponencial 2 y N°12 del modelo potencial, presentan los valores obtenidos, luego de haber aplicado la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, a cada una de las crecidas seleccionadas, con un nivel de significancia del 5 % y 1 %. En tanto, los resultados para la prueba de Chi-cuadrado, se encuentran en las tablas N°13, N°14 y N°15 de los modelos exponencial 1, exponencial 2 y del modelo potencial, respectivamente.

La finalidad de los distintos tests estadísticos, fue establecer la calidad de los modelos propuestos en el estudio y ver cual de ellos es el mejor predictor de caudales

recesivos para la cuenca del río Purapel. Así, las tablas N°10, N°11 y N°12 presentan los resultados de la prueba U de Mann-Whitney; las tablas N°13, N°14 y N°15 muestran los resultados de la prueba Chi-cuadrado.

Tabla N°10 : Prueba U de Mann-Whitney, para los dos niveles de significancia considerados en el modelo exponencial 1.

03-05-1990		Cal		t(0,05)		t(0,01)	N
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-3,0837	R	2,09	R	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-0,7881	A	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	55	R	10	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	12	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-0,5913	A	2,04	A	2,75	30
18-07-1990							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	0,0470	A	2,04	A	2,75	32
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-3,5638	R	2,06	A	2,78	27
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-0,5929	A	2,08	A	2,83	22
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-1,4850	A	2,12	A	2,92	17
Total de hr	Z	-0,4473	A	2,019	A	2,701	42
20-09-1990							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-1,0279	A	2,09	A	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-0,4148	A	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	57,5	R	10	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	18	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-0,1703	A	2,04	A	2,75	30
18-05-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	2,4784	R	2,03	A	2,71	39
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	0,2514	A	2,04	A	2,74	34
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	0,3888	A	2,05	A	2,76	29
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-0,6083	A	2,07	A	2,81	24
Total de hr	Z	0,0781	A	2,012	A	2,686	49
18-07-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-1,4351	A	2,04	A	2,74	34
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-0,1477	A	2,05	A	2,76	29
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-0,4657	A	2,07	A	2,81	24
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-1,1386	A	2,1	A	2,88	19
Total de hr	Z	0,3630	A	2,017	A	2,697	44

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Continuación Tabla N°10

06-08-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	2,6820	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	3,0380	R	2,06	R	2,79	26
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	3,0942	R	2,09	R	2,84	21
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	6,1621	R	2,13	R	2,95	16
Total de hr	Z	1,2891	A	2,02	A	2,70	41
17-09-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-0,8756	A	2,02	A	2,71	40
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	0,6402	A	2,03	A	2,74	35
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	0,9610	A	2,04	A	2,76	30
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	1,3291	A	2,06	A	2,8	25
Total de hr	Z	0,6376	A	2,011	A	2,684	50
30-05-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	3,3804	R	2,021	R	2,704	41
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-3,6602	R	2,031	R	2,73	36
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-3,2873	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-3,1661	R	2,06	R	2,79	26
Total de hr	Z	1,3619	A	2,01	A	2,682	51
24-06-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,0485	R	2,003	R	2,667	58
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	5,8700	R	2,012	R	2,682	51
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	6,1772	R	2,016	R	2,693	46
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	8,1610	R	2,02	R	2,71	41
Total de hr	Z	-0,3851	A	1,997	A	2,654	68
20-08-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	0,987	A	2,09	A	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	0,332	A	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	65	R	23	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	14	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-0,3030	A	2,04	A	2,75	30
15-10-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	2,9282	R	2,06	R	2,79	26
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	2,6288	R	2,09	A	2,84	21
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,4498	R	2,13	A	2,95	16
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	1,7401	A	2,23	A	3,17	11
Total de hr	Z	0,8277	A	2,036	A	2,727	36

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Continuación Tabla N°10

20-05-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	3,0649	R	2,034	R	2,667	37
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	2,7996	R	2,04	R	2,75	32
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,3960	A	2,06	R	2,78	27
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	2,0304	R	2,08	A	2,83	22
Total de hr	Z	1,1267	A	2,014	A	2,690	47
13-06-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	3,4032	R	2	R	2,66	62
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	2,6664	R	2,004	R	2,669	57
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	3,1076	R	2,009	R	2,679	52
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	4,6770	R	2,015	R	2,691	47
Total de hr	Z	1,6980	A	1,996	A	2,652	72
28-06-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	3,2382	R	2,038	R	2,741	33
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	2,4498	R	2,05	A	2,77	28
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	1,4280	A	2,07	A	2,82	23
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	1,5977	A	2,11	A	2,9	18
Total de hr	Z	0,9459	A	2,018	A	2,699	43
26-07-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-2,9669	R	2,06	R	2,78	27
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-2,2064	R	2,08	A	2,83	22
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,497	R	2,12	A	2,92	17
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	2,540	R	2,2	A	3,11	12
Total de hr	Z	0,2378	A	2,035	A	2,722	37
16-04-1994							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	2,9458	R	2,08	R	2,83	22
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	2,3594	R	2,12	A	2,92	17
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,1362	R	2,2	A	3,11	12
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	37,5	R	8	A	45	7
Total de hr	Z	1,3561	A	2,04	A	2,745	32
23-04-1994							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	1,5727	A	2,08	A	2,83	22
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	1,7738	A	2,12	A	2,92	17
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	1,7898	A	2,2	A	3,11	12
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	33	R	8	A	45	7
Total de hr	Z	0,5804	A	2,04	A	2,745	32

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Continuación Tabla N°10

09-6-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	1,2578	A	2,09	A	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	1,7006	A	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	67,5	R	23	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	17,5	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	0,7318	A	2,04	A	2,75	30
15-06-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	1,6613	A	2,04	A	2,75	31
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	0,0549	A	2,06	A	2,79	26
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-0,7169	A	2,09	A	2,84	21
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	0,0754	A	2,13	A	2,95	16
Total de hr	Z	0,0417	A	2,02	A	2,704	41
23-08-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	2,9249	R	2,07	R	2,81	24
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	2,5399	R	2,1	A	2,88	19
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,0217	R	2,16	A	3,01	14
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	64,5	R	17	A	70	9
Total de hr	Z	1,2326	A	2,038	A	2,736	34

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Tabla N°11 : Prueba U de Mann-Whitney, para los dos niveles de significancia considerados en el modelo exponencial 2.

03-05-1990		Cal	t(0,05)		t(0,01)		N
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	0,433	A	2,09	A	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	1,701	A	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	75	R	10	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	19	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	0,6874	A	2,04	A	2,75	30
18-07-1990							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-7,009	R	2,04	R	2,75	32
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-6,306	R	2,06	R	2,78	27
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-5,680	R	2,08	R	2,83	22
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-4,977	R	2,12	R	2,92	17
Total de hr	Z	-7,702	R	2,019	R	2,701	42
20-09-1990							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-2,705	R	2,09	A	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-2,385	R	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	33	R	10	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	12	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-1,478	A	2,04	A	2,75	30
18-05-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-4,302	R	2,03	R	2,71	39
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-5,078	R	2,04	R	2,74	34
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-4,284	R	2,05	R	2,76	29
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-4,062	R	2,07	R	2,81	24
Total de hr	Z	-3,911	R	2,012	R	2,686	49
18-07-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-2,380	R	2,04	A	2,74	34
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-1,190	A	2,05	A	2,76	29
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-1,237	A	2,07	A	2,81	24
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-1,941	A	2,1	A	2,88	19
Total de hr	Z	0,021	A	2,017	A	2,697	44
06-08-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-3,710	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-1,309	A	2,06	A	2,79	26
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-0,063	A	2,09	A	2,84	21
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-0,829	A	2,13	A	2,95	16
Total de hr	Z	-0,821	A	2,02	A	2,70	41

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Continuación Tabla N°11

17-09-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	1,078	A	2,02	A	2,71	40
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	2,003	R	2,03	A	2,74	35
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,085	R	2,04	A	2,76	30
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	2,260	R	2,06	A	2,8	25
Total de hr	Z	1,268	A	2,011	A	2,684	50
30-05-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	3,473	R	2,021	R	2,704	41
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	3,227	R	2,031	R	2,73	36
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	3,794	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	3,770	R	2,06	R	2,79	26
Total de hr	Z	1,583	A	2,01	A	2,682	51
24-06-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	0,864	A	2,003	A	2,667	58
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	0,984	A	2,012	A	2,682	51
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	1,718	A	2,016	A	2,693	46
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	1,600	A	2,02	A	2,71	41
Total de hr	Z	0,576	A	1,997	A	2,654	68
20-08-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	0,784	A	2,09	A	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	0,705	A	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	65	R	23	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	14	R	2	A	25	5
Total de hr	Z		A	2,04	A	2,75	30
15-10-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-3,477	R	2,06	R	2,79	26
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-2,566	R	2,09	A	2,84	21
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-1,583	A	2,13	A	2,95	16
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-1,609	A	2,23	A	3,17	11
Total de hr	Z	-1,791	A	2,036	A	2,727	36
20-05-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-1,870	A	2,034	A	2,667	37
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-1,101	A	2,04	A	2,75	32
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-0,822	A	2,06	A	2,78	27
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-0,681	A	2,08	A	2,83	22
Total de hr	Z	-0,623	A	2,014	A	2,690	47
13-06-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-2,201	R	2	A	2,66	62
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-2,066	R	2,004	A	2,669	57
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-1,411	A	2,009	A	2,679	52
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	0,510	A	2,015	A	2,691	47
Total de hr	Z	0,1334	A	1,996	A	2,652	72

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Continuación Tabla N°11

28-06-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-6,868	R	2,038	R	2,741	33
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-6,325	R	2,05	R	2,77	28
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-5,811	R	2,07	R	2,82	23
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	-5,125	R	2,11	R	2,9	18
Total de hr	Z	0,859	A	2,018	A	2,699	43
26-07-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	0,311	A	2,06	A	2,78	27
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	0,833	A	2,08	A	2,83	22
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,497	R	2,12	A	2,92	17
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	2,540	R	2,2	A	3,11	12
Total de hr	Z	1,248	A	2,035	A	2,722	37
16-04-1994							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	3,756	R	2,08	R	2,83	22
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	3,427	R	2,12	R	2,92	17
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	2,685	R	2,2	A	3,11	12
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	41,5	R	8	A	45	7
Total de hr	Z	2,115	R	2,04	R	2,745	32
23-04-1994							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	0,974	A	2,08	A	2,83	22
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	1,481	A	2,12	A	2,92	17
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	0,866	A	2,2	A	3,11	12
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	22	R	8	A	45	7
Total de hr	Z	12,433	A	2,04	A	2,745	32
09-06-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-2,597	R	2,09	A	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-0,954	A	2,14	A	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	39	R	23	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	11	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-0,827	A	2,04	A	2,75	30
15-06-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-4,287	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-4,301	R	2,06	R	279	26
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-4,415	R	2,09	R	2,84	21
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	0,810	A	2,13	A	2,95	16
Total de hr	Z	-3,375	R	2,02	R	2,704	41
23-08-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	-1,464	A	2,07	A	2,81	24
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	-0,934	A	2,1	A	2,88	19
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	-0,735	A	2,16	A	3,01	14
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	46	R	17	A	70	9
Total de hr	Z	-0,601	A	2,038	A	2,736	34

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Tabla N°12 : Prueba U de Mann-Whitney, para los dos niveles de significancia considerados en el modelo potencial.

03-05-1990		Cal		t(0,05)		t(0,01)	N
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,248	R	2,09	R	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	4,666	R	2,14	R	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	55	R	10	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	15	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-6,349	R	2,04	R	2,75	30
18-07-1990							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	6,821	R	2,04	R	2,75	32
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	6,306	R	2,06	R	2,78	27
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	5,680	R	2,08	R	2,83	22
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	4,977	R	2,12	R	2,92	17
Total de hr	Z	-7,567	R	2,019	R	2,701	42
20-09-1990							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,410	R	2,09	R	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	4,666	R	2,14	R	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	55	R	10	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	15	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-6,379	R	2,04	R	2,75	30
18-05-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	7,600	R	2,03	R	2,71	39
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	7,089	R	2,04	R	2,74	34
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	6,539	R	2,05	R	2,76	29
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	5,938	R	2,07	R	2,81	24
Total de hr	Z	-8,595	R	2,012	R	2,686	49
18-07-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	6,709	R	2,04	R	2,74	34
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	6,539	R	2,05	R	2,76	29
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	5,938	R	2,07	R	2,81	24
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	5,270	R	2,1	R	2,88	19
Total de hr	Z	-147,27	R	2,017	R	2,697	44
06-08-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	6,765	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	6,186	R	2,06	R	2,79	26
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	5,547	R	2,09	R	2,84	21
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	4,824	R	2,13	R	2,95	16
Total de hr	Z	-6,830	R	2,02	R	2,70	41

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Continuación Tabla N°12

17-09-1991							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	7,698	R	2,02	R	2,71	40
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	7,194	R	2,03	R	2,74	35
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	6,653	R	2,04	R	2,76	30
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	6,063	R	2,06	R	2,8	25
Total de hr	Z	-7,972	R	2,011	R	2,684	50
30-05-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	7,795	R	2,021	R	2,704	41
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	7,298	R	2,031	R	2,73	36
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	6,765	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	6,186	R	2,06	R	2,79	26
Total de hr	Z	-8,047	R	2,01	R	2,682	51
24-06-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	9,232	R	2,003	R	2,667	58
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	8,001	R	2,012	R	2,682	51
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	7,520	R	2,016	R	2,693	46
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	7,007	R	2,02	R	2,71	41
Total de hr	Z	-9,359	R	1,997	R	2,654	68
20-08-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,410	R	2,09	R	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	4,666	R	2,14	R	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	55	R	23	A	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	15	R	2	A	25	5
Total de hr	Z	-6,157	R	2,04	R	2,75	30
15-10-1992							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	6,186	R	2,06	R	2,79	26
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	5,547	R	2,09	R	2,84	21
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	4,824	R	2,13	R	2,95	16
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	3,973	R	2,23	R	3,17	11
Total de hr	Z	-6,672	R	2,036	R	2,727	36
20-05-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	7,400	R	2,034	R	2,667	37
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	6,875	R	2,04	R	2,75	32
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	6,306	R	2,06	R	2,78	27
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	5,680	R	2,08	R	2,83	22
Total de hr	Z	-7,8901	R	2,014	R	2,690	47
13-06-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	9,500	R	2	R	2,66	62
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	9,206	R	2,004	R	2,669	57
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	8,790	R	2,009	R	2,679	52
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	8,352	R	2,015	R	2,691	47
Total de hr	Z	-9,687	R	1,996	R	2,652	72

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Continuación Tabla N°12

28-06-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	6,983	R	2,038	R	2,741	33
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	6,424	R	2,05	R	2,77	28
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	5,811	R	2,07	R	2,82	23
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	5,125	R	2,11	R	2,9	18
Total de hr	Z	-6,974	R	2,018	R	2,699	43
26-07-1993							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	6,012	R	2,06	R	2,78	27
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	5,680	R	2,08	R	2,83	22
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	4,977	R	2,12	R	2,92	17
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	4,157	R	2,2	R	3,11	12
Total de hr	Z	-6,324	R	2,035	R	2,722	37
16-04-1994							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,680	R	2,08	R	2,83	22
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	4,977	R	2,12	R	2,92	17
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	4,157	R	2,2	R	3,11	12
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	49,0	R	8	R	45	7
Total de hr	Z	-6,277	R	2,04	R	2,745	32
23-04-1994							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,680	R	2,08	R	2,83	22
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	4,977	R	2,12	R	2,92	17
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	4,157	R	2,2	R	3,11	12
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	49	R	8	R	45	7
Total de hr	Z	-6,291	R	2,04		2,745	32
09-06-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,410	R	2,09	R	2,86	20
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	4,666	R	2,14	R	2,98	15
$\alpha(20 \text{ hr})$	Ua	100	R	23	R	84	10
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	25	R	2	R	25	5
Total de hr	Z	-6,549	R	2,04	R	2,75	30
15-06-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	6,765	R	2,04	R	2,75	31
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	6,186	R	2,06	R	279	26
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	5,547	R	2,09	R	2,84	21
$\alpha(25 \text{ hr})$	Z	4,824	R	2,13	R	2,95	16
Total de hr	Z	-7,841	R	2,02	R	2,704	41
23-08-1995							
$\alpha(10 \text{ hr})$	Z	5,938	R	2,07	R	2,81	24
$\alpha(15 \text{ hr})$	Z	5,270	R	2,1	R	2,88	19
$\alpha(20 \text{ hr})$	Z	4,503	R	2,16	R	3,01	14
$\alpha(25 \text{ hr})$	Ua	81	R	17	R	70	9
Total de hr	Z	-6,372	R	2,038	R	2,736	34

Z : es el valor del estadístico empleado para número de datos mayor a 10.

Ua : es el valor del estadístico empleado para número de datos igual o menor a 10.

Cal: Es el valor calculado para el test estadístico empleado.

N: Número de datos en el test estadístico.

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Tabla N°13 : Resultados de la prueba de Chi-cuadrado, para el modelo exponencial 1.

	Calculado	$\chi^2(5\%)$	$\chi^2(1\%)$
03-05-90			
Total de hr	2,950	A 9,49	A 13,28
18-07-1990			
$\alpha(10 \text{ hr})$	2,116	A 7,81	A 11,34
Total de hr	1,109	A 11,09	A 15,09
20-09-90			
	0,775	A 9,49	A 13,28
18-05-1991			
$\alpha(10 \text{ hr})$	4,941	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	1,861	A 9,49	A 13,28
Total de hr	4,550	A 11,07	A 15,09
18-07-1991			
10 hr	0,550	A 9,49	A 13,28
Total de hr	3,044	A 11,07	A 15,09
06-08-1991			
$\alpha(10 \text{ hr})$	4,088	A 7,81	A 11,34
Total de hr	5,852	A 11,07	A 15,09
17-09-1991			
$\alpha(10 \text{ hr})$	2,271	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	5,344	A 9,49	A 13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	0,85	A 7,81	A 11,34
Total de hr	1,581	A 11,07	A 15,09
30-05-1992			
$\alpha(10 \text{ hr})$	3,566	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	4,092	A 9,49	A 13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	3,791	A 7,81	A 11,34
Total de hr	10,301	A 11,07	A 15,09
24-06-1992			
$\alpha(10 \text{ hr})$	20,423	R 9,49	R 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	15,292	R 9,49	R 13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	14,001	R 9,49	R 13,28
$\alpha(25 \text{ hr})$	13,763	R 9,49	R 13,28
Total de hr	15,723	R 12,59	A 16,81
20-08-92			
Total de hr	2,621	A 9,49	A 13,28
15-10-92			
Total de hr	4,042	A 11,07	A 15,09
20-05-1993			
$\alpha(10 \text{ hr})$	0,683	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	0,392	A 7,81	A 11,34
Total de hr	4,189	A 11,07	A 15,09

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Nota: Para cada una de las crecidas no se encuentran todos los lapsos, puesto que se necesita un mínimo de 30 datos para la aplicación de este test.

Continuación Tabla N°13

	Calculado		$\chi^2(5\%)$		$\chi^2(1\%)$
13-06-1993					
$\alpha(10 \text{ hr})$	1,65	A	9,49	A	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	1,644	A	9,49	A	13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	1,313	A	9,49	A	13,28
$\alpha(25 \text{ hr})$	1,229	A	9,49	A	13,28
Total de hr	8,855	A	12,59	A	16,81
28-06-1993					
$\alpha(10 \text{ hr})$	2,354	A	9,49	A	13,28
Total de hr	5,263	A	11,07	A	15,09
26-07-93					
Total de hr	6,533	A	11,07	A	15,09
16-04-94					
Total de hr	4,367	A	9,49	A	13,28
23-04-94					
Total de hr	3,425	A	9,49	A	13,28
09-06-95					
Total de hr	2,250	A	9,49	A	13,28
15-06-95					
10 hr.	6,216	A	7,81	A	11,34
Total de hr	2,633	A	11,07	A	15,09
23-08-95					
Total de hr	5,536	A	11,07	A	15,09

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Nota: Para cada una de las crecidas no se encuentran todos los lapsos, puesto que se necesita un mínimo de 30 datos para la aplicación de este test.

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 Centro de Información Recursos Hídricos
 Área de Documentación

Tabla N°14 : Resultados de la prueba de Chi-cuadrado, para el modelo exponencial 2.

	Calculado	$\chi^2(5\%)$	$\chi^2(1\%)$
03-05-90			
Total de hr	2,975	A 9,49	A 13,28
18-07-1990			
$\alpha(10 \text{ hr})$	4,333	A 7,81	A 11,34
Total de hr	16,012	R 11,07	R 15,09
20-09-90			
	4,069	A 9,49	A 13,28
18-05-1991			
$\alpha(10 \text{ hr})$	5,0194	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	3,869	A 9,49	A 13,28
Total de hr	15,894	R 11,07	R 15,09
18-07-1991			
10 hr.	6,55	A 9,49	A 13,28
Total de hr	10,038	A 11,07	A 15,09
06-08-1991			
$\alpha(10 \text{ hr})$	2,404	A 7,81	A 11,34
Total de hr	3,307	A 11,07	A 15,09
17-09-1991			
$\alpha(10 \text{ hr})$	2,271	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	1,700	A 9,49	A 13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	0,850	A 7,81	A 11,34
Total de hr	5,230	A 11,07	A 15,09
30-05-1992			
$\alpha(10 \text{ hr})$	3,566	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	4,0928	A 9,49	A 13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	3,7916	A 7,81	A 11,34
Total de hr	13,152	R 11,07	A 15,09
24-06-1992			
$\alpha(10 \text{ hr})$	19,595	R 9,49	R 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	9,933	R 9,49	A 13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	12,548	R 9,49	A 13,28
$\alpha(25 \text{ hr})$	13,763	R 9,49	R 13,28
Total de hr	11,347	A 12,59	A 16,81
20-08-92			
Total de hr	8,451	A 9,49	A 13,28
15-10-92			
Total de hr.	0,583	A 11,07	A 15,09
20-05-1993			
$\alpha(10 \text{ hr})$	0,875	A 9,49	A 13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	0	A 7,81	A 11,34
Total de hr	0,648	A 11,07	A 15,09

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Nota: Para cada una de las crecidas no se encuentran todos los lapsos, puesto que se necesita un mínimo de 30 datos para la aplicación de este test.

Continuación Tabla N°14

	Calculado		$\chi^2(5\%)$		$\chi^2(1\%)$
13-06-1993					
$\alpha(10 \text{ hr})$	3,7955	A	9,49	A	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	2,8617	A	9,49	A	13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	2,086	A	9,49	A	13,28
$\alpha(25 \text{ hr})$	1,1964	A	9,49	A	13,28
Total de hr	2,763	A	12,59	A	16,81
28-06-1993					
$\alpha(10 \text{ hr})$	2,3547	A	9,49	A	13,28
Total de hr	3,093	A	11,07	A	15,09
26-07-93					
Total de hr	8,644	A	11,07	A	15,09
16-04-94					
Total de hr	12,171	R	9,49	A	13,28
23-04-94					
Total de hr	3,175	A	9,49	A	13,28
09-06-95					
Total de hr	0,984	A	9,49	A	13,28
15-06-95					
10 hr.	7,9642	R	7,81	A	11,34
Total de hr	11,667	R	11,07	A	15,09
23-08-95					
Total de hr	0,944	A	11,07	A	15,09

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Nota: Para cada una de las crecidas no se encuentran todos los lapsos, puesto que se necesita un mínimo de 30 datos para la aplicación de este test.

Tabla N°15 : Resultados de la prueba de Chi-cuadrado, para el modelo potencial.

	Calculado		$\chi^2(5\%)$		$\chi^2(1\%)$
03-05-90					
Total de hr	84,950	R	9,49	R	13,28
18-07-1990					
$\alpha(10 \text{ hr})$	12,7023	R	7,81	R	11,34
Total de hr	94,313	R	11,07	R	15,09
20-09-90					
	42,857	R	9,49	R	13,28
18-05-1991					
$\alpha(10 \text{ hr})$	19,8267	R	9,49	R	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	9,8095	R	9,49	A	13,28
Total de hr	112,500	R	11,07	R	15,09
18-07-1991					
10 hr.	4,95	A	9,49	A	13,28
Total de hr	14,339	R	11,07	A	15,09
06-08-1991					
$\alpha(10 \text{ hr})$	5,2166	A	7,81	A	11,34
Total de hr	9,940	A	11,07	A	15,09
17-09-1991					
$\alpha(10 \text{ hr})$	3,1506	A	9,49	A	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	2,7	A	9,49	A	13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	1,766	A	7,81	A	11,34
Total de hr	60,267	R	11,07	R	15,09
30-05-1992					
$\alpha(10 \text{ hr})$	13,222	R	9,49	R	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	21,047	R	9,49	R	13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	11,177	R	7,81	A	11,34
Total de hr	55,464	R	11,07	R	15,09
24-06-1992					
$\alpha(10 \text{ hr})$	43,512	R	9,49	R	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	37,386	R	9,49	R	13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	35,161	R	9,49	R	13,28
$\alpha(25 \text{ hr})$	25,607	R	9,49	R	13,28
Total de hr	140,726	R	12,59	R	16,81
20-08-92					
Total de hr	22,104	R	9,49	R	13,28
15-10-92					
Total de hr	18	R	11,07	R	15,09
20-05-1993					
$\alpha(10 \text{ hr})$	8,895	A	9,49	A	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	5,982	A	7,81	A	11,34
Total de hr	70,45	R	11,07	R	15,09

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Nota: Para cada una de las crecidas no se encuentran todos los lapsos, puesto que se necesita un mínimo de 30 datos para la aplicación de este test.

Continuación Tabla N°15

	Calculado		$\chi^2(5\%)$		$\chi^2(1\%)$
13-06-1993					
$\alpha(10 \text{ hr})$	17,273	R	9,49	R	13,28
$\alpha(15 \text{ hr})$	7,373	R	9,49	A	13,28
$\alpha(20 \text{ hr})$	6,438	A	9,49	A	13,28
$\alpha(25 \text{ hr})$	2,284	A	9,49	A	13,28
Total de hr	118,78	R	12,59	R	16,81
28-06-1993					
$\alpha(10 \text{ hr})$	10,392	R	9,49	A	13,28
Total de hr	31,64	R	11,07	R	15,09
26-07-93					
Total de hr	9,009	R	11,07	R	15,09
16-04-94					
Total de hr	13,157	R	9,49	A	13,28
23-04-94					
Total de hr	29,583	R	9,49	R	13,28
09-06-95					
Total de hr	31,762	R	9,49	R	13,28
15-06-95					
$\alpha(10 \text{ hr})$	15,4	R	7,81	R	11,34
Total de hr	62,297	R	11,07	R	15,09
23-08-95					
Total de hr	10,079	R	11,07	R	15,09

A: Test aprobado para el nivel de significancia indicado.

R: Test reprobado para el nivel de significancia indicado.

Total de hr: Se utilizó el total de datos (horas) para el proceso de bondad de ajuste.

Nota: Para cada una de las crecidas no se encuentran todos los lapsos, puesto que se necesita un mínimo de 30 datos para la aplicación de este test.

5.3.4.- Capacidad de almacenamiento de la cuenca.

La capacidad de almacenamiento obtenida para cada uno de los modelos propuestos y cada crecida analizada en este estudio, se encuentra en las tablas que a continuación se presentan.

Tabla N°16 : Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm³), para cada lapso considerado y para el modelo exponencial 1 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$).

Crecida	α (10 hr)	α (15 hr)	α (20 hr)	α (25 hr)	α (Total de hr)
03-05-1990	0,435	0,303	0,281	0,286	0,286
18-07-1990	0,076	0,765	0,791	0,792	0,734
20-09-1990	0,083	0,806	0,756	0,077	0,807
18-05-1991	0,262	0,337	0,335	0,036	0,348
18-07-1991	5,597	4,980	5,036	5,156	5,245
06-08-1991	1,636	1,708	1,843	2,106	2,030
17-09-1991	3,118	2,755	2,722	2,720	3,166
30-05-1992	3,325	3,563	3,767	4,067	5,648
24-06-1992	4,428	4,311	4,470	4,793	6,017
20-08-1992	0,864	0,898	0,914	0,990	0,929
15-10-1992	1,503	1,712	1,886	2,100	2,395
20-05-1993	0,458	0,506	0,552	0,592	1,825
13-06-1993	1,609	1,798	1,871	1,830	1,784
28-06-1993	1,544	1,819	2,057	2,108	2,786
26-07-1993	3,811	3,394	2,507	2,529	1,508
16-04-1994	0,322	0,380	0,425	0,470	0,524
23-04-1994	0,889	0,925	0,990	1,086	1,176
09-06-1995	0,300	0,303	0,333	0,357	0,383
15-06-1995	0,878	1,032	1,078	1,030	2,401
23-08-1995	1,423	1,657	1,857	1,991	1,014

Tabla N°17 : Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm³), para cada lapso considerado y para el modelo exponencial 2 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha \cdot t^n}$).

Crecidas	$\alpha(10 \text{ hr})$	$\alpha(15 \text{ hr})$	$\alpha(20 \text{ hr})$	$\alpha(25 \text{ hr})$	$\alpha(\text{Total de hr})$
03-05-1990	1,009	0,908	0,997	1,139	1,261
18-07-1990	0,186	0,185	0,184	0,183	0,182
20-09-1990	0,176	0,165	0,155	0,152	0,151
18-05-1991	0,084	0,084	0,081	0,079	0,072
18-07-1991	1,083	0,999	0,994	1,004	1,004
06-08-1991	0,277	0,264	0,259	0,261	0,258
17-09-1991	1,437	0,335	1,409	1,443	1,724
30-05-1992	1,338	1,387	1,435	1,502	1,828
24-06-1992	0,942	0,898	0,898	0,909	0,951
20-08-1992	0,271	0,270	0,272	0,283	0,274
15-10-1992	0,358	0,347	0,341	0,339	0,332
20-05-1993	0,109	0,107	0,106	0,105	0,104
13-06-1993	0,333	0,330	0,324	0,313	0,321
28-06-1993	0,346	0,329	0,320	0,309	0,292
26-07-1993	3,065	2,995	2,756	2,975	3,807
16-04-1994	0,298	0,362	0,416	0,470	0,535
23-04-1994	0,290	0,290	0,297	0,309	0,320
09-06-1995	0,094	0,089	0,088	0,088	0,087
15-06-1995	0,293	0,287	0,278	0,268	0,253
23-08-1995	0,288	0,284	0,282	0,279	0,280

Tabla N°18 : Capacidad de almacenamiento de la cuenca (Hm³), para cada lapso considerado y para el modelo potencial ($Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$).

Crecidas	$\alpha(10 \text{ hr})$	$\alpha(15 \text{ hr})$	$\alpha(20 \text{ hr})$	$\alpha(25 \text{ hr})$	$\alpha(\text{Total de hr})$
03-05-1990	0,204	0,011	0,082	0,070	0,059
18-07-1990	0,335	0,288	0,260	0,225	0,115
20-09-1990	0,345	0,270	0,197	0,163	0,147
18-05-1991	0,088	0,097	0,074	0,064	0,016
18-07-1991	2,827	2,254	0,211	2,023	1,602
06-08-1991	0,724	0,648	0,062	0,672	0,659
17-09-1991	0,145	1,075	0,920	0,801	0,562
30-05-1992	1,333	1,208	1,090	1,042	0,893
24-06-1992	2,054	1,723	1,594	1,571	1,007
20-08-1992	0,385	0,344	0,305	0,301	0,237
15-10-1992	0,588	0,563	0,539	0,543	0,492
20-05-1993	0,178	0,162	0,152	0,142	0,099
13-06-1993	0,696	0,677	0,618	0,515	0,326
28-06-1993	0,648	0,669	0,687	0,621	0,531
26-07-1993	1,983	1,494	1,060	1,000	1,063
16-04-1994	0,121	0,120	0,117	0,116	0,112
23-04-1994	0,367	0,315	0,291	0,287	0,266
09-06-1995	0,095	0,066	0,056	0,047	0,041
15-06-1995	0,293	0,277	0,226	0,152	0,059
23-08-1995	0,590	0,596	0,601	0,580	0,591

6.- ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

6.1.- Recopilación de la información.

En este proceso se observaron problemas similares a los expuestos en el estudio realizado por Ruiz en 1995, para la misma etapa. En esencia, éstos se pueden diferenciar en: aquellos asociados a causas externas que puede alterar los registros; a la manipulación de ellos o interpretación de los mismos y; al instrumental o a la toma de los datos.

Así, para el primer tipo de problemas, en algunas crecidas el limnigrama registró saltos verticales que luego volvieron a su estado normal, lo que puede ser explicado por la caída de algún objeto de gran tamaño cerca de la estación fluviométrica. Y entre los problemas asociados a la manipulación, se pueden considerar errores o distorsiones propias del proceso de fotocopiado y la unión de estas fotocopias. Por otro lado, los errores asociados al funcionamiento, se presentaron en algunos tramos de la línea que se registra en el limnigrama, ya que mostraba un grosor que complicaba la lectura del registro.

6.2.- Análisis de las crecidas seleccionadas.

Respecto a las crecidas seleccionadas, se puede destacar que éstas se encuentran entre los meses de abril y octubre, en donde la crecida del 13/6/1993 es la que presenta la mayor cantidad de datos (horas), que corresponden a 72.

Por otro lado, de los resultados presentados en la tabla N°1, se establece que la crecida del 30/5/1992 registró el mayor caudal inicial de la curva recesiva (Q_0), cuyo valor es de 30,2 m³/s, y la crecida del 3/5/1990 fue la que mostró el menor caudal, correspondiente a 2,2 m³/s.

Es importante destacar que el parámetro Q_0 , de cada una de las crecidas estudiadas, se obtuvo de acuerdo a una sólo metodología, independientemente de los modelos

estudiados. Así, este parámetro fue determinado según el método explicado en el punto 4.1.5, en donde se explica detalladamente cómo este parámetro se obtuvo mediante una gráfica, a partir de datos reales, de tal forma que los modelos no tienen ninguna influencia sobre Q_0 .

6.3.- Análisis del modelo exponencial 1 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$).

Con respecto a los caudales estimados de cada crecida, que fueron producto de la modelación, se observa que en general presentan una subestimación de éstos en comparación con los valores reales, a excepción de 3 crecidas que presentan una sobrestimación. Además, en 3 crecidas se presenta una modelación casi perfecta, ya que no se ve una diferencia notoria entre los valores reales y los estimados; todo esto se desprende al observar los datos contenidos entre las tablas N°19 y tabla N°38 y su respectiva figura (apéndice). Para todas estas situaciones anteriormente señaladas, se realizó una serie de actividades con el fin de encontrar una respuesta a estas situaciones diferenciales. Así por ejemplo, se pensó que ello podía deberse a la magnitud del valor del caudal punta que generó la curva de bajada. Así también, se pensó que era producido por el número de datos (horas) que contaba cada crecida, como también por la estación del año en que ocurrió dicha crecida; ninguna de estas hipótesis pudo explicar los resultados obtenidos.

6.3.1.- Coeficiente de agotamiento (α).

Como se puede observar, en la figura N°6 se ve claramente que para la mayoría de las crecidas, los coeficientes de agotamiento (α) disminuyen su valor a medida que aumenta el lapso considerado, para la determinación de dicho coeficiente, mientras las restantes crecidas no presentan una tendencia definida. Este fenómeno puede ser explicado en parte, dado que la curva de bajada de una crecida a través del tiempo, se va estabilizando. Como el parámetro α corresponde a la pendiente de la función, ello implica que a medida que transcurre el tiempo, la pendiente de la curva de bajada va disminuyendo, y esto ocurre al transformar la función de una exponencial en una lineal.

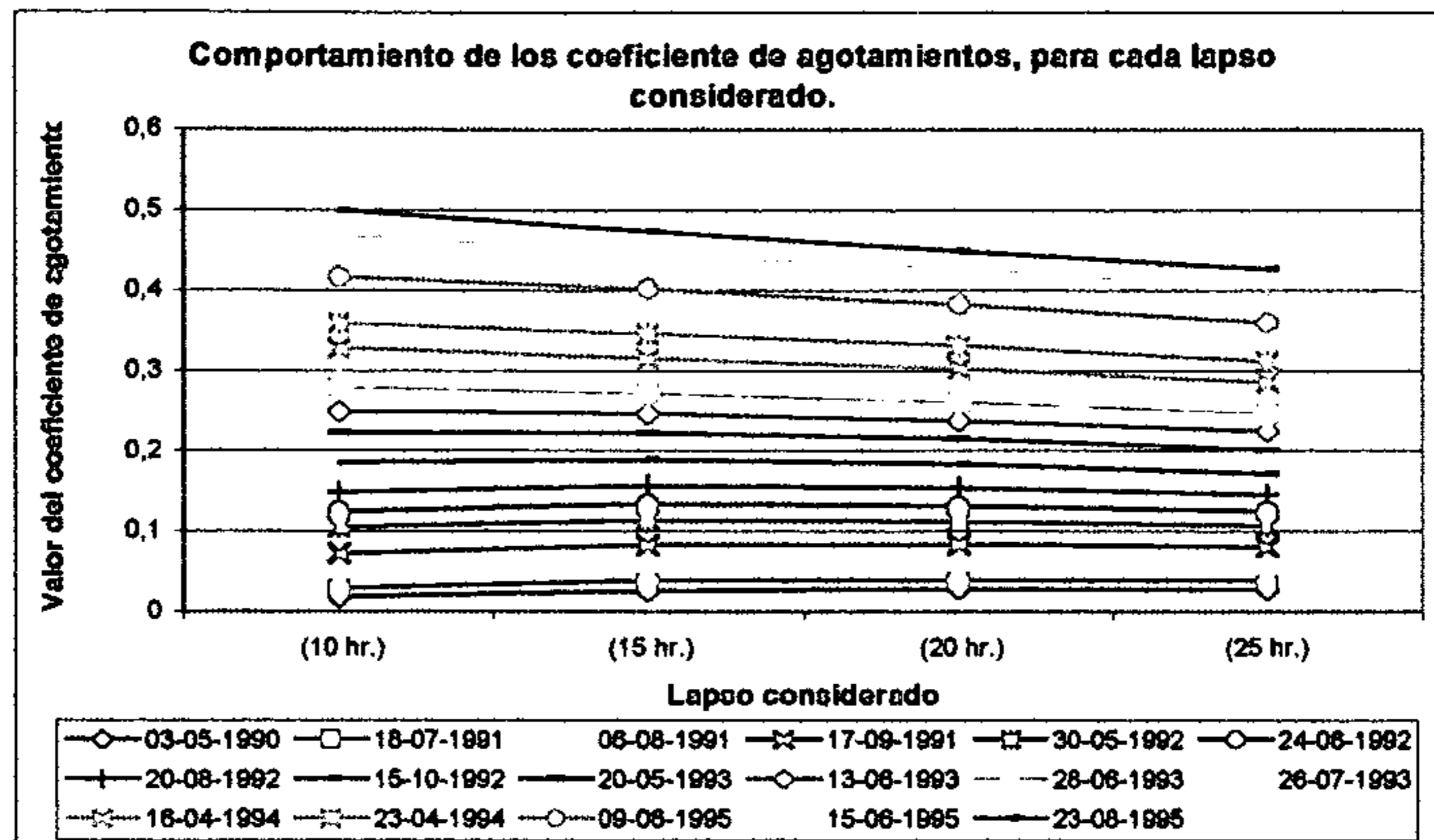


Figura N°6: Comportamiento de los coeficientes de agotamiento (α), para cada lapso.

Por otra parte, se estableció que no existe una relación entre los valores de Q_0 y α , ya que para valores muy similares o iguales de Q_0 , éstos presentan valores de α totalmente diferentes, como por ejemplo, las crecidas del 6/8/1990 y 20/9/1990.

La variabilidad registrada en torno al coeficiente de agotamiento estaría explicada por la distribución de las precipitaciones al interior de la cuenca, lo que puede influir en la recesión normal que debería presentar el caudal del río. Así por ejemplo, se pueden presentar dos situaciones: a) las precipitaciones se concentran en un lugar muy cercano al río, lo que permite que las precipitaciones se evacúen en forma rápida desde la cuenca, y b) las precipitaciones ocurren en lugares más alejados del cauce, necesitándose un mayor tiempo para que éstas sean evacuadas de la cuenca.

Por otra parte, existen patrones que permiten diferenciar. Así por ejemplo, al comparar los coeficientes de agotamiento obtenidos en los lapsos de 10, 15, 20 y 25 horas, con aquellos obtenidos con el total de los datos existentes, se puede señalar que los valores

del lapso de la hora 20 se asemejan más a los valores obtenidos con el total de los datos existentes, y no así los valores de la hora 25, que sería lo esperable.

6.3.2.-Coeficiente de determinación (R^2).

En relación a las medidas de bondad de ajuste, los coeficientes de determinación (tabla N°4 y figura N°7), para cada crecida seleccionada, no mostraron ninguna tendencia clara, producto que a medida que aumenta o disminuye el lapso, los R^2 no mantienen un comportamiento definido. Pero, también se advierte que, las crecidas registradas en los meses de invierno, presentan altos valores de R^2 .

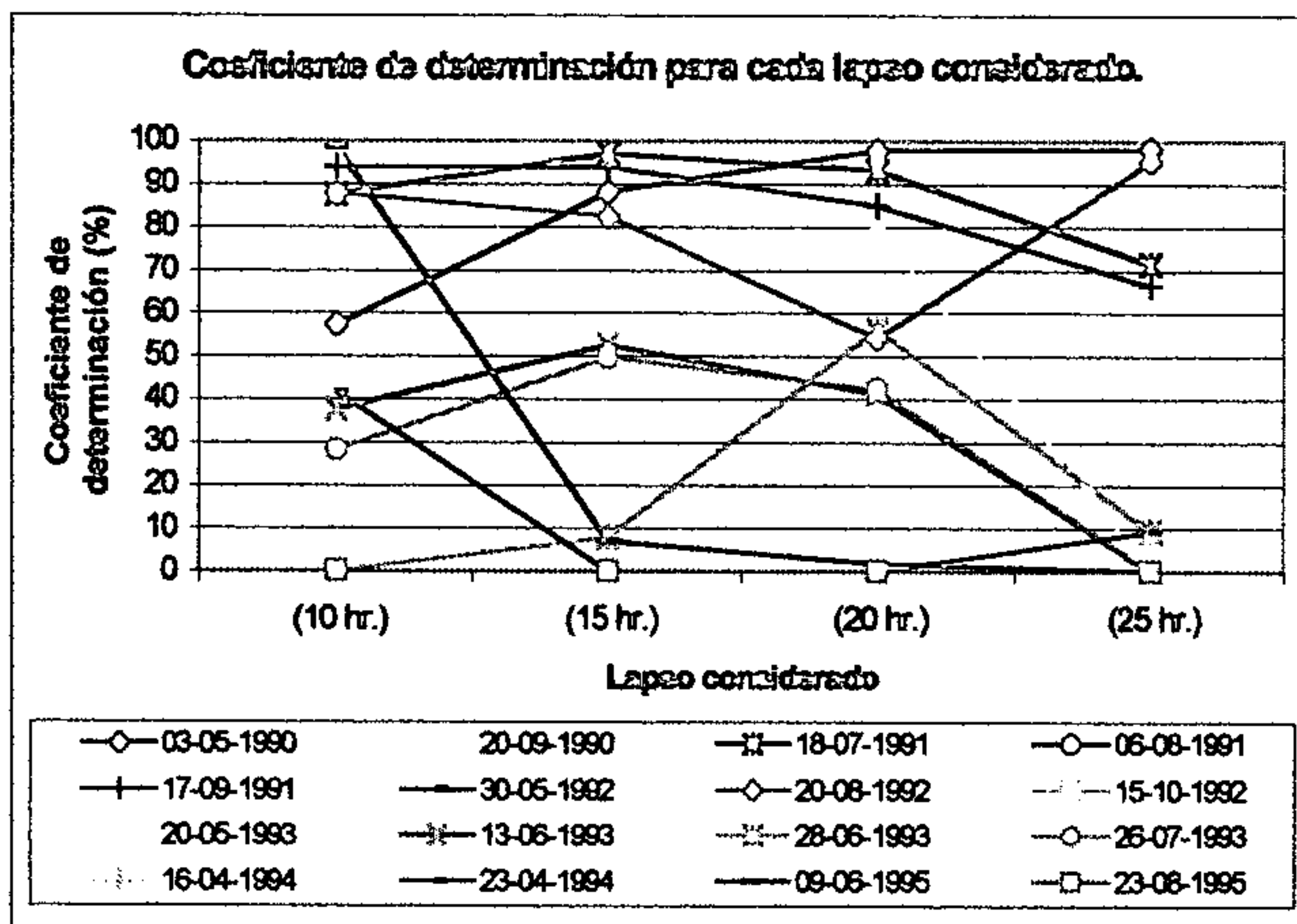


Figura N°7: Comportamiento de los coeficientes de determinación, para cada lapso considerado.

Como se aprecia en el gráfico, la tendencia de los coeficientes de determinación no está definido al parecer por un patrón. Así por ejemplo, la crecida 03/05/1990 (○), para el lapso 10 hr presenta un R^2 de 57,3 %, en tanto para la misma crecida y el lapso 20 hr, el R^2 asciende notoriamente a 97,8 %. Por el contrario, para la crecida 09/06/1995 (□) y, para el lapso 10 hr, se obtiene un R^2 de 98,6 %, en tanto para la misma crecida y para el lapso 20 hr

hr el R^2 desciende bruscamente a un 1,7 %.

6.3.3.- Error estándar de estimación.

Por otro lado, el error estándar de estimación de la tabla N°7, muestra que el promedio del error del conjunto de 20 crecidas estudiadas, para cada lapso considerado $\alpha(10hr)$, $\alpha(15hr)$, $\alpha(20hr)$ y $\alpha(25 hr)$, disminuye a medida que aumenta dicho lapso. De acuerdo a ésto, se puede decir que a medida que aumenta el lapso ($\alpha(10hr)$, $\alpha(15hr)$, $\alpha(20hr)$ y $\alpha(25 hr)$), hay una menor diferencia en promedio entre los caudales reales y los estimados. Por el contrario, al analizar en forma individual cada una de las crecida, el error estándar arrojado para cada lapso considerado, no presenta un comportamiento definido.

6.3.4.- Prueba U de Mann-Whitney.

En las medidas de bondad de ajuste del modelo exponencial 1, se emplearon 20 tests para cada lapso considerado. La confiabilidad especificada en la metodología para la prueba U de Mann-Whitney, fue de un 95% y un 99%. Para el primer caso, y remitiéndose a la tabla N°10, al comparar los valores de los U calculados con respecto a los valores U de tabla, se debió rechazar más del 50% del total de los tests aplicados. De tal forma, se obtuvo la siguiente cantidad de pruebas aceptadas: 8 tests para la hora 10; 9 tests para la hora 15; 7 tests para la hora 20, y 7 tests para la hora 25. De acuerdo a lo anterior, se puede decir que para la prueba de hipótesis H_0 al 95% de confiabilidad, se rechaza la hipótesis nula para la mayoría de las crecidas seleccionadas, lo que significa que la distribución de la población de los caudales observados (reales) y los caudales modelados, no son idénticos.

Para el segundo caso, es decir un 99 % de confiabilidad, hubo un mayor porcentaje de aceptación, superior al 70% del total de los tests aplicados. Además, la suma de los tests aprobados para cada lapso considerado, aumenta a medida que aumentan los lapsos de determinación del coeficiente α . Así, para las 20 pruebas hechas para cada lapso, fueron aceptados 10 tests para la hora 10; 14 tests para la hora 15; 16 tests para la hora 20, y 17

tests para la hora 25 (tabla N°10). De lo expuesto, se desprende que a mayor lapso considerado para la estimación de los parámetros, hay una mejor modelación o predicción del modelo.

6.3.5.- Prueba Chi-cuadrado.

Para la realización de esta prueba, como se mencionó en la revisión bibliográfica, se debía contar con un mínimo de 30 datos; por tal motivo, hubo crecidas y lapsos en los que no fue factible aplicar esta prueba.

Por tal motivo, al analizar los resultados de la prueba chi-cuadrado (tabla N°13), fue posible determinar que no existe una diferencia significativa entre el caudal modelado y el caudal observado en aquellas crecidas donde fue posible aplicar esta prueba, 17 de 80, según lo señalado en el párrafo anterior. Con todos estos antecedentes, se puede decir que el ajuste del caudal, realizado por medio del modelo exponencial 1 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$), a excepción de la crecida del 24/06/1992, hace una buena estimación de los caudales recesivos del río Purapel, pero sólo para las crecidas consideradas.

6.3.6.- Capacidad de almacenamiento.

En el contexto de la capacidad de almacenamiento de la cuenca (tabla N°16), cuyo valor depende de los parámetros Q_0 y α , se verificó la existencia de 4 capacidades de almacenamiento diferentes, para cada crecida, por el hecho de tener 4 lapsos definidos por parámetros obtenidos a las horas 10, 15, 20 y 25. De esta manera se observó que los valores más altos de almacenaje se concentraron a la hora 25, mientras que los valores más bajos de almacenamiento se presentaron a la hora 10. Pero, en el lapso de la hora 20, es donde debería existir una mejor estimación de la capacidad de almacenamiento, ya que es este lapso donde existió menor diferencia entre los valores α de la hora 20 con respecto a los α patrón, entendidos éstos como aquellos definidos por el total de datos considerados para cada crecida.

Cabe destacar, el efecto de pequeñas variaciones en los decimales del valor de α sobre la determinación de la capacidad de almacenamiento, haciendo que se obtengan capacidades de almacenamiento absolutamente disímiles entre sí. Así por ejemplo, para un α de 0,0368 se obtuvo una capacidad de 1,503 Hm³, en cambio para un α de 0,0323, se calculó una capacidad de 1,712 Hm³.

6.3.7- Método utilizando el total de datos seleccionados.

La metodología que se aplicó para la estimación del parámetro α , en el modelo exponencial 1, arrojó resultados positivos en las medidas de bondad de ajuste para cada una de las crecidas estudiadas, ya que el valor más bajo para el coeficiente de determinación fue de un 74,97 % en la crecida del 24/6/1992 y, el más alto, de un 99,4% en la crecida del 20/9/1990 (tabla N°8). Por otra parte, como se puede observar en la tabla N°4, el error estándar promedio es más bajo, comparado con aquellos obtenidos en los lapsos de la hora 10, 15, 20 y 25.

Además, en la prueba de U de Mann-Whitney, para los niveles de significancia del 5% y 1% fue aceptada la hipótesis nula en todos los casos. En el caso de la prueba de Chi-cuadrado, fueron aceptadas 19 hipótesis nulas de un total de 20 para un nivel de significancia del 5%, pero para un nivel de significancia del 1% fue aceptada la totalidad de las hipótesis nula (20 hipótesis nula).

Pero, la desventaja de esta metodología es la utilización del total de datos tanto para el ajuste como para las medidas de bondad de ajuste del modelo, no permitiendo conocer la verdadera capacidad de predicción de éste. Por tanto, este método de estimación del parámetro α , entrega valores que sólo sirven para determinar la capacidad de almacenamiento de la cuenca. Por ende, los caudales estimados son muy cercanos a los caudales reales. Por tal motivo, los parámetros obtenidos mediante esta nueva metodología fueron utilizados como un valor de referencia. Asimismo, esto plantearía en principio, que no se deberían establecer predicciones con menos de 30 datos.

6.4.- Análisis del modelo exponencial 2 ($Q(t) = Q_0 e^{-\alpha \cdot t^n}$).

Los caudales que fueron producto de la modelación según este modelo, en general presentan una sobrestimación con respecto a los caudales observados, como por ejemplo la crecida del 20/9/1990, que se muestra en la figura siguiente.

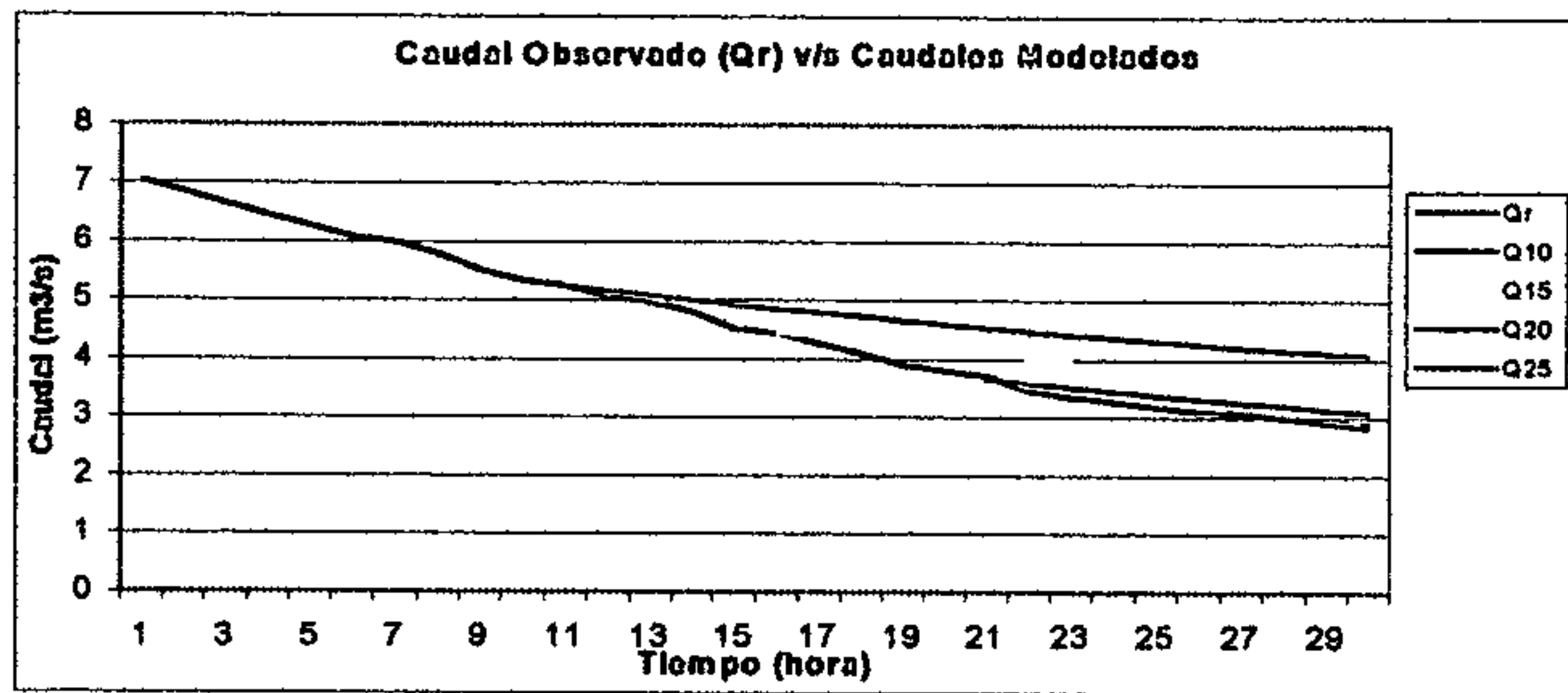


Figura N°8: Comportamiento de los caudales modelados para cada lapso considerado y el caudal observado.

Como se puede apreciar en la figura, las curvas modeladas presentan una estabilización de la pendiente, en un tiempo menor que el que denota la curva de datos reales.

6.4.1.- Coeficiente de agotamiento (α).

Los valores de los coeficientes de agotamiento de cada crecida, de la tabla N°2 y figura N°9, se contrastan a partir de cada tiempo en que fueron estimados, en donde se puede ver que estos coeficientes no tienen un comportamiento definido, puesto que a medida que aumenta el tiempo en que fueron determinados, estos valores tienden a disminuir, como también tienden a aumentar, y en otras ocasiones tienen un comportamiento totalmente irregular. Algunas de las actividades realizadas con el objeto de encontrar alguna respuesta a las situaciones anteriormente señaladas fueron el agrupar las crecidas seleccionadas en las 4 estaciones del año y ver qué comportamiento tenían los α ;

ver si las crecidas que tenían valores altos o bajos de caudales, incidían en el valor de α ; o agrupar por la forma (pendiente) que tenía la curva de bajada de la crecida, con el objeto de ver el comportamiento del parámetro α en relación a esta característica. Ninguna de ellas entregó una respuesta acerca del comportamiento de α .

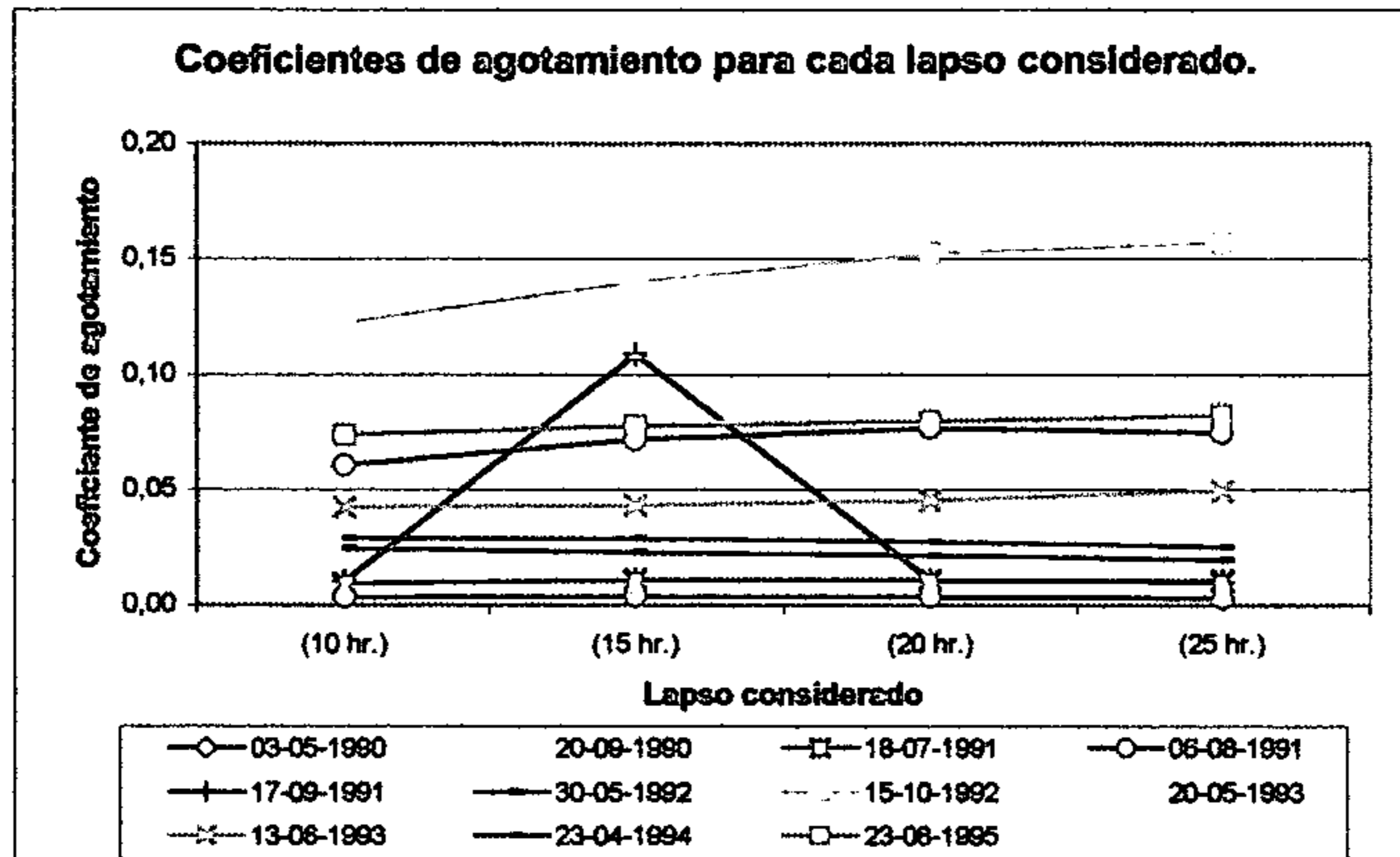


Figura N°9: Comportamiento de los coeficientes de agotamiento, para cada lapso considerado.

6.4.2.- Coeficiente "n" del modelo.

La tabla N°2, muestra los valores obtenidos del parámetro n del modelo, para cada una de las crecidas, observándose valores muy disímiles entre sí. Éstos se encuentran en un rango que va de 0,0003 a 1,685. La gran dispersión que presentan estos valores, no puede ser explicada o asociada a algún parámetro (Q_0 y α) del modelo, o al número de datos de la crecida. Cabe recordar que el coeficiente n se obtiene de un sistema de ecuaciones, generado a partir del mismo modelo exponencial 2.

6.4.3.- Coeficiente de determinación (R^2).

Los valores de los coeficientes de determinación (R^2) (tabla N°6 y figura N°10), muestran que las crecidas del 18/7/1990, el 18/7/1991, el 28/6/1993 y el 16/4/1994, presentan para todos los lapsos, un coeficiente de determinación 0 (cero). Además, los coeficientes (R^2) de cada crecida no presentan ningún patrón; estos valores a medida que aumentan los lapsos ($\alpha(10hr)$, $\alpha(15hr)$, $\alpha(20hr)$ y $\alpha(25 hr)$), tienden tanto a aumentar como a disminuir. Por tanto, no se observa claramente cuál es el tiempo o lapso en que se obtiene, en general, el mejor coeficiente para cada crecida. Así por ejemplo, no se puede señalar que, al realizar la modelación para el lapso correspondiente a las 10 horas, se obtendrán altos coeficientes de determinación, en comparación con un lapso de 15 o 25 horas, para la obtención del coeficiente de agotamiento. Esto se observa claramente, para cada uno de los lapsos considerados, en la siguiente figura.

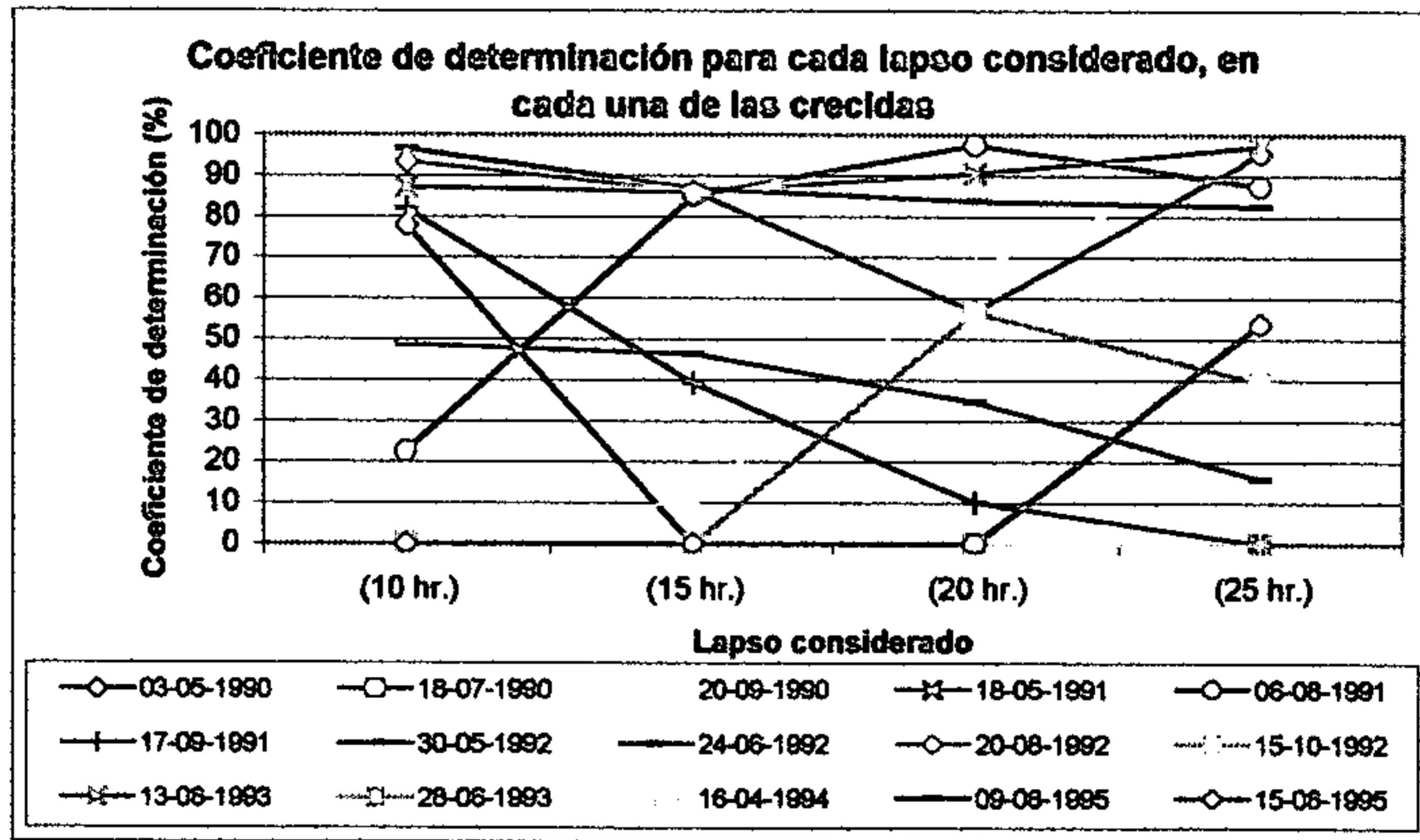


Figura N°10: Comportamiento de los coeficientes de determinación, para cada lapso considerado.

6.4.4.- Error estándar de estimación.

Al igual que para el modelo exponencial 1, el error estándar de estimación de la tabla N°9, refleja que el promedio de dicho error del conjunto de 20 crecidas y para cada lapso considerado, disminuye a medida que aumenta este lapso. Esto se puede deber a que, a medida que aumenta el lapso considerado, es posible hacer una mejor estimación de los parámetros del modelo, permitiendo así una mejor modelación, en promedio, del modelo. Por el contrario, al analizar en forma individual cada una de las crecidas, este error no tiene un comportamiento definido.

6.4.5.- Prueba U de Mann-Whitney.

Siguiendo la metodología para la prueba U de Mann-Whitney, los resultados para un nivel de significancia del 5 % (tabla N°13), muestran que de los 20 tests realizados para cada lapso considerado, fueron aceptados 8 tests para la hora 10; 10 tests para la hora 15; 8 tests para la hora 20, y 7 tests para la hora 25.

Por otra parte; para un nivel de significancia del 1 %, de los 20 tests realizados para cada lapso considerado, se obtuvo la siguiente cantidad de pruebas aceptadas, 12 tests para la hora 10; 14 tests para la hora 15; 15 tests para la hora 20, y 16 tests para la hora 25. De lo expuesto, se desprende que a medida que transcurre el tiempo, hay una mayor cantidad de tests de hipótesis aceptados; por tal motivo el lapso de la hora 25, fue la que presentó la mayor cantidad de aceptación de H_0 (hipótesis nula).

Los resultados expuestos en los párrafos anteriores, permiten afirmar que para el nivel de significancia del 5 %, más del 50 % del total de los tests aplicados fueron rechazados, lo que implica que, para la mayoría de las crecidas, es rechazada la hipótesis nula. En cambio, para el nivel de significancia del 1 %, más del 70 % de los tests fueron aceptados y por tal motivo se puede decir que, para la mayoría de las crecidas, es aceptada la hipótesis nula.

6.4.6.- Prueba de Chi-cuadrado.

Para aquellas crecidas donde fue posible realizar esta prueba, puesto que se necesitó un mínimo de 30 datos para su aplicación, dio como resultado que solamente existen dos crecidas para las cuales el test rechazó la hipótesis nula, al nivel de significancia del 5 %, que correspondieron a las crecidas del 24/6/1992 y 15/6/1995. Pero, para el nivel de significancia del 1 %, la crecida del 24/6/1992 presentaba algunos tests rechazados (tabla N°16), los que se circunscriben al mes de junio. Una explicación posible a esta situación, es que pudieron producirse errores en la toma de datos, la mala estimación de algún parámetro o bien por algún error instrumental.

6.4.7.- Capacidad de almacenamiento.

La capacidad de almacenamiento de la cuenca (tabla N°17), muestra que en la hora 10 se presentó casi la totalidad de las crecidas con los valores más altos y, los valores más bajos, en la hora 20. En general, el modelo exponencial 2 hace una estimación de la capacidad de almacenamiento muy inferior a la estimada por el modelo exponencial 1; esto se puede deber, a las formas empleadas para la estimación; así, para el modelo exponencial 1 se estimó de acuerdo a Q_0/α , mientras que para el modelo exponencial 2 se hizo mediante la expresión $1,772 * Q_0/(n*\alpha^{0,5*n})$.

Los volúmenes de almacenamiento que se calcularon a partir de los parámetros Q_0 , n y α , que se estimaron a partir del total de datos (horas) seleccionados, entregó volúmenes muy bajos almacenados por la cuenca.

6.4.8.- Método utilizando el total de datos seleccionados.

Los valores de α arrojados por esta metodología presentaron, en general, resultados positivos en las medidas de bondad de ajuste, existiendo 4 crecidas con valores de coeficientes de determinación inferior al 43,6%, mientras que, para el resto de las crecidas

este valor se encontró entre el 73% y el 99,7%. Por otro lado, el promedio del error estándar (ver tabla N°8) que fue producto del método en donde se utilizó el total de datos seleccionados, fue superior respecto a la metodología donde se trabajó con los lapsos de las horas 10, 15, 20 y 25.

Por otra parte, para la prueba U de Mann-Whitney, que se realizó a un nivel de significancia del 5% y el 1%, se aceptaron 16 hipótesis nulas de 20, para cada uno de los niveles de significancia. Por otro lado, de un total de 20 pruebas aplicadas en la prueba chi-cuadrado se aceptaron 15 hipótesis nula para un nivel de significancia del 5%, y para un nivel de significancia del 1% se aceptaron 19 hipótesis nulas.

De lo expuesto, esta metodología no muestra mayores diferencias al compararla con los resultados que se obtuvieron en los lapsos de las horas 10, 15, 20 y 25. Además, este método en donde se utilizó el total de datos seleccionados para la determinación del parámetro α , solamente permite la utilización de este parámetro en la determinación de la capacidad de almacenamiento, puesto que en este caso son utilizados los mismos datos para el ajuste y para en las medidas de bondad de ajuste del modelo.

6.5.- Análisis modelo potencial.

Este modelo, al igual que los anteriores, presentó una subestimación de los caudales, pero ello para la totalidad de las crecidas, indistintamente del lapso, siendo esta subestimación muy notoria o mucho mayor al compararla con los otros modelos.

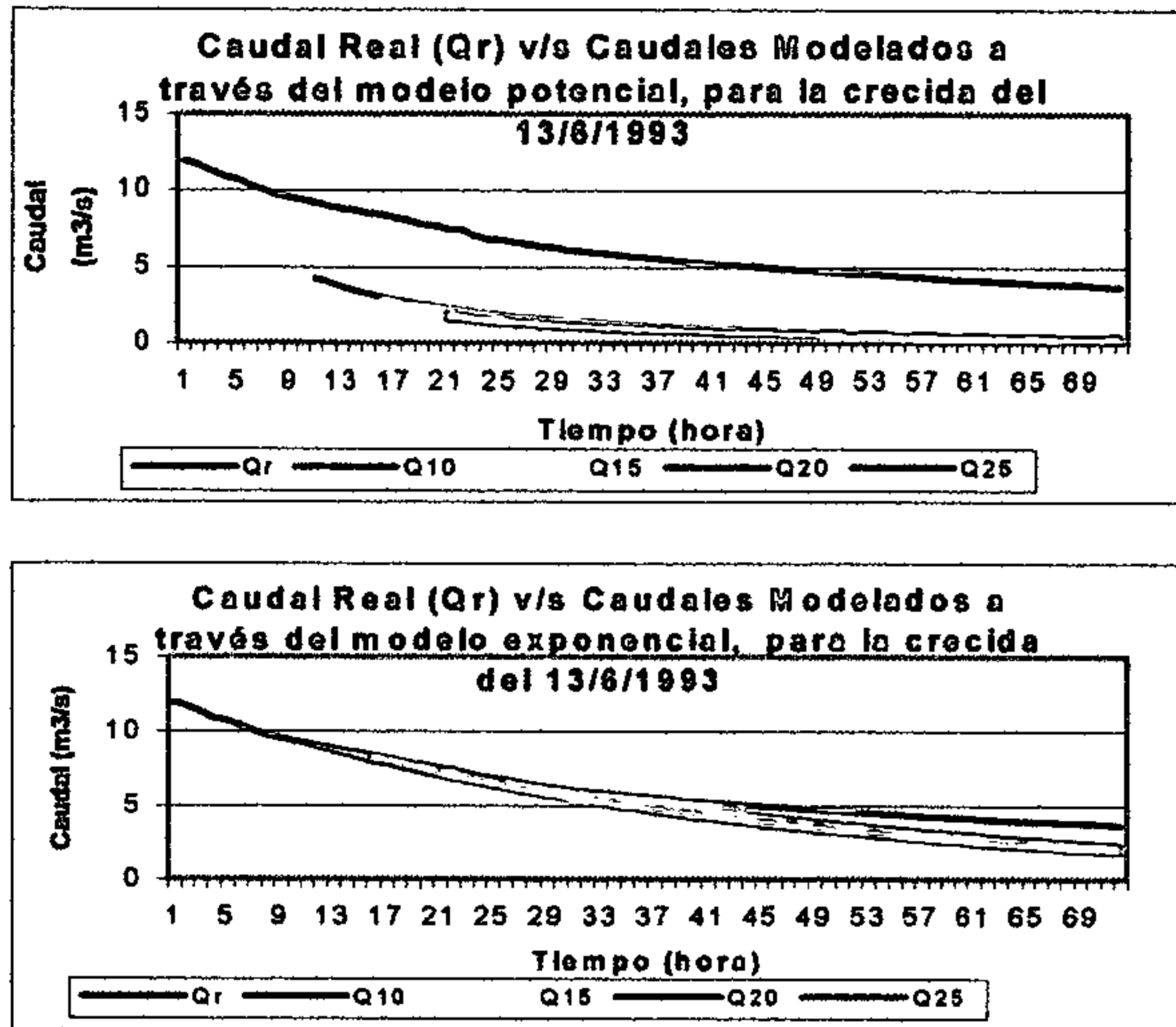


Figura N°11: Comportamiento de los caudales modelados y el caudal observado para cada lapso considerado, según los modelos potencial y exponencial 1.

Como se puede apreciar en la figura anterior, la subestimación que hace el modelo potencial es clara, mientras que el modelo exponencial 1 hace una subestimación mucho menor, en comparación con el caudal observado. Esta subestimación se debería según Cirujeda (1985) a que, el modelo potencial es más adecuado o suele ajustarse mejor en terrenos permeables, situación que no presenta la cuenca estudiada de acuerdo al estudio realizado por el MOP y la DGA (1986), la cual más corresponde a terrenos con escasa permeabilidad, que a suelos permeables.

6.5.1.- Coeficiente de agotamiento (α).

Los diferentes α obtenidos para cada crecida (tabla N°3), tienen un comportamiento no definido, al igual que los modelos anteriores, producto de que hay crecidas donde el

valor de este parámetro va en aumento a medida que transcurre el tiempo de estimación, como también se presentan casos donde los valores se comportan en forma irregular. Además, este coeficiente presenta valores más extremos, en comparación con los otros dos modelos estudiados, como se muestra en la siguiente figura.

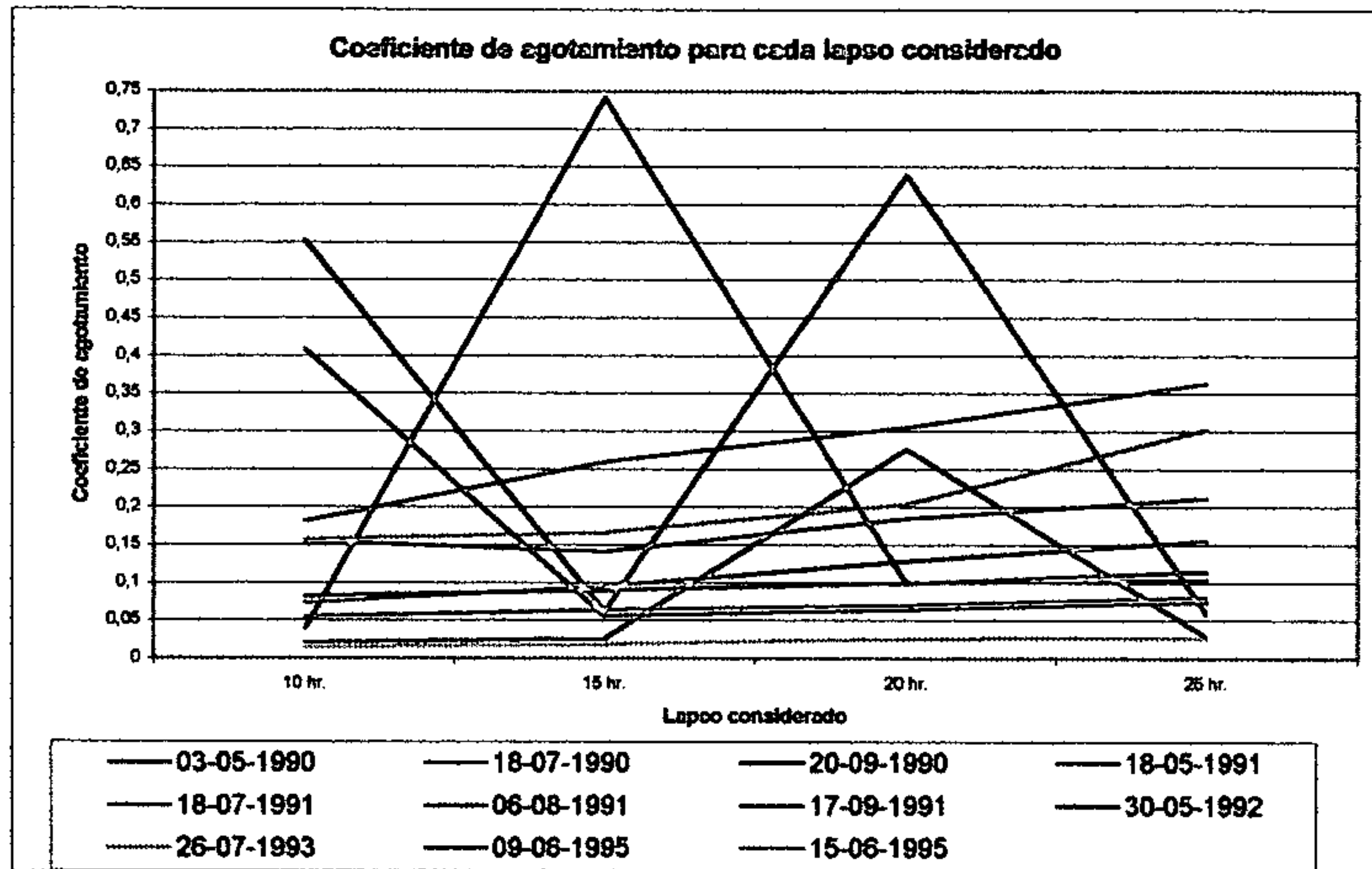


Figura N°12: Comportamiento de los coeficientes de agotamiento, para cada lapso considerado.

6.5.2.- Coeficiente de determinación (R^2).

Los coeficientes de determinación de la tabla N°7 y figura N°13, muestran que casi para la totalidad de las crecidas y lapsos considerados, se presentan coeficientes de determinación 0 (cero), con la excepción de la crecida del 09/06/1995 a la hora 10, el cual tiene un coeficiente de determinación de 26,9 %. Por tanto, el modelo potencial no es el adecuado para la determinación de los caudales recesivos de la cuenca del río Purapel.

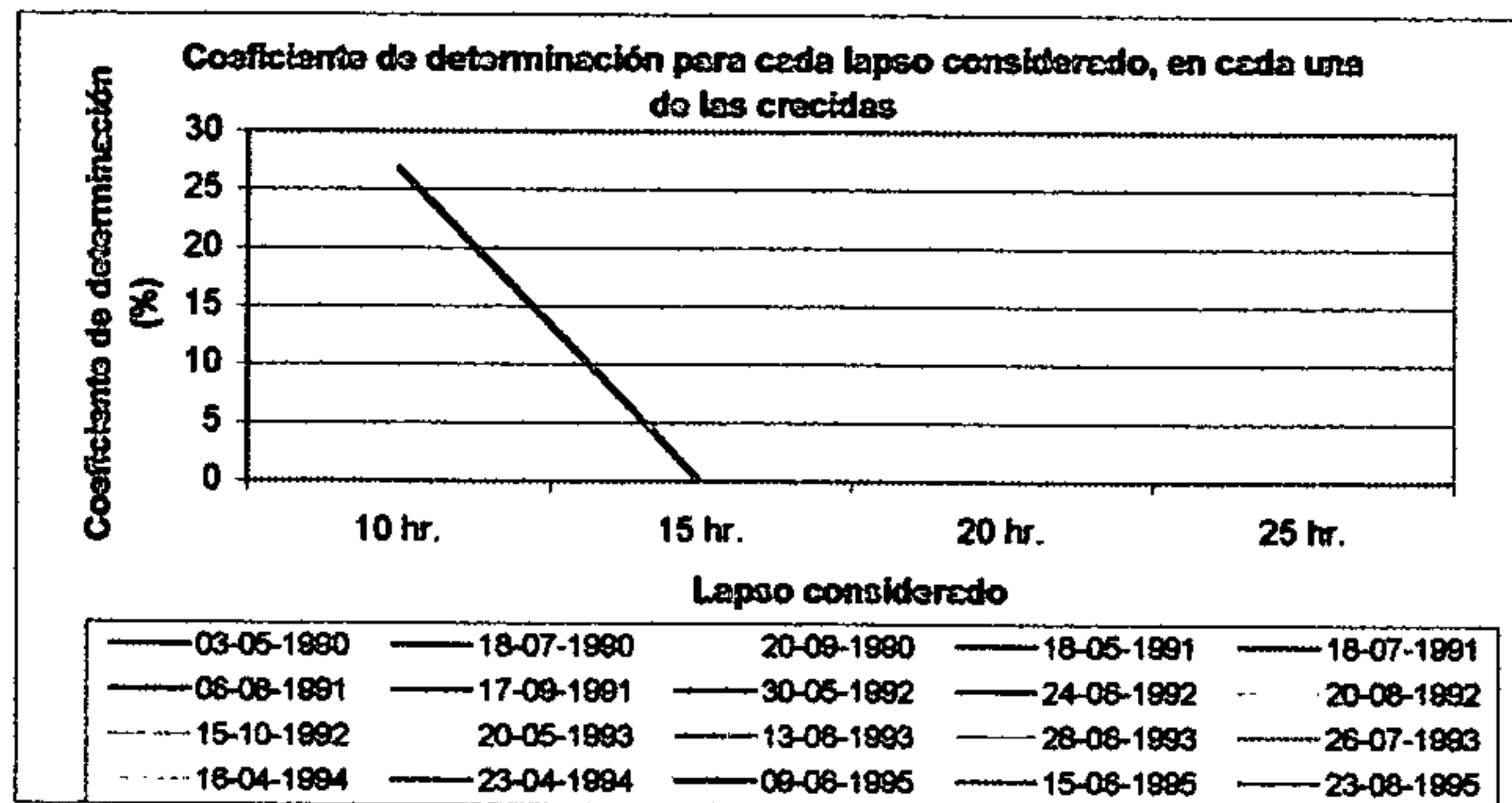


Figura N°13: Comportamiento de los coeficientes de determinación, para cada lapso considerado.

Como se aprecia en la figura, solamente existe en el lapso de 10 hr un coeficiente de 29,6 %, mientras que el resto de crecidas y lapsos, presentan un coeficiente de determinación cero.

6.5.3.- Error estándar de estimación.

Para el caso del error estándar (tabla N°11), se observa que los errores estimados son altos. Además, al obtener el valor del promedio del error estándar para cada lapso considerado, éste aumenta a medida que aumenta este lapso. Por ende, el comportamiento de este promedio del error, es totalmente contrario al de los otros modelos, ya que en las otras dos ocasiones, disminuye a medida que aumenta este lapso considerado.

6.5.4.- Prueba U de Mann-Whitney.

Como resultado de los datos registrados en la tabla N°14, se puede decir que el test de hipótesis al nivel de significancia del 5 %, rechazó la hipótesis nula; es decir, la distribución de las poblaciones modeladas y observadas no son idénticas.

Para el nivel de significancia del 1 %, solamente fueron aceptados 6 tests de los 80 (20 crecidas, por 4 test por crecida en función de los lapsos considerados) realizados, que se encuentran en las crecidas del 3/5/1990, el 20/9/1990 y el 20/8/1992.

6.5.5.- Prueba Chi-cuadrado.

Como se mencionó anteriormente, esta prueba sólo se aplicó a aquellas crecidas o lapsos considerados que contaban con un mínimo de 30 datos para su realización. Por este motivo, como se puede apreciar en la tabla N°17, la prueba chi-cuadrado rechazó la hipótesis nula para la gran mayoría (14 tests), para un nivel de significancia del 5 %. En el caso de un nivel de significancia del 1 %, presenta una cantidad de 8 tests rechazados.

6.5.6.- Capacidad de almacenamiento.

De acuerdo a la tabla N°18, la capacidad de almacenamiento a la hora 10, con la excepción de las crecidas del 18/5/1991, 17/9/1991, 28/6/1993 y la del 23/8/1995, presentan sus valores más altos. En cambio, a la hora 25 es donde se presenta la mayoría de los valores más bajos de almacenamiento. Por otra parte, a pesar que este modelo presenta la misma fórmula que el modelo exponencial 1 para la estimación de la capacidad de almacenamiento, los valores son más pequeños; esto se explica porque, el denominador (α) de la fórmula, tiene valores más altos, por tanto los valores estimados son más pequeños, en comparación con el modelo exponencial 1.

Los volúmenes almacenados que fueron calculados a partir del parámetro α , que se determinó a partir del total de datos (horas), presentaron valores muy bajos e incluso fueron más bajos que los determinados en los modelos exponencial 1 y exponencial 2. Además, como consecuencia que este modelo tuvo malos resultados en las medidas de bondad de ajuste, podría implicar que los parámetros Q_0 y α obtenidos no permitirían realizar una buena estimación de la capacidad de almacenamiento de la cuenca, por lo cual los volúmenes que fueron estimados a partir de estos parámetros, no serían los adecuados.

6.5.7.- Método utilizando el total de datos seleccionados.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cada una de las etapas de las medidas de bondad de ajuste, se puede señalar que, los coeficientes de determinación que se obtuvo para cada una de las crecidas fue cero, es decir, no existe una variación de los datos reales que sean explicados por el modelo potencial. Por otro lado, el promedio del error estándar que se determinó en este modelo mediante el método en donde se utilizó el total de datos seleccionados para la obtención de α , es superior al error estándar calculado en los lapsos de las horas 10, 15, 20 y 25 (tabla N°9), y además es muy superior al calculado en los modelos exponencial 1 y exponencial 2.

Como se puede apreciar en la tabla N°12, cuando se utilizó la totalidad de los datos en la prueba U de Mann-Whitney, solamente fueron aceptados 2 hipótesis nula al nivel de significancia del 5%, mientras que para un nivel de significancia del 1% se aceptaron 5 hipótesis nula, de un total de 20 pruebas para cada nivel de significancia.

A la luz de los resultados arrojados en cada una de las medidas de bondad de ajuste, se podría confirmar que este modelo no es el adecuado para el tipo de cuenca en estudio, puesto que los resultados fueron totalmente negativos.

6.6.- Comparación de los modelos.

Dados los resultados obtenidos y los análisis realizados en los puntos anteriores de los 3 modelos estudiados, es posible inferir que el modelo potencial queda completamente descartado, por las siguientes razones:

- Una mayor diferencia, respecto de los otros modelos, entre los caudales observados y los estimados.
- Coeficiente de determinación prácticamente cero en todos los casos.
- Mayor error estándar de estimación.

- Una mayor cantidad de test de hipótesis rechazados, respecto de los otros dos modelos.

Cabe destacar la semejanza existente entre los resultados asociados al modelo exponencial 1 y al modelo exponencial 2. Además, como se señaló en la revisión bibliográfica, los modelos exponenciales son más precisos al aplicarlos a terrenos poco permeables, mientras que el modelo potencial suele ajustarse mejor a terrenos de alta permeabilidad. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados expuestos, la cuenca de este estudio presentaría suelos poco permeables, como efectivamente ocurre en función de la información geológica aportada en el punto 3.1.

Con respecto a los coeficientes de determinación del modelo exponencial 1 y el modelo exponencial 2, se puede ver que no existen mayores diferencias en cuanto a la cantidad de valores que hidrológicamente son aceptables.

6.7.- Análisis global.

El estudio partió con un modelo exponencial el cual no funcionó, y esto implicó usar un segundo modelo exponencial, en donde los resultados no fueron satisfactorios; así, se tuvo que optar por un tercer modelo del tipo potencial, el cual presentó los peores resultados.

En un análisis general, se pueden plantear diferentes observaciones, cómo las siguientes:

- a) Al revisar cada una de las crecidas seleccionadas se puede señalar: que, en el sentido de su forma, es decir la pendiente que tenía la curva de bajada, no se verificó una tendencia entre las crecidas que tuvieron buenos o malos resultados, con respecto a las medidas de bondad de ajuste, y pendiente; además, para el caso en donde se agruparon las crecidas en las cuatro estaciones del año, esta agrupación no arrojó ninguna información que se pudiera asociar con las crecidas que tuvieron buenos o malos

resultados en las medidas de bondad de ajuste.

- b) Además, al tener suelos poco permeables, la cuenca responde muy rápidamente a precipitaciones intensas con crecidas súbitas, y los caudales punta, bajan rápidamente una vez que la influencia de las precipitaciones se han detenido, lo que implicaría que la cuenca sea difícil de modelar, como lo demuestran los resultados obtenidos.
- c) Por otra parte, se podría pensar que si se tuvieran crecidas de tiempos mayores, con mayor a 30 datos, se conseguiría en primer lugar un buen ajuste y en segundo lugar una buena predicción. Sin embargo, ello no es así. Utilizando 5 crecidas de las más largas existentes en los registros, éstas se ajustaron a los 3 modelos con los primeros 30 datos, y se aplicaron las medidas de bondad de ajuste ya utilizadas, con los datos restantes (entre 19 a 42 horas). Los resultados señalan claramente que no se obtuvieron buenas predicciones y en general no fueron mejores que las obtenidas en el desarrollo del estudio. Todo esto vuelve a señalar la necesidad de estudiar nuevos modelos recesivos, con el objeto de conseguir predicciones adecuadas.
- d) Se puede señalar que entre los caudales reales y modelados existen altos porcentajes de variación, pero pequeños en magnitud. Es decir, aunque proporcionalmente la diferencia sea importante, a nivel de gasto instantáneo estas son bajas, en función de los montos de caudal que presenta esta cuenca. Por ello, es importante considerar la magnitud de los caudales.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1.- Conclusiones.

A continuación se presentan las conclusiones derivadas de la realización de este estudio.

- a) De los tres modelos aplicados para la estimación de caudales recesivos, se puede decir, de acuerdo a los resultados obtenidos con las pruebas U de Mann-Whitney, Chi-cuadrado, Coeficiente de Determinación y Error Estándar de Estimación, que el modelo potencial queda completamente descartado como predictor de caudales recesivos, por presentar en las pruebas de hipótesis una baja cantidad de tests aprobados, bajos coeficientes de determinación y un error mucho más alto en comparación con los otros modelos.
- b) En el caso de los modelos exponenciales analizados, no existen grandes diferencias respecto de los resultados obtenidos, tanto en las pruebas a que fueron sometidos como en los caudales estimados por ellos, no obstante que el modelo exponencial 1, $Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$, presenta un menor error estándar de estimación.
- c) En el contexto de la estimación de los caudales a través del tiempo, el modelo exponencial 1 hace, en general, una subestimación de ellos, situación que se presenta más beneficiosa que una sobrestimación de los caudales, ya que permite tener una base mínima, relativamente segura, a partir de la cual planificar racionalmente el uso del caudal.
- d) Lo único que se puede señalar con respecto a la capacidad de almacenamiento de la cuenca del río Purapel en Nirivilo, es que cuenta con una capacidad mínima de 0,076 Hm³ y una máxima de 0,597 Hm³, que corresponde al lapso de la hora 10 del modelo exponencial 1. Además, como esta cuenca presenta suelos poco permeables y con una

baja capacidad de almacenamiento, ello parece quedar reflejado en los valores obtenidos.

- e) El método donde se utilizó el total de datos (horas) seleccionados para la obtención del coeficiente de agotamiento (α) en el modelo $Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$, permite tener una mejor estimación de los caudales, lo cual queda reflejado por los buenos resultados obtenidos asociado al coeficiente de agotamiento derivado de este método: así, el R^2 más bajo fue de un 74,97 % y el más alto de un 99,4 %; por otro lado, el error estándar de estimación fue el más bajo de este estudio; y para el caso de las pruebas U de Mann-Whitney y Chi-cuadrado se presentó un mayor número de aceptación de la hipótesis nula (H_0) derivado de la utilización de este método.
- f) El método donde se utilizó el total de los datos seleccionados presenta desventaja, puesto que se utilizaron los mismos datos tanto en el ajuste como para las medidas de bondad de ajuste del modelo.
- g) Basándose en las conclusiones a) y b), no es aconsejable la estimación de los caudales empleando los modelos $Q(t) = Q_0 (1 + \alpha * t)^{-2}$ y $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha * t^n}$, para este tipo de cuencas.
- h) El método utilizado para la obtención de los coeficientes de agotamiento en los lapsos de 10, 15, 20 y 25 horas, para los diferentes modelos no se mostró como adecuado, debido a sus insatisfactorios resultados estadísticos.
- i) Como señala Llamas (1976), las cuencas de suelos poco permeables presentan un hidrograma con ascenso brusco, producto que los caudales del río responden de un modo mucho más inmediato a las precipitaciones, situación que quedó reflejada en esta cuenca, al ver cada uno de los hidrogramas realizados en este estudio.
- j) Finalmente, se puede plantear que el modelo $Q = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$ realiza una subestimación

de los caudales recesivos para la cuenca del río Purapel, pero estos valores de caudales permiten tener un parámetro aproximado del caudal que puede pasar por él, pudiendo a partir de ellos realizarse una planificación de uso futuro.

7.2.- Recomendaciones.

- a) Es aconsejable seguir con este tipo de estudios tanto para cuencas que presenten suelos permeables, como para aquellas que tengan aportes nivo-pluviales, para ver como se ajusta el modelo $Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$ y los otros modelos probados, debido la importancia cada vez mayor que se le asigna a las predicciones de los caudales, para su uso futuro.
- b) Por otra parte es recomendable estudiar la modelación de caudales en períodos de estiaje a partir de modelos de simulación , así como también, se sugiere que a partir de estos datos, se realicen estudios de modelos recesivos.
- c) Finalmente, se recomienda repetir el estudio en áreas similares pero con caudales de mayores magnitudes, dado que la cuenca de este estudio presenta caudales bajos que lo hacen muy sensible a altas variaciones a una tormenta y por ende difícil de predecir a partir de tormenta pequeñas.

8.- BIBLIOGRAFIA.

- CIRUJEDA, J. 1985. Curso internacional de hidrología general y aplicada. Centros de estudios y experimentación de obras publicas gabinete de formación y documentación. Madrid. España. 65-77 p.
- ESTRELA, T. 1988. Los modelos de simulación integral de cuenca y su utilización en estudios de recursos hídricos. Centro de estudios hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas Transporte y Medio Ambiente. Ingeniería Civil N°72. Madrid. España. 83-95 p.
- ESTRELA, T. 1992. Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos. Edita Centro de estudios y experimentación de obras públicas. Madrid. España. 55 p.
- FIGUEROA, R., ARAYA, E. y PARRA, O. 1999. Los recursos hídricos de América Latina en el umbral del siglo XXI. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua. IV jornadas del CONAPHI-Chile.
- GUJARATI, D. 1992. Econometría. Segunda edición. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana. D.F. México. 597 p.
- GUZMAN, J. 1994. Modelación matemática de caudales recesivos para la cuenca del río Achibueno, estación La Recova. Universidad de Talca. Talca. Chile. 62 p.
- LEVIN, R. 1988. Estadística para administradores. 2ª edición. Prentice-Hall Hispanoamericana. México. 940 p.

- LINSLEY, R., KOHLER, M. y PAULHUS, J. 1988. Hidrología para ingenieros. 2ª edición de Mc Graw-Hill Latinoamericana. D. F. México. 386 p.
- LOPEZ, J. 1995. Acuíferos y usos del agua subterránea. En Jornadas sobre el Libro Blanco de Aguas Subterráneas. Club del agua subterránea. Edita Tiasa Gráfica. 29-48 p.
- LLAMAS, M. 1976. Relaciones entre las aguas subterráneas y las superficiales. Hidrología subterránea. Tomo I. Ediciones Omega S. A. Barcelona. España. 1099-1153 p.
- MASON, R. y LIND, D. 1992. Estadística para administración y economía. 7ª edición. Ediciones Alfaomega S.A. México. 911 p.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 945 p.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE. 1995. Libro blanco de las aguas subterráneas. Edita Secretaria General Técnica, centro de publicaciones MOP, MT y MMA. Madrid. España. 135 p.
- MOP, DGA, Chile. 1986. Estudio del Mapa Hidrológico Nacional. IPLA Ingenieros Consultores. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Publicas. Santiago. Chile. 164 p.
- NEWSON, M. 1997. Land, water and development. Sustainable management of river basin systems. Second edition. New York. USA. 423 p.

- PIZARRO, R. 1993. Elementos técnicos de hidrología III. Proyecto regional mayor sobre el uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y el Caribe. UNESCO-ORCYT, Uruguay. Editorial Universidad de Talca. Talca. Chile. 135 p.
- RAGHUNATH, H. 1987. Ground water. Second edition. New York. USA. 561 p.
- REMENIERAS, G. 1971. Tratado de hidrología aplicada. Primera edición española. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona. España. 515 p.
- RODRÍGUEZ, C. 1976. Métodos para la determinación de hidrogramas unitarios en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.
- RUIZ, R. 1995. Análisis de datos e identificación de modelos estocásticos para la predicción de crecidas en el río Bío-bío. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Concepción. Chile. 185 p.
- SANCHEZ, A. 1995. Problemas actuales y potenciales, recursos y explotación. En Jornadas sobre el Libro Blanco de Aguas Subterráneas. Club del agua subterránea. Edita Tiasa Gráfica. 49-58 p.
- SANTIBAÑEZ, F y URIBE, J. 1990. Atlas Agroclimático de Chile, regiones IV a IX. Publicación N°87. CIREN, CORFO. Santiago. Chile. 67 p.
- TODD, D. 1980. Ground water hidrology. Second edition. New York. U.S.A. 535 p.
- VILARÓ, F. 1976. Elemento de hidrología de superficie. Hidrología subterránea. Tomo I. Ediciones Omega S. A. Barcelona. España. 385-398 p.
- ZUWAYLIF, F. 1977. Estadística general aplicada. Fondo Educativo Interamericano S.A. 427 p.

APENDICE

Qr : Caudal Observado.
Q10 : Caudal Modelado.
Q15 : Caudal Modelado.
Q20 : Caudal Modelado.
Q25 : Caudal Modelado.

Tabla N°19

03-05-1990

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
2,246				
2,218				
2,190				
2,160				
2,130				
2,085				
2,040				
1,998				
1,956				
1,900				
1,825	1,865			
1,750	1,831			
1,680	1,797			
1,610	1,764			
1,545	1,731			
1,480	1,699	1,504		
1,410	1,668	1,465		
1,382	1,637	1,426		
1,340	1,607	1,388		
1,301	1,578	1,352		
1,275	1,549	1,316	1,264	
1,249	1,520	1,281	1,228	
1,210	1,492	1,248	1,194	
1,168	1,465	1,215	1,160	
1,140	1,438	1,183	1,127	
1,098	1,411	1,152	1,095	1,108
1,070	1,385	1,121	1,064	1,077
1,047	1,360	1,092	1,034	1,047
1,013	1,335	1,063	1,005	1,018
0,990	1,310	1,035	0,976	0,990

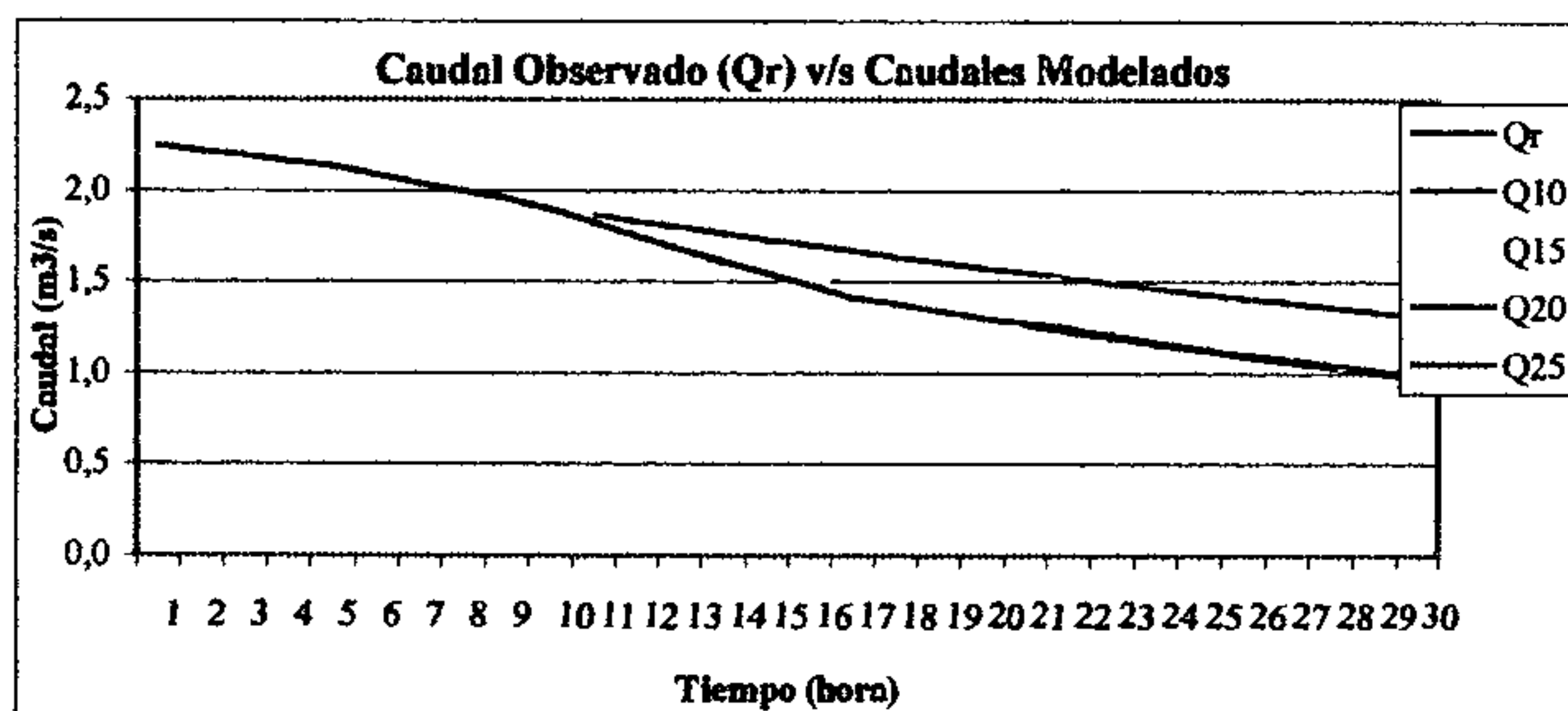


Figura N°14

Tabla N°20
18-07-1990

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
5,070				
4,980				
4,800				
4,710				
4,620				
4,476				
4,440				
4,386				
4,314				
4,080				
3,900	3,983			
3,846	3,888			
3,774	3,795			
3,720	3,704			
3,630	3,616			
3,540	3,530	3,544		
3,486	3,446	3,461		
3,414	3,363	3,379		
3,360	3,283	3,300		
3,270	3,205	3,222		
3,216	3,128	3,146	3,195	
3,180	3,054	3,072	3,122	
3,036	2,981	2,999	3,051	
3,000	2,910	2,928	2,982	
2,915	2,841	2,859	2,914	
2,864	2,773	2,792	2,847	2,849
2,830	2,707	2,726	2,782	2,784
2,694	2,642	2,662	2,719	2,720
2,660	2,579	2,599	2,657	2,658
2,541	2,518	2,538	2,596	2,598
2,490	2,457	2,478	2,537	2,538
2,405	2,399	2,419	2,479	2,480
2,320	2,342	2,362	2,422	2,424
2,235	2,286	2,307	2,367	2,369
2,150	2,231	2,252	2,313	2,315
2,070	2,178	2,199	2,260	2,262
2,038	2,126	2,147	2,209	2,210
2,006	2,075	2,097	2,158	2,160
1,990	2,026	2,047	2,109	2,111
1,910	1,978	1,999	2,061	2,063
1,874	1,930	1,952	2,014	2,016
1,830	1,884	1,906	1,968	1,970

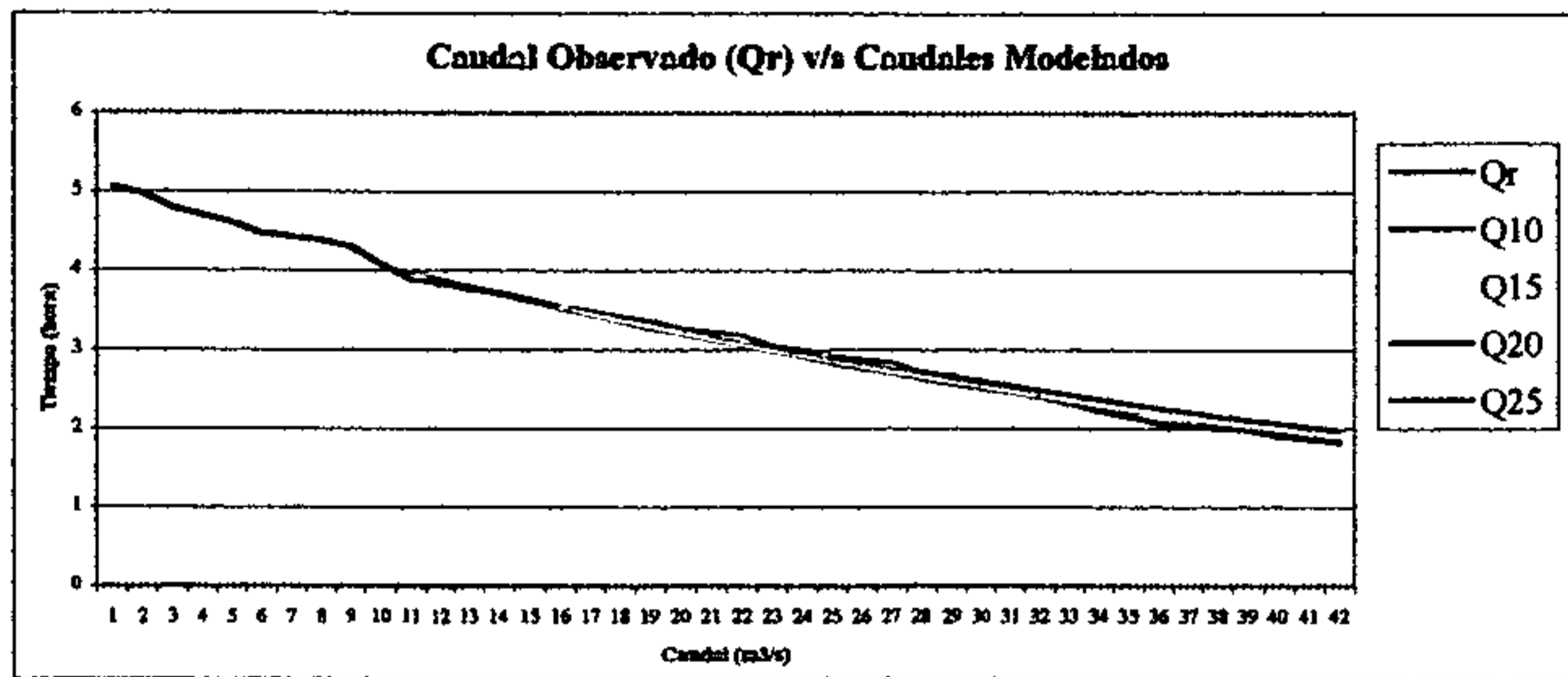


Figura N°15

Tabla N°21

20-09-1990

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
7,030				
6,840				
6,650				
6,460				
6,270				
6,080				
5,985				
5,795				
5,520				
5,340				
5,250	5,179			
5,070	5,024			
4,980	4,872			
4,800	4,726			
4,530	4,584			
4,440	4,446	4,390		
4,260	4,312	4,254		
4,080	4,182	4,123		
3,900	4,056	3,995		
3,810	3,934	3,872		
3,720	3,816	3,752	3,597	
3,450	3,701	3,636	3,479	
3,360	3,590	3,524	3,364	
3,270	3,482	3,415	3,253	
3,180	3,377	3,310	3,146	
3,108	3,275	3,207	3,043	3,077
3,072	3,177	3,108	2,942	2,977
3,000	3,081	3,012	2,845	2,880
2,915	2,989	2,919	2,752	2,786
2,830	2,899	2,829	2,661	2,696

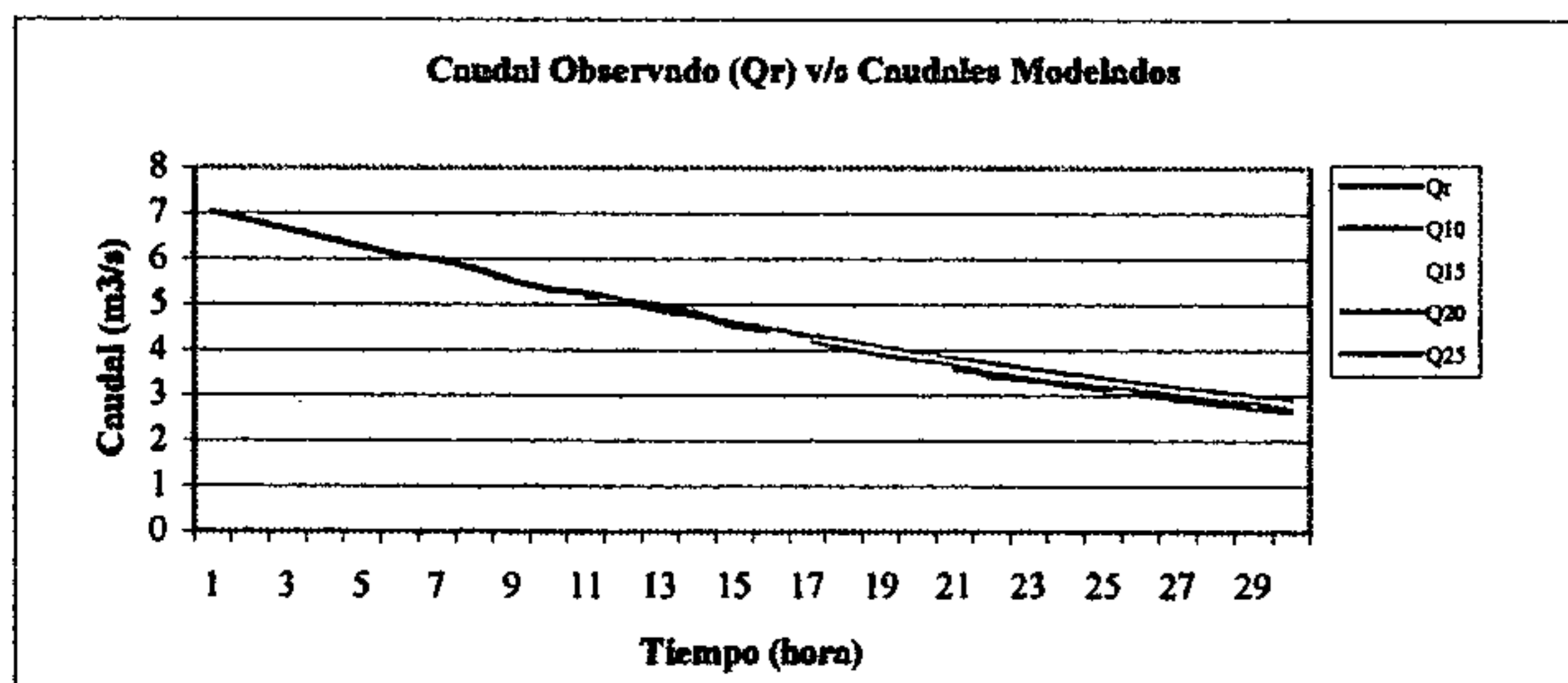


Figura N°16

Tabla N°22

18-05-1991

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
3,792				
3,612				
3,374				
3,198				
3,000				
2,813				
2,660				
2,524				
2,490				
2,371				
2,337	2,250			
2,286	2,136			
2,252	2,027			
2,218	1,924			
2,150	1,826			
2,118	1,734	2,065		
2,038	1,645	1,983		
1,958	1,562	1,904		
1,894	1,482	1,828		
1,750	1,407	1,756		
1,670	1,335	1,686	1,680	
1,622	1,268	1,619	1,613	
1,590	1,203	1,555	1,549	
1,542	1,142	1,493	1,487	
1,510	1,084	1,434	1,428	
1,462	1,029	1,377	1,371	1,453
1,382	0,976	1,322	1,316	1,398
1,320	0,927	1,269	1,264	1,346
1,245	0,880	1,219	1,213	1,295
1,215	0,835	1,171	1,165	1,246
1,200	0,793	1,124	1,118	1,199
1,170	0,752	1,079	1,074	1,154
1,095	0,714	1,037	1,031	1,111
1,050	0,678	0,995	0,990	1,069
1,005	0,643	0,956	0,950	1,029
0,945	0,611	0,918	0,912	0,990
0,900	0,580	0,881	0,876	0,953
0,870	0,550	0,846	0,841	0,917
0,825	0,522	0,813	0,808	0,882
0,780	0,496	0,781	0,775	0,849
0,750	0,470	0,750	0,744	0,817
0,720	0,446	0,720	0,715	0,786
0,690	0,402	0,691	0,686	0,757
0,660	0,382	0,664	0,659	0,728
0,630	0,362	0,637	0,633	0,701
0,615	0,344	0,612	0,607	0,675
0,600	0,326	0,588	0,583	0,649
0,589	0,310	0,564	0,560	0,625
0,578	0,294	0,542	0,538	0,601

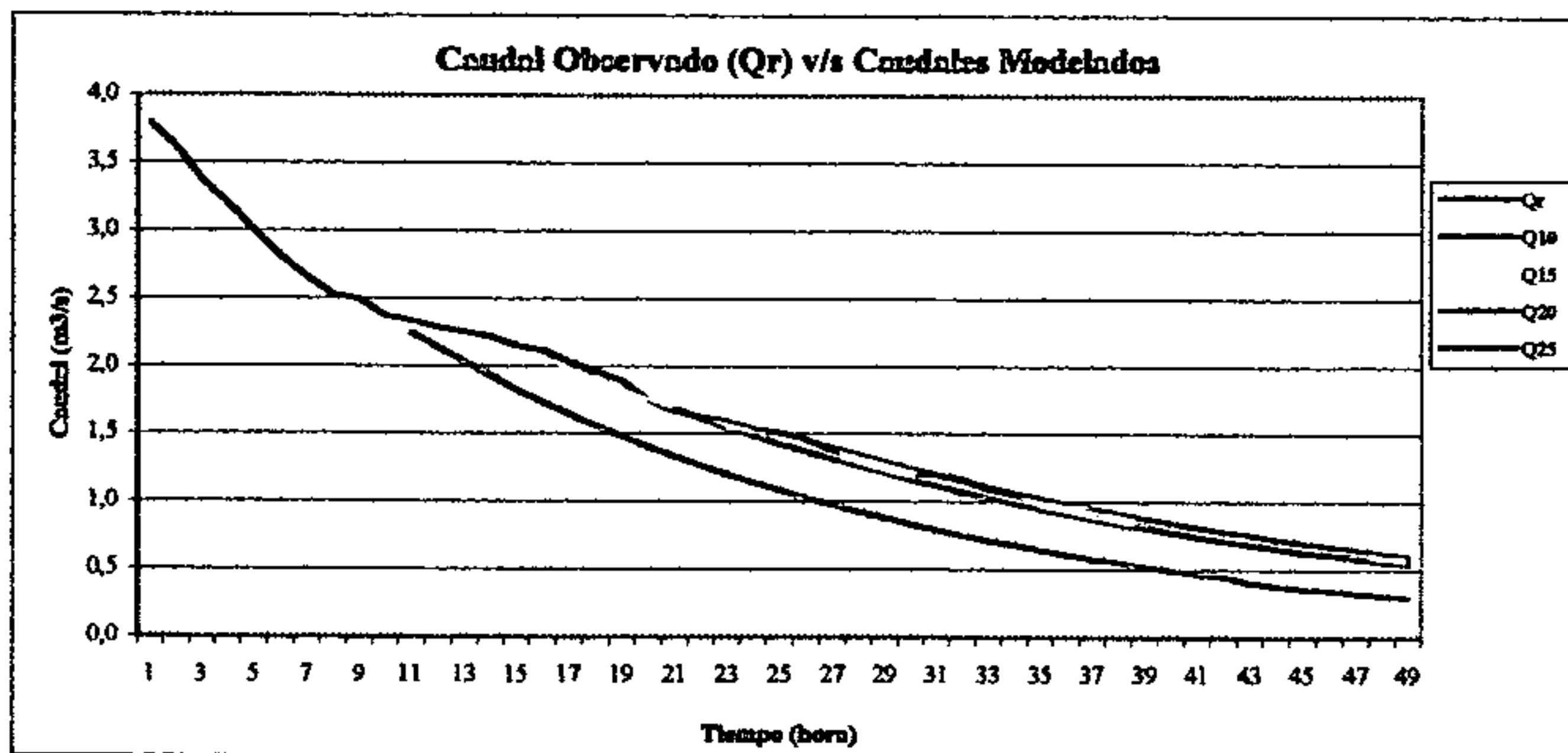


Figura N°17

Tabla N°23

18-07-1991

Qr	Q 10	Q15	Q20	Q25
16,200				
15,800				
15,400				
15,240				
15,180				
15,120				
15,030				
14,900				
14,930				
14,750				
14,550	14,597			
14,250	14,446			
14,100	14,296			
13,900	14,148			
13,750	14,001			
13,600	13,856	13,590		
13,450	13,712	13,432		
13,300	13,570	13,276		
13,150	13,429	13,121		
13,000	13,290	12,968		
12,700	13,152	12,817	12,851	
12,640	13,016	12,668	12,703	
12,560	12,881	12,521	12,557	
12,500	12,748	12,375	12,412	
12,350	12,616	12,231	12,269	
12,200	12,485	12,089	12,128	12,210
12,050	12,355	11,948	11,988	12,073
11,400	12,227	11,809	11,850	11,937
11,160	12,101	11,671	11,714	11,803
11,100	11,975	11,535	11,579	11,670
11,060	11,851	11,401	11,446	11,539
11,000	11,728	11,268	11,314	11,409
10,940	11,607	11,137	11,184	11,281
10,900	11,486	11,008	11,055	11,154
10,780	11,367	10,879	10,928	11,028
10,660	11,249	10,753	10,802	10,904
10,510	11,133	10,628	10,677	10,782
10,420	11,017	10,504	10,554	10,660
10,300	10,903	10,382	10,433	10,541
10,220	10,790	10,261	10,313	10,422
10,180	10,678	10,141	10,194	10,305
10,140	10,568	10,023	10,077	10,189
10,100	10,458	9,907	9,961	10,074
10,044	10,350	9,791	9,846	9,961

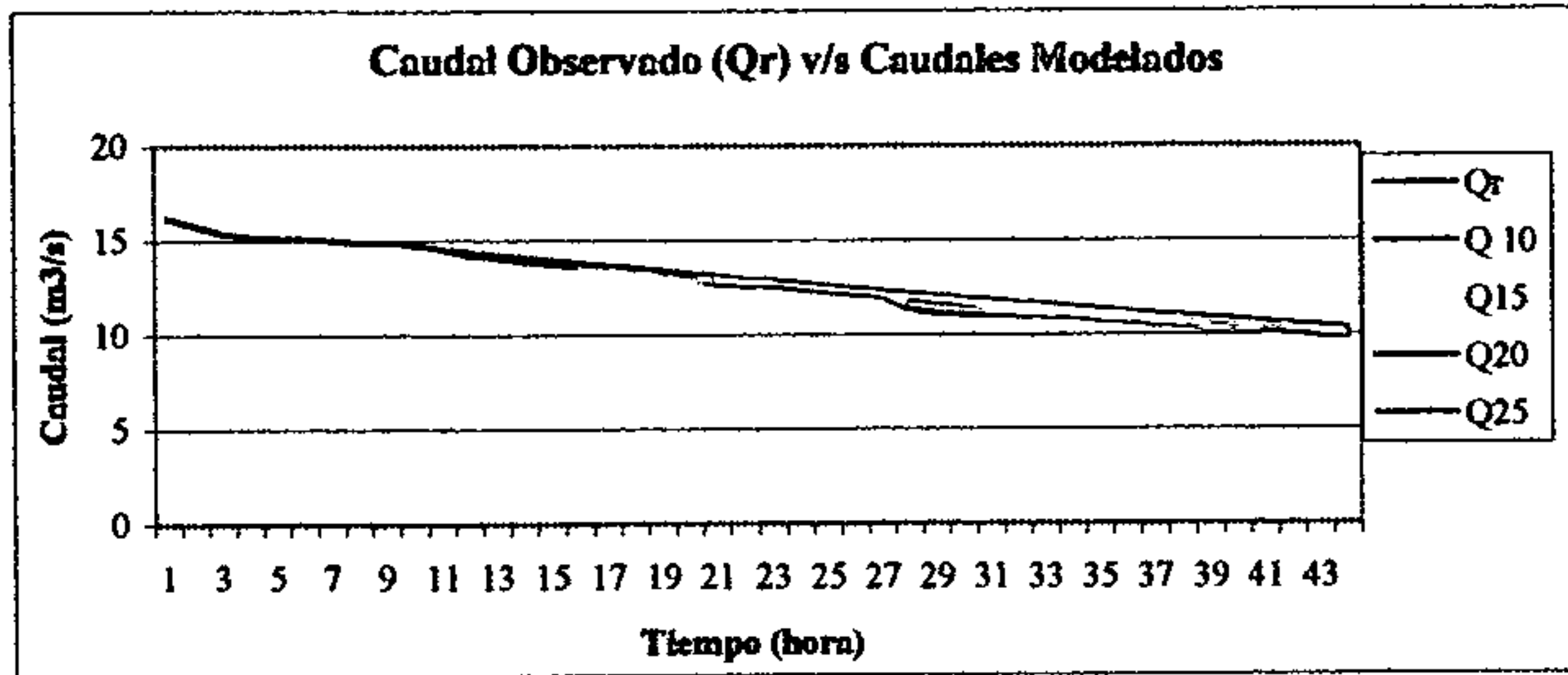


Figura N°18

Tabla N°24
17-09-1991

	Q0	Q10	Q15	Q20	Q25
16,500					
15,900					
15,740					
15,300					
15,100					
14,950					
14,800					
14,400					
14,100					
13,900					
13,600		13,638			
13,000		13,380			
12,700		13,128			
12,500		12,880			
12,200		12,637			
11,900		12,398	11,940		
11,600		12,165	11,685		
11,400		11,935	11,436		
11,100		11,710	11,192		
10,900		11,489	10,953		
10,600		11,272	10,719	10,665	
10,300		11,059	10,491	10,435	
10,400		10,850	10,267	10,209	
9,876		10,646	10,048	9,989	
9,768		10,445	9,833	9,773	
9,560		10,248	9,624	9,562	9,557
9,300		10,054	9,418	9,356	9,350
9,040		9,865	9,217	9,154	9,148
8,962		9,678	9,021	8,956	8,951
8,780		9,496	8,828	8,763	8,757
8,702		9,317	8,640	8,574	8,568
8,520		9,141	8,455	8,389	8,383
8,338		8,968	8,275	8,208	8,202
8,260		8,799	8,099	8,031	8,025
8,130		8,633	7,926	7,857	7,851
8,000		8,470	7,757	7,688	7,682
7,952		8,310	7,591	7,522	7,516
7,808		8,153	7,429	7,359	7,353
7,760		7,999	7,271	7,201	7,194
7,592		7,848	7,116	7,045	7,039
7,520		7,700	6,964	6,893	6,887
7,352		7,555	6,815	6,744	6,738
7,280		7,412	6,670	6,599	6,592
7,040		7,273	6,527	6,456	6,450
6,992		7,135	6,388	6,317	6,311
6,800		7,001	6,252	6,181	6,174
6,756		6,869	6,119	6,047	6,041
6,668		6,739	5,988	5,917	5,910
6,624		6,612	5,860	5,789	5,783
6,580		6,487	5,735	5,664	5,658

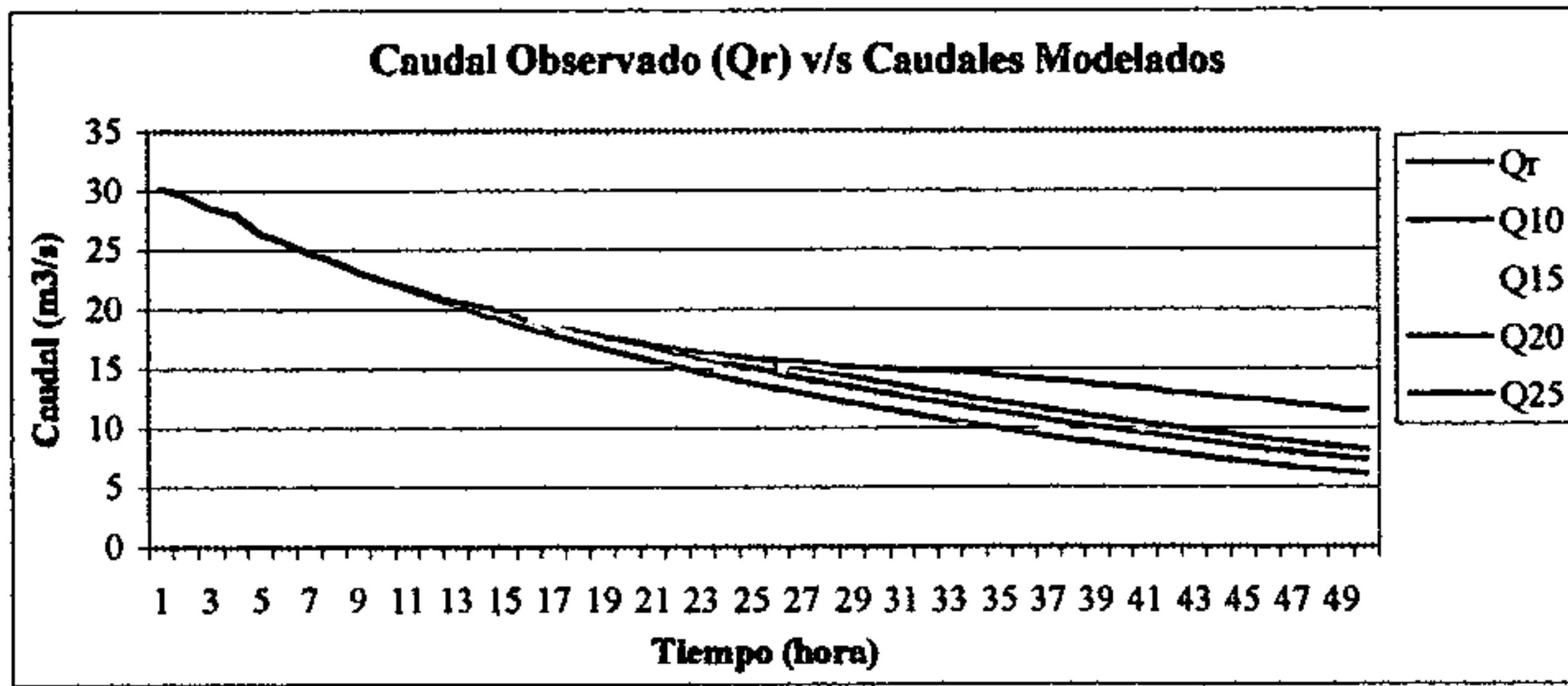


Figura N°19

Tabla N°25

30-05-1992

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
30,200				
29,600				
28,600				
28,000				
26,400				
25,700				
24,800				
24,100				
23,200				
22,500				
21,900	21,776			
21,200	21,075			
20,600	20,397			
20,300	19,741			
19,700	19,106			
19,100	18,491	19,108		
18,500	17,896	18,534		
18,200	17,321	17,977		
17,750	16,763	17,436		
17,450	16,224	16,912		
17,000	15,702	16,404	16,953	
16,650	15,197	15,911	16,471	
16,350	14,708	15,433	16,002	
16,100	14,235	14,969	15,547	
15,900	13,777	14,519	15,105	
15,700	13,333	14,083	14,675	15,481
15,600	12,904	13,659	14,257	15,072
15,300	12,489	13,249	13,851	14,675
15,150	12,087	12,851	13,457	14,288
15,050	11,698	12,464	13,074	13,911
14,950	11,322	12,090	12,702	13,544
14,850	10,958	11,726	12,341	13,187
14,800	10,605	11,374	11,990	12,839
14,700	10,264	11,032	11,649	12,500
14,400	9,934	10,701	11,317	12,171
14,250	9,614	10,379	10,995	11,850
14,100	9,305	10,067	10,682	11,537
13,900	9,005	9,765	10,378	11,233
13,600	8,716	9,471	10,083	10,936
13,450	8,435	9,186	9,796	10,648
13,300	8,164	8,910	9,517	10,367
13,000	7,901	8,642	9,246	10,094
12,850	7,647	8,383	8,983	9,827

Continuación

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
12,600	7,401	8,131	8,728	9,568
12,500	7,163	7,886	8,479	9,316
12,350	6,932	7,649	8,238	9,070
12,050	6,709	7,419	8,004	8,831
11,900	6,493	7,196	7,776	8,598
11,600	6,285	6,980	7,555	8,371
11,500	6,082	6,770	7,340	8,150
11,250	5,887	6,567	7,131	7,935

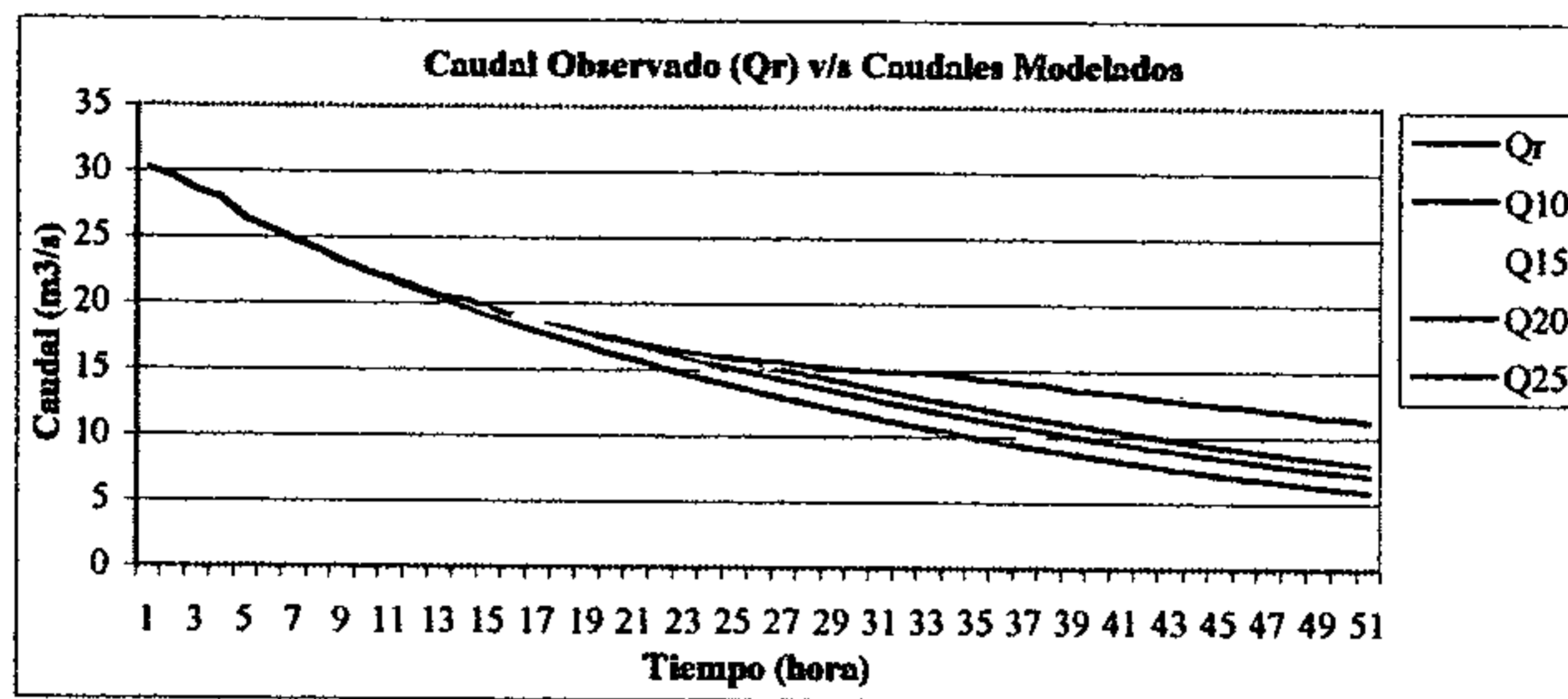


Figura N°20

Tabla N°26

24-06-1992

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
23,950				
23,400				
23,100				
22,550				
22,250				
21,900				
21,400				
20,850				
20,400				
20,100				
19,550	19,712			
19,100	19,332			
18,800	18,959			
18,500	18,594			
18,100	18,235			
17,800	17,884	17,742		
17,500	17,539	17,390		
17,200	17,201	17,046		
16,900	16,869	16,708		
16,600	16,544	16,377		
16,450	16,225	16,053	16,283	
16,150	15,912	15,735	15,972	
16,000	15,605	15,423	15,666	
15,700	15,304	15,118	15,367	
15,550	15,009	14,818	15,074	
15,400	14,719	14,525	14,785	15,273
15,250	14,436	14,237	14,503	15,000
15,100	14,157	13,955	14,226	14,733
14,950	13,884	13,679	13,954	14,470
14,800	13,616	13,408	13,687	14,212
14,650	13,354	13,142	13,426	13,958
14,500	13,096	12,882	13,169	13,709
14,350	12,844	12,627	12,918	13,465
14,200	12,596	12,377	12,671	13,225
14,050	12,353	12,132	12,429	12,989
13,900	12,115	11,892	12,191	12,757
13,800	11,881	11,656	11,958	12,530
13,700	11,652	11,425	11,730	12,306
13,550	11,428	11,199	11,506	12,087
13,400	11,207	10,977	11,286	11,871
13,250	10,991	10,760	11,070	11,659
13,100	10,779	10,547	10,859	11,452
12,950	10,571	10,338	10,651	11,247
12,800	10,367	10,133	10,448	11,047
12,650	10,167	9,932	10,248	10,850
12,500	9,971	9,736	10,052	10,656
12,440	9,779	9,543	9,860	10,466
12,400	9,591	9,354	9,672	10,279
12,340	9,406	9,169	9,487	10,096
12,240	9,224	8,987	9,306	9,916
12,090	9,046	8,809	9,128	9,739
12,000	8,872	8,634	8,953	9,565
11,850	8,701	8,463	8,782	9,395

Continuación

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
11,760	8,533	8,296	8,614	9,227
11,700	8,369	8,132	8,450	9,063
11,580	8,207	7,971	8,288	8,901
11,490	8,049	7,813	8,130	8,742
11,400	7,894	7,658	7,975	8,586
11,340	7,741	7,506	7,822	8,433
11,280	7,592	7,358	7,673	8,283
11,240	7,446	7,212	7,526	8,135
11,110	7,302	7,069	7,382	7,990
11,050	7,161	6,929	7,241	7,848
10,960	7,023	6,792	7,103	7,708
10,860	6,888	6,657	6,967	7,570
10,800	6,755	6,525	6,834	7,435
10,760	6,625	6,396	6,704	7,303
9,170	6,497	6,270	6,575	7,172

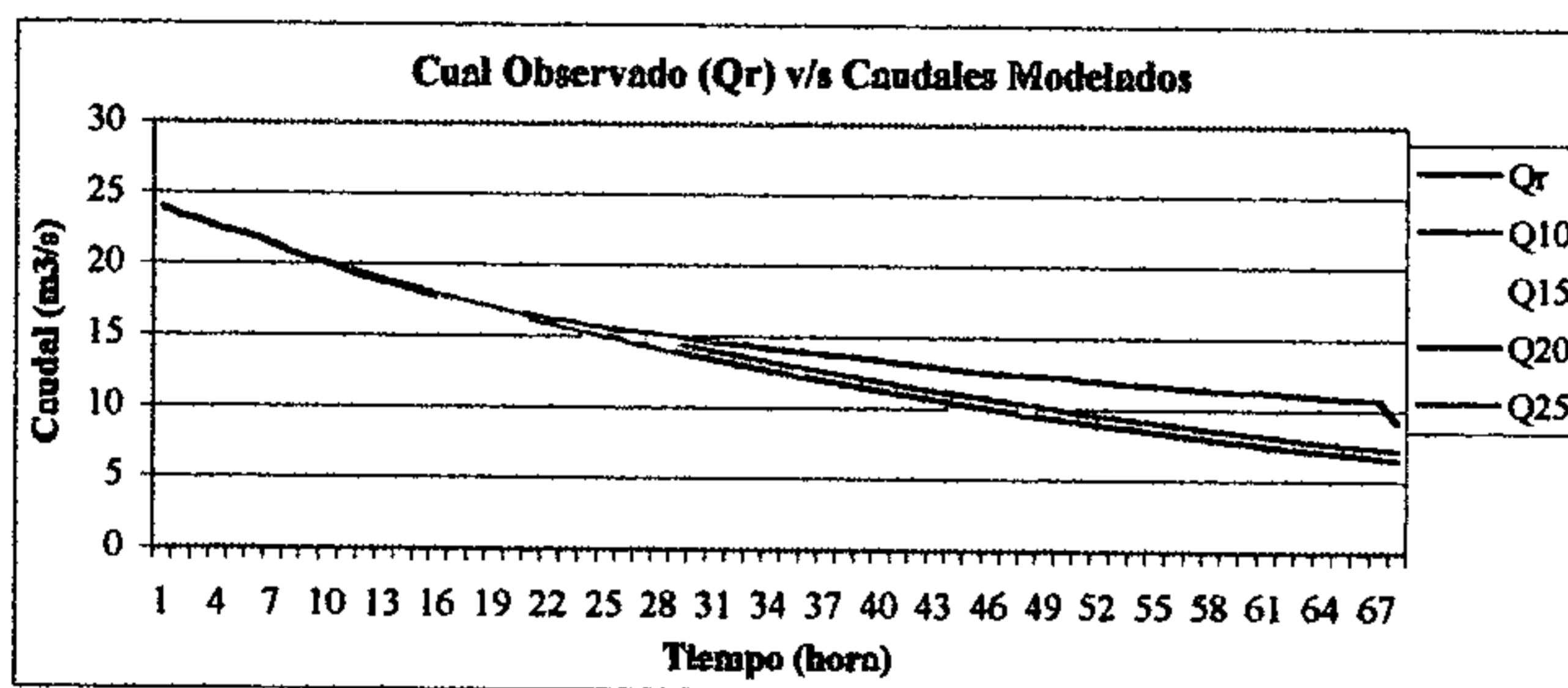


Figura N°21

Tabla N°27

20-08-1992

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
5,680				
5,580				
5,480				
5,280				
5,180				
4,980				
4,880				
4,780				
4,685				
4,590				
4,500	4,483			
4,410	4,378			
4,330	4,275			
4,220	4,175			
4,130	4,078			
4,040	3,982	4,037		
3,945	3,889	3,946		
3,850	3,798	3,857		
3,782	3,709	3,771		
3,714	3,622	3,686		
3,680	3,538	3,603	3,632	
3,595	3,455	3,522	3,552	
3,544	3,374	3,442	3,473	
3,510	3,295	3,365	3,396	
3,459	3,218	3,289	3,321	
3,408	3,143	3,215	3,248	3,388
3,374	3,069	3,143	3,176	3,319
3,306	2,997	3,072	3,106	3,251
3,221	2,927	3,003	3,037	3,185
3,000	2,859	2,935	2,970	3,119

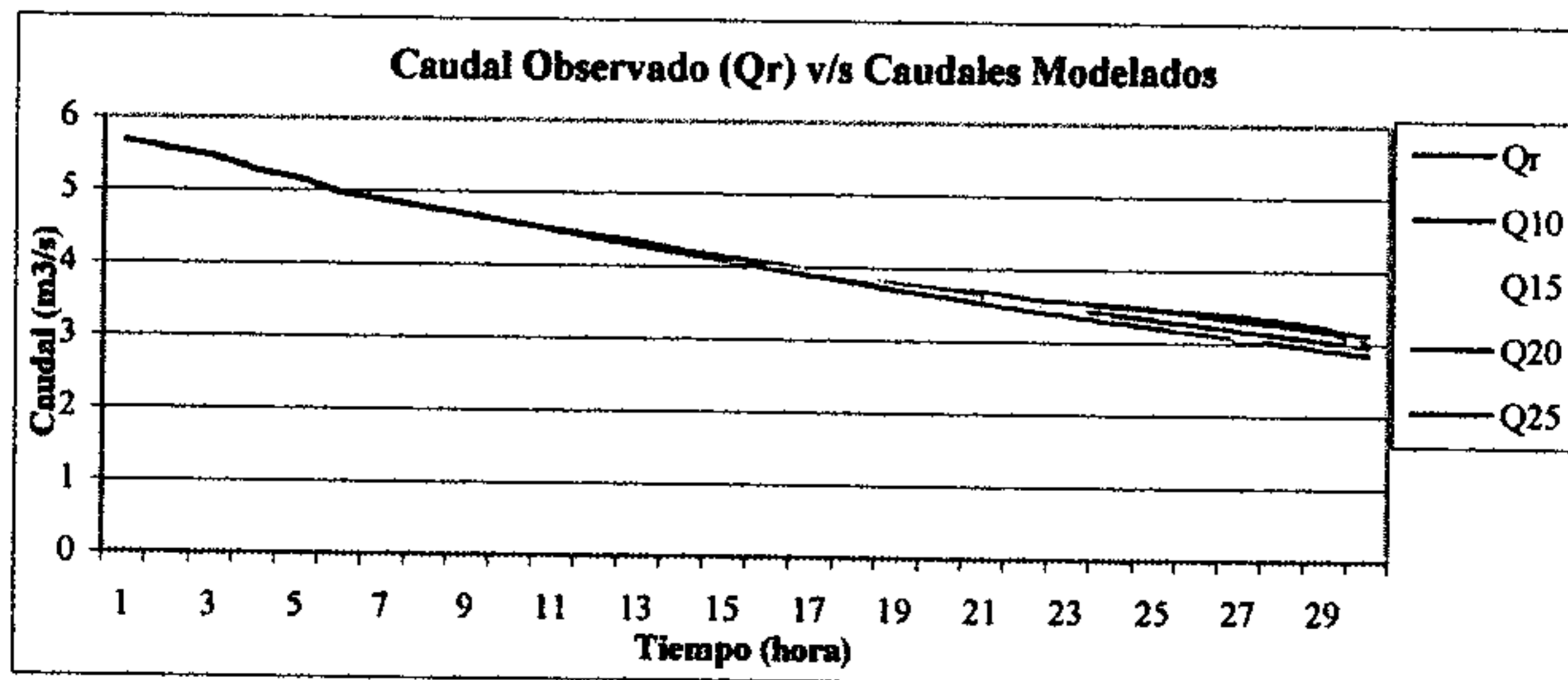


Figura N°22

Tabla N°28

15-10-1992

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
15,400				
14,800				
14,200				
13,700				
13,100				
12,500				
12,000				
11,500				
11,300				
11,050				
10,700	10,650			
10,550	10,264			
10,300	9,893			
10,055	9,534			
9,785	9,189			
9,660	8,856	9,473		
9,420	8,536	9,171		
9,170	8,227	8,879		
8,930	7,929	8,596		
8,810	7,642	8,322		
8,690	7,365	8,057	8,555	
8,460	7,098	7,800	8,307	
8,388	6,841	7,551	8,066	
8,360	6,593	7,310	7,833	
8,172	6,355	7,077	7,606	
7,980	6,125	6,852	7,386	7,959
7,911	5,903	6,633	7,172	7,752
7,819	5,689	6,422	6,964	7,550
7,706	5,483	6,217	6,762	7,353
7,596	5,285	6,019	6,566	7,161
7,405	5,093	5,827	6,376	6,975
7,300	4,909	5,642	6,191	6,793
7,190	4,731	5,462	6,012	6,616
7,080	4,560	5,288	5,838	6,444
6,965	4,395	5,119	5,669	6,276
6,850	4,235	4,956	5,505	6,112

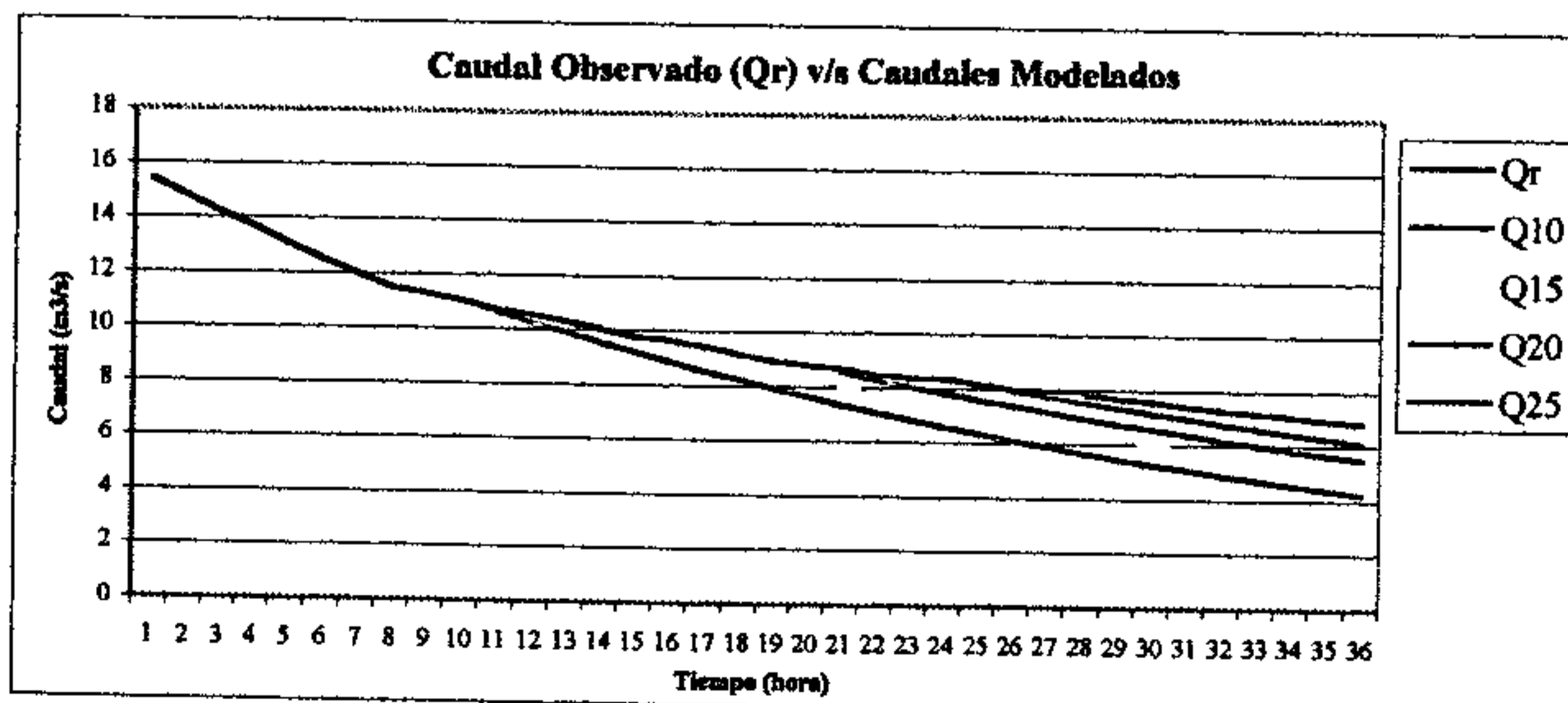


Figura N°23

Tabla N°29

20-05-1993

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
4,780				
4,554				
4,353				
4,112				
3,964				
3,850				
3,680				
3,612				
3,510				
3,408				
3,340	3,282			
3,204	3,161			
3,136	3,045			
3,034	2,932			
2,970	2,824			
2,880	2,720	2,871		
2,850	2,620	2,775		
2,786	2,523	2,682		
2,690	2,430	2,592		
2,645	2,340	2,506		
2,585	2,254	2,422	2,564	
2,540	2,171	2,341	2,485	
2,508	2,091	2,263	2,409	
2,428	2,013	2,187	2,335	
2,380	1,939	2,114	2,263	
2,350	1,868	2,044	2,194	2,312
2,275	1,799	1,975	2,127	2,245
2,230	1,732	1,909	2,061	2,181
2,202	1,668	1,845	1,998	2,119
2,132	1,607	1,784	1,937	2,058
2,090	1,548	1,724	1,877	1,999
2,062	1,491	1,667	1,820	1,942
2,034	1,436	1,611	1,764	1,886
1,978	1,383	1,557	1,710	1,832
1,950	1,332	1,505	1,658	1,780
1,924	1,282	1,455	1,607	1,729
1,872	1,235	1,406	1,557	1,679
1,846	1,190	1,359	1,510	1,631
1,820	1,146	1,314	1,463	1,584
1,792	1,103	1,270	1,418	1,539
1,764	1,063	1,227	1,375	1,495
1,736	1,024	1,186	1,333	1,452
1,708	0,986	1,147	1,292	1,410
1,680	0,949	1,108	1,252	1,370
1,638	0,914	1,071	1,214	1,331
1,610	0,881	1,036	1,177	1,293
1,582	0,848	1,001	1,141	1,256

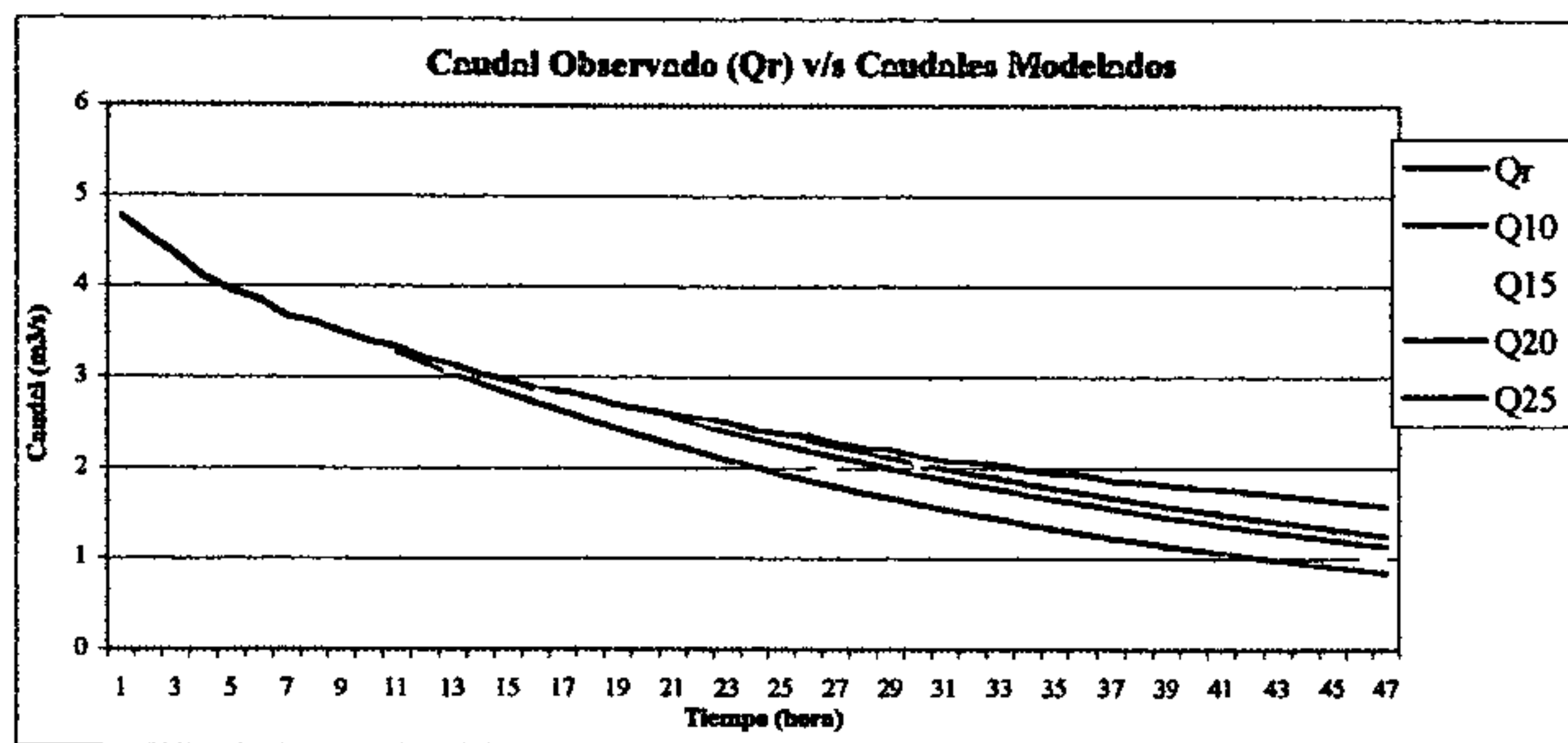


Figura N°24

Tabla N° 30

13-06-1993

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
11,910				
11,700				
11,260				
10,900				
10,700				
10,320				
10,026				
9,735				
9,540				
9,370				
9,170	9,124			
8,930	8,884			
8,810	8,650			
8,690	8,423			
8,529	8,201			
8,388	7,986	8,328		
8,220	7,776	8,132		
8,028	7,571	7,940		
7,819	7,372	7,753		
7,706	7,178	7,570		
7,484	6,989	7,392	7,532	
7,438	6,805	7,218	7,362	
7,080	6,627	7,048	7,195	
6,850	6,452	6,881	7,032	
6,787	6,283	6,719	6,873	
6,640	6,117	6,561	6,717	6,630
6,486	5,956	6,406	6,565	6,477
6,378	5,800	6,255	6,416	6,327
6,273	5,647	6,108	6,271	6,180
6,144	5,499	5,964	6,129	6,037
6,056	5,354	5,823	5,990	5,897
5,948	5,213	5,686	5,854	5,761
5,864	5,076	5,552	5,722	5,627
5,780	4,943	5,421	5,592	5,497
5,720	4,813	5,293	5,465	5,370
5,620	4,686	5,169	5,342	5,245
5,540	4,563	5,047	5,221	5,124
5,440	4,443	4,928	5,102	5,005
5,340	4,326	4,812	4,987	4,889
5,280	4,212	4,698	4,874	4,776
5,220	4,102	4,588	4,763	4,665
5,180	3,994	4,480	4,656	4,557
5,100	3,889	4,374	4,550	4,452
5,020	3,786	4,271	4,447	4,349
4,980	3,687	4,170	4,346	4,248
4,940	3,590	4,072	4,248	4,150
4,860	3,496	3,976	4,152	4,054
4,780	3,404	3,882	4,058	3,960
4,742	3,314	3,791	3,966	3,868
4,666	3,227	3,701	3,876	3,778
4,628	3,142	3,614	3,788	3,691
4,590	3,059	3,529	3,702	3,605

Continuación

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
4,554	2,979	3,446	3,618	3,522
4,500	2,901	3,365	3,537	3,440
4,410	2,824	3,285	3,456	3,361
4,372	2,750	3,208	3,378	3,283
4,296	2,678	3,132	3,302	3,207
4,258	2,607	3,059	3,227	3,133
4,220	2,539	2,986	3,154	3,060
4,166	2,472	2,916	3,082	2,989
4,130	2,407	2,847	3,013	2,920
4,094	2,344	2,780	2,944	2,852
4,040	2,282	2,715	2,878	2,786
4,002	2,222	2,651	2,812	2,722
3,964	2,164	2,588	2,749	2,659
3,907	2,107	2,527	2,686	2,597
3,869	2,051	2,468	2,626	2,537
3,850	1,997	2,410	2,566	2,478
3,816	1,945	2,353	2,508	2,421
3,782	1,894	2,297	2,451	2,365
3,714	1,844	2,243	2,396	2,310
3,680	1,795	2,190	2,341	2,257

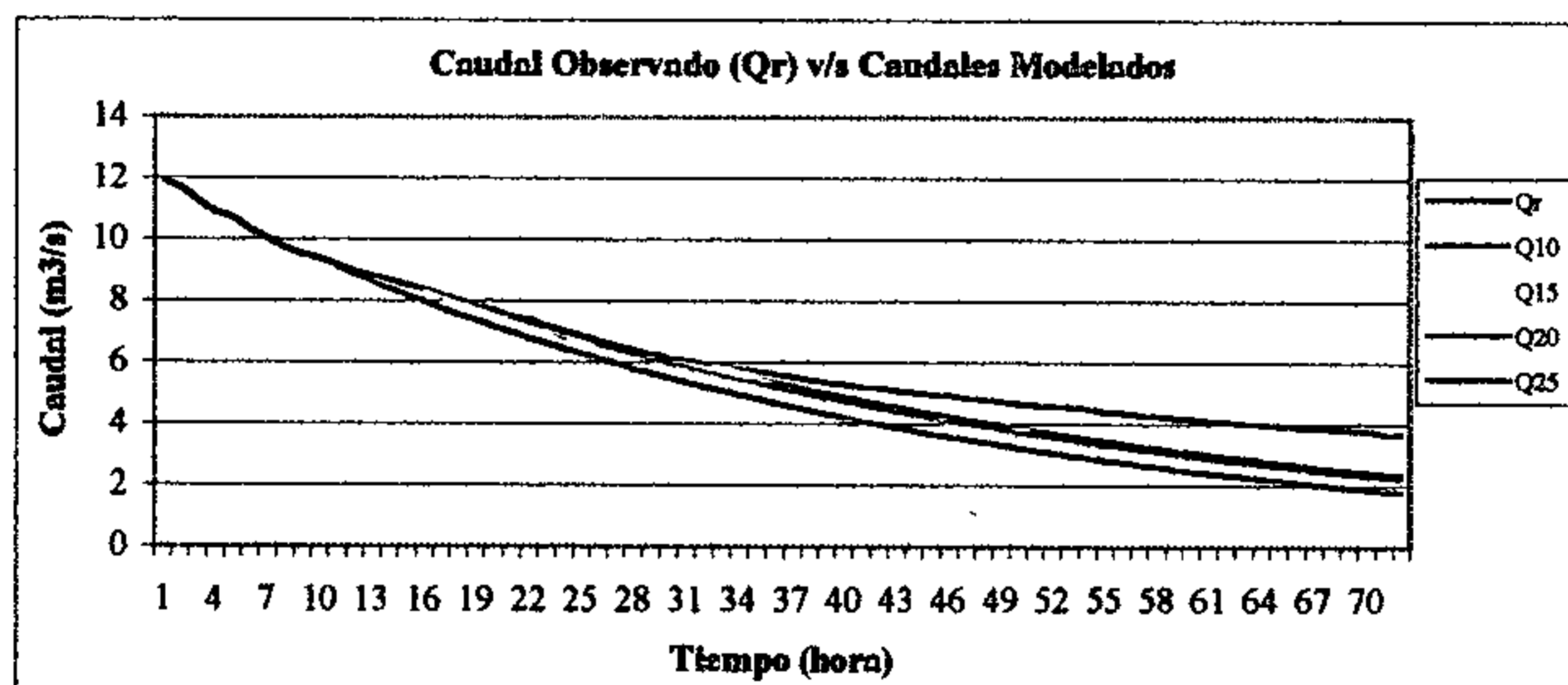


Figura N°25

Tabla N°31

28-06-1993

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
12,800				
12,300				
12,000				
11,550				
11,200				
10,900				
10,550				
10,300				
10,055				
9,785				
9,564	9,498			
9,420	9,218			
9,170	8,947			
9,098	8,684			
8,978	8,429			
8,882	8,181	8,754		
8,738	7,941	8,535		
8,644	7,707	8,321		
8,460	7,481	8,113		
8,364	7,261	7,910		
8,220	7,047	7,713	8,178	
8,172	6,840	7,520	7,997	
8,052	6,639	7,332	7,820	
7,865	6,444	7,148	7,646	
7,574	6,254	6,969	7,477	
7,415	6,071	6,795	7,311	7,411
7,300	5,892	6,625	7,150	7,251
7,168	5,719	6,459	6,991	7,094
7,034	5,551	6,298	6,836	6,940
6,896	5,388	6,140	6,685	6,790
6,808	5,229	5,987	6,537	6,644
6,682	5,075	5,837	6,392	6,500
6,640	4,926	5,691	6,250	6,359
6,530	4,781	5,549	6,112	6,222
6,464	4,641	5,410	5,977	6,087
6,378	4,504	5,275	5,844	5,956
6,294	4,372	5,143	5,715	5,827
6,210	4,243	5,014	5,588	5,701
6,166	4,119	4,889	5,464	5,578
6,100	3,998	4,766	5,343	5,457
6,034	3,880	4,647	5,225	5,339
5,948	3,766	4,531	5,109	5,224
5,885	3,655	4,418	4,996	5,111

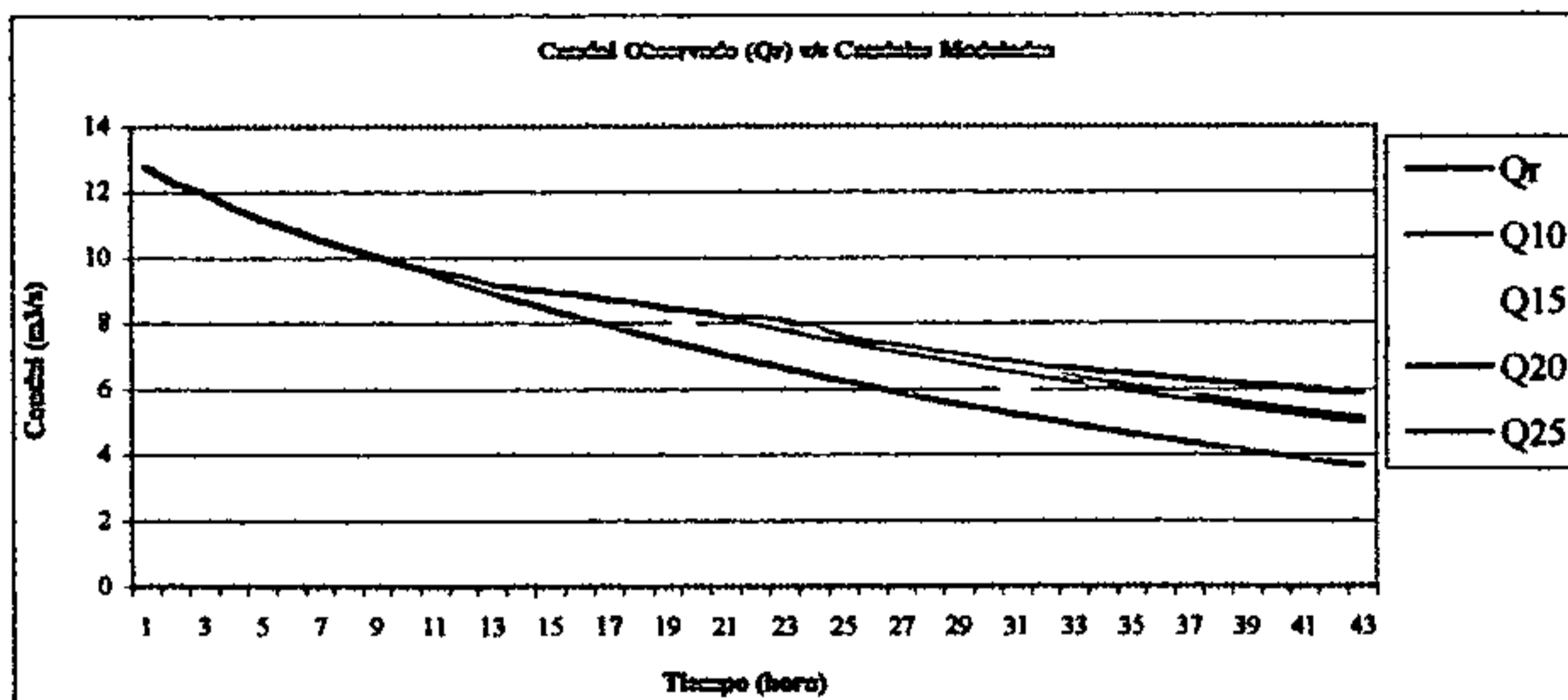


Figura N°26

Tabla N°32

26-07-1993

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
7,750				
7,684				
7,596				
7,552				
7,530				
7,484				
7,438				
7,369				
7,300				
7,256				
7,168	7,203			
7,080	7,150			
7,034	7,098			
6,919	7,047			
6,850	6,995			
6,766	6,944	6,790		
6,618	6,893	6,730		
6,464	6,843	6,671		
6,420	6,793	6,612		
6,273	6,744	6,554		
6,210	6,695	6,497	6,203	
6,144	6,646	6,440	6,135	
6,056	6,597	6,383	6,067	
5,990	6,549	6,327	6,000	
5,948	6,501	6,271	5,933	
5,906	6,454	6,216	5,868	5,882
5,843	6,407	6,162	5,803	5,818
5,780	6,360	6,108	5,738	5,754
5,740	6,314	6,054	5,675	5,691
5,720	6,268	6,001	5,612	5,628
5,700	6,222	5,948	5,550	5,567
5,640	6,177	5,896	5,489	5,506
5,620	6,132	5,844	5,428	5,445
5,600	6,087	5,793	5,368	5,385
5,580	6,042	5,742	5,308	5,326
5,540	5,998	5,692	5,250	5,268
5,520	5,955	5,642	5,191	5,210

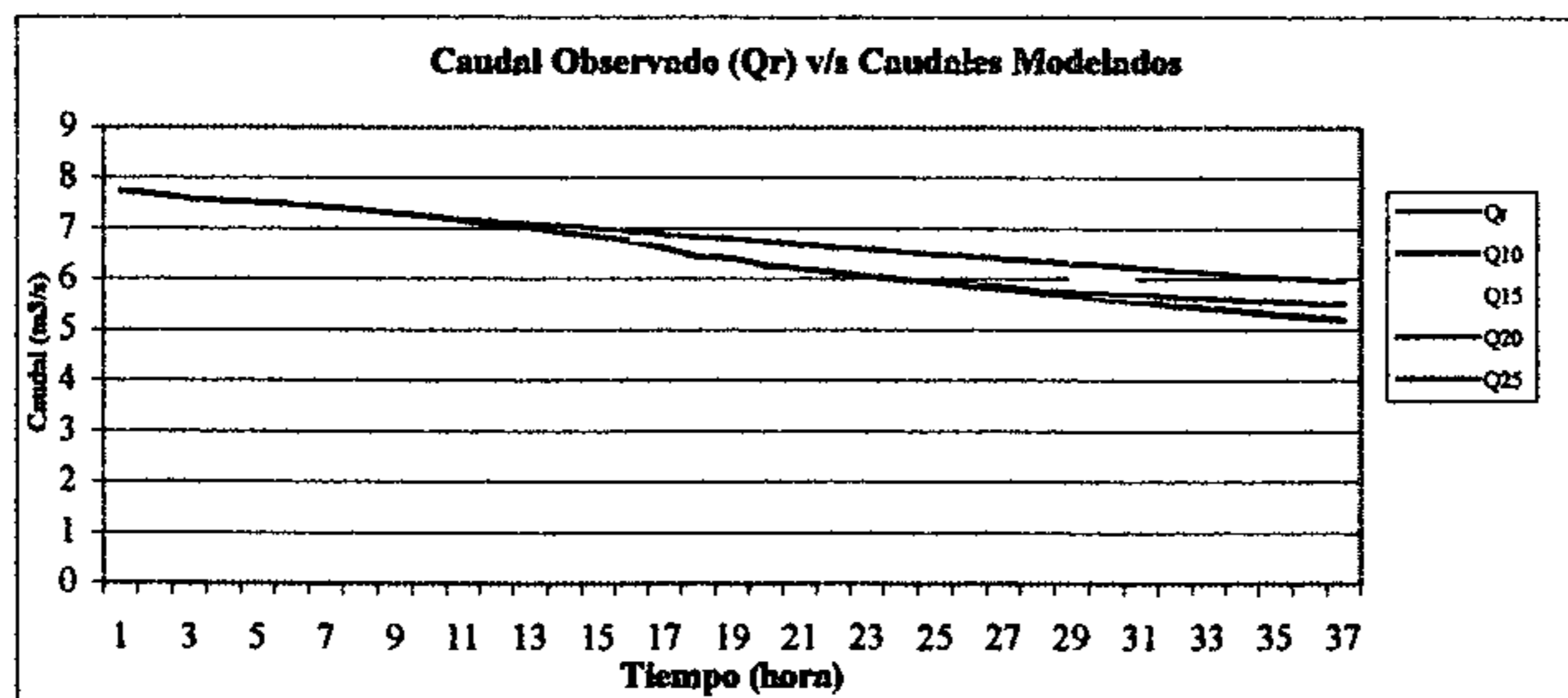


Figura N°27

Tabla N°33

16-04-1994

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
3,680				
3,510				
3,306				
3,170				
3,000				
2,895				
2,786				
2,706				
2,645				
2,540				
2,476	2,437			
2,412	2,339			
2,365	2,245			
2,320	2,154			
2,260	2,067			
2,160	1,984	2,183		
2,118	1,904	2,108		
2,090	1,827	2,036		
2,062	1,753	1,966		
2,034	1,682	1,899		
1,978	1,615	1,834	1,972	
1,950	1,549	1,771	1,911	
1,924	1,487	1,710	1,852	
1,898	1,427	1,652	1,795	
1,872	1,369	1,595	1,740	
1,846	1,314	1,541	1,687	1,820
1,820	1,261	1,488	1,635	1,769
1,792	1,210	1,437	1,585	1,720
1,764	1,161	1,388	1,536	1,673
1,736	1,114	1,340	1,489	1,626
1,708	1,069	1,295	1,443	1,581
1,680	1,026	1,250	1,399	1,537

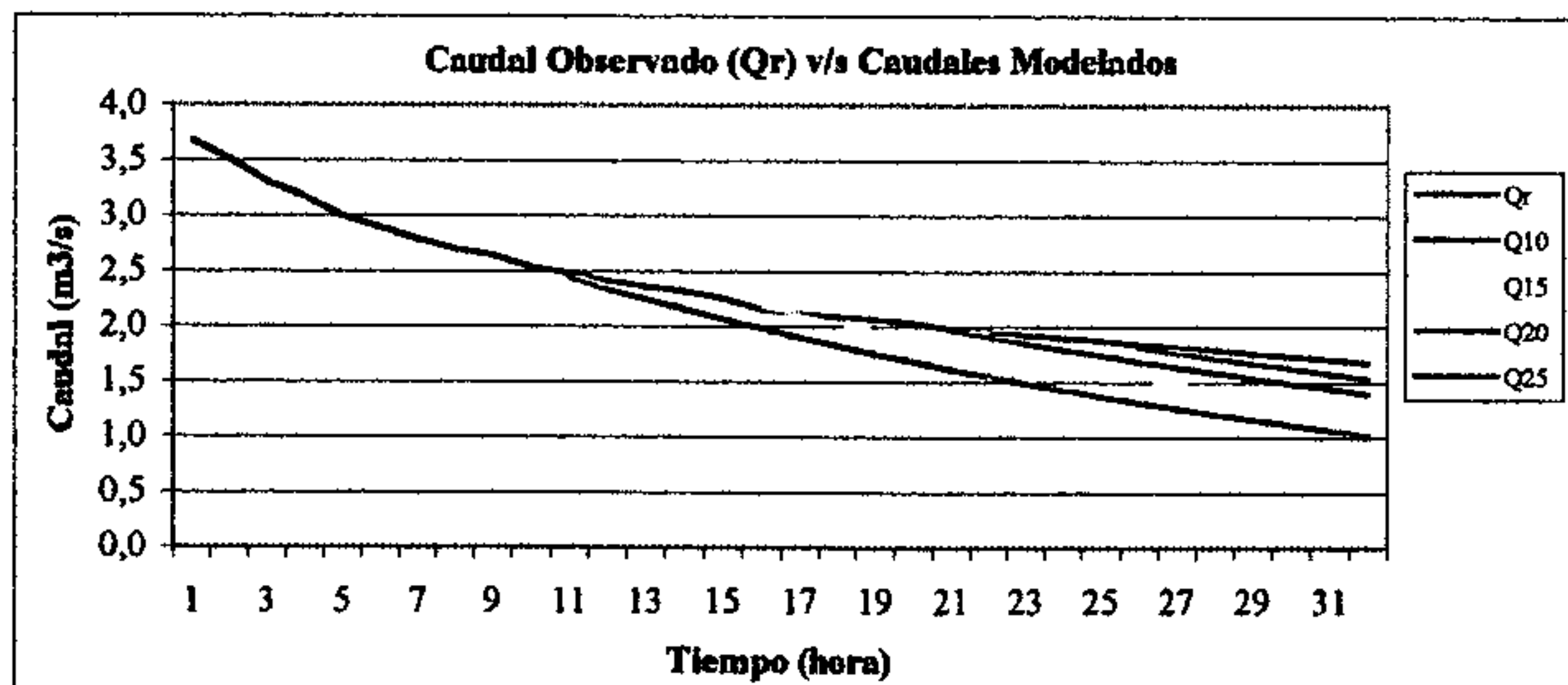


Figura N°28

Tabla N°34

23-04-1994

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
7,750				
7,662				
7,640				
7,574				
7,530				
6,874				
6,420				
6,210				
5,990				
5,843				
5,680	5,662			
5,540	5,488			
5,340	5,318			
5,180	5,154			
5,080	4,994			
4,940	4,840	4,929		
4,820	4,691	4,783		
4,742	4,546	4,640		
4,609	4,405	4,502		
4,536	4,269	4,369		
4,428	4,137	4,239	4,410	
4,372	4,009	4,113	4,287	
4,296	3,886	3,991	4,168	
4,239	3,765	3,872	4,052	
4,184	3,649	3,757	3,940	
4,094	3,536	3,645	3,830	4,078
4,040	3,427	3,537	3,724	3,974
3,945	3,321	3,432	3,620	3,874
3,907	3,219	3,330	3,519	3,775
3,799	3,119	3,231	3,422	3,680
3,748	3,023	3,135	3,327	3,586
3,714	2,929	3,042	3,234	3,496

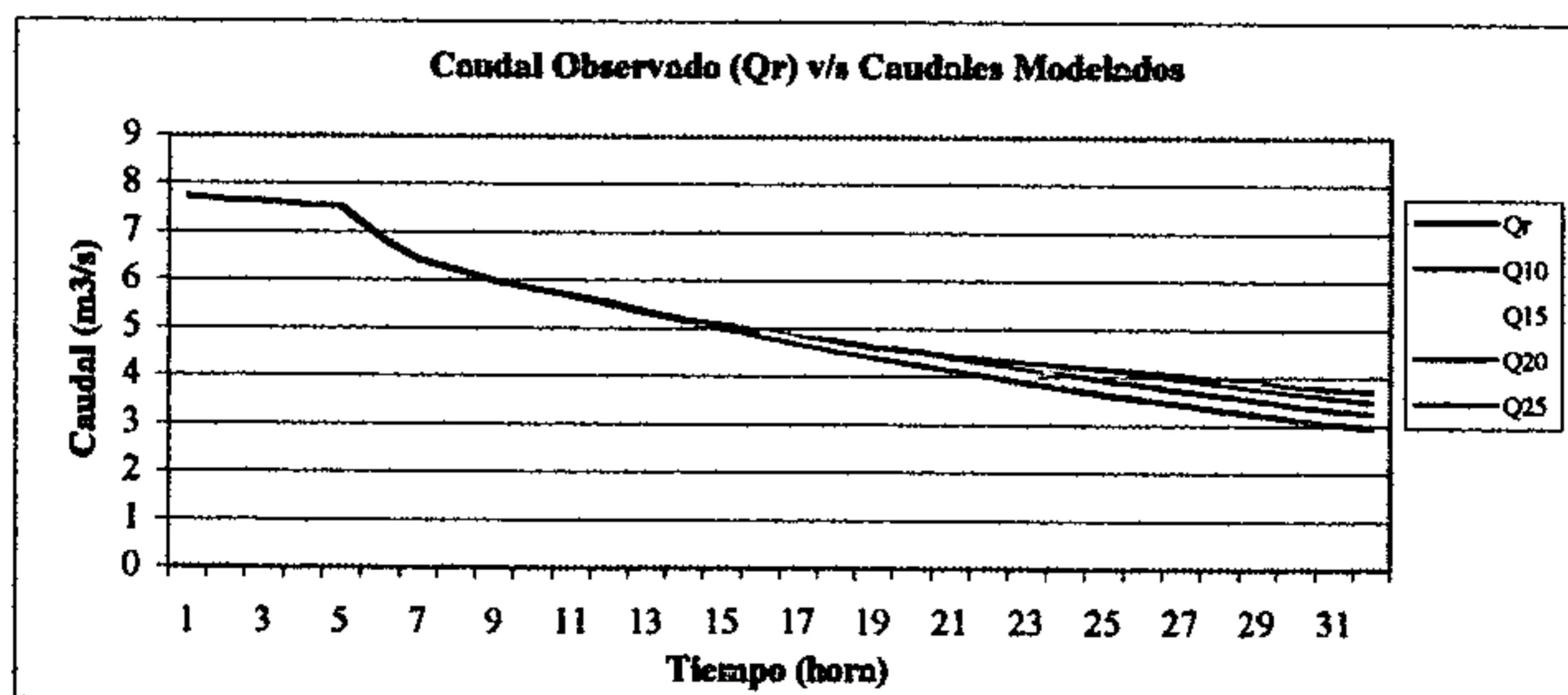


Figura N°29

Tabla N°35

09-06-1995

	Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
	4,780				
	4,500				
	4,220				
	3,964				
	3,782				
	3,561				
	3,340				
	3,170				
	3,000				
	2,850				
	2,690	2,691			
	2,540	2,541			
	2,380	2,399			
	2,305	2,265			
	2,160	2,138			
	2,090	2,019	2,041		
	1,992	1,906	1,928		
	1,924	1,800	1,822		
	1,846	1,699	1,721		
	1,792	1,604	1,626		
	1,708	1,515	1,537	1,702	
	1,680	1,430	1,452	1,616	
	1,568	1,350	1,372	1,535	
	1,528	1,275	1,296	1,458	
	1,504	1,204	1,225	1,384	
	1,444	1,137	1,157	1,315	1,433
	1,396	1,073	1,093	1,248	1,366
	1,348	1,013	1,033	1,186	1,302
	1,324	0,957	0,976	1,126	1,240
	1,300	0,903	0,922	1,069	1,182

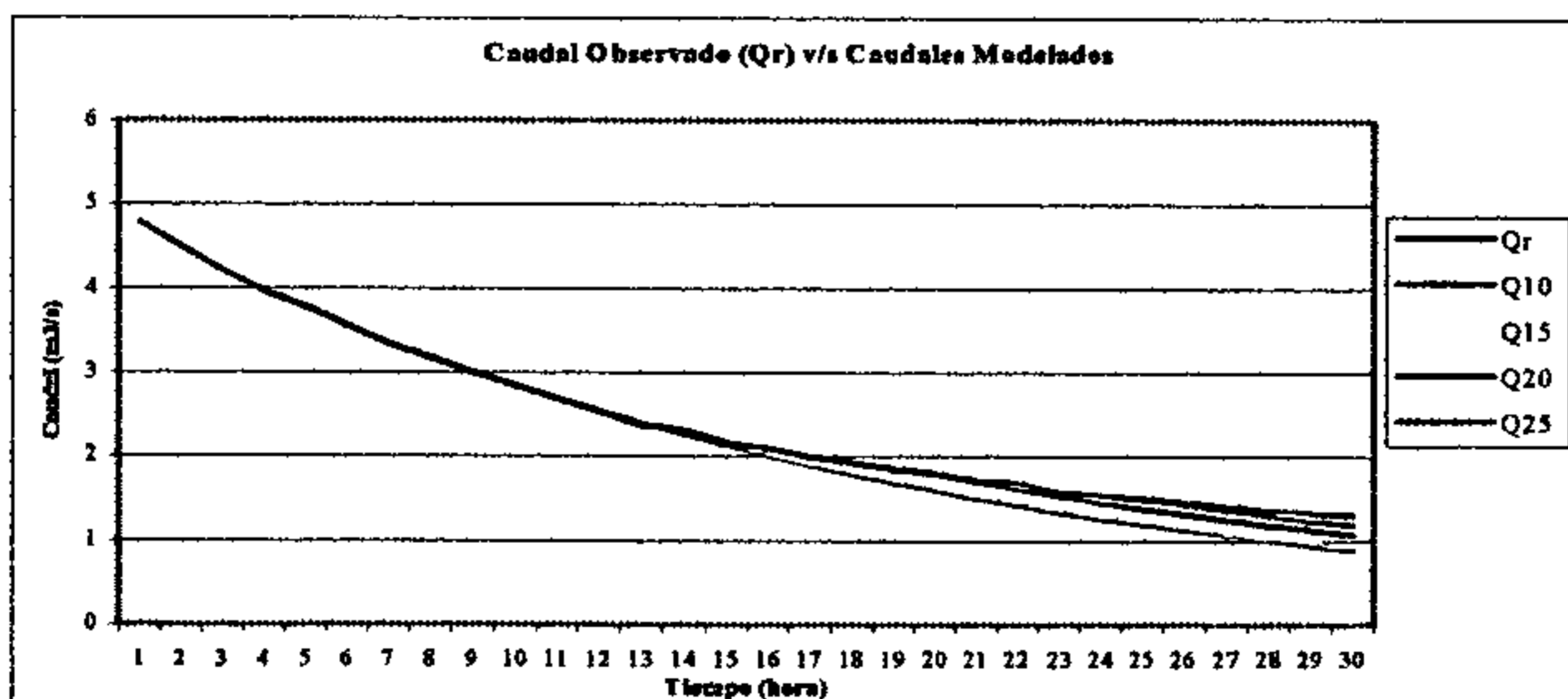


Figura N°30

Tabla N°36

15-06-1995

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
12,800				
12,300				
11,700				
11,200				
10,400				
9,660				
9,170				
8,690				
8,220				
7,980				
7,530	7,572			
7,415	7,185			
7,190	6,817			
7,080	6,468			
6,850	6,138			
6,745	5,824	6,551		
6,530	5,526	6,265		
6,210	5,243	5,991		
5,990	4,975	5,729		
5,680	4,721	5,479		
5,380	4,479	5,240	5,442	
5,180	4,250	5,011	5,214	
4,780	4,033	4,792	4,996	
4,590	3,826	4,583	4,787	
4,372	3,631	4,383	4,587	
4,130	3,445	4,191	4,395	4,181
3,850	3,269	4,008	4,211	3,998
3,680	3,102	3,833	4,034	3,823
3,629	2,943	3,666	3,865	3,655
3,510	2,792	3,506	3,704	3,495
3,340	2,650	3,353	3,549	3,342
3,170	2,514	3,206	3,400	3,196
3,000	2,386	3,066	3,258	3,056
2,925	2,264	2,932	3,121	2,922
2,802	2,148	2,804	2,991	2,794
2,690	2,038	2,682	2,866	2,672
2,615	1,934	2,565	2,746	2,555
2,540	1,835	2,453	2,631	2,443
2,380	1,741	2,345	2,521	2,336
2,305	1,652	2,243	2,415	2,234
2,230	1,567	2,145	2,314	2,136

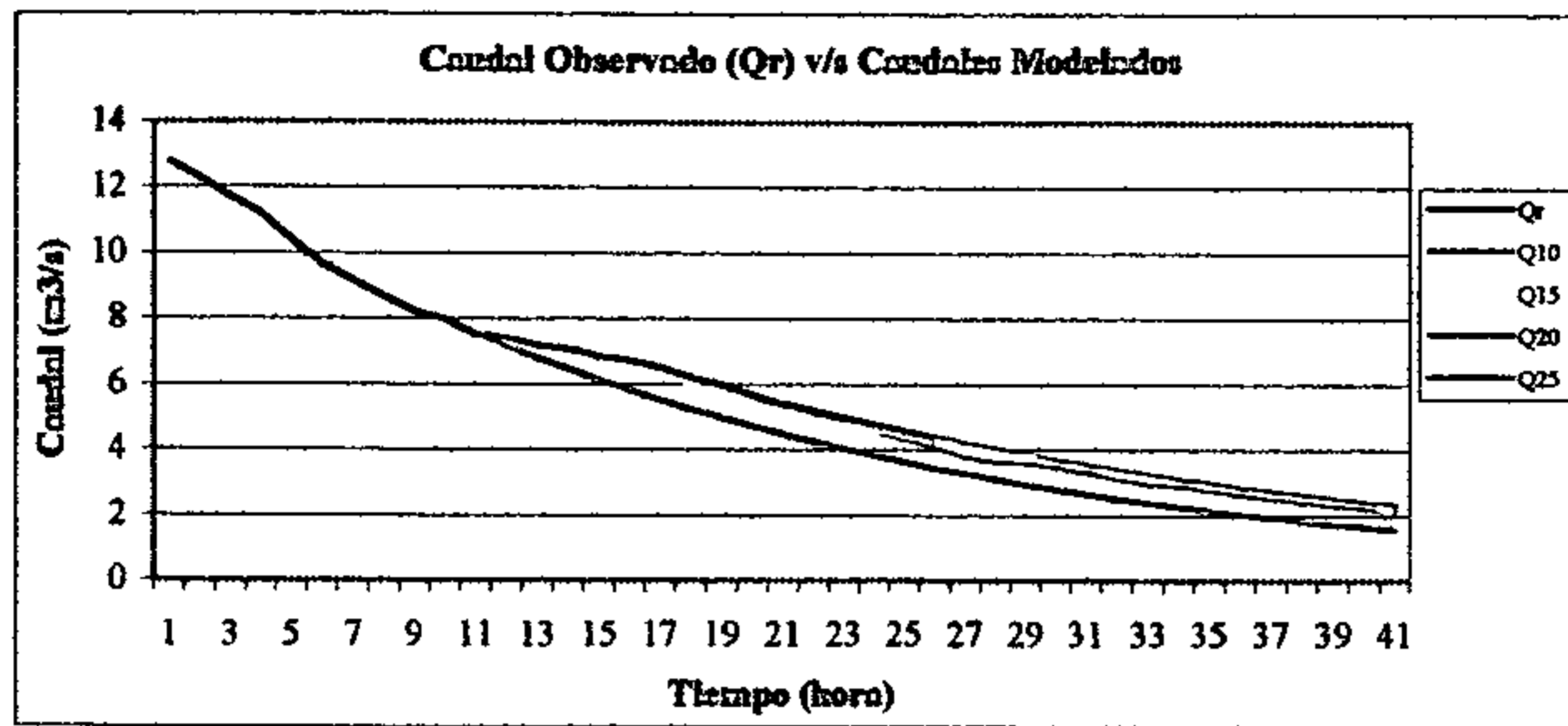


Figura N°31

Tabla N°37

23-08-1995

Qr	Q10	Q15	Q20	Q25
12,300				
11,850				
11,400				
11,050				
10,820				
10,360				
10,055				
9,785				
9,540				
9,295				
9,074	9,010			
8,930	8,734			
8,834	8,466			
8,575	8,207			
8,460	7,955			
8,340	7,712	8,237		
8,148	7,475	8,020		
8,052	7,246	7,808		
7,934	7,024	7,602		
7,819	6,809	7,402		
7,640	6,600	7,206	7,635	
7,554	6,398	7,016	7,455	
7,415	6,202	6,831	7,279	
7,346	6,012	6,651	7,108	
7,212	5,828	6,476	6,940	
7,168	5,649	6,305	6,777	7,053
7,058	5,476	6,138	6,617	6,898
6,965	5,308	5,976	6,461	6,746
6,919	5,145	5,819	6,309	6,598
6,850	4,988	5,665	6,160	6,453
6,745	4,835	5,516	6,015	6,311
6,703	4,687	5,370	5,873	6,172
6,661	4,543	5,229	5,735	6,036
6,530	4,404	5,091	5,600	5,904

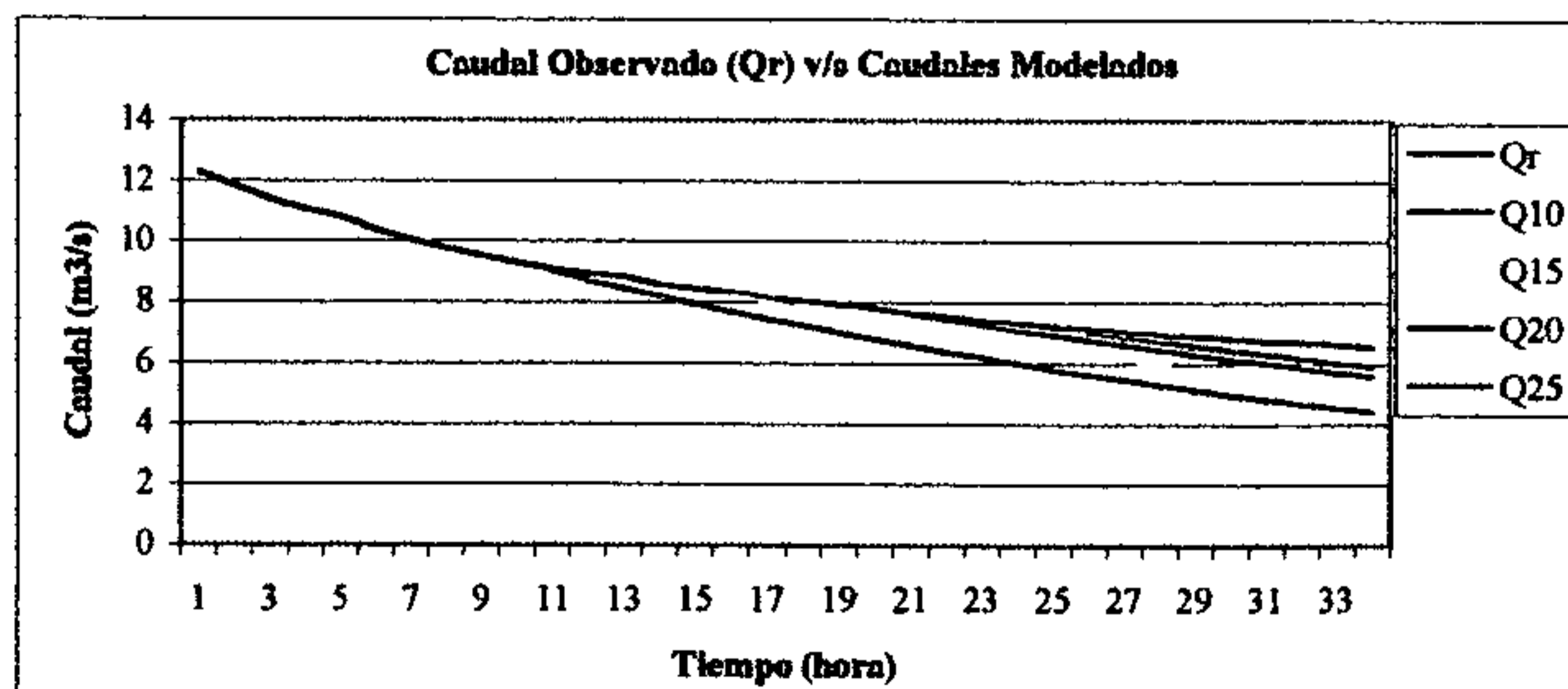


Figura N°32

CURVA DE DESCARGA

ESTACIÓN: RIO PURAPEL EN NIRIVILO

CUENCA : RIO MAULE

LATITUD S : 35 33

LATITUD W: 72 6

PERIODO DE VALIDEZ

DESDE: 24/5/89

HASTA: 29/3/90

H (cm)	TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100							0,004	0,008	0,12	0,016
110	0,02	0,026	0,032	0,038	0,044	0,050	0,090	0,130	0,17	0,210
120	0,25	0,346	0,442	0,538	0,634	0,73	0,854	0,978	1,10	1,23
130	1,35	1,51	1,67	1,83	1,99	2,15	2,32	2,49	2,66	2,83
140	3,00	3,18	3,36	3,54	3,72	3,90	4,08	4,26	4,44	4,62
150	4,80	4,98	5,16	5,34	5,52	5,70	5,89	6,08	6,27	6,46
160	6,65	6,84	7,03	7,22	7,41	7,60	7,82	8,04	8,26	8,48
170	8,70	8,95	9,20	9,45	9,70	9,9	10,2	10,5	10,8	11,0
180	11,3	11,6	11,9	12,3	12,6	12,9	13,2	13,6	13,9	14,3
190	14,6	14,9	15,3	15,6	16,0	16,3	16,6	17,0	17,3	17,7
200	18,0	18,3	18,7	19,0	19,4	19,7	20,0	20,4	20,7	21,1
210	21,4	21,7	22,1	22,4	22,8	23,1	23,4	23,8	24,1	24,5
220	24,8	25,1	25,5	25,8	26,2	26,5	26,8	27,2	27,5	27,9
230	28,2	28,5	28,9	29,2	29,6	29,9	30,2	30,6	30,9	31,3
240	31,6	31,9	32,3	32,6	33,0	33,3	33,6	34,0	34,3	34,7
250	35,0	35,3	35,7	36,0	36,4	36,7	37,0	37,4	37,7	38,1
260	38,4	38,8	39,1	39,5	39,8	40,2	40,5	40,9	41,2	41,6
270	41,9	42,3	42,6	43,0	43,3	43,7	44,0	44,4	44,7	45,1
280	45,4	45,8	46,2	46,5	46,9	47,3	47,7	48,1	48,4	48,8
290	49,2	49,6	50,0	50,4	50,8	51,2	51,6	52,0	52,4	52,8
300	53,2	53,6	54,0	54,4	54,8	55,2	55,6	56,0	56,4	56,8
310	57,2	57,6	58,1	58,5	59,0	59,4	59,8	60,2	60,7	61,1
320	61,5	61,9	62,4	62,8	63,3	63,7	64,1	64,5	65,0	65,4
330	65,8	66,2	66,7	67,1	67,6	68,0	68,4	68,8	69,3	69,7
340	70,1	70,6	71,1	71,7	72,2	72,7	73,2	73,7	74,2	74,7
350	75,2									

PERIODO DE VALIDEZ

DESDE: 30/3/90

HASTA: 17/6/90

H (cm)	TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
120	0,170	0,236	0,302	0,368	0,434	0,500	0,614	0,720	0,842	0,956
130	1,07	1,21	1,34	1,48	1,61	1,75	1,90	2,04	2,19	2,33
140	2,48	2,64	2,81	2,97	3,14	3,30	3,48	3,66	3,84	4,02
150	4,20	4,39	4,58	4,77	4,96	5,15	5,36	5,57	5,78	5,99
160	6,20	6,42	6,64	6,86	7,08	7,30				

PERIODO DE VALIDEZ

DESDE: 18/6/90

HASTA: 28/5/91

H (cm)	TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
110							0,010	0,020	0,030	0,040
120	0,050	0,160	0,270	0,380	0,490	0,600	0,750	0,900	1,05	1,20
130	1,35	1,51	1,67	1,83	1,99	2,15	2,32	2,49	2,66	2,83
140	3,00	3,18	3,36	3,54	3,72	3,90	4,08	4,26	4,44	4,62
150	4,80	4,98	5,16	5,34	5,52	5,70	5,89	6,08	6,27	6,46
160	6,65	6,48	7,03	7,22	7,41	7,60	7,82	8,04	8,26	8,48
170	8,70	8,95	9,20	9,45	9,70	9,90	10,2	10,4	10,7	10,9
180	11,2	11,5	11,7	12,0	12,2	12,5	12,8	13,0	13,3	13,5
190	13,8	14,1	14,3	14,6	14,8	15,1	15,4	15,7	15,9	16,2
200	16,5	16,8	17,1	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8	19,1
210	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,9	22,2
220	22,5	22,8	23,1	23,4	23,7	24,0	24,3	24,6	25,0	25,3
230	25,6	25,9	26,2	26,6	26,9	27,2	27,5	27,9	28,2	28,6
240	28,9	29,3	29,6	30,0	30,3	30,7	31,1	31,4	31,8	32,1
250	32,5	32,9	33,2	33,6	33,9	34,3	34,7	35,0	35,4	35,7
260	36,1	36,5	36,8	37,2	37,5	37,9	38,3	38,7	39,0	39,4
270	39,8	40,2	40,6	40,9	41,3	41,7	42,1	42,5	42,8	43,2
280	43,6	44,0	44,4	44,8	45,2	45,6	46,0	46,4	46,8	47,2
290	47,6	48,0	48,4	48,9	49,3	49,7	50,1	50,5	51,0	51,4
300	51,8	52,2	52,6	53,1	53,5	53,9	54,3	54,8	55,2	55,7
310	56,1	56,6	57,0	57,5	57,9	58,4	58,9	59,4	59,8	60,3
320	60,8	61,3	61,7	62,2	62,6	63,1	63,6	64,1	64,5	65,0
330	65,5	66,0	66,5	66,9	67,4	67,9	68,4	68,9	69,3	69,8
340	70,3	70,8	71,3	71,7	72,2	72,7	73,2	73,7	74,2	74,7
350	75,2	75,7	76,2	76,7	77,2	77,7	78,4	79,1	79,8	80,5
360	81,2	81,9	82,7	83,4	84,2	84,9	85,6	86,4	87,1	87,9
370	88,6	89,4	90,2	90,9	91,7	92,5	93,3	94,1	94,8	95,6
380	96,4	97,1	97,8	98,6	99,3	100,0	101,0	102,0	102,0	103,0
390	104,0	105,0	106,0	107,0	108,0	109,0	110,0	111,0	111,0	112,0
400	113,0	114,0	115,0	116,0	117,0	118,0	119,0	120,0	120,0	121,0
410	122,0	123,0	124,0	125,0	126,0	127,0	128,0	129,0	130,0	131,0
420	132,0	133,0	134,0	136,0	136,0	137,0				

PERIODO DE VALIDEZ

DESDE: 29/5/91

HASTA: 5/6/92

H (cm)	TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
110		0,060	0,120	0,180	0,240	0,300	0,346	0,392	0,438	0,484
120	0,53	0,804	1,08	1,35	1,63	1,90	2,04	2,19	2,33	2,48
130	2,62	2,81	2,99	3,18	3,36	3,55	3,76	3,97	4,18	4,39
140	4,60	4,82	5,03	5,25	5,46	5,68	5,90	6,13	6,35	6,58
150	6,80	7,04	7,28	7,52	7,76	8,00	8,26	8,52	8,78	9,04
160	9,30	9,56	9,82	10,1	10,3	10,6	10,9	11,1	11,4	11,6
170	11,9	12,2	12,5	12,7	13,0	13,3	13,6	13,9	14,1	14,4
180	14,7	14,8	14,9	15,0	15,1	15,2	15,4	15,6	15,8	16,0
190	16,2	16,5	16,8	17,0	17,3	17,6	17,9	18,2	18,5	18,8
200	19,1	19,4	19,7	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,6	21,9
210	22,2	22,5	22,8	23,2	23,5	23,8	24,1	24,4	24,8	25,1
220	25,4	25,7	26,0	26,4	26,7	27,0	27,3	27,6	28,0	28,3
230	28,6	28,9	29,2	29,6	29,9	30,2	30,5	30,8	31,2	31,5
240	31,8	32,1	32,4	32,8	33,1	33,4	33,7	34,0	34,4	34,7
250	35,0	35,3	35,6	36,0	36,3	36,6	37,0	37,4	37,8	38,2
260	38,6	38,9	39,3	39,6	40,0	40,3	40,6	41,0	41,3	41,7
270	42,0	42,4	42,7	43,1	43,4	43,8	44,2	44,5	44,9	45,2
280	45,6	46,0	46,3	46,7	47,0	47,4	47,8	48,1	48,5	48,8
290	49,2	49,6	50,0	50,4	50,8	51,2	51,6	52,0	52,4	52,8
300	53,2	53,6	54,0	54,4	54,8	55,2	55,6	56,0	56,4	56,8
310	57,2	57,6	58,0	58,5	58,9	59,3	59,7	60,1	60,6	61,0
320	61,4	61,8	62,3	62,7	63,2	63,6	64,0	64,5	64,9	65,4
330	65,8	66,2	66,7	67,1	67,6	68,0	68,5	68,9	69,4	69,8
340	70,3	70,8	71,3	71,7	72,2	72,7	73,2	73,7	74,2	74,7
350	75,2	75,5	76,2	76,7	77,2	77,7	78,4	79,1	79,8	80,5
360	81,2	81,8	82,4	83,1	83,7	84,3	84,9	85,6	86,2	86,9
370	87,5	88,1	88,8	89,4	90,1	90,7	91,4	92,0	92,7	93,3
380	94,0	94,7	95,3	96,0	96,6	97,3	98,0	98,8	100,0	100,0
390	101,0	102,0	102,0	103,0	103,0	104,0	105,0	105,0	106,0	106,0
400	107,0	108,0	108,0	109,0	109,0	110,0	111,0	112,0	112,0	113,0
410	114,0	115,0	115,0	116,0	116,0	117,0	118,0	119,0	119,0	120,0
420	121,0	122,0	122,0	123,0	123,0	124,0	125,0	126,0	126,0	127,0
430	128,0	129,0	129,0	130,0	130,0	131,0	132,0	133,0	133,0	134,0
440	135,0	136,0	136,0	137,0	137,0	138,0	139,0	140,0	140,0	141,0
450	142,0	143,0	143,0	144,0	144,0	145,0	146,0	147,0	147,0	148,0
460	149,0	150,0	150,0	151,0	151,0	152,0	153,0	154,0	154,0	155,0
470	156,0	157,0	157,0	158,0	158,0	159,0	160,0	161,0	161,0	162,0
480	163,0	164,0	165,0	165,0	166,0	167,0	168,0	168,0	169,0	169,0
490	170,0	171,0	171,0	172,0	172,0	173,0	174,0	175,0	175,0	176,0
500	177,0	178,0	178,0	179,0	179,0	180,0	181,0	181,0	181,0	183,0
510	184,0	185,0	186,0	186,0	187,0	188,0	189,0	190,0	190,0	191,0

PERIODO DE VALIDEZ

DESDE: 6/6/92

HASTA: 30/4/97

H (cm)	TABULACION DE LA CURVA (m ³ /s)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100							0,004	0,008	0,012	0,016
110	0,02	0,042	0,064	0,086	0,108	0,130	0,200	0,27	0,34	0,41
120	0,48	0,574	0,668	0,762	0,856	0,950	1,07	1,19	1,30	1,42
130	1,54	1,68	1,82	1,95	2,09	2,23	2,38	2,54	2,69	2,85
140	3,00	3,17	3,34	3,51	3,68	3,85	4,04	4,22	4,41	4,59
150	4,78	4,98	5,18	5,38	5,58	5,78	5,99	6,21	6,42	6,64
160	6,85	7,08	7,30	7,53	7,75	7,98	8,22	8,46	8,69	8,93
170	9,17	9,42	9,66	9,91	10,2	10,4	10,7	10,9	11,2	11,4
180	11,7	12,0	12,3	12,5	12,8	13,1	13,4	13,7	13,9	14,2
190	14,5	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2
200	17,5	17,8	18,1	18,5	18,8	19,1	19,4	19,7	20,1	20,4
210	20,7	21,0	21,4	21,7	22,1	22,4	22,7	23,1	23,4	23,8
220	24,1	24,5	24,8	25,2	25,5	25,9	26,3	26,6	27,0	27,3
230	27,7	28,1	28,4	28,8	29,1	29,5	29,9	30,3	30,6	31,0
240	31,4	31,8	32,2	32,6	33,0	33,4	33,9	34,2	34,6	35,0
250	35,4	35,8	36,2	36,6	37,0	37,4	37,8	38,2	38,6	39,0
260	39,4	39,8	40,2	40,7	41,1	41,5	41,9	42,4	42,8	43,3
270	43,7	44,1	44,6	45,0	45,5	50,3	46,3	46,8	47,2	47,7
280	48,1	48,5	49,0	49,4	49,9	55,0	50,8	51,2	51,7	52,1
290	52,6	53,1	53,6	54,0	54,5	59,7	55,5	55,9	56,4	56,8
300	57,3	57,8	58,3	58,7	59,2	64,7	60,2	60,7	61,2	61,7
310	62,2	62,7	63,2	63,7	64,2	69,7	65,2	65,7	66,2	66,7
320	67,2	67,7	68,2	68,7	69,2	74,9	70,2	70,7	71,3	71,8
330	72,3	72,8	73,3	73,9	74,4	80,2	75,4	76,0	76,5	77,1
340	77,6	78,1	78,6	79,2	79,7	85,7	80,8	81,3	81,9	82,4
350	83,0	83,5	84,1	84,6	85,2	91,3	86,3	86,8	87,4	87,9
360	88,5	89,1	89,6	90,2	90,7					

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00011 8695