

70-11

CVC

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

UN METODO PARA DETERMINAR CAUDALES DE
DISEÑO EN CUENCAS DE DRENEJE PEQUEÑAS

UNIVERSIDAD DEL VALLE

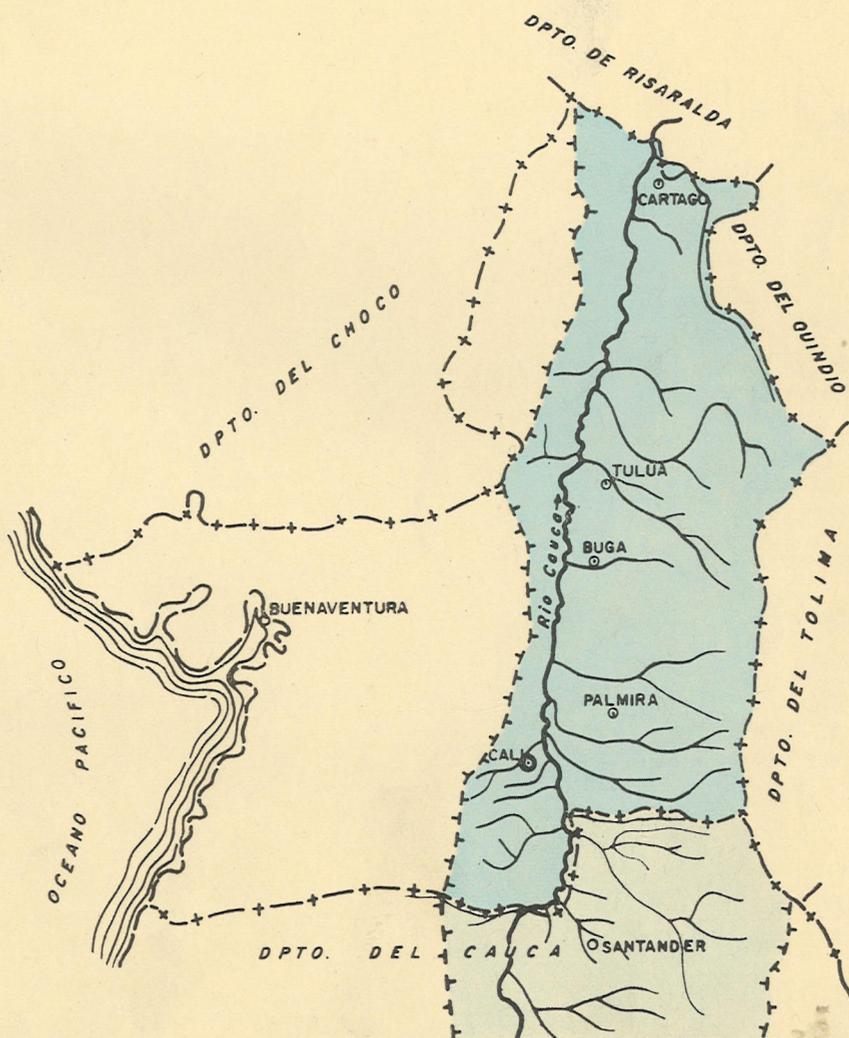
CALI COLOMBIA



CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

INFORME CVC Nº 70-12

UN METODO PARA DETERMINAR CAUDALES DE DISEÑO EN CUENCAS DE DRENAJE PEQUEÑAS



UNIVERSIDAD DEL VALLE



Copia No Controlada CVC

EL RESULTADO DE UNA INVESTIGACION

**ADAPTACION DEL METODO DE VEN TE CHOW PARA
CALCULAR PICOS DE ESCURRIMIENTO EN CUENCAS
DE DRENAJE PEQUEÑAS EN EL VALLE DEL CAUCA.**

INFORME CVC No. 70 - 12

Estudio realizado por :

GUILLERMO REGALADO H.

Profesor Asociado del Departamento de Ingenieria Civil
de la Universidad del Valle y Asesor Técnico del
Departamento de Aguas de la C.V.C.

Con la colaboración especial de :

JUAN G. CASAS L.

Jefe de la Sección de Hidro-climatología del Departamento
de Aguas de la C. V.C.

1- INTRODUCCION

Para el diseño de cualquier estructura hidráulica es indispensable el conocimiento del máximo caudal que se puede presentar con determinada frecuencia. El estudio de estos caudales lo aboca la Hidrología mediante la aplicación de métodos estadísticos, empíricos y de síntesis hidrográfica. Para el uso de los primeros se necesita disponer de una serie de registros de crecientes por un tiempo no menor de 20 años.

Los métodos empíricos se basan en datos y observaciones de la experiencia, pero tienen la desventaja de que sus coeficientes son válidos solamente para cuencas y regiones muy particulares.

La síntesis hidrográfica usa hidrogramas obtenidos en cortos periodos de tiempo y los correlaciona con las características morfológicas de la hoya de drenaje y con la lluvia que cae sobre ella.

En los años recientes ha cobrado gran importancia la aplicación de esta última clase de métodos, ya que prácticamente resumen los dos primeros y se basan en datos de lluvia los cuales son indudablemente más fáciles de obtener.

Uno de ellos es el propuesto por el profesor Ven Te Chow de la Universidad de Illinois que por su sencillez y facilidad de aplicación lo hace de gran popularidad entre las personas dedicadas a estas labores.

Pensando en estas prerrogativas del método de Chow y conociendo la necesidad que tenemos en nuestra región de un método que permita obtener caudales de diseño en forma rápida y confiable, se propuso, en Julio de 1968, al Comité de Investigaciones de la Universidad del Valle y a la Corporación Autónoma Regional del Cauca, financiaran un estudio de

duración inicial de 2 años que permitiera encontrar los parámetros, coeficientes y curvas que usa el método, y que fueran característicos de la hoya del Alto Cauca, desde Santander de Quilichao hasta Cartago. Gracias al aporte de dicho Comité, a la decidida colaboración del Departamento de Aguas de la C.V.C., y la vinculación de la Fundación Rockefeller quien con la donación de equipos registradores permitió ampliar el radio de la investigación, ha sido posible obtener los primeros resultados sobre el estudio propuesto, los cuales se indican más adelante. Es importante advertir que debe insistirse en el perfeccionamiento del método, pues dos años es un período hidrológico muy corto para cualquier determinación consistente.

2- BREVE DESCRIPCION DEL METODO

El gasto máximo de escurrimiento (Q_m) de una cuenca, puede calcularse por el producto de la lluvia en exceso (P_e) y el gasto de pico de un hidrograma unitario (q_m), o sea

$$Q_m = q_m \cdot P_e. \quad (1)$$

Considerando una lluvia en exceso igual a 1 cm durante t horas sobre un área de A km², el equilibrio del escurrimiento será igual a $\frac{2.78 A}{t}$ m³/seg.

La relación del gasto de pico del hidrograma unitario q_m a $\frac{2.78 A}{t}$ se define como factor de reducción del pico y se designa con la letra Z.

$$Z = \frac{q_m \cdot t}{2.78 A} \quad (2)$$

$$\text{entonces } q_m = \frac{2.78 AZ}{t} \quad (3)$$

Si se sustituye la ecuación (3) en la (1) resulta :

$$Q_m = \frac{2.78 AZ Pe}{t} \quad (4)$$

El factor $\frac{2.78 Pe}{t}$ puede reemplazarse por el producto de dos factores: X y Y.

El factor X es un factor de escurrimiento expresado por :

$$X = \frac{Peb}{t} \quad (5)$$

Donde Peb es la precipitación en exceso en una estación tomada como base. El factor Y es un factor climático dado por :

$$Y = 2.78 \frac{Pe}{Peb}$$

Si la relación del escurrimiento de la zona de estudio y la estación base se supone igual a la relación entre la precipitación en esos dos puntos, lo que es aceptable en una zona meteorológicamente homogénea, el factor Y se puede escribir así:

$$Y = 2.78 \frac{P}{Pb} \quad (6)$$

donde P es la precipitación en t horas para una frecuencia dada en el punto de interés y Pb es la correspondiente en la estación base.

Finalmente la ecuación (4) puede escribirse como :

$$Q_m = AXYZ \quad (7)$$

El método implica entonces la medida del área y la determinación de los parámetros X, Y y Z.

2.1 DETERMINACION DEL FACTOR DE ESCURRIMIENTO X.

Para calcular el valor de X se requiere conocer la precipitación en exceso de la estación base. Para esto se hace el siguiente desarrollo propuesto por el Soil Conservation Service :

Aceptando la relación

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{E_p} \quad (8)$$

en la cual :

F, infiltración actual excluyendo la abstracción inicial.

S, infiltración potencial.

Q, escurrimiento actual.

E_p , escurrimiento potencial (Lluvia efectiva menos la abstracción inicial) con $F = E_p - Q$ la relación inicial queda :

$$Q = \frac{E_p^2}{E_p + S} \quad (9)$$

La abstracción inicial (I_a) se puede estimar de una relación empírica basada en los datos de pequeñas cuencas y que es :

$$I_a = 0.2S$$

$$\text{luego: } E_p = P - 0.2S \quad (10)$$

Siendo P la precipitación total.

Sustituyendo (10) en (9), se tiene

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (11)$$

Introduciendo el concepto de número de escurrimiento dado por la expresión

$$N = \frac{1000}{S + 10} \quad (12)$$

en la ecuación (11) resulta :

$$Q = \frac{(P - \frac{200}{N} + 2)^2}{P + \frac{800}{N} - 8} \quad (13)$$

en la cual todos los valores están dados o relacionados en pulgadas. Convirtiendo la ecuación (13) al sistema métrico y expresando todas las dimensiones en centímetros, resulta :

$$Q = \frac{(P - \frac{508}{N} + 5.08)^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32} \quad (14)$$

Determinando P para la estación base, de acuerdo a las curvas intensidad - frecuencia - duración, se puede encontrar $Q = P_{eb}$, aplicando la fórmula anterior, conociendo de antemano el número de escurrimiento el cual caracteriza el tipo de suelo. Dividiendo este valor de P_{eb} por t, la duración de la lluvia, se determina X.

2.2 DETERMINACION DEL FACTOR CLIMATICO Y.

Este factor toma en cuenta el hecho de que el sitio donde se requiere calcular el gasto está alejado de la estación base; sirve por consiguiente para transportar la tormenta. Para esto es necesario

emplear un plano de Isohietas promedias con periodo de retorno suficiente y con alcance a toda la región donde se quiera aplicar el método.

2.3 DETERMINACION DEL FACTOR DE REDUCCION DEL PICO Z.

El factor Z representado por la ecuación (2) es la relación entre el gasto de pico de un hidrograma unitario debido a una lluvia de duración dada t y el escurrimiento de equilibrio, o sea el escurrimiento de la misma intensidad de lluvia pero de duración infinita.

El valor de Z se puede calcular como una función de la relación entre la duración de la tormenta t y el tiempo de retraso t_p .

Este tiempo de retraso se define como el intervalo de tiempo medido desde el centro de masa de un bloque de intensidad de lluvia en exceso, hasta el pico de hidrograma.

El tiempo de retraso depende de la forma del hidrograma y de las características fisiográficas de la cuenca y es indiferente a la duración de la lluvia.

2.4 FACTORES QUE AFECTAN EL ESCURRIMIENTO.

Los factores que afectan el escurrimiento pueden considerarse bajo dos puntos de vista :

- a) Aquellos que afectan directamente a la cantidad de lluvia en exceso o escurrimiento directo tales como, uso de la tierra, condición de la superficie, tipo de suelo, cantidad y duración de la lluvia, etc.

b) Otros que afectan la distribución del escurrimiento directo e incluyen el tamaño y la forma de la cuenca, la pendiente del terreno y el efecto de retención del flujo expresado por medio del tiempo de retraso.

Para considerar el efecto del primer grupo se tiene el número de escurrimiento N. Este número es un coeficiente del peso del escurrimiento directo y es función del uso del suelo y de las características de este. En la tabla 1 se dan los valores de N, para varios usos de la tierra, varias condiciones de la superficie y diferentes tipos de suelo.

Los suelos se clasifican, desde el punto de vista hidrológico, según afecten las características del escurrimiento, en cuatro tipos a saber:

TIPO A: (Muy bajo potencial de escurrimiento), incluye arenas profundas con pequeñas cantidades de limo y arcilla y/o depósitos de loess rápidamente permeables.

TIPO B: Incluye principalmente suelos arenosos menos profundos que aquellos del Tipo A; el grupo, como un todo, tiene un promedio superior de infiltración después de un completo humedecimiento.

TIPO C: Comprende suelos superficiales y suelos que contienen gran proporción de arcillas y coloides aunque en menor proporción que los del Tipo D. Los suelos del Tipo C tienen bajo promedio de infiltración después de la presaturación.

TIPO D: (Muy alto potencial de escurrimiento), incluye principalmente

arcillas de alto porcentaje de hinchamiento y también algunos suelos superficiales con subhorizontes casi impermeables cercanos a la superficie.

3- ZONA DE INVESTIGACION

La zona de investigación escogida fue aquella de jurisdicción de la C.V.C., o sea el Valle del Alto Cauca, descrito antes. Tal zona fue seleccionada, no solamente por su homogeneidad meteorológica, sino también porque en ella se contaba con la amplia colaboración de la Sección de Hidroclimatología del Departamento de Aguas de la C.V.C., ya que la adaptación del método le es de gran utilidad para la ejecución de sus programas de trabajo.

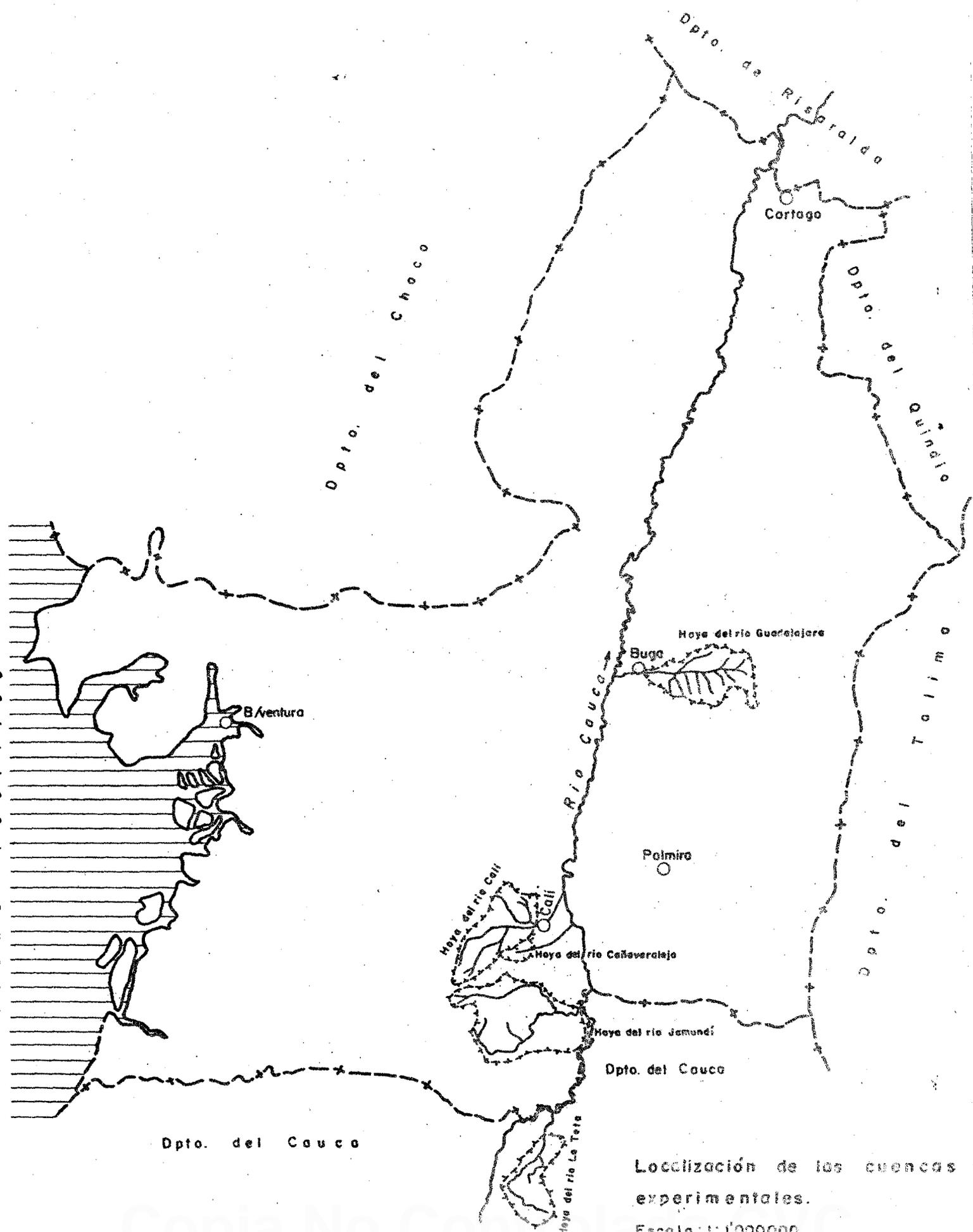
4- DESARROLLO DEL PROGRAMA

4.1 SELECCION DE CUENCAS.

El primer paso dado en la investigación fue el de seleccionar algunas hoyas de drenaje que cumplieran con el requisito de ser pequeñas, consideradas tales bajo un punto de vista hidrológico, o sea las que concuerden con la siguiente definición: Cuenca pequeña es aquella cuyo escurrimiento es sensible a lluvias de alta intensidad y corta duración y donde predominan las características físicas del suelo (textura, estructura) sobre las características mismas del cauce.

Considerando lo expuesto en el párrafo anterior se escogieron para el estudio, las siguientes cuencas:

- a) Cuenca del Río Cañaveralejo .
- b) Cuenca del Río Jamundi.



Localización de las cuencas experimentales.

Escala 1:1'000'000

- c) Cuenca del Río Pichindé.
- d) Cuenca del Río La Teta.
- e) Cuenca del Río Aguacatal.
- f) Area de la Hoya Experimental del Barrio Sta. Teresita (Cali).

4.2 INSTALACION DE APARATOS.

En cada una de las hoyas mencionadas se instaló un limnigrafo, para la determinación del volumen y la variación con el tiempo del escurrimiento en avenidas de importancia, y un pluviógrafo para la determinación de la cantidad y distribución de la lluvia; el estudio simultáneo de estos gráficos nos determina el tiempo de retardo, además de otros datos de importancia para el estudio. La ubicación exacta de las instalaciones aparece en los planos de las hoyas correspondientes.

5- CURVAS DE INTENSIDAD - FRECUENCIA - DURACION

Por disponer la ciudad de Cali de una buena cantidad de datos con un tiempo de registro aceptable para ser sometidos a tratamiento estadístico, se ha escogido para servir como estación base, necesaria en el método.

Empleando una distribución de valores de máximas anuales y de excedencias anuales se encontró la siguiente ecuación representativa para Cali:

$$i = \frac{3000 T_r^{0.22}}{t + 18} \quad (15)$$

en la cual:

i, es la intensidad en mm/hora.

t, es la duración de la lluvia en minutos.

T_r , es el periodo de retorno en años.

La representación gráfica de estas curvas se puede ver en la Fig. 1.

Más amplia información sobre el procedimiento empleado para llegar a la ecuación anterior puede encontrarse en la Revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Valle, Vol. 2 No.(4-6) donde fue publicado dicho estudio.

6- DETERMINACION DEL FACTOR X

El valor de X se determinó de acuerdo a la ecuación (5) para diferentes duraciones de lluvias (t) y distintos periodos de retorno (T_r) de ellas. El valor de P_{eb} usado en la ecuación (5) se encontró aplicando la expresión (14), usando en esta valores de N_{que} variaban de 5 en 5, entre 35 y 100, además de la precipitación total obtenida de la ecuación de lluvias de Cali para las distintas duraciones. Con este procedimiento se elaboraron las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

7- DETERMINACION DEL FACTOR Y

El factor Y está representado por la ecuación (6). Es un factor que involucra una relación entre la precipitación en el sitio de estudio y la precipitación en la estación tomada como base.

Para determinar el factor Y hubo necesidad de efectuar análisis de frecuencia, estudios de doubles masas y trazar finalmente el mapa de Isohietas de la región en estudio.

En la figura 16 puede verse dicho mapa con el valor final del factor climático para cada zona.

8- DETERMINACION DEL FACTOR Z

Este factor era el más difícil de determinar ya que en él se incluyen una cantidad de parámetros que son propios de la cuenca. Para su valuación se relacionan, en cada cuenca experimental, las tormentas más características con los hidrogramas producidos por estas.

En primer lugar se buscó una relación entre el tiempo de retraso de los hidrogramas y la expresión $\frac{L}{\sqrt{S}}$ siendo L la longitud del cauce principal y S la pendiente promedio de este cauce. La curva de mejor ajuste está indicada en la figura 9 y tiene la siguiente ecuación:

$$t_p = 0.0411 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.46} \quad (16)$$

S en esta expresión está indicada en porcentaje.

Esta misma ecuación se desarrolló en la figura 10 para varios valores de S y con el fin de hacer más fácil su aplicación.

Obtenido así el valor de t_p , se entró a estudiar el valor numérico de Z aplicando la ecuación (2) y determinando para esto el pico de escurrimiento del hidrograma unitario deducido de cada una de las tormentas seleccionadas.

Finalmente se buscó una relación entre Z y la expresión t/t_p , la cual aparece graficada en la figura 11.

Se hace notar que teóricamente t no puede ser mayor que $2t_p$, puesto que el caudal del pico ocurriría antes de que termine la lluvia en exceso.

Si $t = 2t_p$, el hidrograma unitario alcanzará y mantendrá un máximo valor o sea, que Z es igual a 1 para $t \geq 2t_p$.

9- ESTUDIOS ESPECIFICOS DE SUELOS DESDE EL PUNTO DE VISTA HIDROLOGICO

En base a informes presentados por la Sección de Suelos de la C.V.C. que incluían estudios de suelos de la parte plana y de la parte montañosa, en zona de jurisdicción de la Corporación, se pudieron lograr planos de las hoyas en estudio con la clasificación hidrológica correspondiente (A, B, C y D) y elaborar, al final, un plano general del Valle con la misma clasificación. Estos planos de suelos pueden verse en los gráficos 12, 13, 14 y 15.

10- RESUMEN

El procedimiento de cálculo para obtener el caudal máximo, correspondiente a determinado periodo de retorno, empleando esta adaptación del método de Chow al Valle del Cauca, es el siguiente:

- a) Con los datos del tipo y uso del suelo se calcula el valor de N, empleando la tabla 1.
- b) Se escoge una cierta duración de lluvia t.
- c) De las curvas de intensidad-frecuencia-duración, con la duración escogida en el paso b) y la frecuencia con que se quiera calcular el caudal de diseño, se determina la intensidad de lluvia. Multiplicando la intensidad por la duración correspondiente de la lluvia, se obtiene la precipitación total P_b en cm.
- d) Con el valor de N calculado en a) y el valor de P_b del paso anterior se calcula la lluvia en exceso P_{eb} empleando la ecuación (14) o la figura 2.
- e) Con el valor de P_{eb} de d) y el valor escogido de t se calcula X en base a la ecuación (5) o con ayuda de las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

Solución. De la ubicación de la cuenca se deducen los siguientes datos:

Tipo de suelo, C.

Factor climático $Y = 2.78$.

El número de escurrimiento ponderado se calcula de la manera siguiente:

Uso de la tierra	% x N =	Producto
Pastos	75 x 71	53.3
Bosque natural	15 x 78	11.7
Cultivos de surco	10 x 87	$\frac{8.7}{73.7}$

Digamos $N = 74$

Para $L = 6890$ y $S = 2.35\%$ la fig. 10 da un $t_p = 2.1$ horas.

Suponiendo una duración $t = .20$ horas y puesto que la frecuencia de diseño es de 50 años y el número de escurrimiento es 74, el gráfico 8 da un valor $X = 4.0$.

Con $t = .20$ horas y $t_p = 2.1$ horas se obtiene $\frac{t}{t_p} = 0.095$

El gráfico 11 nos da para $t/t_p = .095$ un $Z = .11$. Entonces el caudal es :

$$Q = 4.0 \times 2.78 \times .11 \times 14.9 = 18.2 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

Análogamente, los caudales para otros valores de t pueden ser calculados. En la tabla siguiente se muestran los cálculos completos:

t (hr.)	t/tp	X	Y	Z	Q
.10	.048	2.5	2.78	.055	10.4
.20	.095	4.0	2.78	.110	18.2
.30	.143	4.3	2.78	.155	27.6
.40	.190	4.2	2.78	.205	35.6
.50	.238	4.0	2.78	.250	41.4
.60	.286	3.7	2.78	.295	45.2
.70	.334	3.5	2.78	.330	47.8
.80	.381	3.3	2.78	.375	51.2
.90	.429	3.1	2.78	.400	51.3
1.00	.476	2.9	2.78	.430	51.6
1.10	.524	2.7	2.78	.460	51.4
1.20	.571	2.5	2.78	.480	49.7

El caudal final de escurrimiento directo recomendado para diseño será 51.6 m³/seg.

12- CONCLUSIONES

Como puede observarse del ejemplo presentado, la aplicación del método es muy sencilla y da valores consistentes aún si en su aplicación trabajan diferentes personas.

Los elementos necesarios para la determinación del caudal, son mucho más fáciles de conseguir en nuestro medio que un registro largo de caudales de un río, quebrada o cauce pequeño y en un punto determinado. Esta es quizá una de las mejores virtudes del método.

Esta presentación, junto con sus tablas y mapas, constituye un avance de lo que podría llamarse un método enteramente confiable para la estimación de caudales de diseño, problema que sin duda alguna es el mayor obstáculo que encuentra un Ingeniero o una persona cuya tarea es la de evaluar dichos caudales dentro de las limitaciones de la probabilidad y de acuerdo a conclusiones lógicas. Por esto se recomienda y se insiste en la necesidad de continuar con más tesón y con un radio de amplitud más grande este trabajo para perfeccionar día a día los resultados aquí obtenidos.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Handbook of Applied Hydrology
Ven Te Chow
Mc Graw Hill Book Co. 1964.
- 2- Hydrologic Determination of Waterway Areas for the Design of
Drainage Structures in Small Drainage Basins.
Ven Te Chow
Engineering Experiment Station Bulletin, No. 462
University of Illinois
- 3- Drenaje en Cuencas Pequeñas
Rolando Springall G.
Publicación No.143 - Instituto de Ingenieria
Universidad Nacional de México
- 4- Estudio General de Suelos de la Hoya del Río Cali
Preparado por la Sección de Suelos C.V.C.
- 5- Hydrology Part I. Watershed Planning
Soil Conservation Service - Section 4
- 6- Frequency Analysis of Hydrologic Data with Special Applications to
Rainfall Intensities.
Ven Te Chow
University of Illinois
Engineering Experiment Station - Bulletin No.414, 1953
- 7- Fundamentos de Hidrologia
Facultad de Minas - Medellín 1965

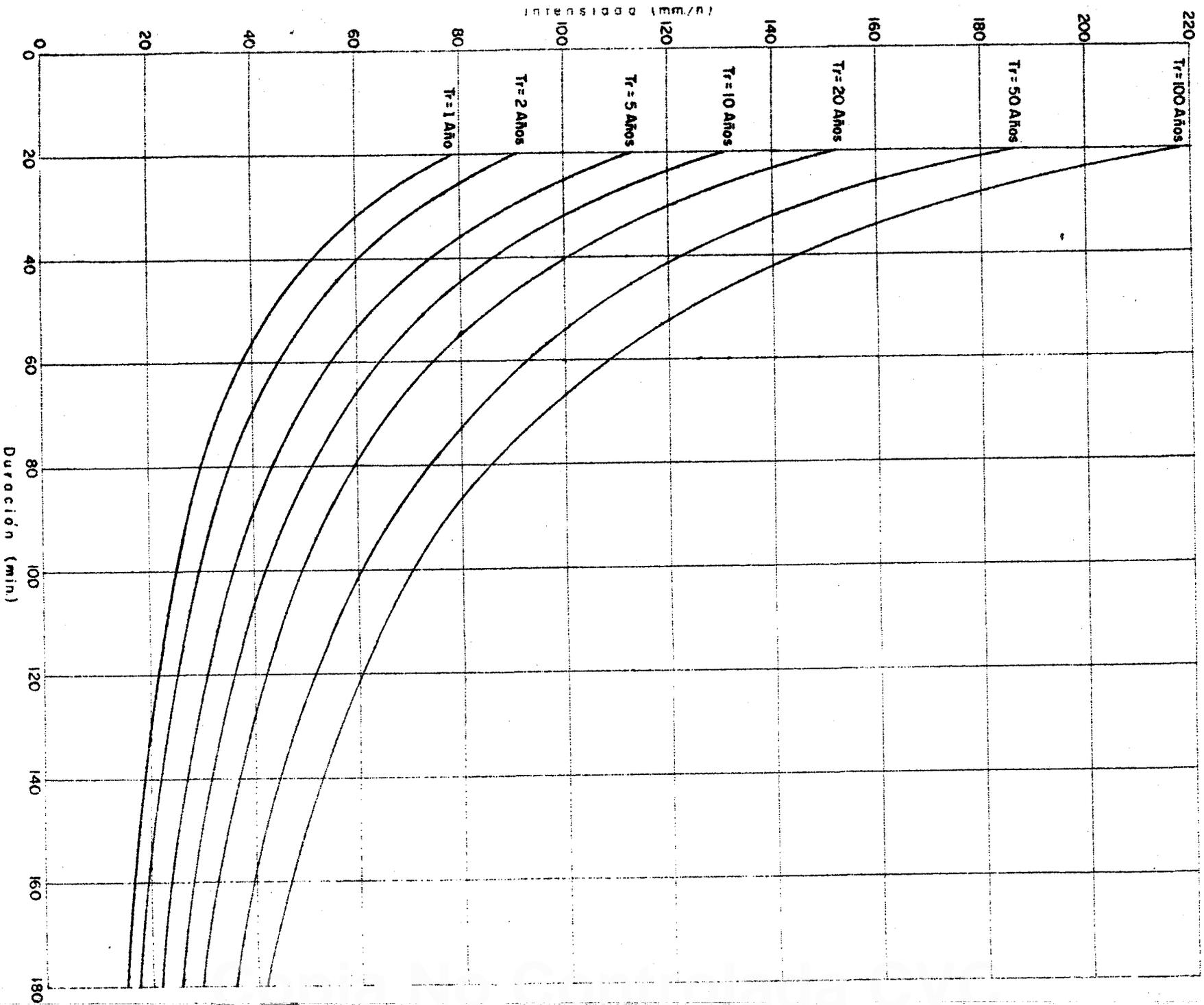
T A B L A 11

Selección del Número de Esgurrimiento N

Uso de la tierra o cobertura	Condición de la Superficie	Tipo de suelo			
		A	B	C	D
Bosques (sembrados y cultivados)	Esparcido o de baja transpiración	45	66	77	83
	Normal	36	60	73	79
	Denso o de alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy esparcidos o de baja transpiración	56	75	86	91
	Esparcidos o de baja transpiración	46	68	78	84
	Normal	36	60	70	76
	Denso o de alta transpiración	26	52	62	69
	Muy denso o de alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
	Cultivos de surco	70	80	87	90
Cereales	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
Leguminosas (sembradas con maquinaria o al voleo), potrero de rotación.	Terrazas	60	71	79	82
	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
Pastizal	Terrazas	57	70	78	82
	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
Potrero (permanente)	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

T A B L A 2

Características de la Hoya	Características que Producen Escorrentía			
	(100) Extrema	(75) Alta	(50) Normal	(25) Baja
Relieve	(40) Escarpado, áspero, con pendientes promedias generalmente superiores al 30%	(30) Montañoso, con pendientes promedias del 10 al 30%	(20) Ondulado con pendientes promedias del 5 al 10%	(10) Relativamente tierras planas con pendientes promedias del 0 al 5%
Infiltración del suelo	(20) Cubierta vegetal no eficaz, piedras y capa de suelo delgada de capacidad de infiltración despreciable.	(15) Baja capacidad de Absorción, arcilla y otros suelos de baja capacidad de infiltración como suelos pesados pegajosos.	(10) Normal, arcillas plásticas profundas con infiltración aprox. igual a aquellas de suelos de llanura.	(5) Alta, arenas profundas u otros suelos cuya absorción de agua sea muy rápida.
Cubierta Vegetal	(20) Cubierta de plantas no efectiva; desnudo excepto por coberturas muy dispersas.	(15) Pobre a regular; cultivos despejados o cubierta natural pobre menos del 10% del área de drenaje bajo buena cobertura.	(10) Regular o buena; cerca del 50% del área en pastos; bosques o cobertura equivalente no más del 50% del área en cultivos despejados.	(5) Buena a excelente; cerca del 90% del área en buenos pastos, bosques o cubierta equivalente.
Almacenamiento en la Superficie	(20) Despreciable; las depresiones son pocas y poco profundas; los drenajes escarpados y pequeños no existen lagunas ni pantanos.	(15) Bajo; sistemas de pequeños drenajes bien definidos. Ni lagunas ni pantanos.	(10) Normal; considerables depresiones de almacén. Sistemas de drenaje similares a aquellas tierras de llanura; áreas de lagos y pantanos menos que el 2% del área	(5) Alto; gran cantidad de depresiones sistemas de drenaje no definidos; gran cantidad de lagos y pantanos.



Figuro 1 - Intensidad - Frecuencia - Duración para la ciudad de Cali

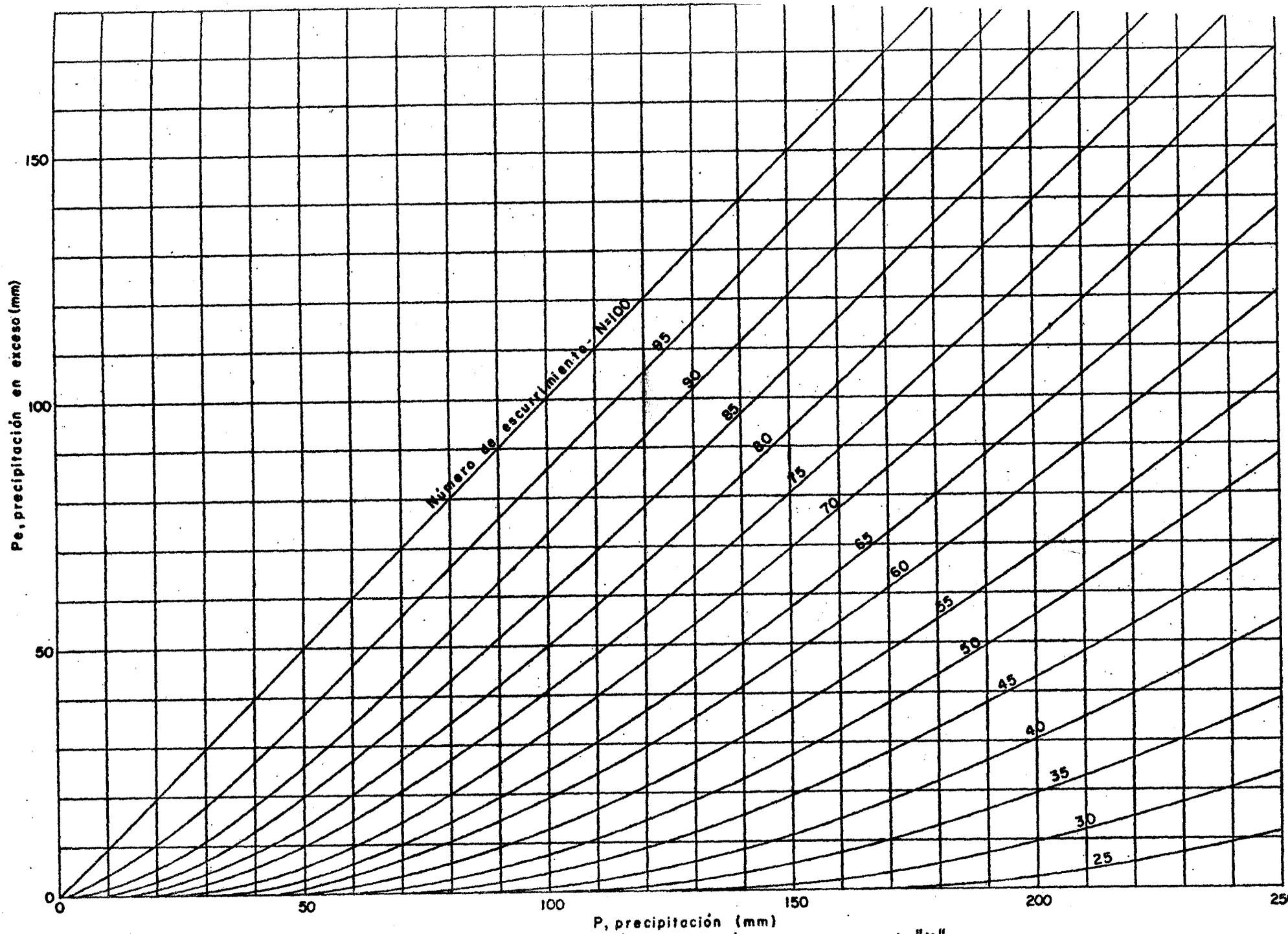


Figura 2 - Relación entre Precipitación y Precipitación en excesos para varios "N"

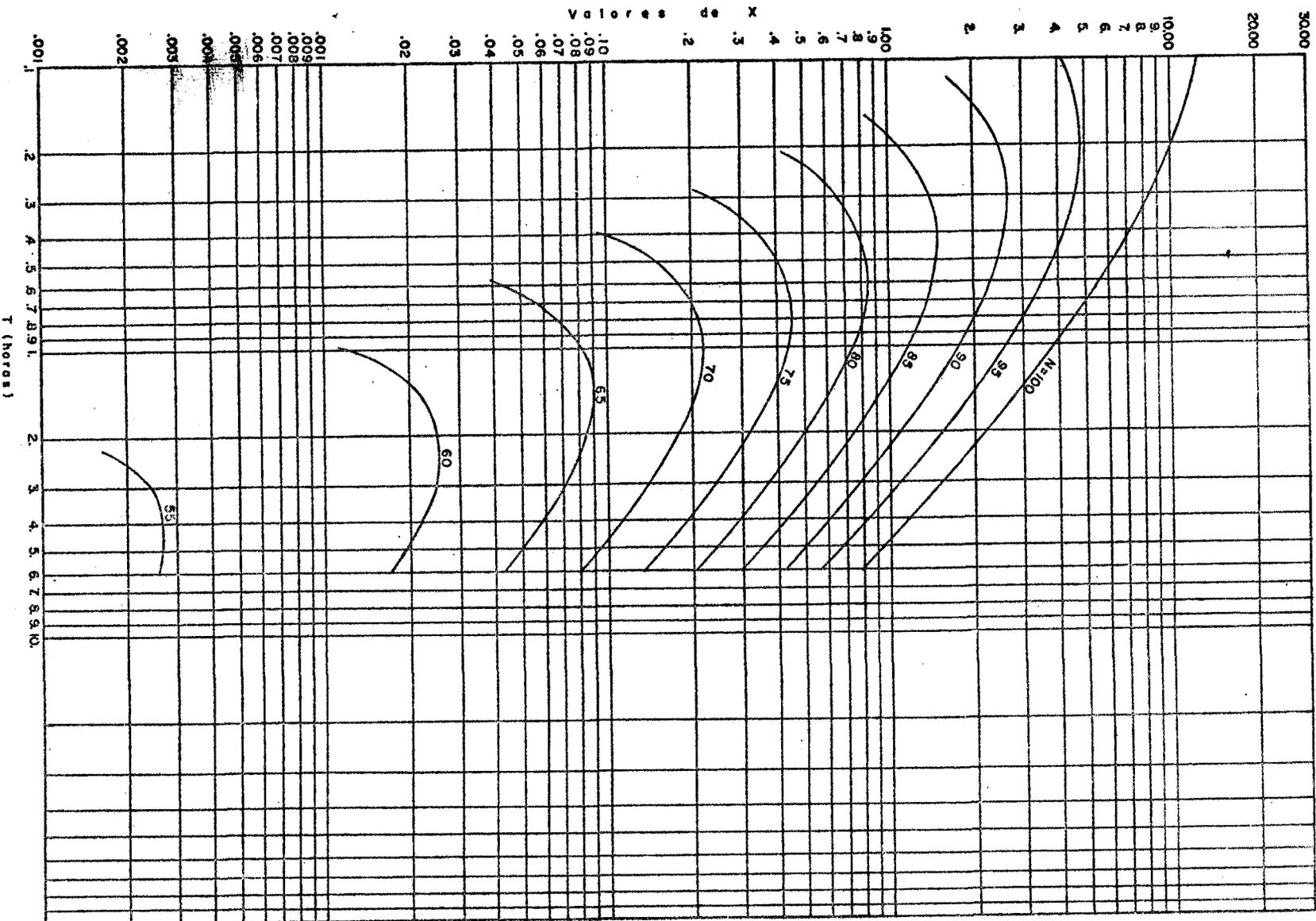


Figura 3 - Factor de escudamiento X para un periodo de retorno de 1 año

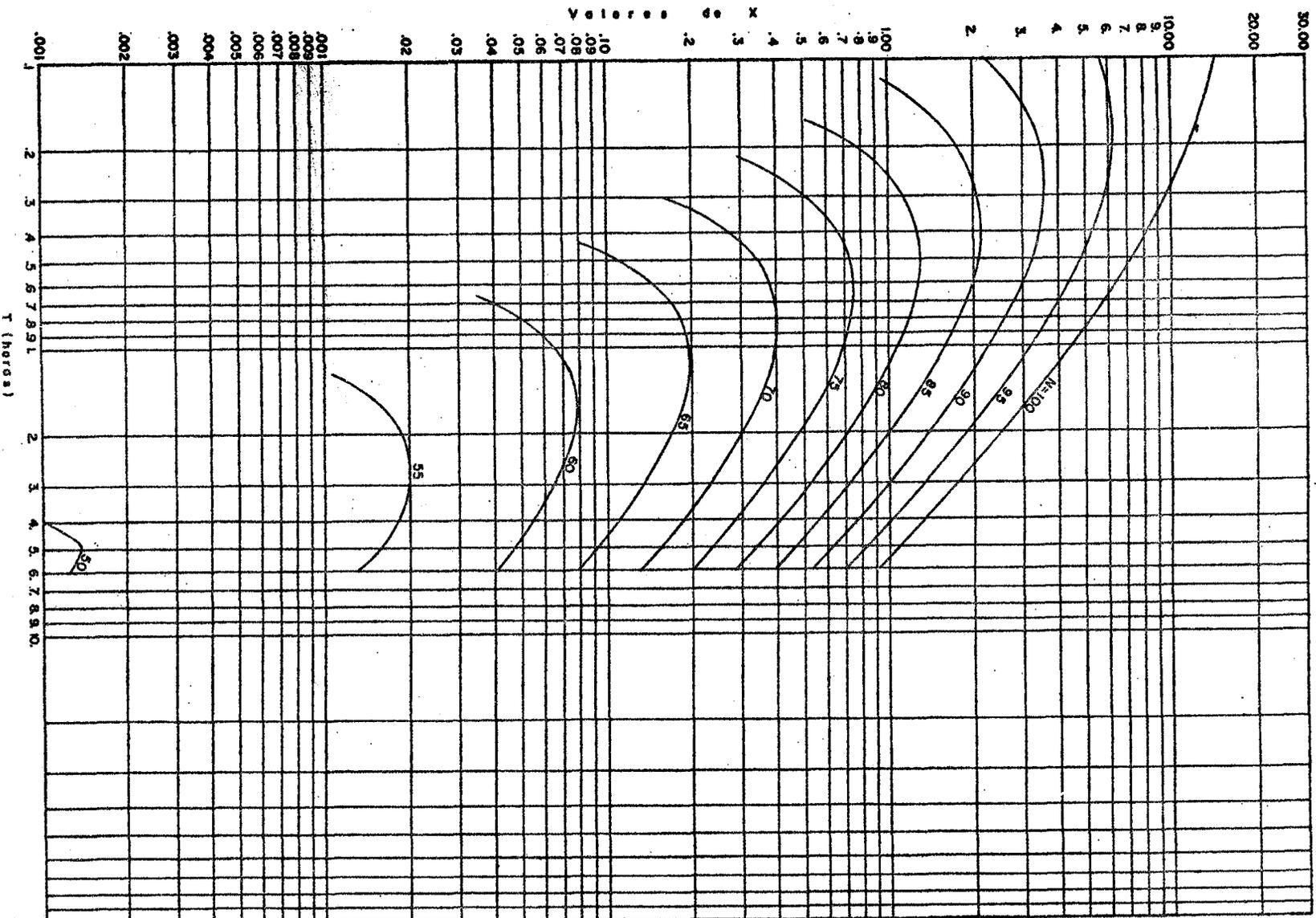


Figura 4 - Factor de escurrimiento X para un periodo de retorno de 2 años

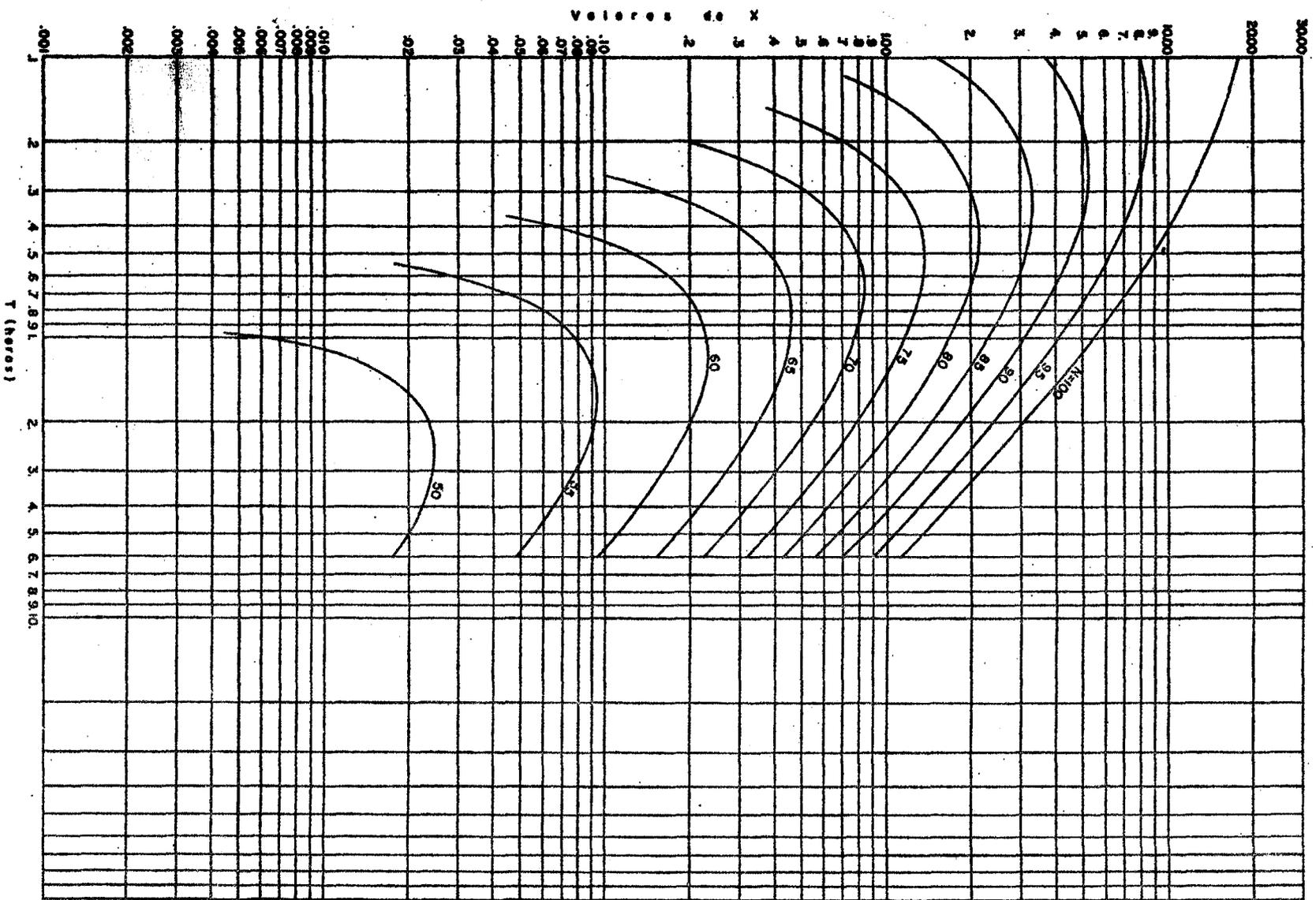


Figura 5 - Factor de escurrimiento X para un período de retorno de 5 años

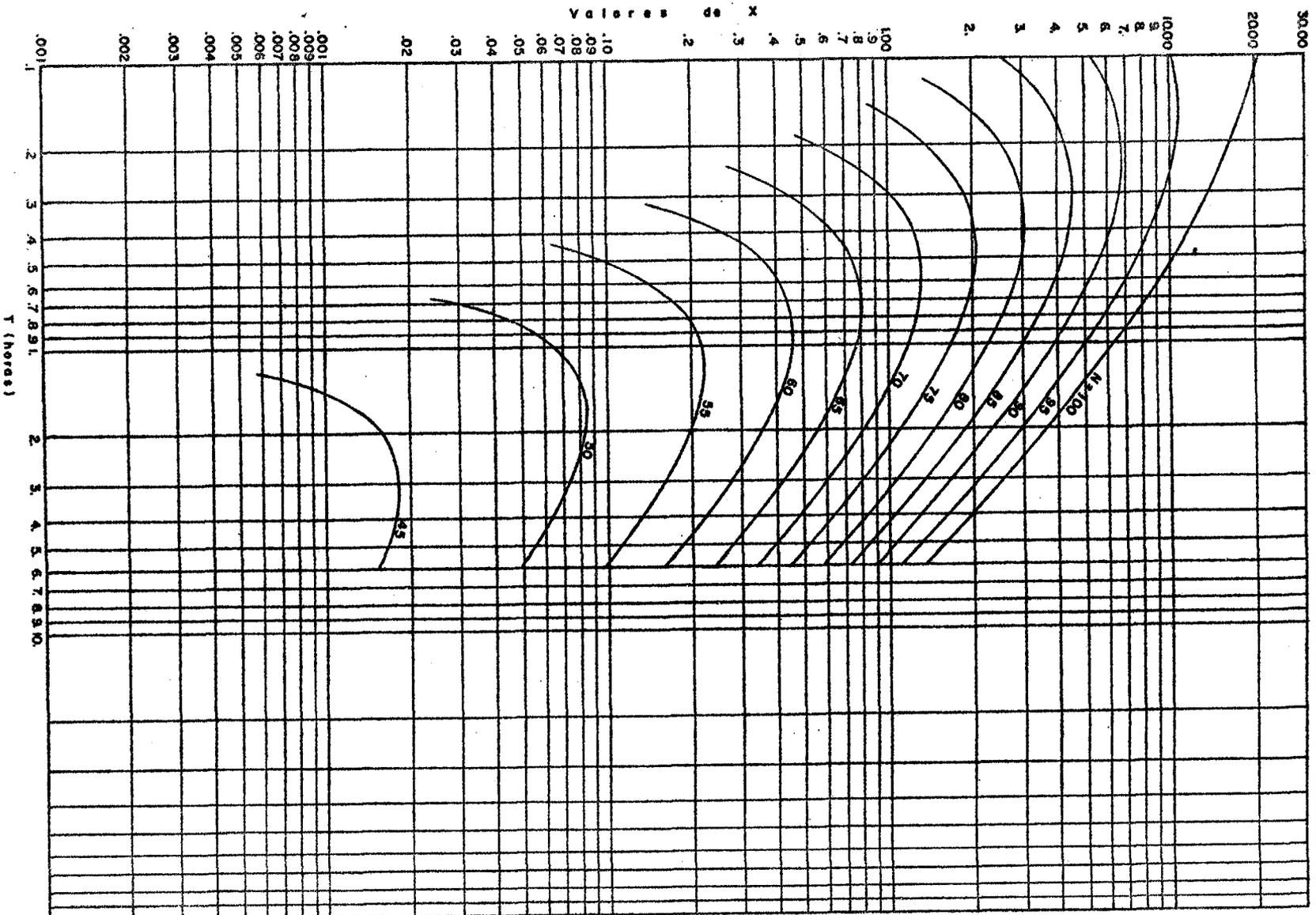


Figura 6 - Factor de escurrimiento X para un período de retorno de 10 años

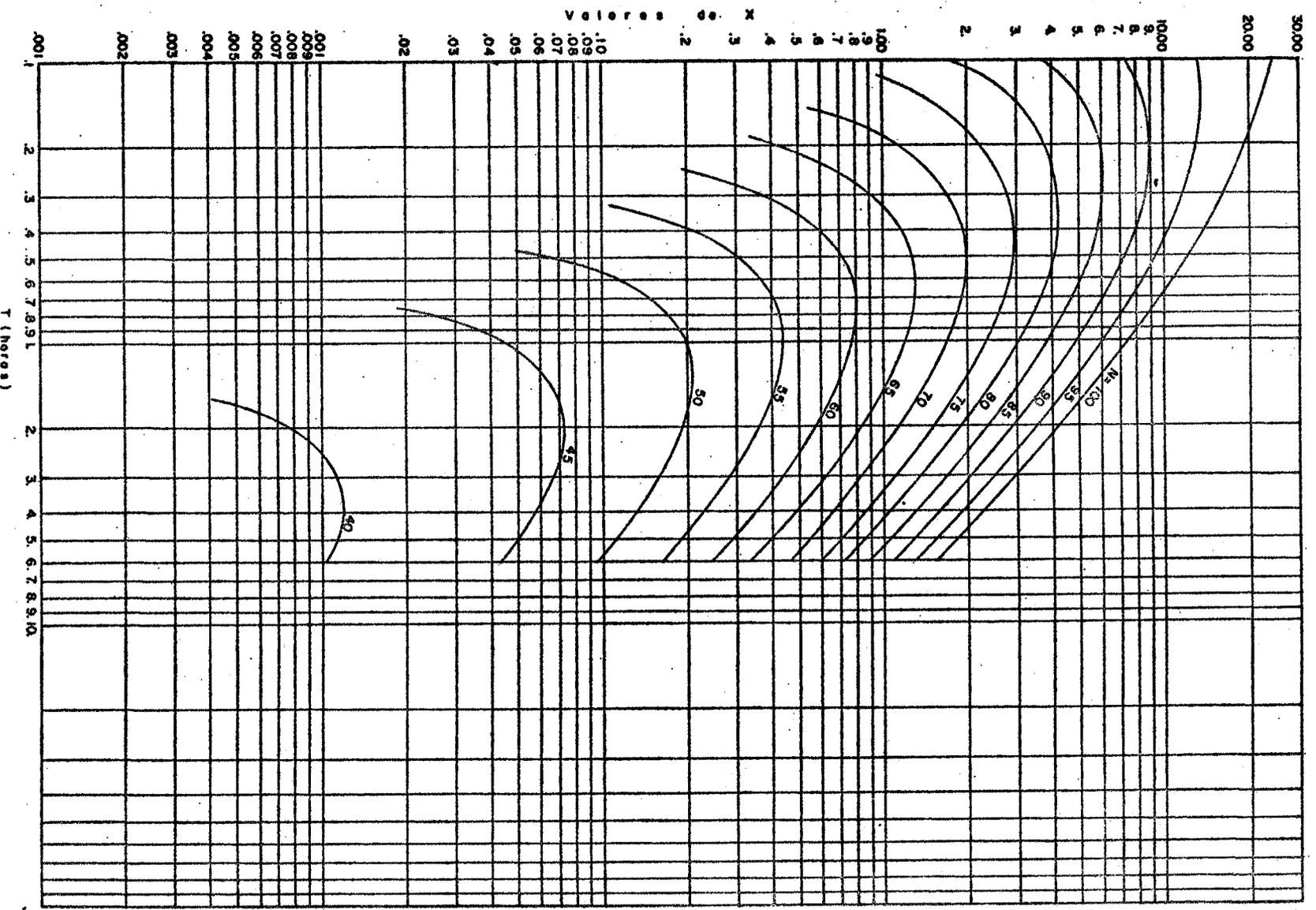


Figura 7 - Factor de escurrimiento X para un periodo de retorno de 20 años

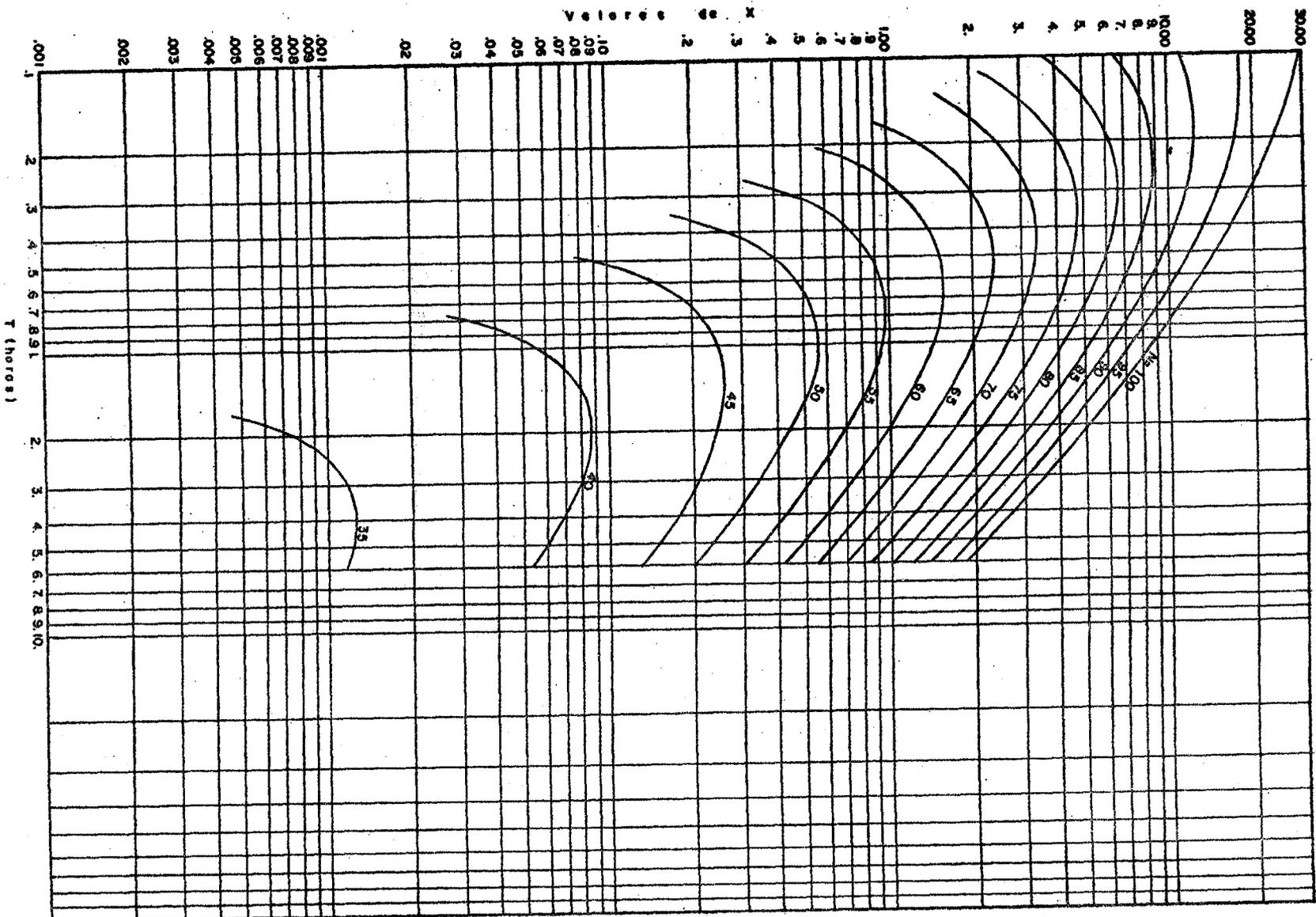
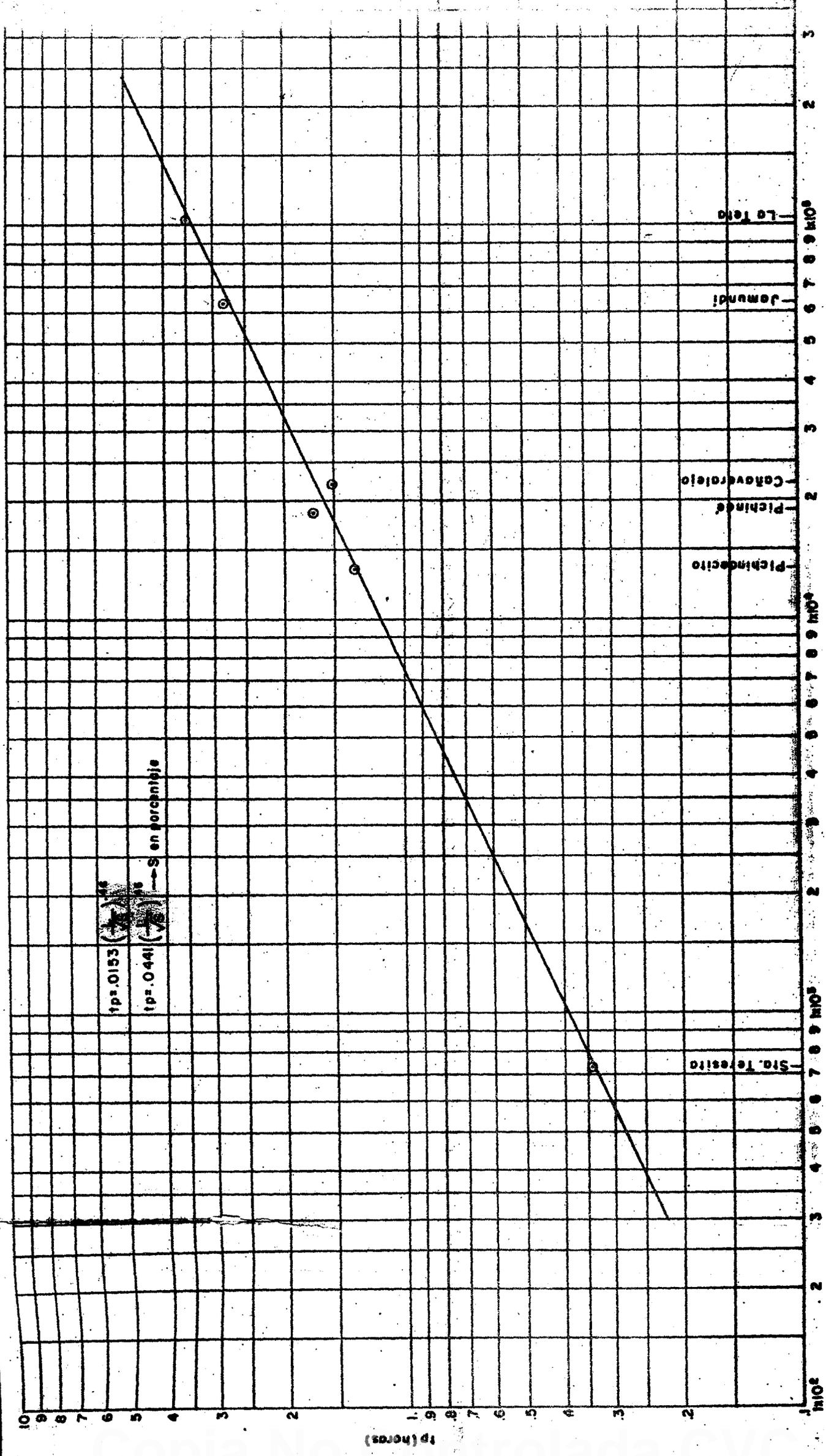


Figura 8 - Factor de escurrimiento X para un período de retorno de 50 años



$$K = \frac{1}{\sqrt{S}}$$

Figura 9 - Verificación de la relación de tp-K

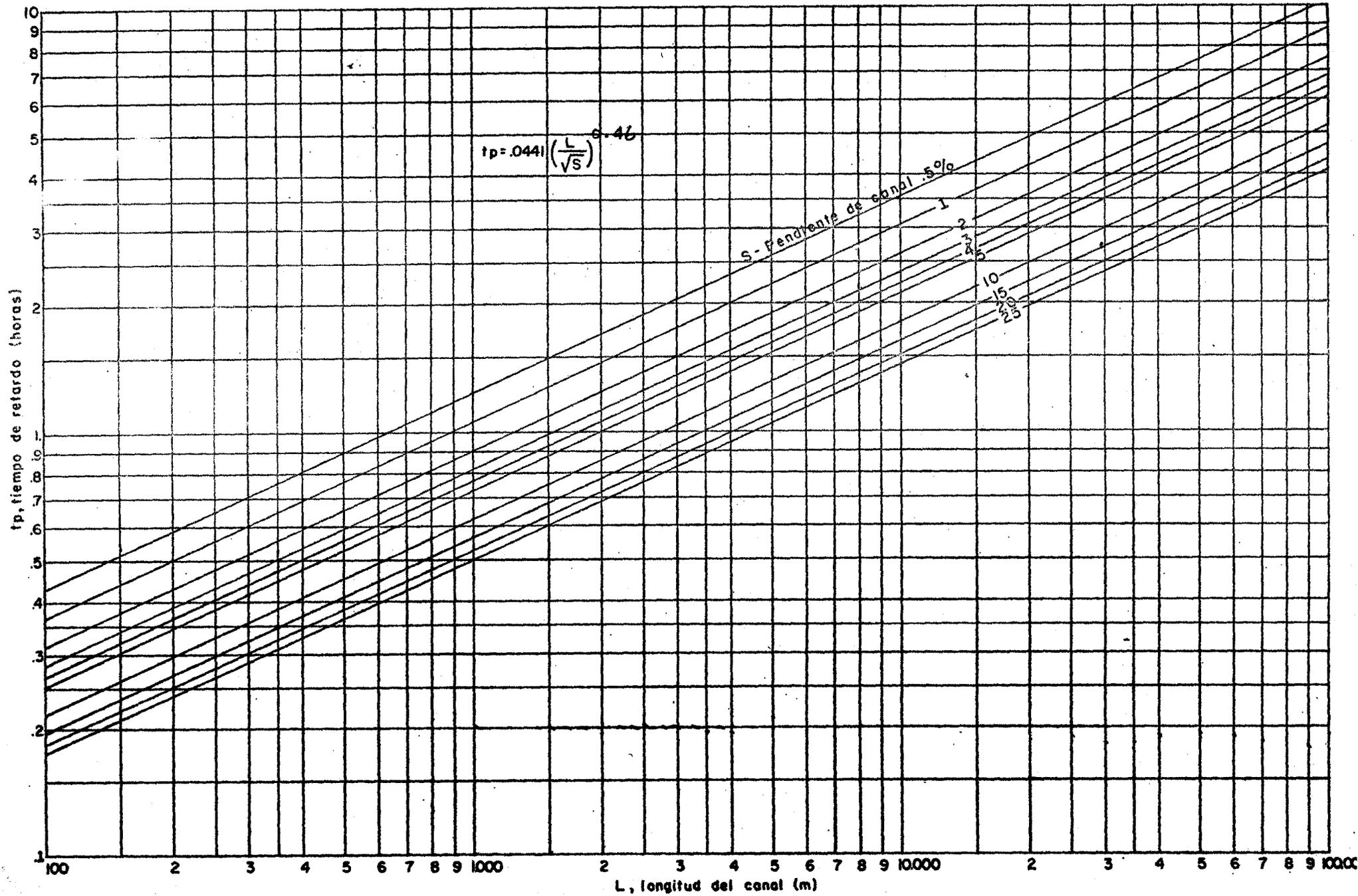


Figura 10 - Determinación del tiempo de retardo por la ecuación 9

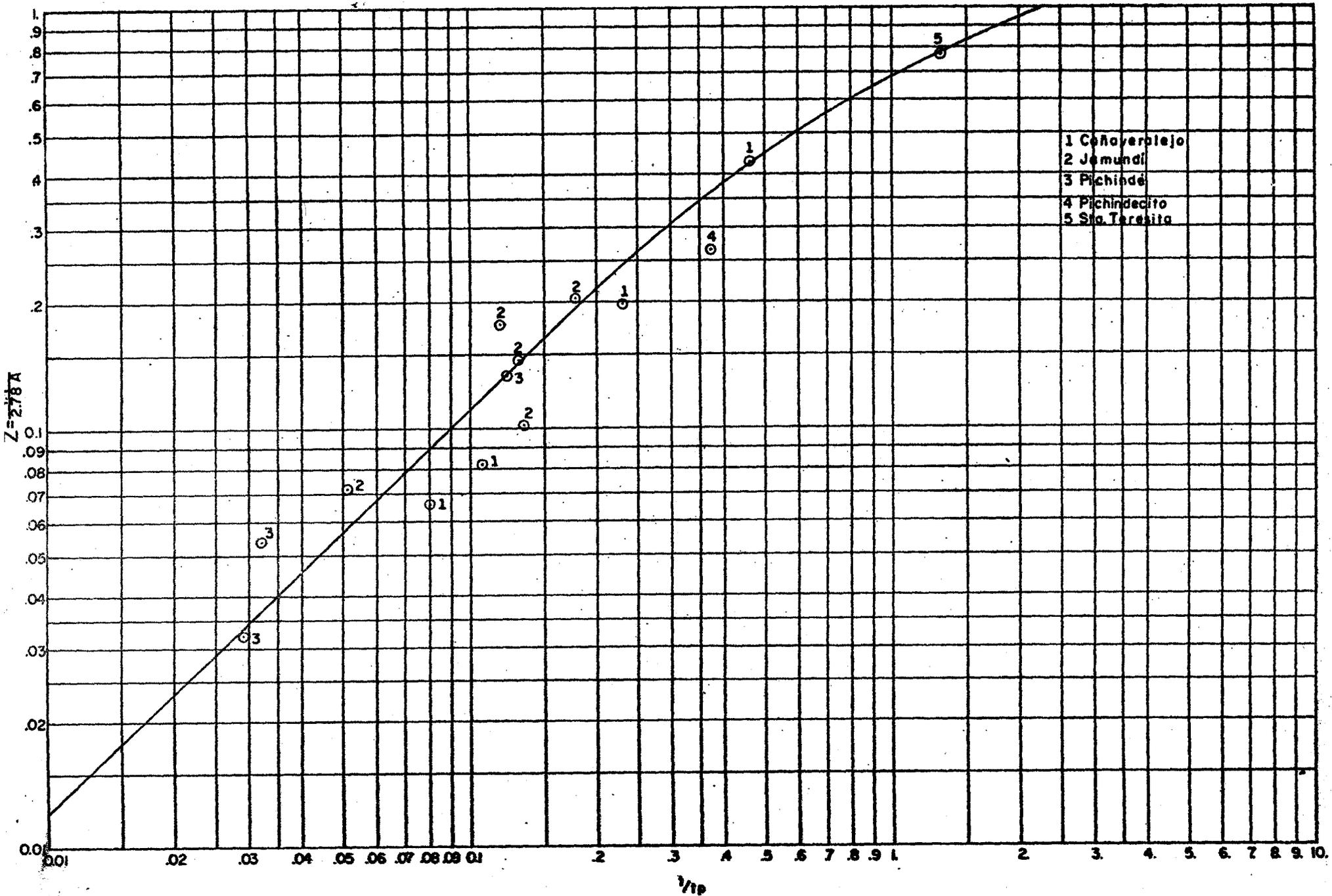


Figura 11 - Relación entre Z y $1/tp$

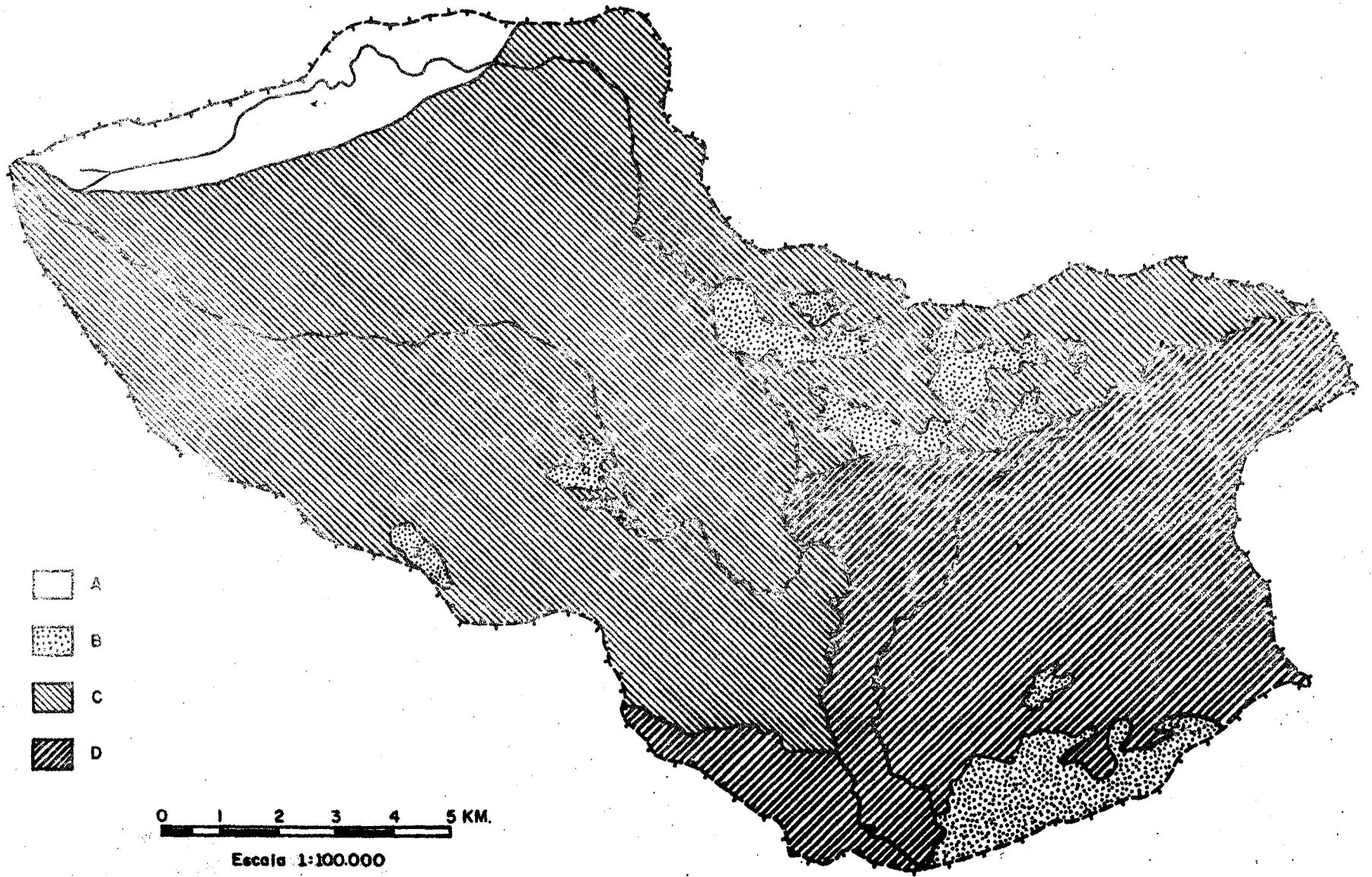
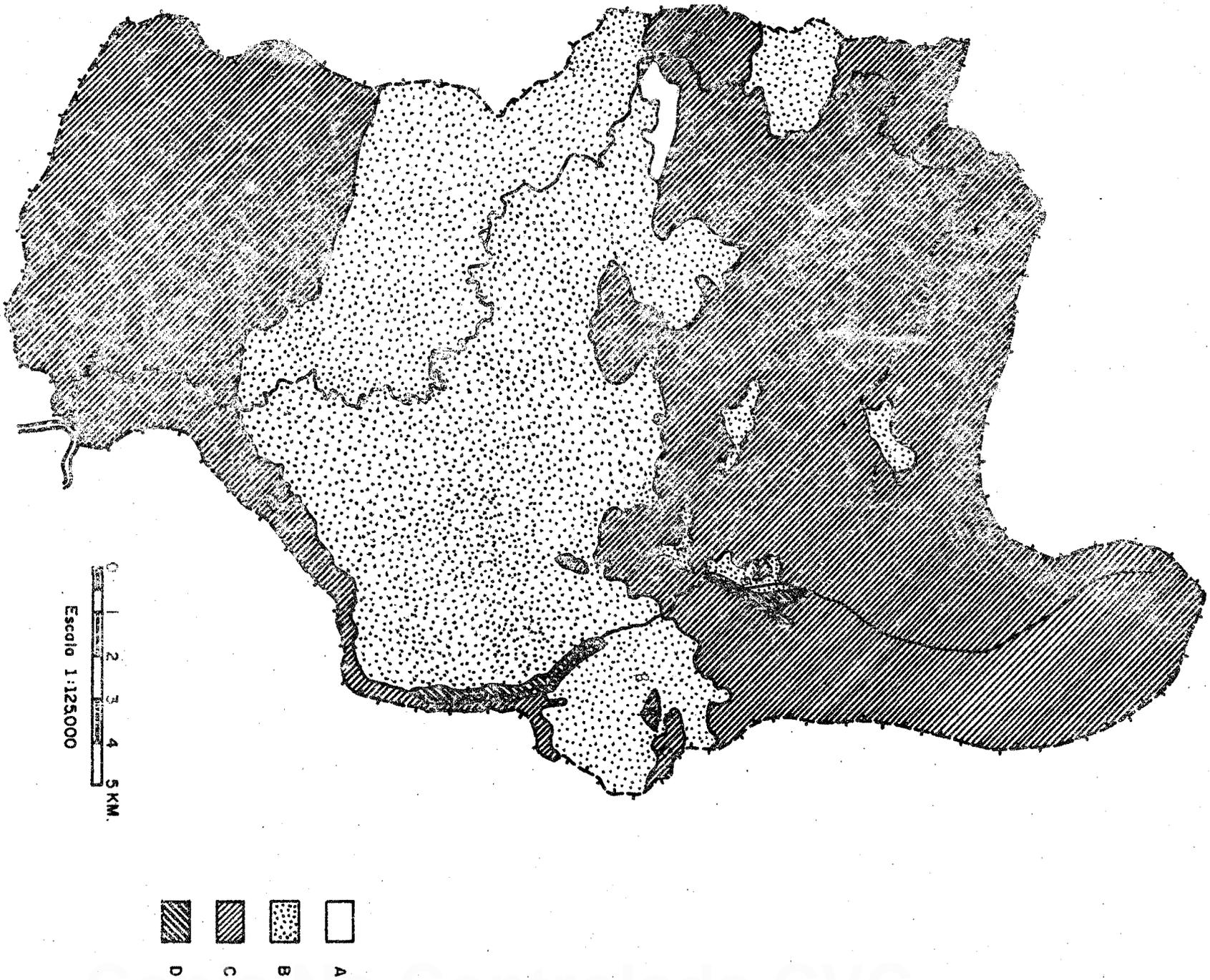
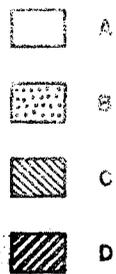


Figura 12 - Río Cali - Tipos de suelos

Figura 13 - Rio Jamundi - Tipos de suecos





0 1 2 4 6 8 10 KM.

Escala 1: 25.000

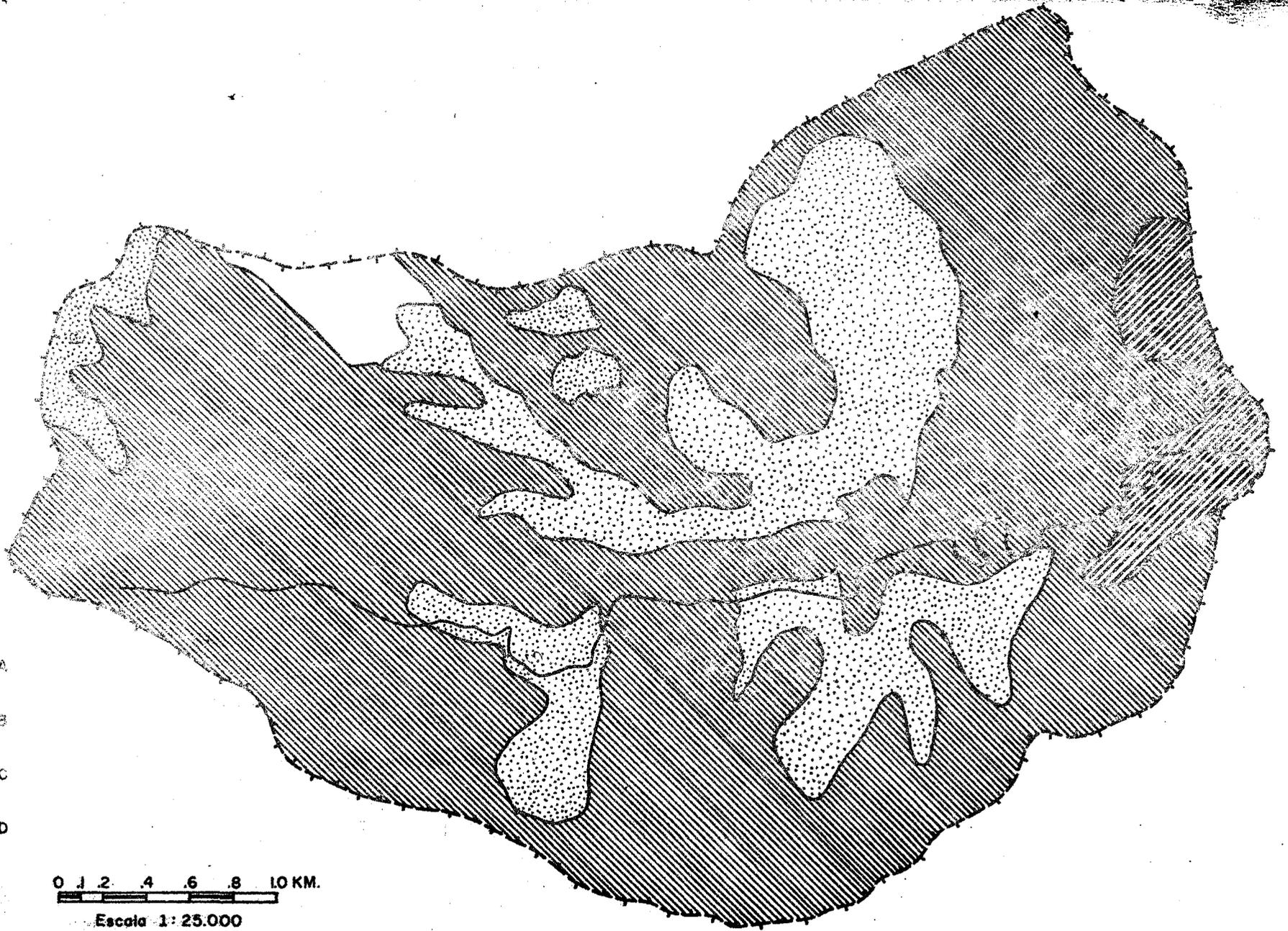
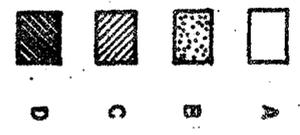


Figura 14 - Rio Cañaveralejo - Tipos de suelos

OCEANO PACIFICO

CONVENCIONES



DPTO.

DPTO.

DPTO. DEL CHOCO

D E L C A U C A

R. Tinas

R. Ocasarillo

Rio Congo

R. La Viga

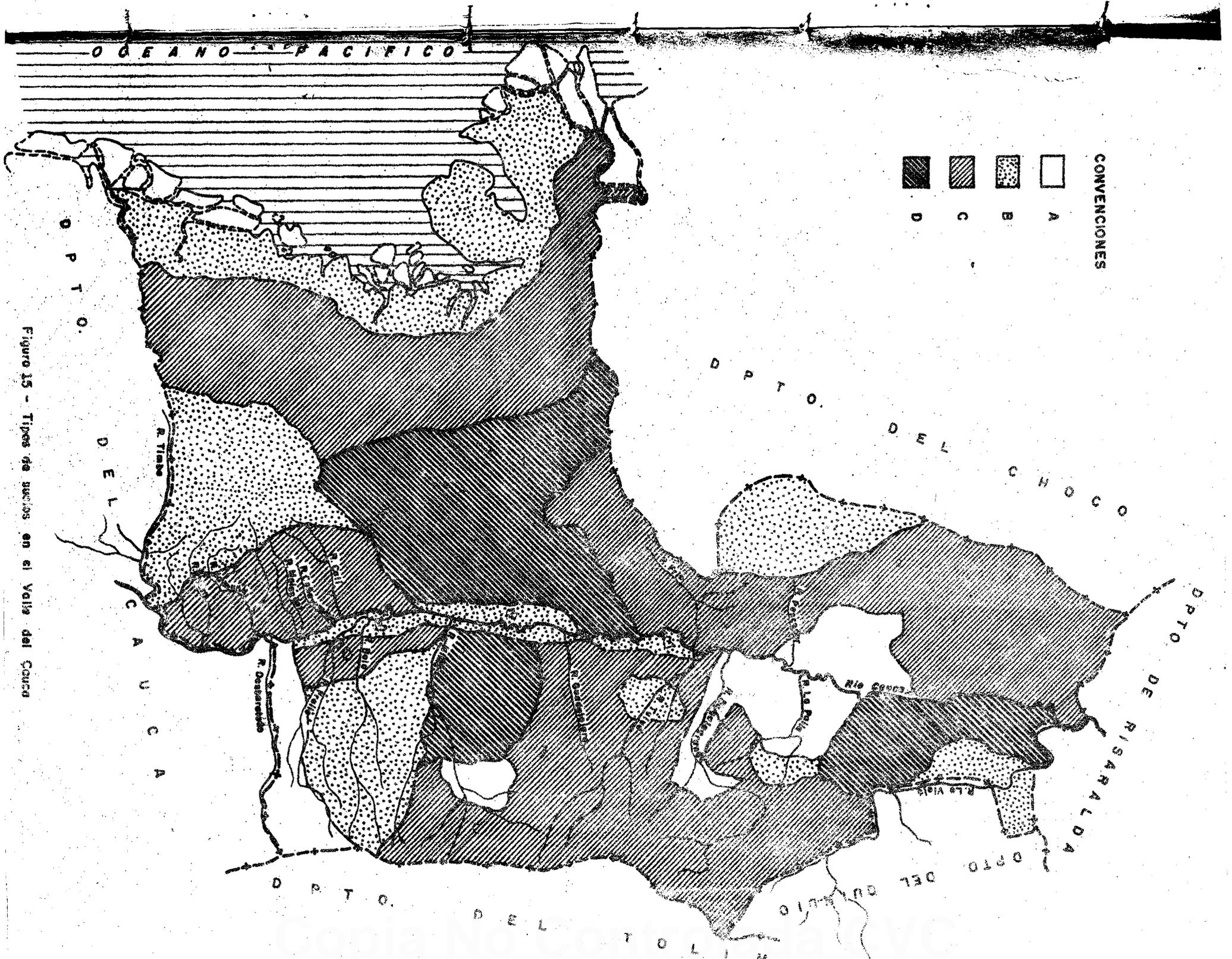
DPTO.

DPTO. DEL TOLIMA

DPTO. DEL QUINDIO

DPTO. DE RISARALDA

Figura 15 - Tipos de suelos en el Valle del Cauca



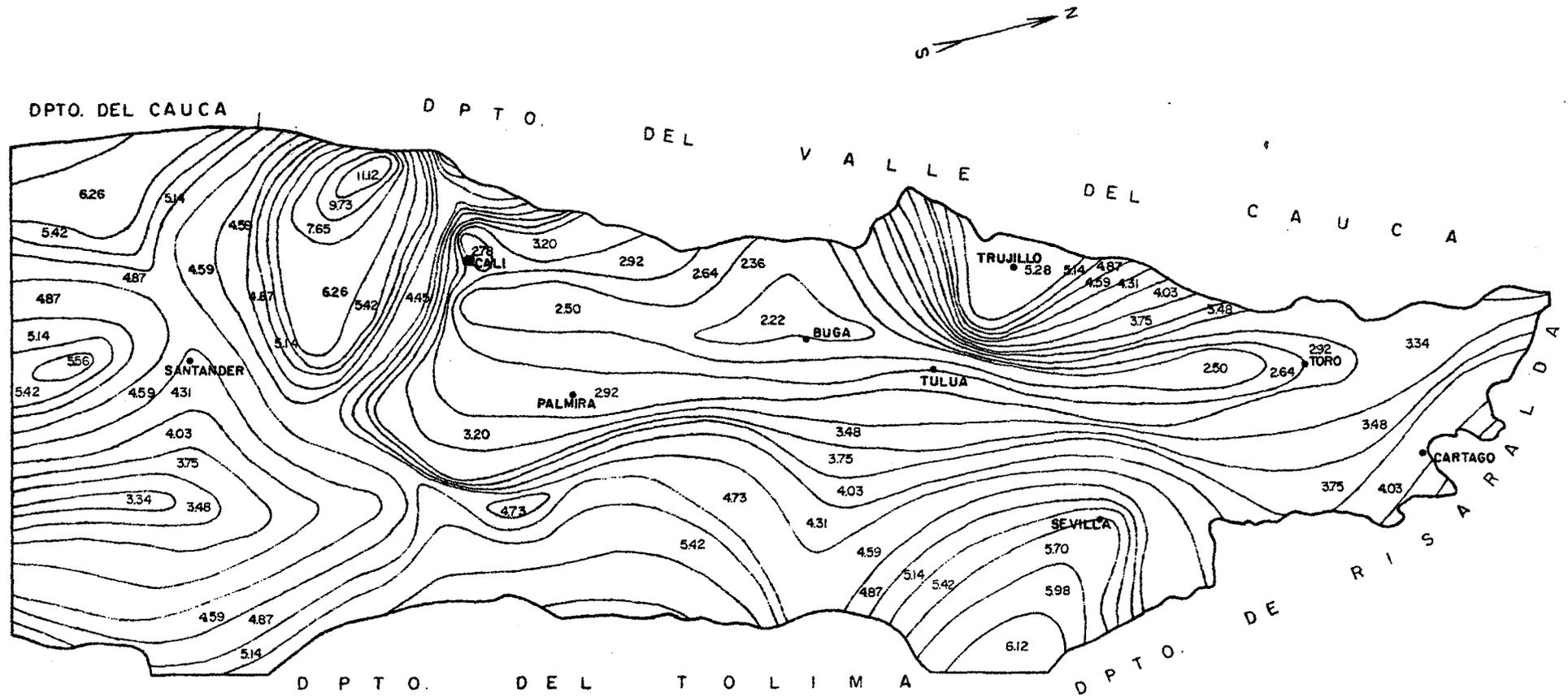


Figura 16 - Factor climático "Y" en el Valle del Cauca



**CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA**

El préstamo vence en la fecha del último sello
Con la entrega oportuna de este libro,
Usted nos ayuda a prestar un mejor servicio.

14 FEB. 1989

17 FEB. 1989

18 FEB. 1989

27 MAR 1998

4 FEB. 2002

5 MAYO 2003

5 MAYO 2003