BIBLIOTECA
IREN

27 SET. 1979

" CARACTERIZACION DEL REGIMEN HIDROLOGICO

D E L

ESTERO LAN LAN - HOYA IMPERIAL "

M A Y O , 1 9 7 6 .-

Autores : Ing. Jorge Orellana Q.
Geol. Gerardo Díaz del R.
Ing. Agustín Hojas B.

C O N C L U S I O N E S

1.- Si bien antecedentes hidrométricos en la zona del estero Lan Lan son escasos, o nulos, la metodología empleada, unida a las características de la cuenca permite confiar en los resultados en sus dos aspectos básicos : caudales mínimos disponibles, y caudales máximos de crecidas.

2.- El caudal medio mensual mínimo, para el mes más desfavorable en un año de probabilidad de excedencia 95%, alcanza una magnitud de 440 l/s, y se produce en el mes de Enero.

3.- El "peak" de máxima obtenido a través de la generación sintética de un hidrograma unitario, para una lluvia con un período de retorno de 100 años alcanza a 34.4 m3/seg.

1.- INTRODUCCION

El estero Lan-Lan forma parte de la hoya hidrográfica del Río Imperial, limitada al norte por la cuenca del río Bío-Bío y al sur por la hoya del río Toltén. El río Imperial es principalmente producto de la confluencia de los ríos Cholchol, Cautín y Quepe. El estero Lan-Lan con una superficie de drenaje de 32,45 Km2 corresponde a una hoya tributaria del río Quepe, confluyendo a éste, aproximadamente 3 Kms. aguas arriba de la localidad de Cherquenco. Posee sus nacientes en los faldeos del Volcán Llaima y se desarrolla entre los 38º40' a 38º43' de latitud sur y 71º47' a 71º55' de longitud oeste.

Producto de las modestas alturas que alcanza el cordón divisorio de la cuenca (2500-3000 Mts.) al corresponder al sector preandino el régimen hidrológico no demuestra influencia importante de glaciación, manifestándose mas bien una directa dependencia de las precipitaciones pluviales.

Climáticamente de acuerdo a la clasificación de Koepen, la región se ubica en la zona de transición entre los climas mediterráneos con degradación húmeda y los climas templado-lluviosos con influencia oceánica.

La condición de zona de transición confiere cierta singularidad a la región : El régimen pluviométrico es producto de las variaciones a lo largo del año del frente polar.

Entre los meses de mayo y septiembre, se concentran las precipitaciones por el avance reiterado de las perturbaciones de dicho frente. Son habituales los cielos cubiertos con sistemas de nubes persistentes y una alta humedad relativa (sobre el 80%) que alcanza su máximo en la noche para decrecer hacia el medio día.

Las precipitaciones presentan un ritmo creciente a medida que avanza el invierno para disminuir progresivamente al aproximarse el verano. El monto de las precipitaciones invernales supera ligeramente el 45% del total de agua caída anualmente, porcentaje que representa un promedio superior a la tercera parte de los días de lluvia.

Durante el estío, el desplazamiento de las altas presiones hacia la zona, obliga a las perturbaciones a adoptar un camino mucho más meridional. Sin embargo, la ubicación de la región en una zona de transición, significa la presencia durante este período de perturbaciones, con las consiguientes precipitaciones, que si bien no alcanzan los montos del período de invierno, representan en torno al 15% de la precipitación anual.

La distribución regional de las precipitaciones manifiesta una influencia orográfica evidenciada a través de un progresivo aumento de ellas a medida que se avanza hacia el cordón divisorio. Así Temuco, situada a 113 m.s.n.m., posee una media anual de 1332 mm, mientras que Cherquenco a 518 m.s.n.m. alcanza una media anual sustancialmente superior de 2313 mm. Por otra parte el comportamiento térmico de la región muestra la influencia del océano que sin embargo no alcanza hasta la zona de estudio, sobre la cual se deja sentir el efecto de altura.

Las temperaturas medias poseen valores decrecientes a medida que aumenta la altitud, reforzándose una fuerte oscilación térmica diaria y a su vez la amplitud térmica anual. Por sobre los 2000 mts. se crean así condiciones para la conservación de una capa persistente de nieve.

Cherquenco, estación ya caracterizada, demuestra lo anteriormente señalado, presentando una media anual de 9,8 ºC, una media máxima anual de 16,1 ºC y una media mínima anual de 3,5 ºC.

2.- ANTECEDENTES DISPONIBLES

Considerando la reducida superficie de la hoya del Lan-Lan era lógico esperar ausencia de control fluviométrico en su curso. Se ha recurrido a la utilización de la estación Quepe en Vilcún (limnimétrica) controlada inicialmente por la Dirección de Riego y posteriormente por DGA a través de un período que abarca desde 1948-1968. Las consideraciones necesarias de adoptar para reflejar a través de dicha estación el régimen del estero Lan-Lan, son ampliamente tratadas en el capítulo correspondiente.

La caracterización pluviométrica del sector, su régimen de intensidades máximas y distribución estacional, fué adoptado en base a la estación Cherquenco, controlada por la Dirección Meteorológica a través del período 1938-1975, con interrupción durante el lapso 1946-1964. Se utilizó como ratificación de la representatividad de la estación, el análisis de las isoyetas anuales trazadas por G. Wood en "Pluviometría de la Zona Sur de Chile".

Los antecedentes morfométricos de la hoya fueron obtenidos a partir de planchetas 1:50.000 del IGM con equidistancia de curvas de nivel cada 50 metros.

En general debe establecerse que, si bien la hoya objeto del estudio no posee antecedentes directos, los antecedentes utilizados, debidamente ponderados en base a la magnitud y características de la cuenca, han constituído información suficientemente confiable para avalar los resultados obtenidos.

3.- CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS

En cuencas con ausencia de antecedentes directos y a las cuales es necesario trasponer información de cuencas análogas o desarrollar en ella hidrología sintética, resulta imprescindible el conocimiento de las caraterísticas morfométricas de ella.

Si bien no todos los factores fisiográficos que influyen en la hidrología de una cuenca son suceptibles de cuantificar, se han identificados los principales y desarrollado relaciones que los representan.

En este caso, los rasgos fisiográficos se han utilizado como base para analizar la validéz de la analogía y como determinantes para el desarrollo de los hidrogramas de crecidas .

Bajo tales consideraciones, se presentan las características morfométricas de Lan-Lan, acompañadas de un breve análisis de su influencia.

3.1.- Superficie hasta zona de captación :

Su influencia es obvia :

A : 32,45 Kms2

3.2.- Forma de la cuenca :

Posee influencia directa en el desarrollo del Hidrograma Unitario a través del tiempo de concentración y tiempo base. Así, a dos cuencas de igual superficie, pendiente y vegetación, le corresponden diferentes Hidrogramas Unitarios según sea alargada y estrecha, ancha y corta o triangular. Se cuantifica este parámetro a través de la razón entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un circulo de igual superficie.

$$I_c = \frac{0,28\ P}{\sqrt{A}} = \frac{0,28 \times 29,5}{\sqrt{32,45}} = 1.45$$

Por otra parte, igualmente se adoptan relaciones que integran características del río y de la cuenca como parámetros para reflejar su forma. Tales son relaciones como $(L\ Lg)^n$, donde "L" representa la longitud del curso principal y "Lg", la distancia del centro de gravedad a su salida. En este caso, dichos parámetros alcanzan los siguientes valores :

L : 13,4 Kms

Lg: 7.50 Kms

3.3.- Pendiente :

La pendiente se ha mostrado decisiva en su conexión al tiempo de retardo del Hidrograma Unitario. Dicho parámetro puede reflejarse a través de dos formas principales, ya sea como pendiente media del curso principal "Ir", o como pendiente media de la cuenca o Índice de pendiente "Ip", resultando esta última mucho más adecuada

$$Ir = \frac{H_M - Hm}{L} = \frac{1860 - 750}{13,40} = 8,2\%$$

siendo :

H_M = cota máxima

Hm = cota mínima

además :

$$Ip = \sum_{n=2}^{n} \sqrt{\beta i\,(a_n - a_{n-1})}\ \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Ip = 0,613

siendo :

n = números de curvas de nivel adoptados

$a_1 .. a_n$ = cotas de las curvas de nivel

= fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas a_n y a_{n-1}

L = longitud del lado mayor del rectángulo equivalen-

3.4.- Topografía :

De gran importancia en el valor del tiempo de retardo de la cuenca, constituye su elemento básico para realizar analogías. Se refleja a través de la curva hipsométrica, altura media e índice de pendiente de la cuenca; este último, ya incluído en el punto anterior.

$$\overline{H} = \frac{\sum \overline{hi}\ Ai}{A_T}$$

siendo :

$\overline{H}$ = altura media

$\overline{hi}$ = altura media de la fracción de la superficie total Ai

Ai = fracción i de la superficie total

$$\overline{H} = \frac{37292,50}{32,45} = 1.149 \text{ mts.}$$

La curva hipsométrica que representa la fracción de la superficie total dominada por encima de cada cota, se refleja en la Fig. 3.4.

4.- RECURSOS MEDIOS DE LA CUENCA. VARIACION ANUAL Y DISTRIBUCION ESTACIONAL

El estero Lan-Lan no ha tenido control fluviométrico en ningún punto de su curso. Por esta razón, la metodología de cálculo del volúmen de agua escurrido se ha debido enfrentar indirectamente utilizando analogía de cuencas. Para ello, se ha elegido una cuenca que incluye al estero, como es la cuenca del río Quepe, que ha sido cerrada en Vilcún.

Esta cuenca tiene un área de 558 Kms2, 17,2 veces mayor que la hoya del estero Lan-Lan (32,45 Kms2). Desde luego, la altura media de Quepe en Vilcún es algo inferior a la altura de Lan-Lan en captación, de tal manera que esta característica debe ser considerada en la productividad para Lan-Lan, porque las precipitaciones tienen una magnitud marcadamente orográfica. También esta diferencia de alturas entre ambas, incide en el régimen de escurrimiento, ya que porcentualmente afecta la precipitación que cae en forma de nieve. No obstante, este último aspecto no tiene una mayor relevancia para el margen de variación existente entre ambas, y porque no será utilizada la variación estacional de Quepe en Vilcún para determinar la de Lan-Lan, sino que interesa solamente como medio de obtener la productividad.

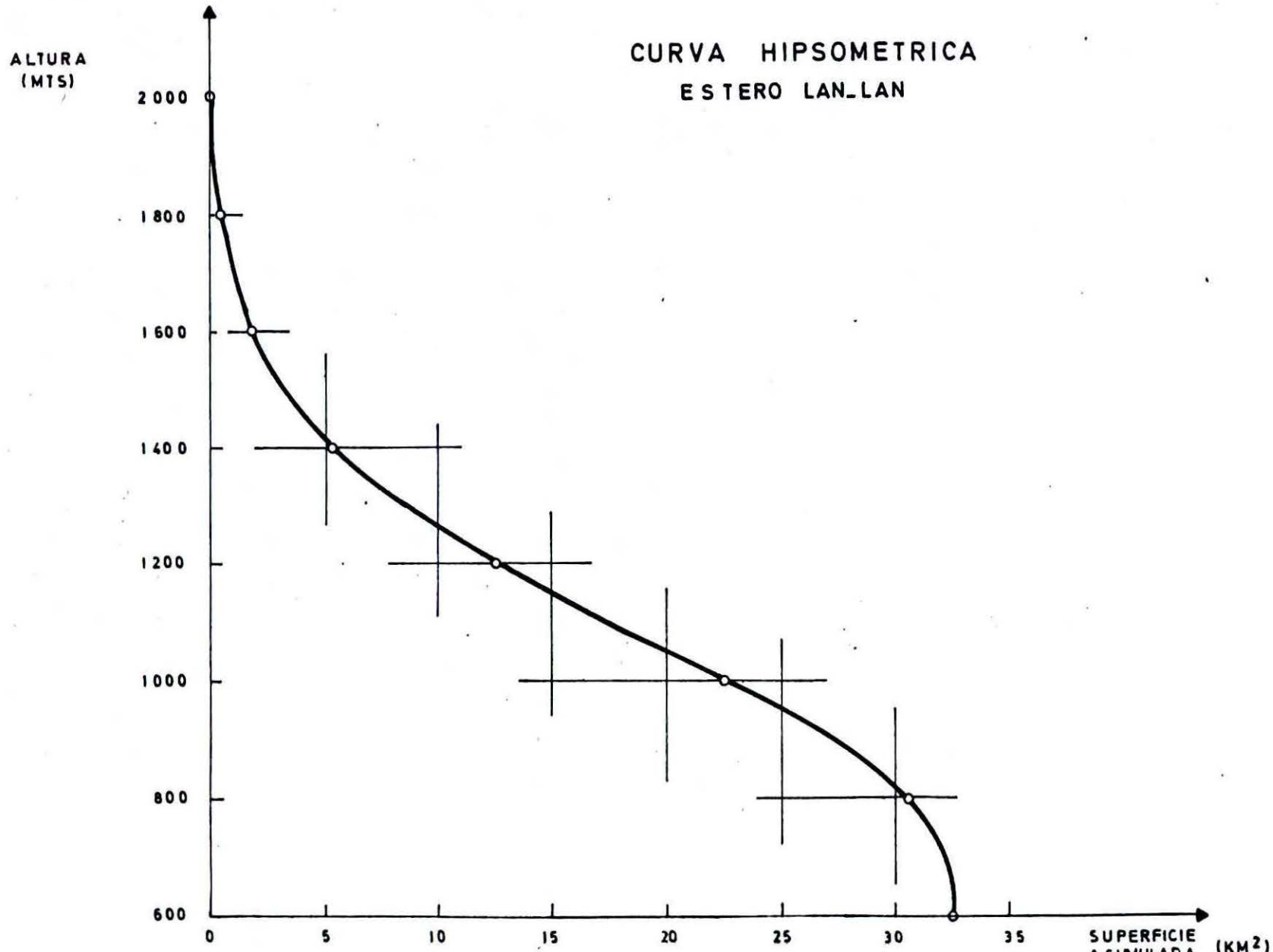
4.1.- Análisis de río Quepe en Vilcún

4.1.1.- Agua Caída

El agua caída en la cuenca ha sido obtenida (1) a través de curvas isoyetas, para las probabilidades de excedencia que a continuación se indican :

cuadro en hoja siguiente

(1) Pluviometría de Chile en la Zona Sur. Guillermo Wood H., 1969.


CURVA HIPSOMETRICA
ESTERO LAN_LAN
ALTURA (MTS)
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
0
5
10
15
20
25
30
35
SUPERFICIE ACUMULADA (KM2)

(Graf. 3.4)

Probabilidad de excedencia (%)	5	20	50	80	95
Precipitación media cuenca Quepe en Vilcún (mm)	2800	2600	2200	2000	1600
Caudal medio equivalente (m3/s)	50.2	46.6	39.5	35.9	28.7

4.1.2.- Productividad de la cuenca

La estadística disponible de Quepe en Vilcún (1946-68), fué corregida y ampliada (2) al período 1941-1970, en base a las estadísticas corregidas de Cautín en Rari Ruca, obteniéndose una distribución de caudales medios y productividad, según : (Gráf. 4.1)

Probabilidad de excedencia (%)	5	20	50	80	95
Caudal medio (m3/s)	44.5	38.0	31.8	26.7	21.1
Productividad (l/s/Km2)	79.7	68.1	57.0	47.8	37.8
Escorrentía (%)	88.6	81.5	80.5	74.3	73.5

Como otro sistema para determinar posteriormente la aportación total, se ha recurrido a la determinación del coeficiente "β" de la expresión de Becerril : $E = \beta \overline{PP}^{3/2}$ (siendo "E" la aportación anual, "PP" la precipitación media anual y "β" el coeficiente de escorrentía) para el año P (x) $\geqslant$ 50%, resultando β = 0,017, y que se describe por su autor como correspondiente a zonas húmedas a muy húmedas. Ello fué hecho considerando la precipitación media en la cuenca y el caudal medio controlado.

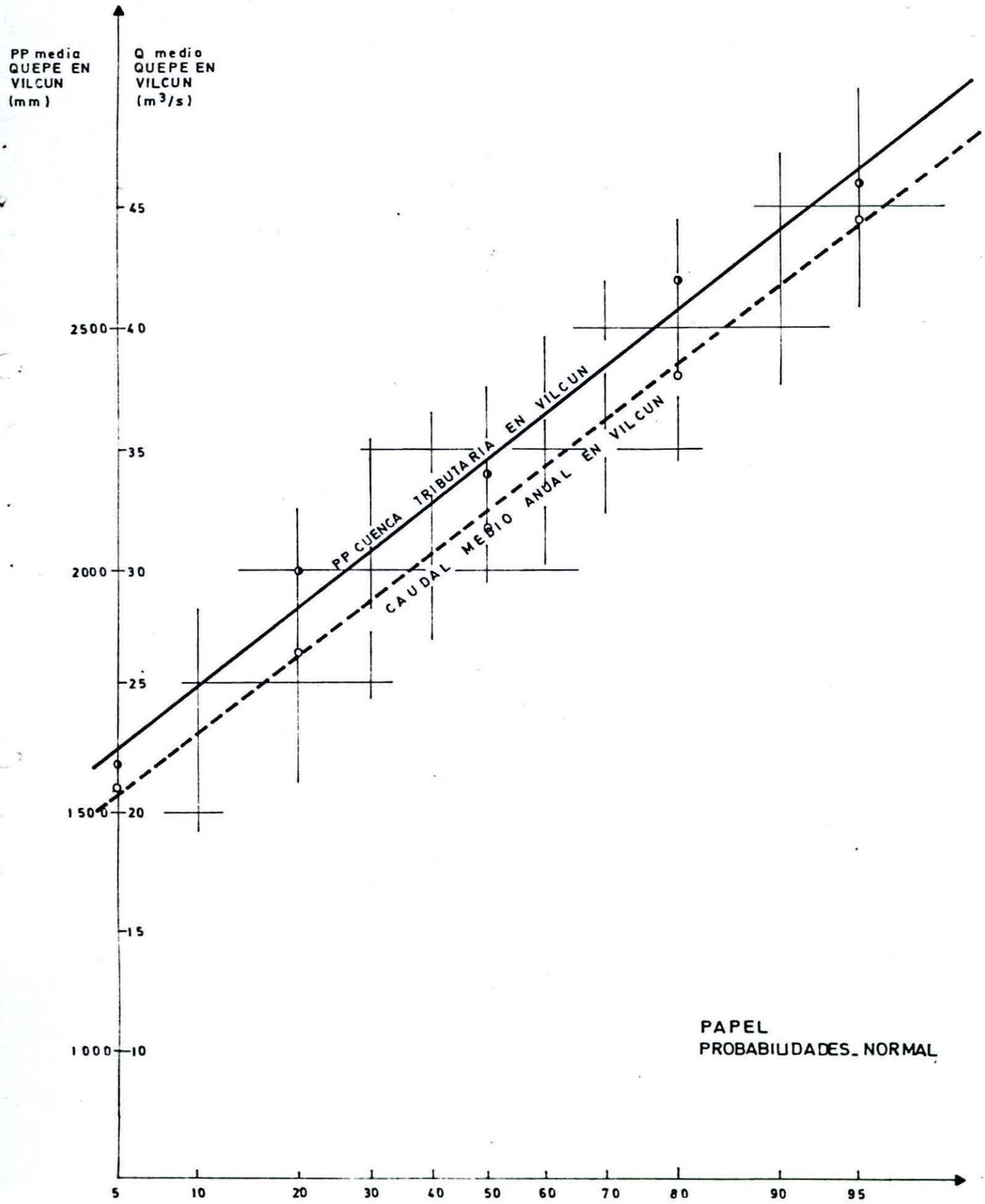
4.1.3.- Distribución mensual del caudal

La distribución mensual del caudal (caudales medios de la serie mensual) se presentan junto al porcentaje del total escurrido, en la tabla siguiente :

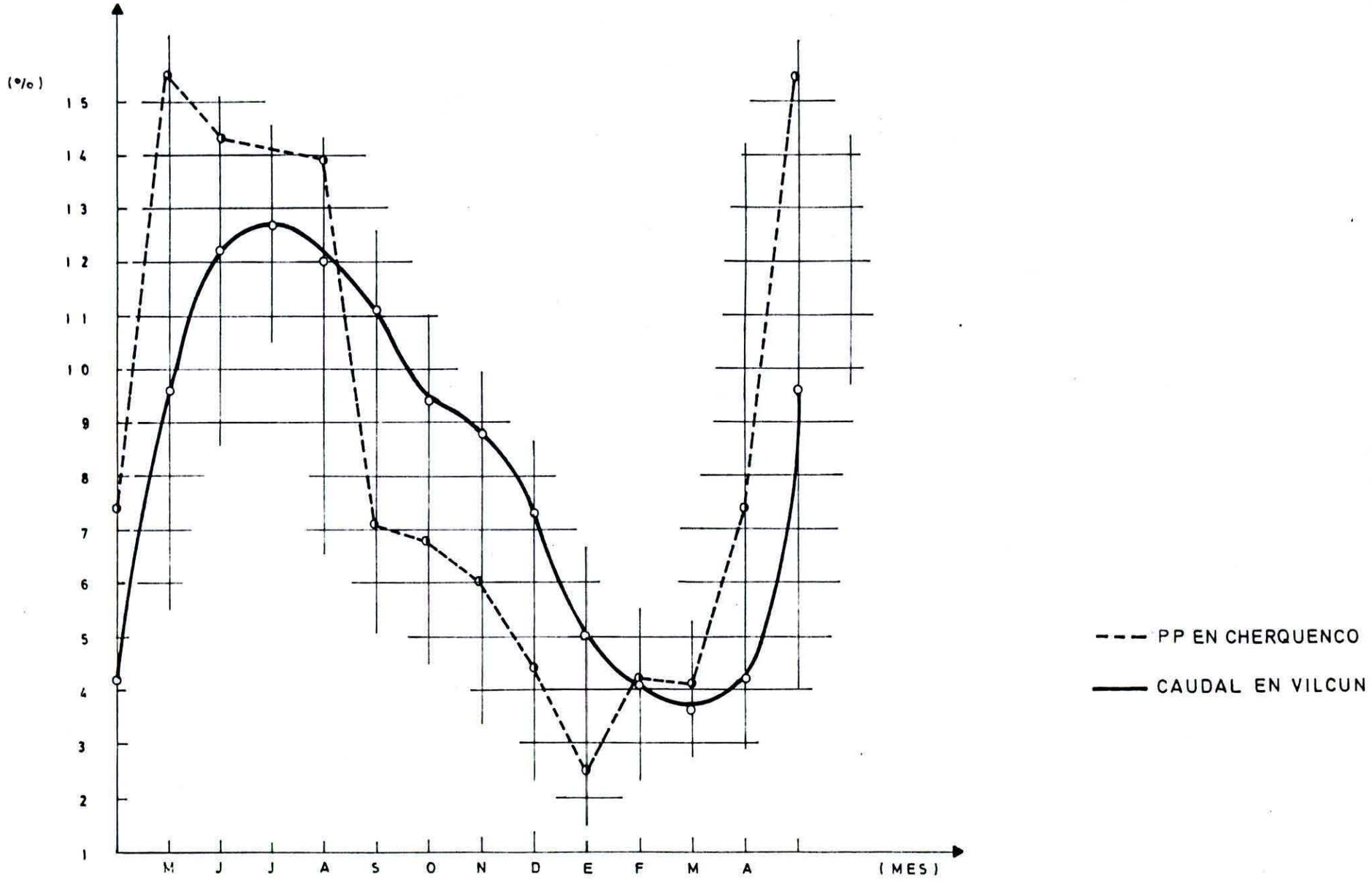
MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Q (m3/s)	34.0	43.4	44.5	42.5	39.3	33.4	31.1	25.8	17.6	14.6	12.9	14.9
%	9.6	12.2	12.7	12.0	11.1	9.4	8.8	7.3	5.0	4.1	3.6	4.2

En el gráfico 4.2 se indica, junto a la variación estacional del caudal (adimensional) la variación de las precipitaciones medias mensuales en la estación de Cherquenco, también en forma adimensional, con el único fin de efectuar una caracterización del régimen de escorrentía. En él, no se vé la presencia de un máximo de primavera-verano que puede ser producto de deshielo como para caracterizar su régimen de mixto, sino corresponde netamente a un comportamiento pluvial, que sigue la marcha de las precipitaciones con un desfase variable de 1 a 2 meses.

(2) Producción Específica de las Cuencas Hidrográficas de Chile. Sergio Hadad, 1973.


PP media
QUEPE EN
VILCUN
(mm)
Q medio
QUEPE EN
VILCUN
(m³/s)
45
2500
40
35
2000
30
25
1500
20
15
1000
10
PP CUENCA TRIBUTARIA EN VILCUN
CAUDAL MEDIO ANUAL EN VILCUN
PAPEL
PROBABILIDADES_NORMAL
5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
95

(Graf. 4.1)


(%)
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
M J J A S O N D E F M A
(MES)
PP EN CHERQUENCO
CAUDAL EN VILCUN

Graf. 4.2.-

Por la forma de ocurrencia de las precipitaciones, y considerando que el régimen es fundamentalmente pluvial, se puede mantener la distribución de los caudales (el porcentaje correspondiente a cada mes del total anual), para otras probabilidades de volúmen anual escurrido.

4.2.- Análisis Estero Lan Lan en Captación

4.2.1.- Agua Caída

Utilizando el mismo plano de isoyetas considerado para el río Quepe en Vilcún, se ha determinado el agua caída en la cuenca del estero Lan Lan, que hasta el punto de captación alcanza un desarrollo de 32,45 Km2, para las probabilidades de excedencia que se indican :

P (x) ≥ %	5	20	50	80	95
Precipitación media (mm)	3000	2800	2500	2300	1900
Caudal Equivalente medio anual (m3/s)	3.13	2.92	2.61	2.40	1.98

4.2.2.- Agua escurrida en punto de captación

Para la determinación del volúmen anual escurrido resulta resulta exitoso el empleo de la expresión de Becerril, con el coeficiente obtenido para el río Quepe en Vilcún.

$$Q \text{ escurrido} = \beta \times \overline{PP}^{3/2}$$
$$= 2.125 \text{ mm/año}$$
$$= 2,22 \text{ m3/seg}$$

Sin embargo, esta expresión en rigor sólo es utilizable para las condiciones medias de la cuenca (año 50%).

Con el propósito de obtener los caudales medios anuales escurridos para otras probabilidades de excedencia, se ha utilizado los coeficientes de productividad obtenidos para Quepe en Vilcún (pto. 4.1.1), afectados en la proporción de las precipitaciones medias de las cuencas para las correspondientes probabilidades.

Esta consideración tiende a dar los caudales medios anuales por defecto en razón de considerar linealmente la variación del caudal con las precipitaciones (en realidad va creciendo su incidencia en la medida que aumenta su magnitud, ya que el consumo de la cuenca en primera instancia, y para disponibilidad abundante puede ser considerado casi constante, por lo que a partir de ese monto de precipitaciones la totalidad de ellas se transforman en escorrentía). De otra parte, morfológicamente Lan Lan, en relación a Quepe en Vilcún, tiene un consumo menor (mayor índice de pendiente).

P (x) ≥ %	5	20	50	80	95
Precipitación media Quepe en Vilcún (mm)	2800	2600	2200	2000	1600
Precipitación media Lan Lan en Captación (mm)	3000	2800	2500	2300	1900
Productividad Quepe en Vilcún (l/s/Km2)	79,7	68,1	57,0	47,8	37,8
Productividad Lan Lan en Captación (l/s/Km2)	85,4	73,3	64,8	54,9	44,9
Caudal medio anual Lan Lan (m3/s)	2,77	2,38	2,10	1,78	1,46

Como se aprecia, para P (x) ≥ 50% resulta un caudal levemente inferior al obtenido por Becerril (un 10% inferior). Sin embargo, se mantendrá estos valores obtenidos, considerando que en este capítulo interesan los valores mínimos esperables en forma prioritaria.

4.2.3.- Variación mensual del caudal anual

Se ha dicho anteriormente que esta subcuenca puede ser caracterizada como pluvial. No obstante ello, aunque de menor significación, ocurren precipitaciones sólidas en sus cabeceras que provocan, sino un caudal de deshielo de interés, al menos un desfase en el caudal. En el caso de Quepe en Vilcún, en el desfase observado por la extensión de la cuenca, tiene también incidencia la inercia del escurrimiento en la hoya tanto por retención (superficial y subsuperficial), como por el régimen de recuperaciones. Estos últimos dos efectos, son de importancia mucho menor o no existen en el estero Lan Lan.

Al considerar para Lan Lan, como se hace más adelante, una diatribución estacional análoga a la mostrada por las precipitaciones, se desprecia el efecto de regulación, aunque modesto, producido por la nieve, y por consecuencia, los valores obtenidos en estío serán menores que los reales. Ello también garantiza los caudales mínimos esperables.

Los resultados obtenidos son los siguientes :

CAUDALES MEDIOS MENSUALES. ESTERO LAN LAN EN CAPTACION (m3/seg)

Caudal \ MESES	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUA
P (x) ≥ 5%	5.22	4.75	4.32	4.62	2.36	2.26	1.99	1.46	0.83	1.40	1.36	2.46	2.77
20%	4.48	4.08	3.71	3.97	2.03	1.94	1.71	1.26	0.71	1.20	1.17	2.11	2.38
50%	3.96	3.60	3.28	3.50	1.79	1.71	1.51	1.11	0.63	1.06	1.03	1.86	2.10
80%	3.35	3.05	2.78	2.97	1.52	1.45	1.28	0.94	0.53	0.90	0.88	1.58	1.78
95%	2.75	2.51	2.28	2.44	1.24	1.19	1.05	0.77	0.44	0.74	0.72	1.30	1.46

Estos resultados son mostrados en el gráfico 4.3, y como ya se ha dicho, el comentario que ello marca es que los extremos reales serán algo más atenuados, es decir, los máximos serán menores y a la inversa, los mínimos mayores.

5.- ESTIMACION DE CRECIDAS

5.1.- Selección de la lluvia máxima diaria, período de retorno, y cálculo de las curvas de intensidad-duración

Para la determinación de la lluvia máxima en 24 horas, y de ella deducir las intensidades máximas para distintos períodos de menor duración, como así también obtener los distintos tiempos de retorno, se ha utilizado la precipitación controlada en la estación de Cherquenco. En valor medio, la diferencia entre la precipitación de la cuenca y esta estación, es inferior al 10%. Esta diferencia no es necesario corregirla, dadas las aproximaciones que se hacen para la obtención de la intensidad horaria, y el poco monto de la diferencia.

La estadística utilizada es la controlada en el período 1964-1973. La primera de estas fechas corresponde a la reinstalación de ella (fué suspendida en 1946), y la última, al traslado a un punto de control más bajo (San Patricio).

Se utilizó la serie de valores máximos anuales observados diariamente, obtenidos de los registros de la Dirección Meteorológica Nacional.

AÑO	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
FECHA	6 DIC	16 JUN	20 MAY	22 ABR	16 AGO	27 ABR	24 ABR	21 MAY	30 MAY	28 JUN
PP MAX/DIA	79.0	96.0	83.5	76.3	72.0	74.5	91.4	74.3	52.3	73.4
ORDEN	4	1	3	5	9	6	2	7	10	8

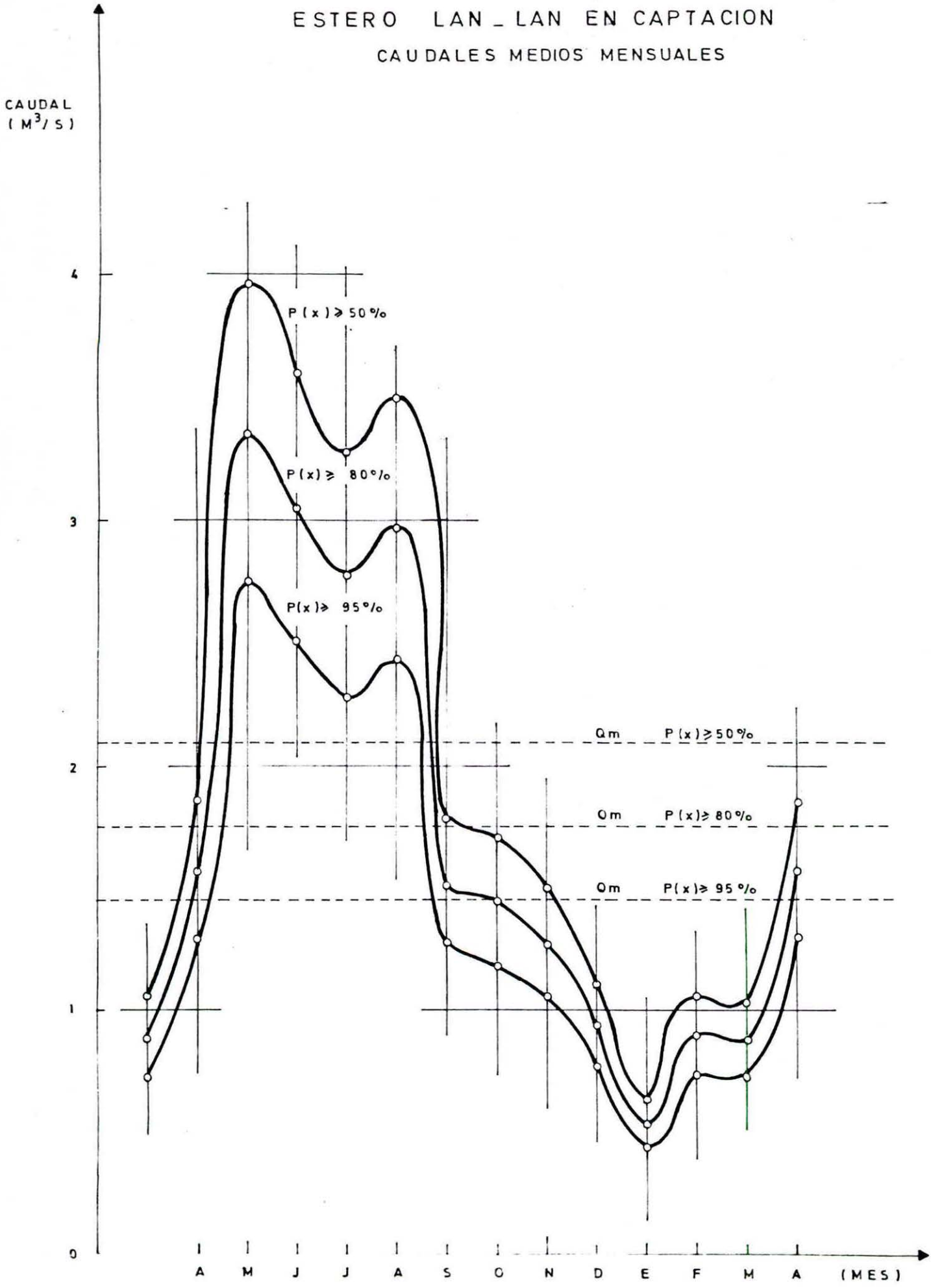
Si bien para esta serie de 10 años, el máximo valor observado con cualquier posición de trazado que se adopte tendría un período de retorno superior a 10, se tomará como período de retorno 10 años la lluvia de 96 mm ocurrida el 16 de Junio de 1965, lo que permite un pequeño márgen de seguridad adicional.

Para obtener la intensidad máxima horaria a partir de la lluvia diaria se ha considerado las conclusiones obtenidas por el Sr. Basilio Espíldora, en el análisis de distintos pluviogramas de estaciones chilenas.

$$\text{PP máxima horaria} = \frac{\text{PP diaria}}{4.04}$$

PP máxima horaria = 23,76 mm/hora (1 en 10 años)

El empleo del método de Grunsky, condujo a una intensidad algo menor (19,59 mm/hora), por lo cual se mantuvo el valor de 23,76 como intensidad máxima horaria.


ESTERO LAN_LAN EN CAPTACION
CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CAUDAL
(M³/ S)
4
3
2
1
0
P (x) ≥ 50 %
P (x) ≥ 80 %
P (x) ≥ 95 %
Qm P (x) ≥ 50 %
Qm P (x) ≥ 80 %
Qm P (x) ≥ 95 %
A M J J A S O N D E F M A (MES)

(Graf. 4.3)

Ahora bien, para el trazado de las curvas de intensidad-duración-frecuencia fueron utilizados los coeficientes de Bell obtenidos en Chile, con lo cual se confeccionó la siguiente tabla que fué graficada y se muestra en 5.1.

Duración (min) / Período retorno (años)	5	15	30	60	120
100	8,74	17,63	23,61	33,26	46,56
50	8,03	16,37	21,93	30,89	43,25
25	7,35	14,98	20,07	28,27	39,58
10	6,18	12,59	16,87	23,76	33,26
5	5,31	10,83	14,50	20,43	28,60

Nota: (Lluvia total en el tiempo indicado, en mm).

5.2.- Hidrograma Unitario

La ausencia de control limnigráfico y las impresiones a que conduce el análisis de un hidrograma logrado a través de control diario, ha exigido enfrentar la estimación de crecidas a través de métodos sintéticos.

La metodología para desarrollar hidrogramas unitarios sintéticos es ampliamente conocida, destacándose entre ellas, el método de Snyder. Andrés Benitez y Cristián Rodríguez han desarrollado, basados precisamente en Snyder, un método para la determinación de hidrogramas unitarios sintéticos bajo las condiciones imperantes en nuestro país (1).

Se ha recurrido a dicha metodología, probada incluso por los autores para la estación Quepe en Quepe, cuyas relaciones principales son las siguientes :

$$\text{(i)} \quad tp = 2{,}6 \left(\frac{LLg}{\sqrt{Ip}} \right)^{0.177}$$

$$\text{(ii)} \quad qp = 190\ tp^{-0.865}$$

$$\text{(iii)} \quad tp_{\mu} = \frac{tp}{5.5}$$

$$\text{(iv)} \quad tp = 0.21\ T^{1.173}$$

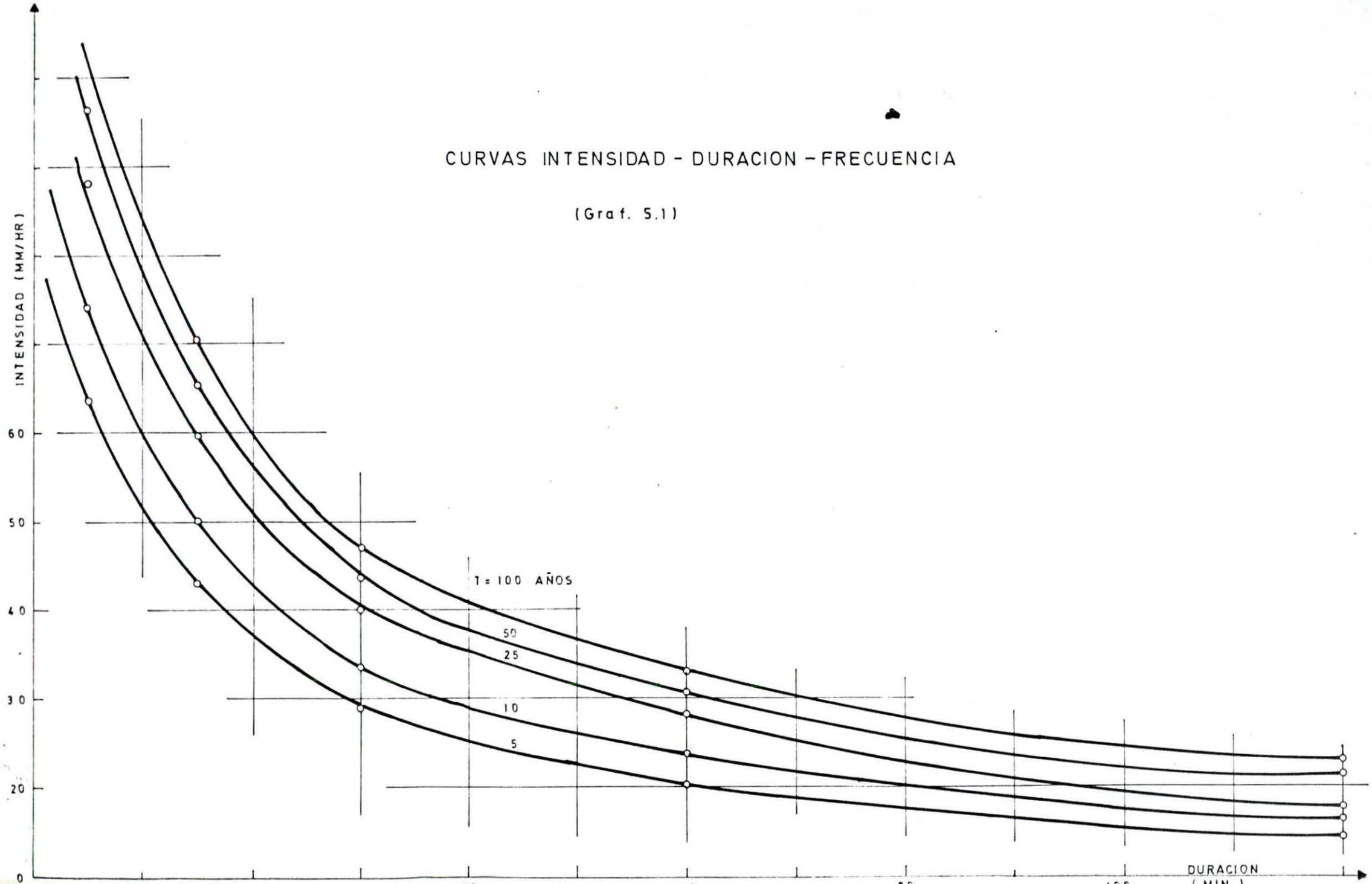
en las cuales :

tp = tiempo de retardo, desde el punto medio de la lluvia unitaria tp_{μ} hasta el peak, en horas.

(1) "METODO PARA LA DETERMINACION DE HIDROGRAMAS UNITARIOS SINTETICOS EN CHILE". A. BENITEZ, C. RODRIGUEZ, 1974.

CURVAS INTENSIDAD - DURACION - FRECUENCIA

(Graf. 5.1)



qp = caudal máximo del hidrograma unitario para la duración tu, en l/s/Km2

tμ = duración de la lluvia unitaria, en horas. Relación desarrollada por Snyder.

T = tiempo base del hidrograma unitario, en horas.

De acuerdo a ellas, para Lan Lan se han obtenido los siguientes resultados :

tp = 6 horas

T = 17,5 horas

qp = 40 l/s/Km2

$t\mu = \frac{6}{5.5} = 1.09$ horas se ha adoptado tμ= 1.00

Conociendo el tiempo de desfase, "tp" , el tiempo base, T, el caudal peak, qp, y la duración de la lluvia unitaria, tμ, es factible trazar el hidrograma unitario, perfeccionando su forma a través de la obtención de su ancho para el 50% y 75% del caudal peak. Dichas relaciones han sido parametrizadas por Benítez y Rodríguez y de ellas se ha obtenido :

t50% = 5.78 Hrs.

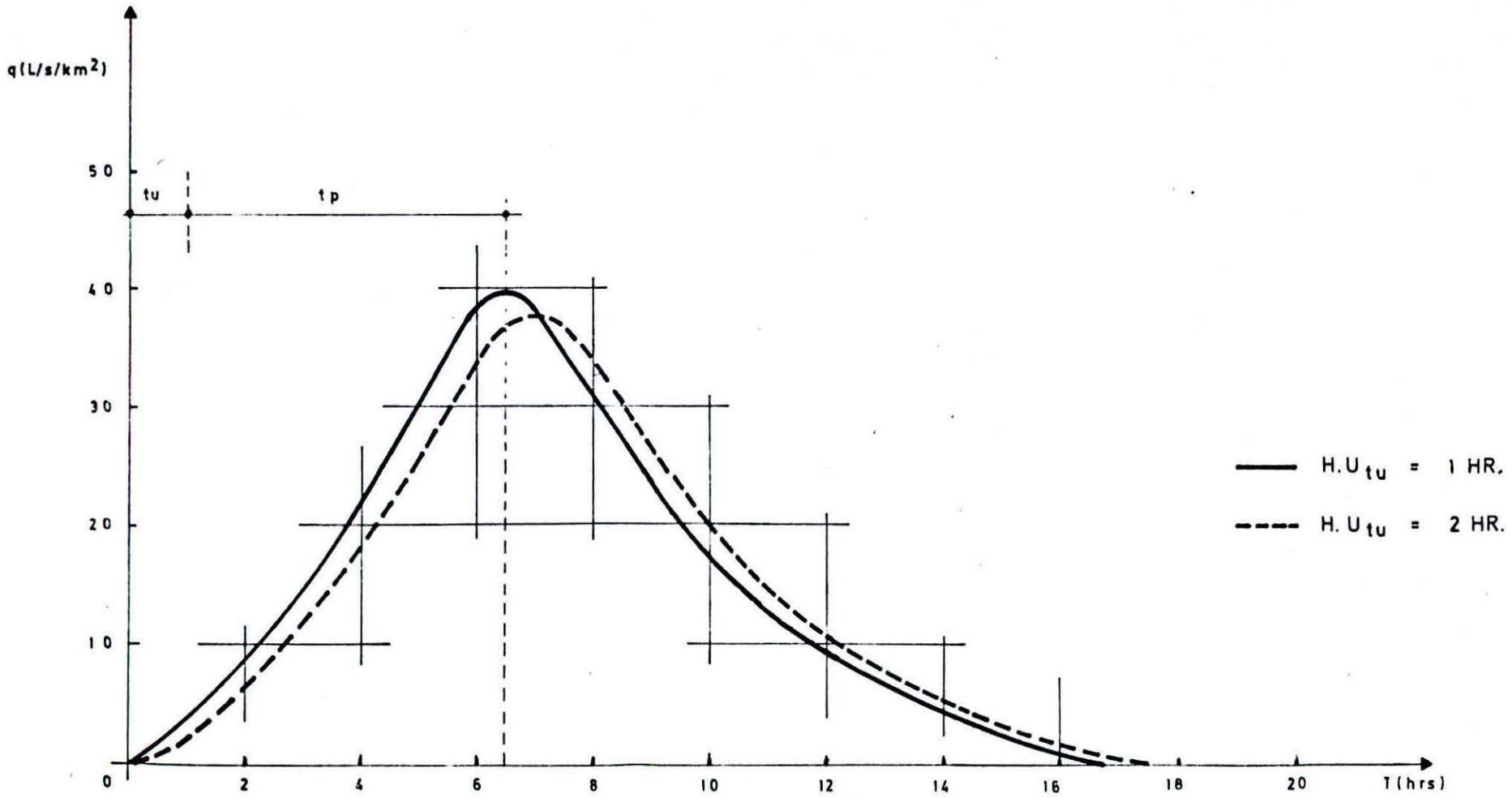
t75% = 3.15 Hrs.

La figura 5.2 representa el Hidrograma Unitario obtenido.

Si bien las curvas intensidad-duración-frecuencia indican obviamente una disminución de la intensidad al aumentar la duración, se ha desarrollado un Hidrograma Unitario para una duración de la lluvia efectiva igual a 2 Hrs.

CUENCA IMPERIAL
ESTERO LAN_LAN

HIDROGRAMA — UNITARIO



(Graf. 5.2)

t	HU_{1H}		H_{2H}
0	0		0
1	4	0	2
2	9	4	6.5
3	15	9	12
4	22	15	18.5
5	30	22	26
6	38	30	34
7	38	38	38
8	31	38	34.5
9	23.5	31	27.25
10	17	23.5	20.25
11	12.5	17	14.75
12	9.5	12.5	11.00
13	6.7	9.5	8.10
14	4.4	6.7	5.55
15	2.5	4.4	3.45
16	1.0	2.5	1.75
17	0.2	1.0	0.6
17.5	0.0	0.2	0.1
		0.0	0.0

El hidrograma unitario obtenido se refleja en la fig. 5.2 siendo sus características principales :

qp = 38.4 l/s/Km2

tp = 7 Hrs.

T = 18.5 Hrs.

Conociendo qp y el área de la cuenca se deduce los caudales máximos para lluvias efectivas de 1 mm y 1 y 2 Hrs. de duración.

$$Q_{P\ 1\ Hr} = 40 \times 32{,}45 = 1.298\ l/s$$

$$Q_{P\ 2\ Hr} = 38.4 \times 32{,}45 = 1.246\ l/s$$

5.3.- Caudal de crecidas

Obtenidos los caudales peak de hidrogramas unitarios para duraciones de lluvias efectivas unitarias de 1 hora y 2 horas, se han obtenido caudales de crecidas para períodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

Es necesario señalar que las curvas intensidad-duración-frecuencia proporcionan intensidades para lluvias totales, luego se han utilizado los coeficientes de escorrentía obtenidos en el punto 4.1.2 para deducir las lluvias efectivas, adoptando un coeficiente medio de 80%.

PERIODO DE RETORNO (Años)	DURACION (Hrs)	INTENSIDAD (mm/Hr)
25	1	22.7
50	1	24.7
100	1	26.5
25	2	14.2
50	2	17.3
100	2	18.6

De esta forma los caudales máximos producto de lluvias efectivas de duración de 1 y 2 Hrs se reflejan en el cuadro siguiente : ($Qp_T = Qp \times I$)

	tu= 1 Hr	tu= 2 Hrs
T años	CAUDALES MAXIMOS DE CRECIDA m3/s	
25	29.5	17.7
50	32.1	21.6
100	34.4	23.2

BIBLIOTECA IREN