REPUBLICA DE CHILE

COMISION NACIONAL DE RIEGO

Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Maule

Prefactibilidad

Parte IV (b)

ESTUDIOS DE RECURSOS BASICOS

CEDEC 1977

IV.C.2 - FLUVIOMETRIA. - Figuras

FIGURA Nº IV.C. 2-1

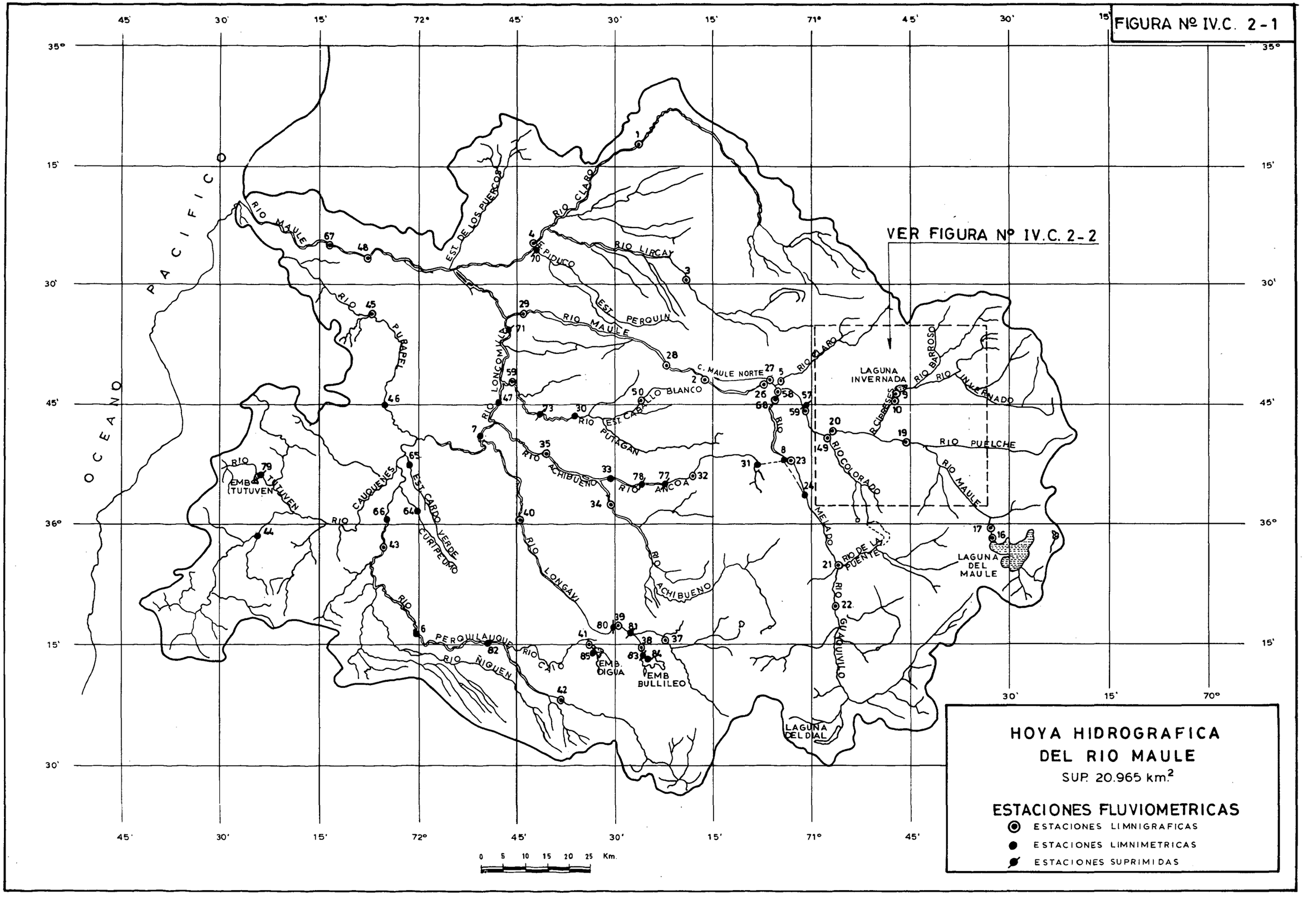


FIG. Nº IV. C.2-2

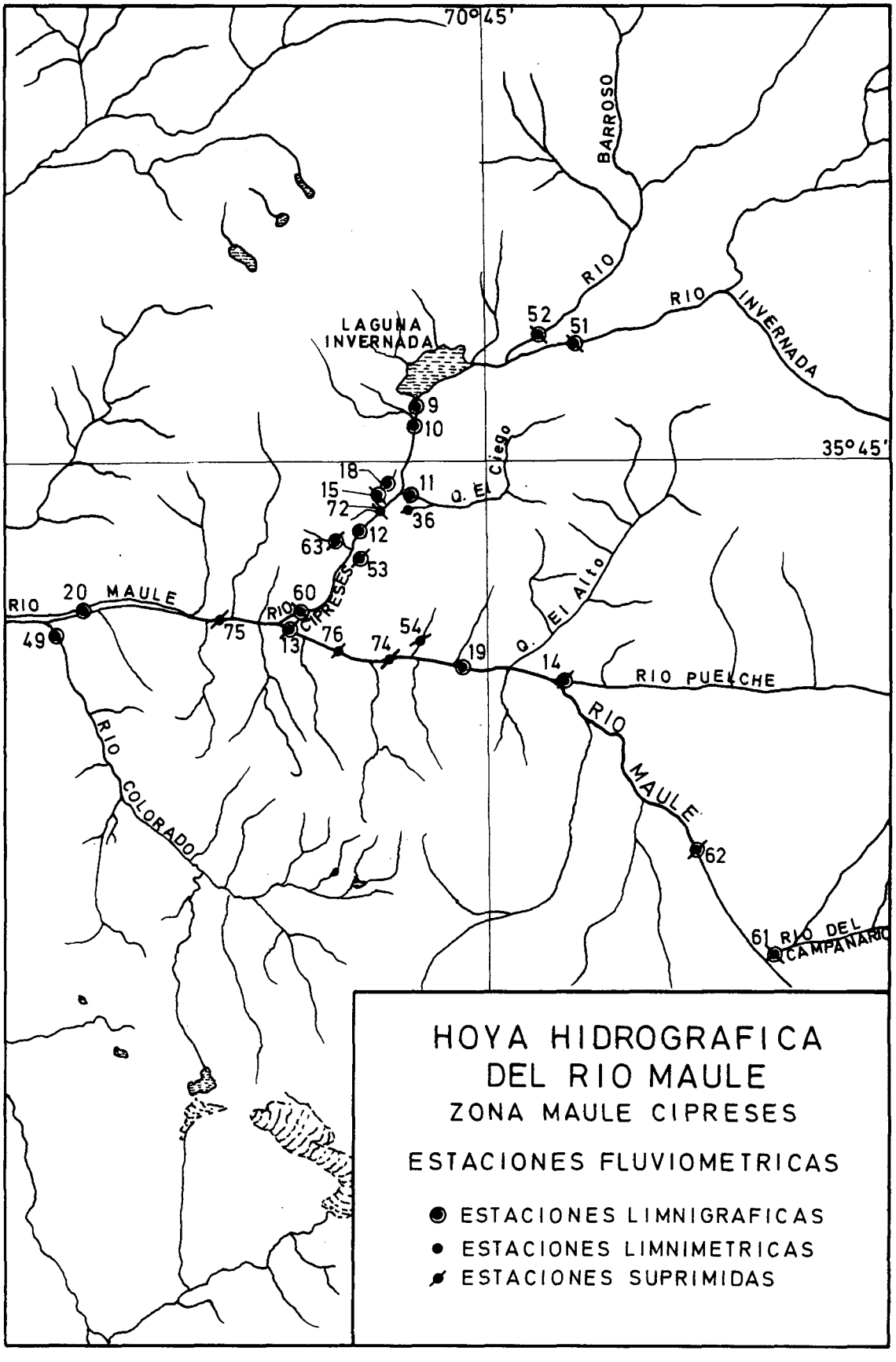

70°45'
35°45'
BARROSO
RIO
RIO INVERNADA
LAGUNA INVERNADA
52
51
9
10
18
15
72
11
36
12
63
53
Q. El Ciego
Q. El Alto
RIO CIPRESES
RIO 20 MAULE
60
75
13
76
74
54
19
14
49
RIO PUELCHE
RIO MAULE
RIO COLORADO
62
61 RIO DEL CAMPANARIO
HOYA HIDROGRAFICA
DEL RIO MAULE
ZONA MAULE CIPRESES
ESTACIONES FLUVIOMETRICAS
ESTACIONES LIMNIGRAFICAS
ESTACIONES LIMNIMETRICAS
ESTACIONES SUPRIMIDAS

FIG. Nº IV. C. 2-3

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

PATRON DE PRECIPITACIONES

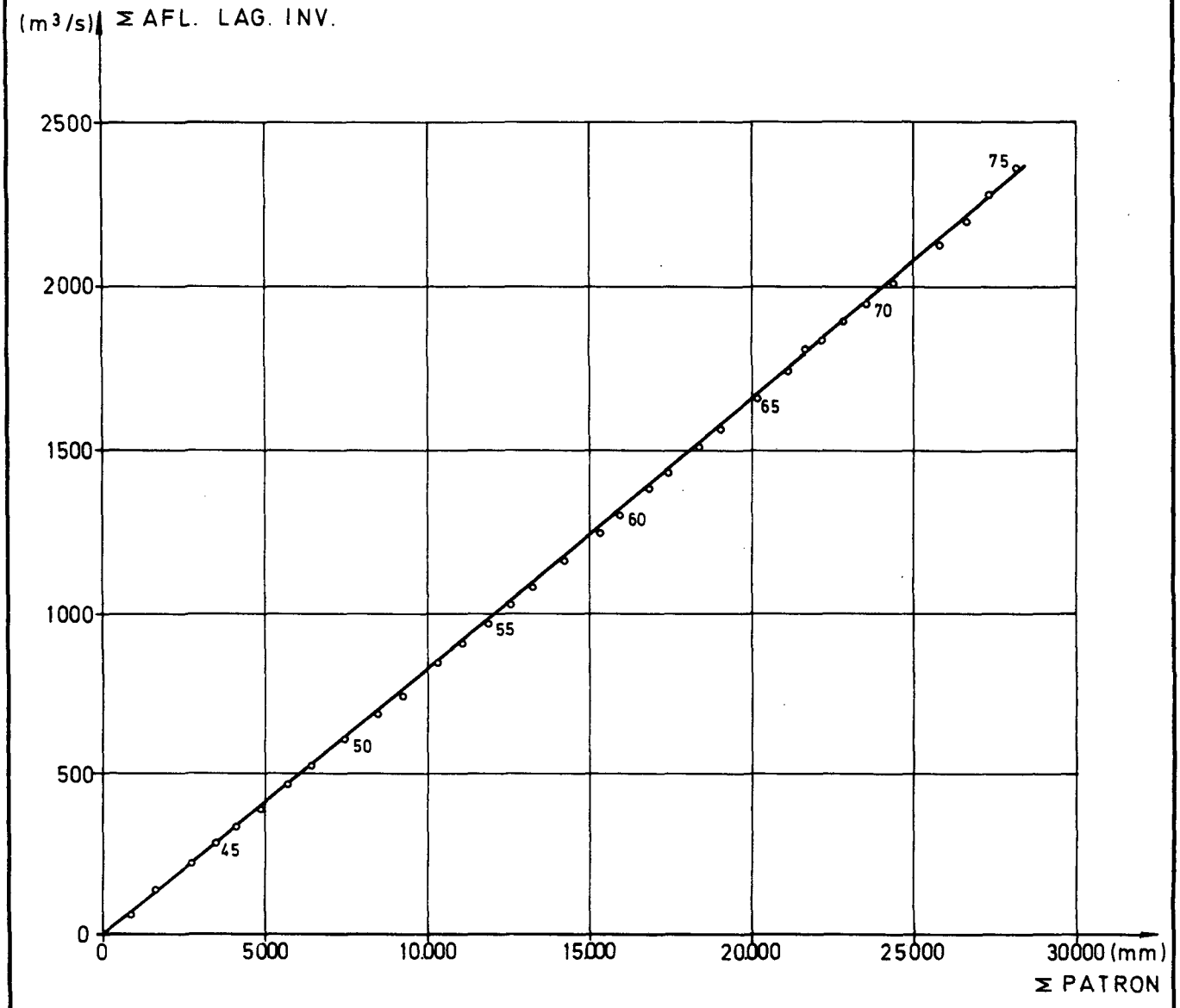
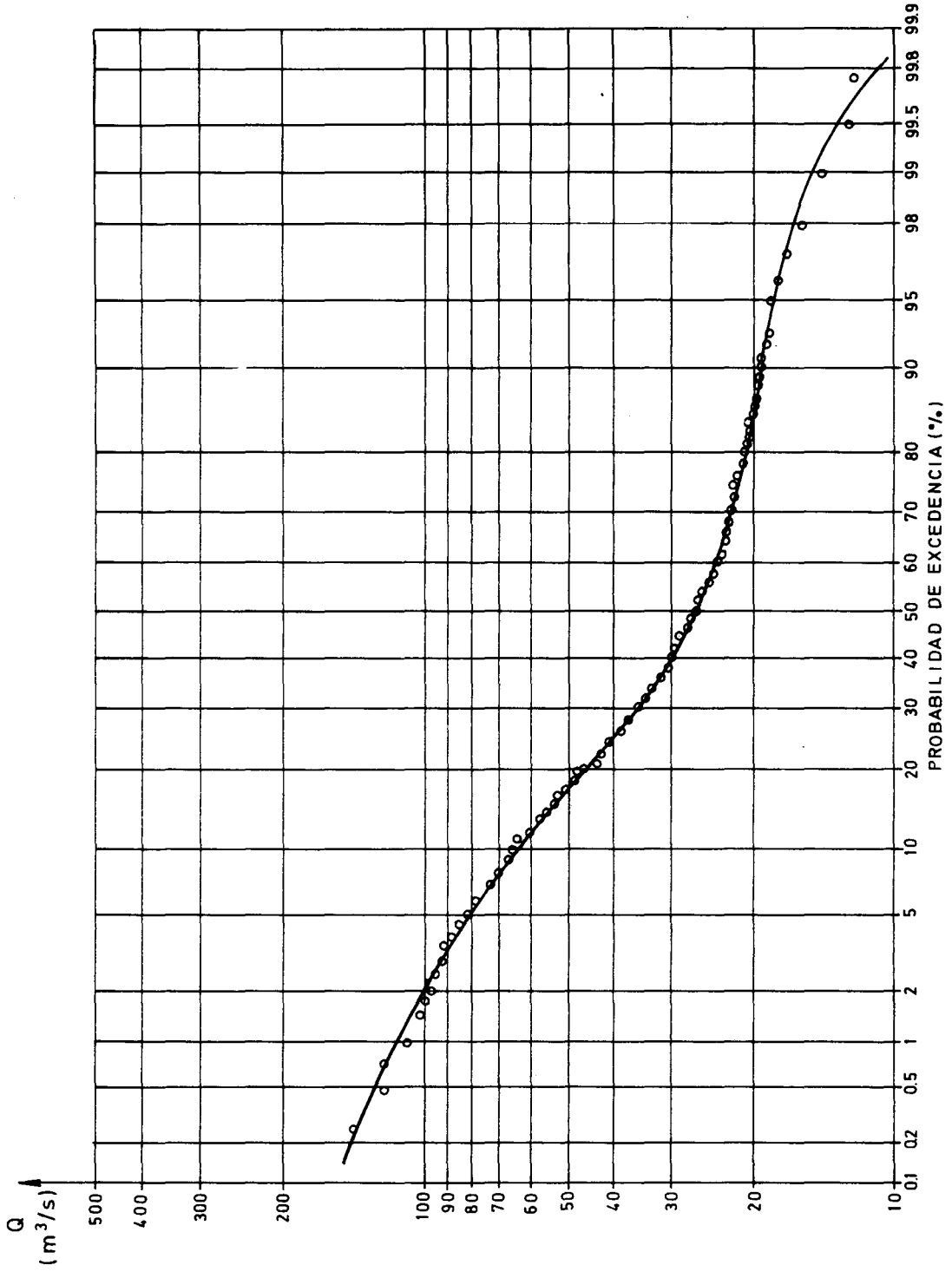


FIG. Nº IV. C. 2-4

AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

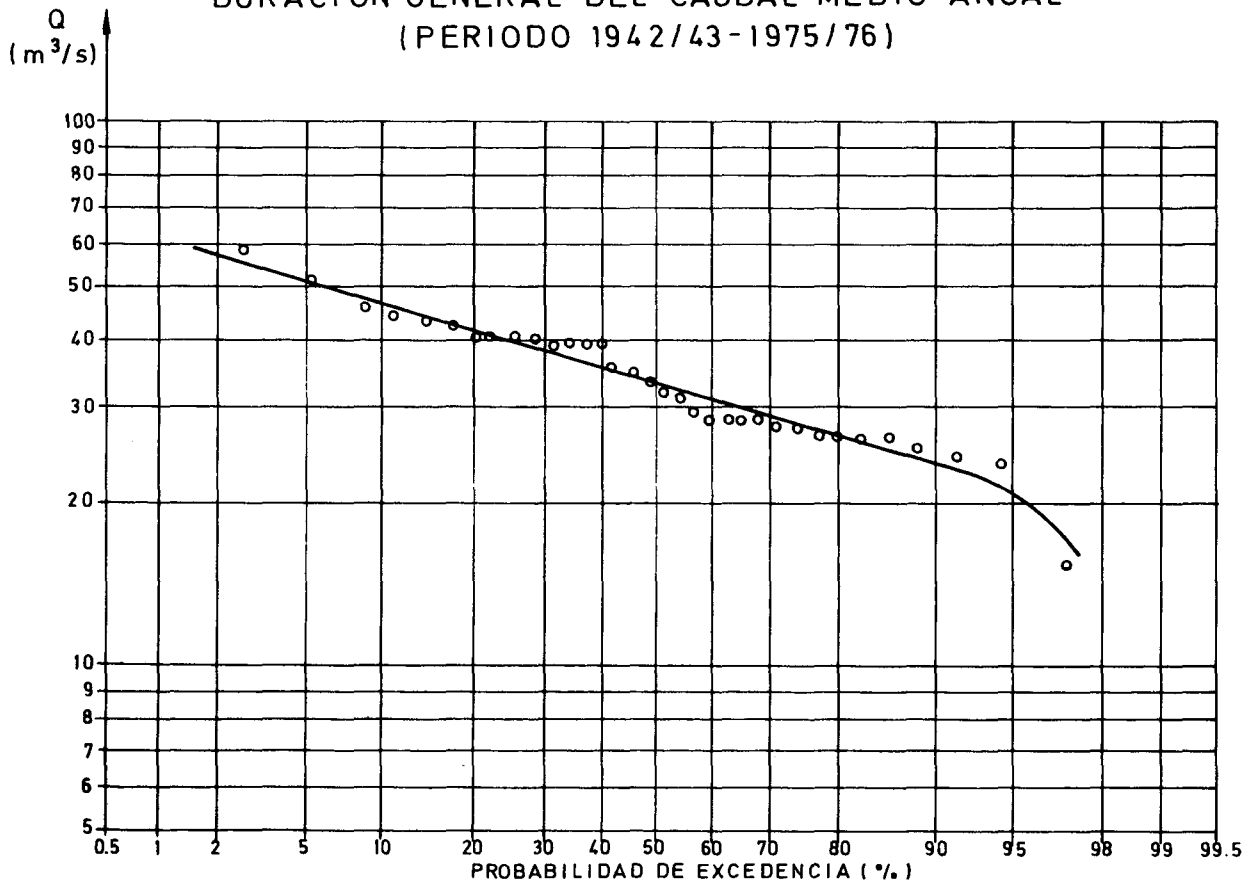


FIG. Nº IV.C.2-5

FIG. N° IV. C.2-6

AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

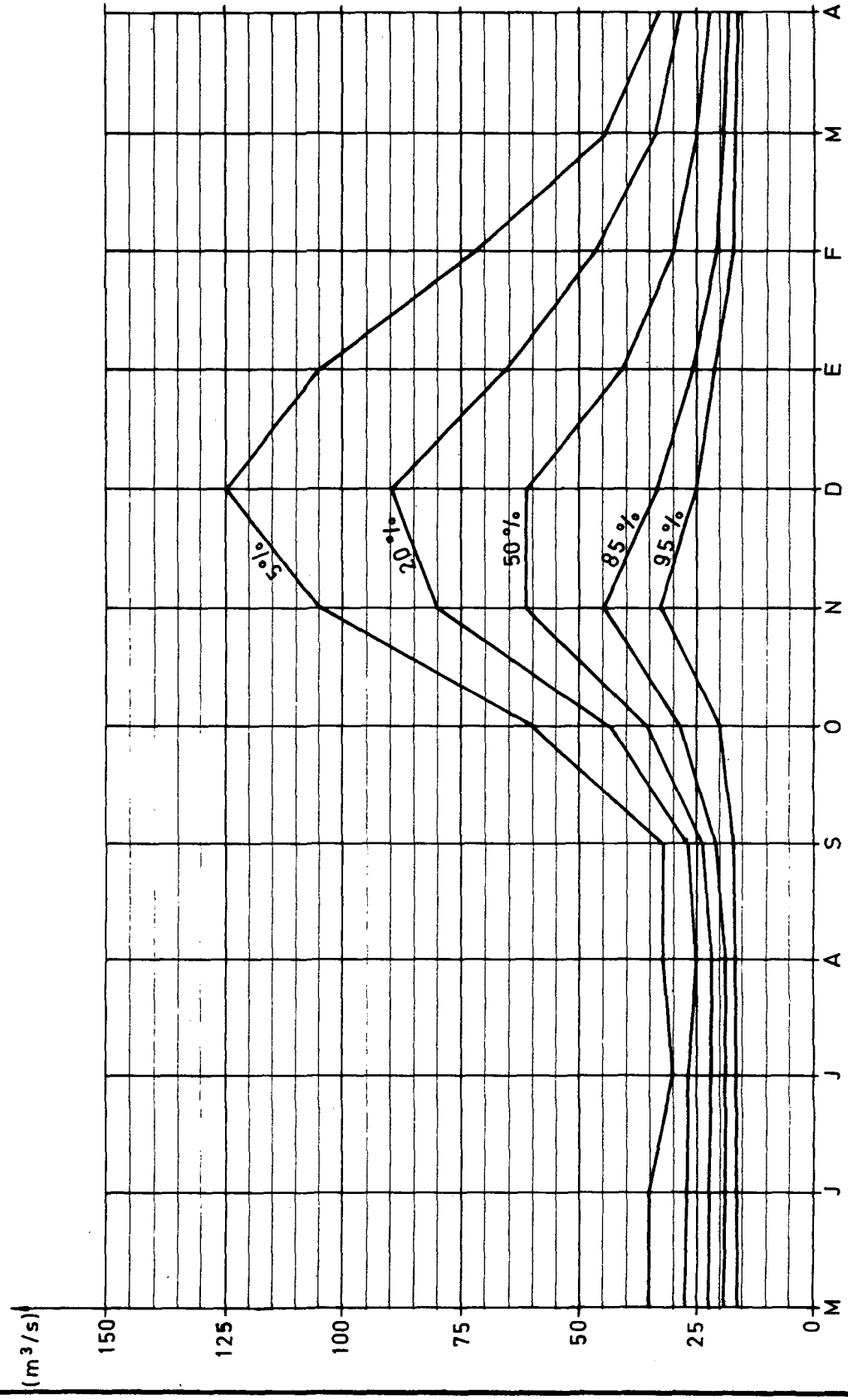


FIG. Nº IV.C. 2-7

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

PATRON DE PRECIPITACIONES

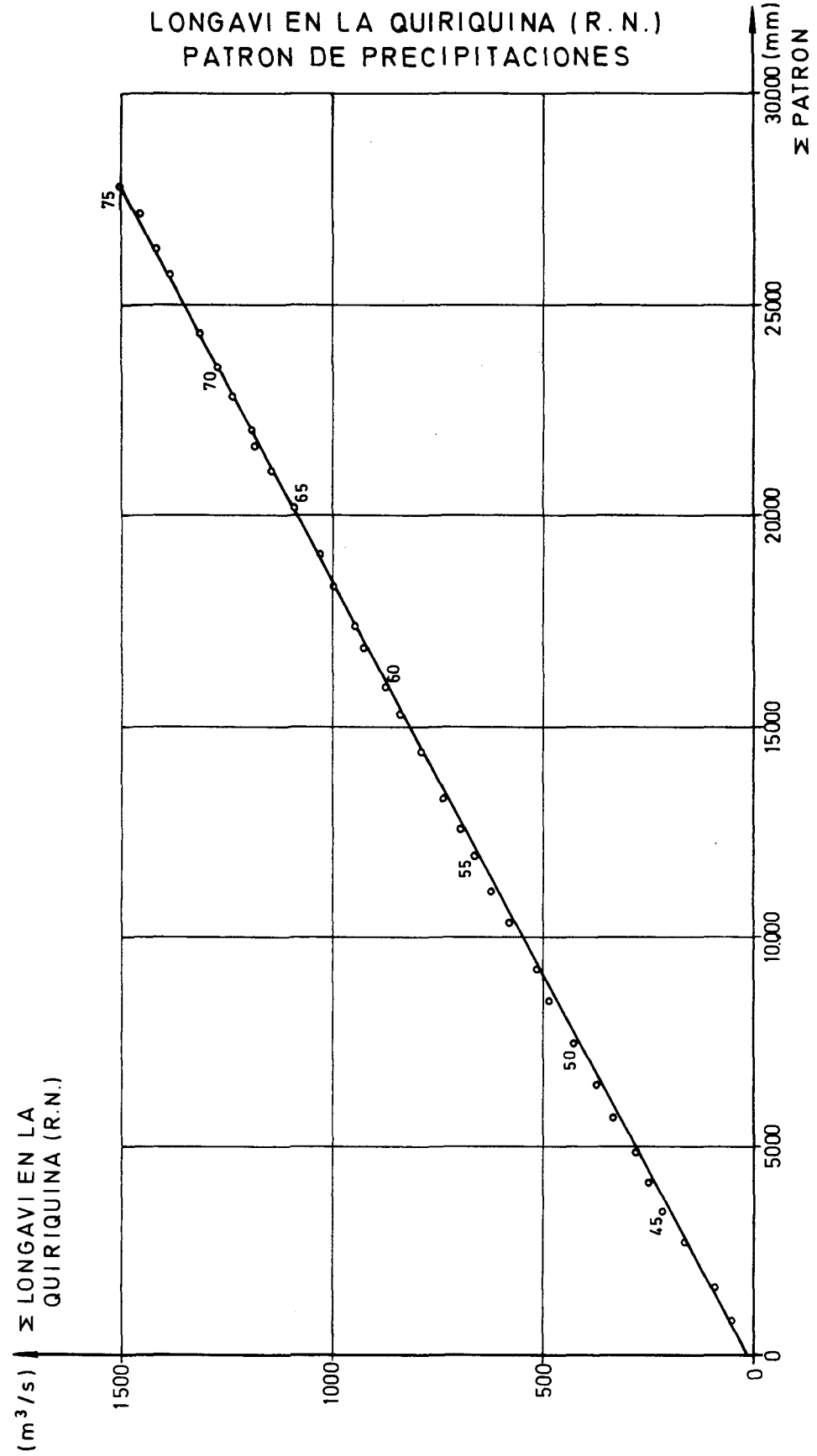
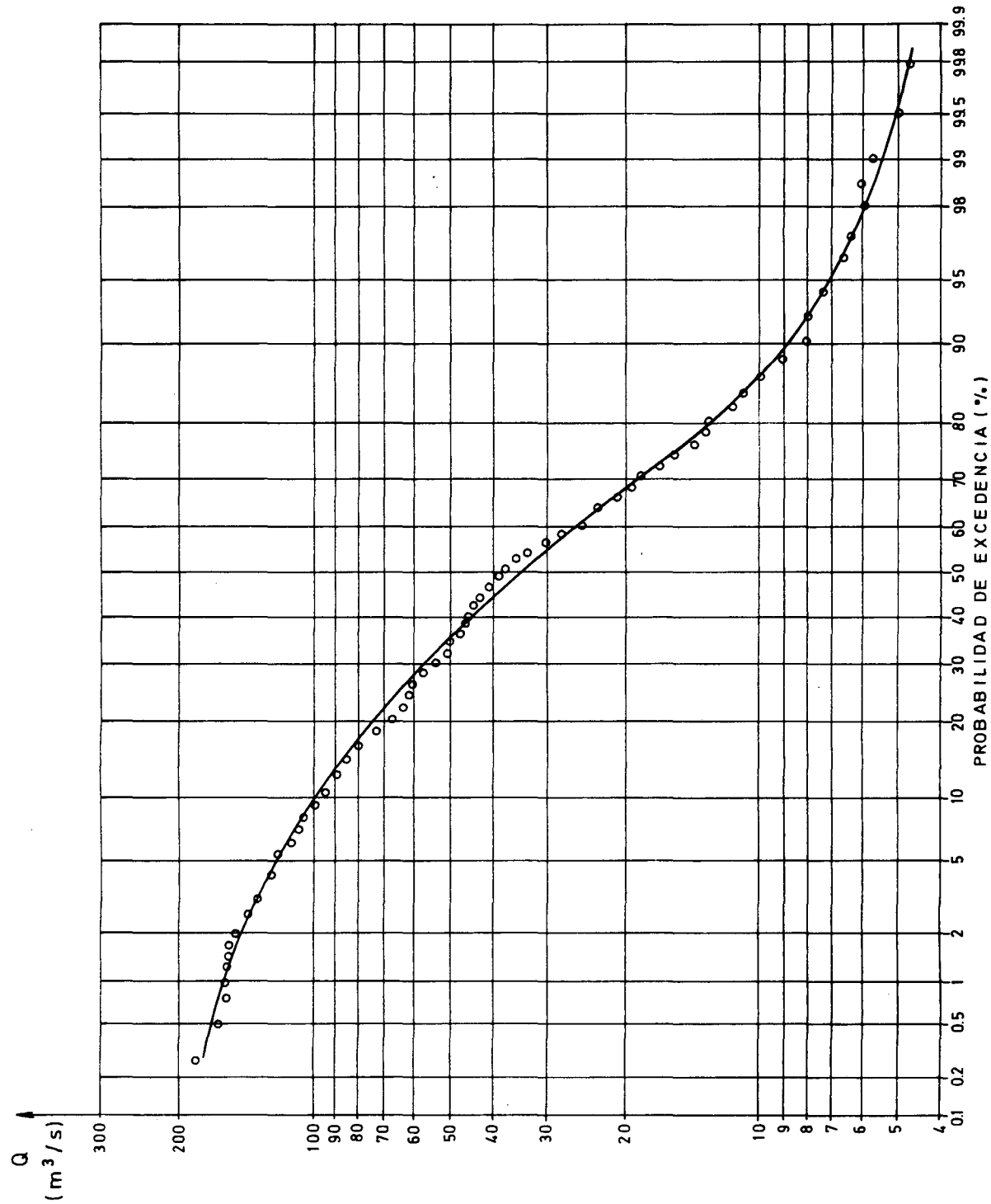


FIG. Nº IV.C.2-8

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R. N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

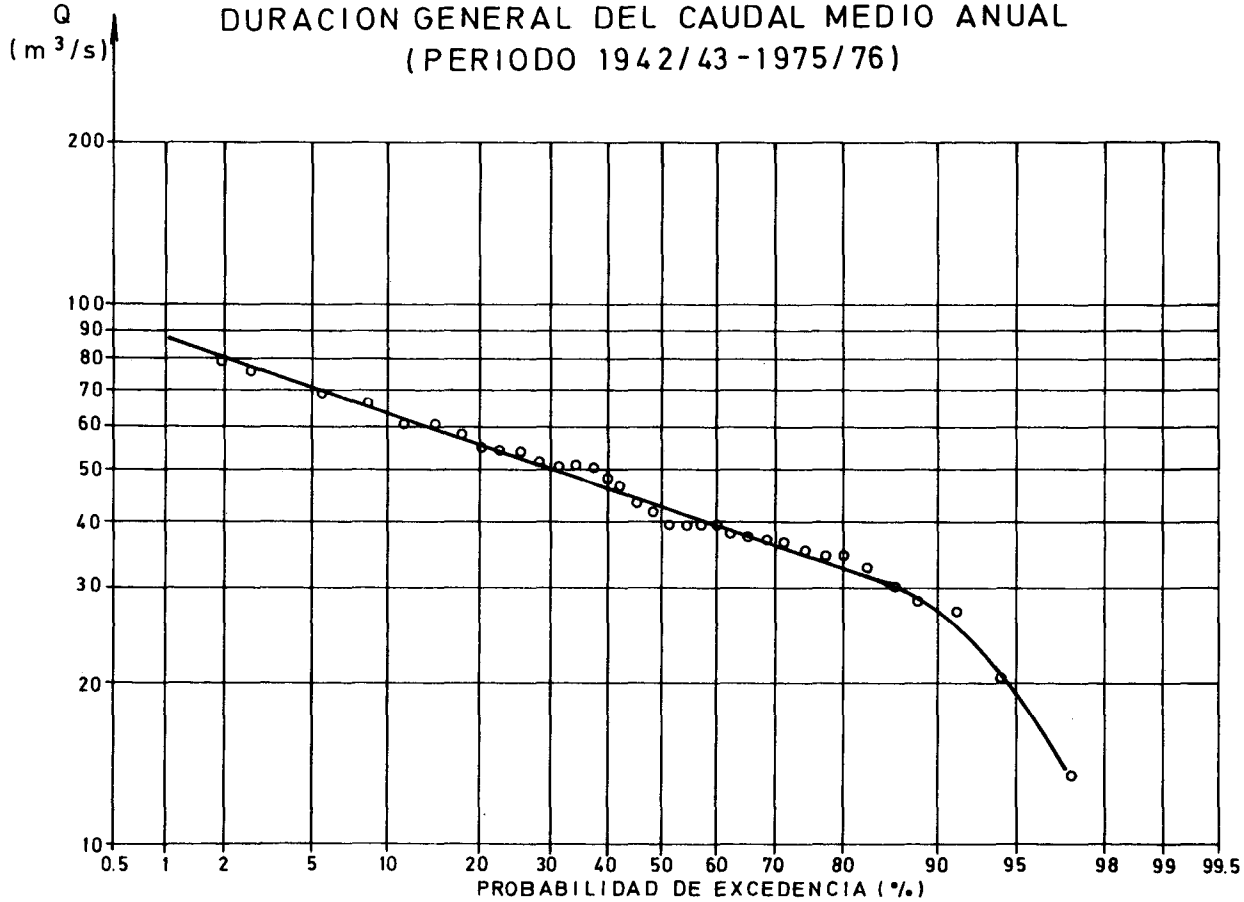


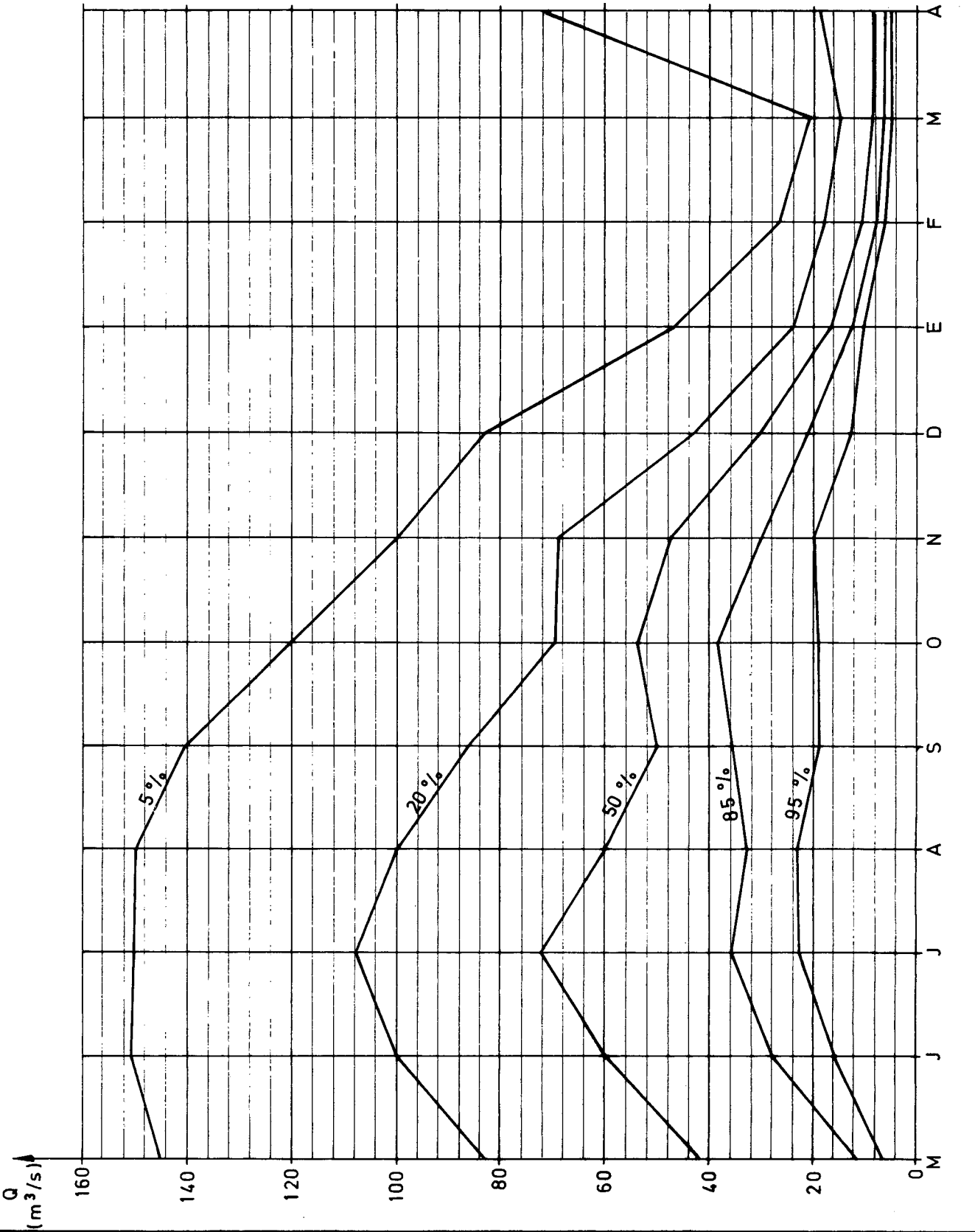
FIG. Nº IV.C.2-9

FIG. Nº IV.C. 2-10

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



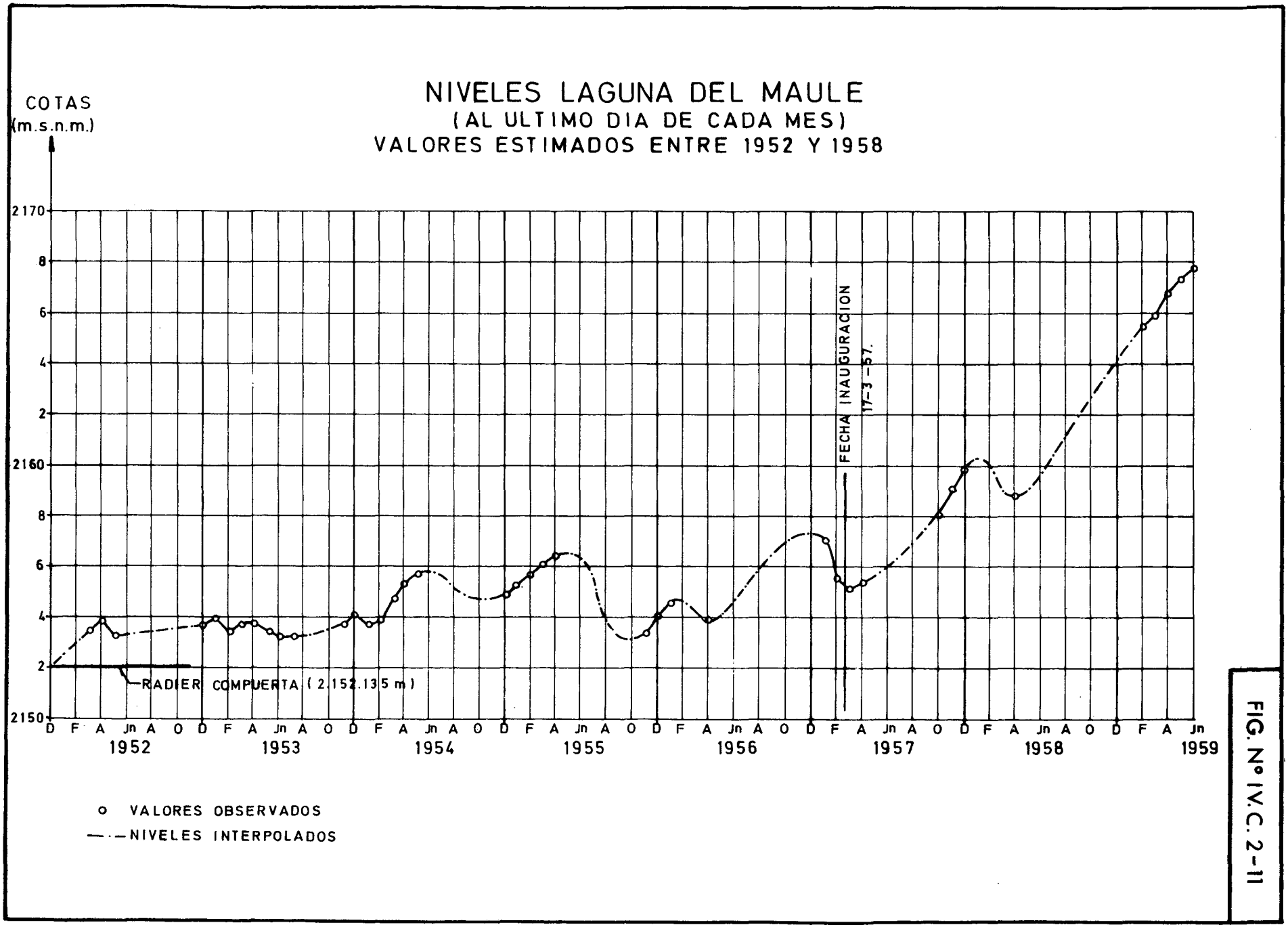

NIVELES LAGUNA DEL MAULE
(AL ULTIMO DIA DE CADA MES)
VALORES ESTIMADOS ENTRE 1952 Y 1958
COTAS
(m.s.n.m.)
2170
8
6
4
2
2160
8
6
4
2
2150
FECHA INAUGURACION
17-3-57.
RADIER COMPUERTA (2.152.135 m)
D F A Jn A O D F A Jn A O D F A Jn A O D F A Jn A O D F A Jn A O D F A Jn A O D F A Jn
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
o VALORES OBSERVADOS
—·—NIVELES INTERPOLADOS

FIG. N° IV.C. 2-11

FIG. Nº IV.C. 2-12

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

AFLUENTE LAGUNA DEL MAULE- AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

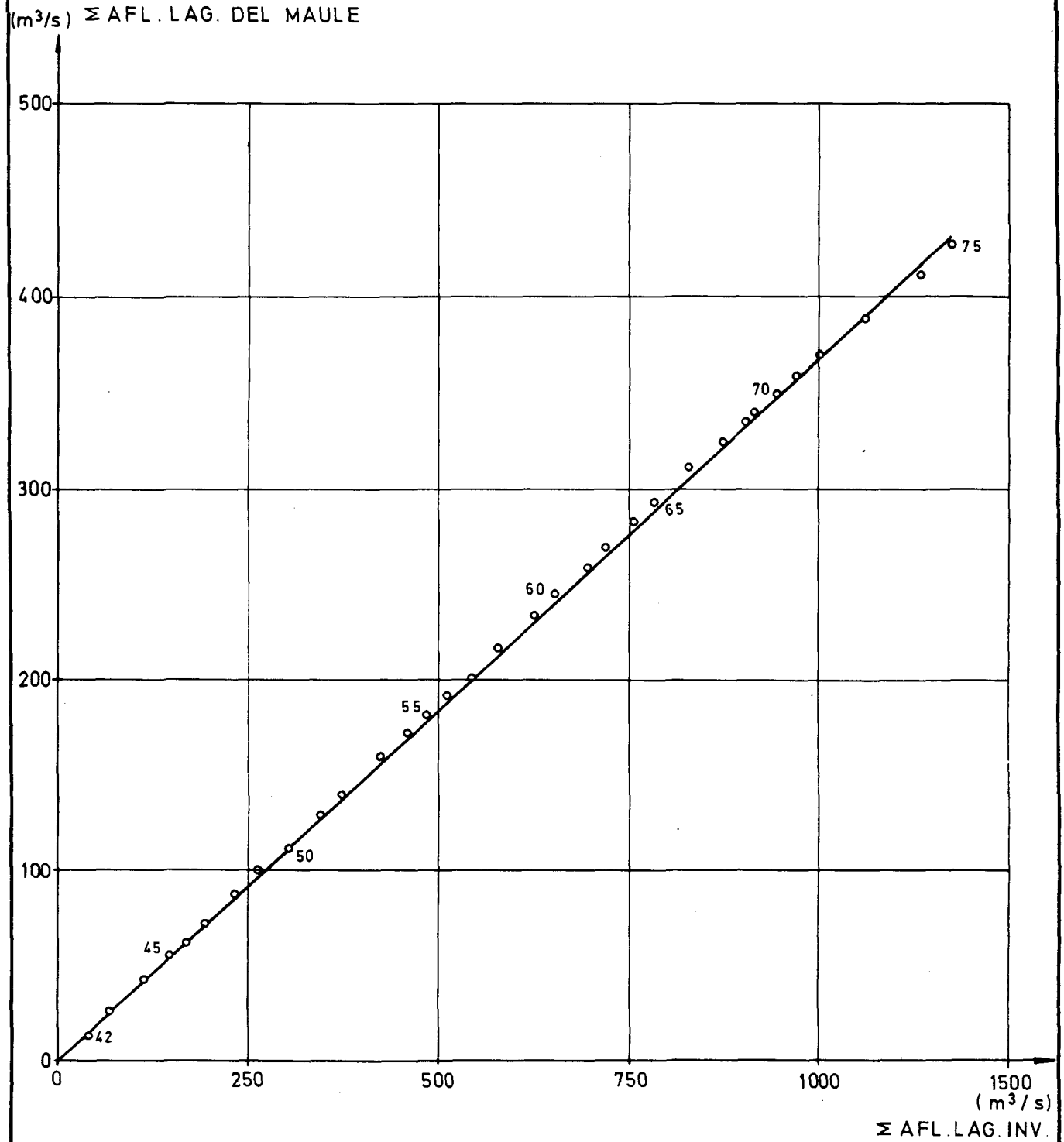
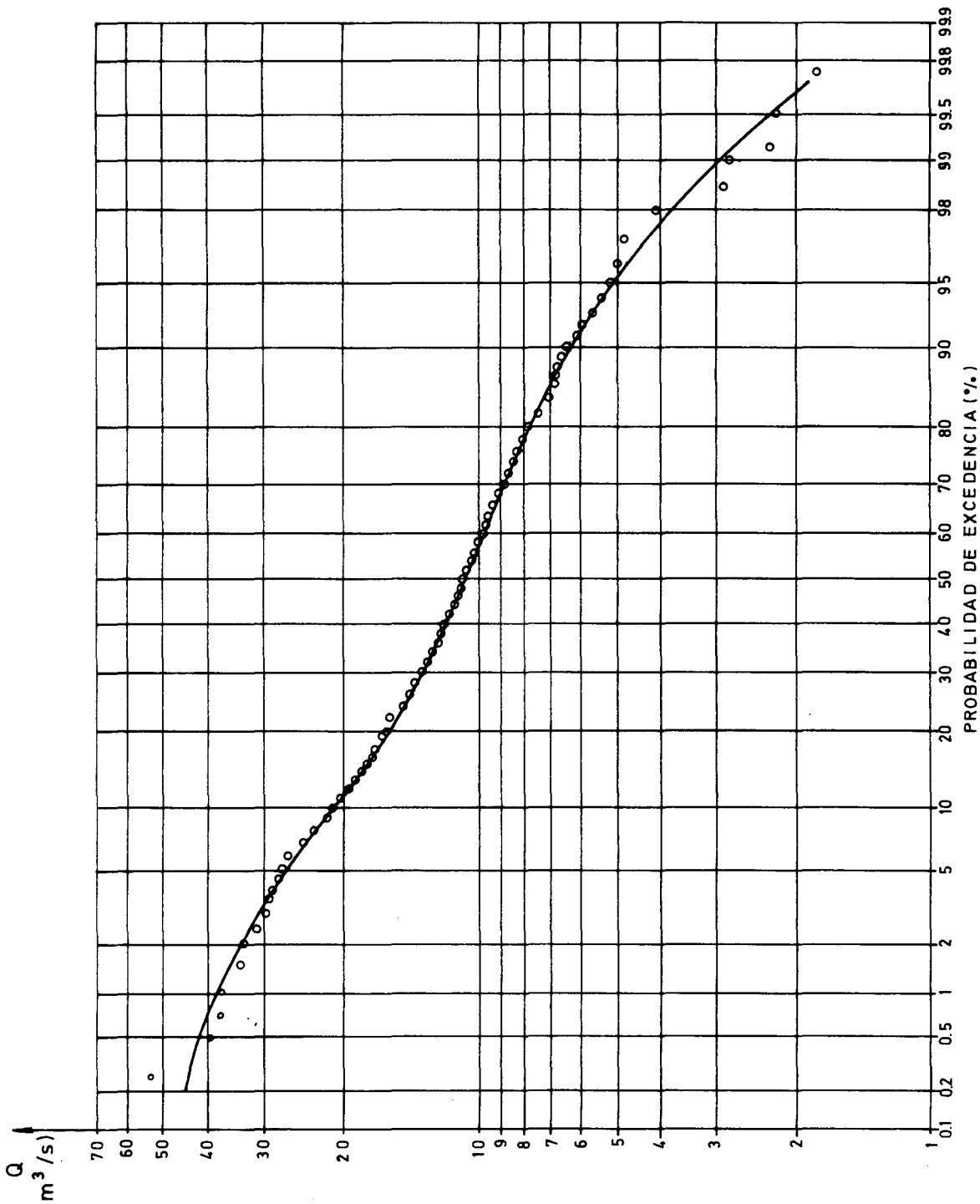


FIG. Nº IV.C.2-13

AFLUENTE LAGUNA DEL MAULE

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



AFLUENTE LAGUNA DEL MAULE

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

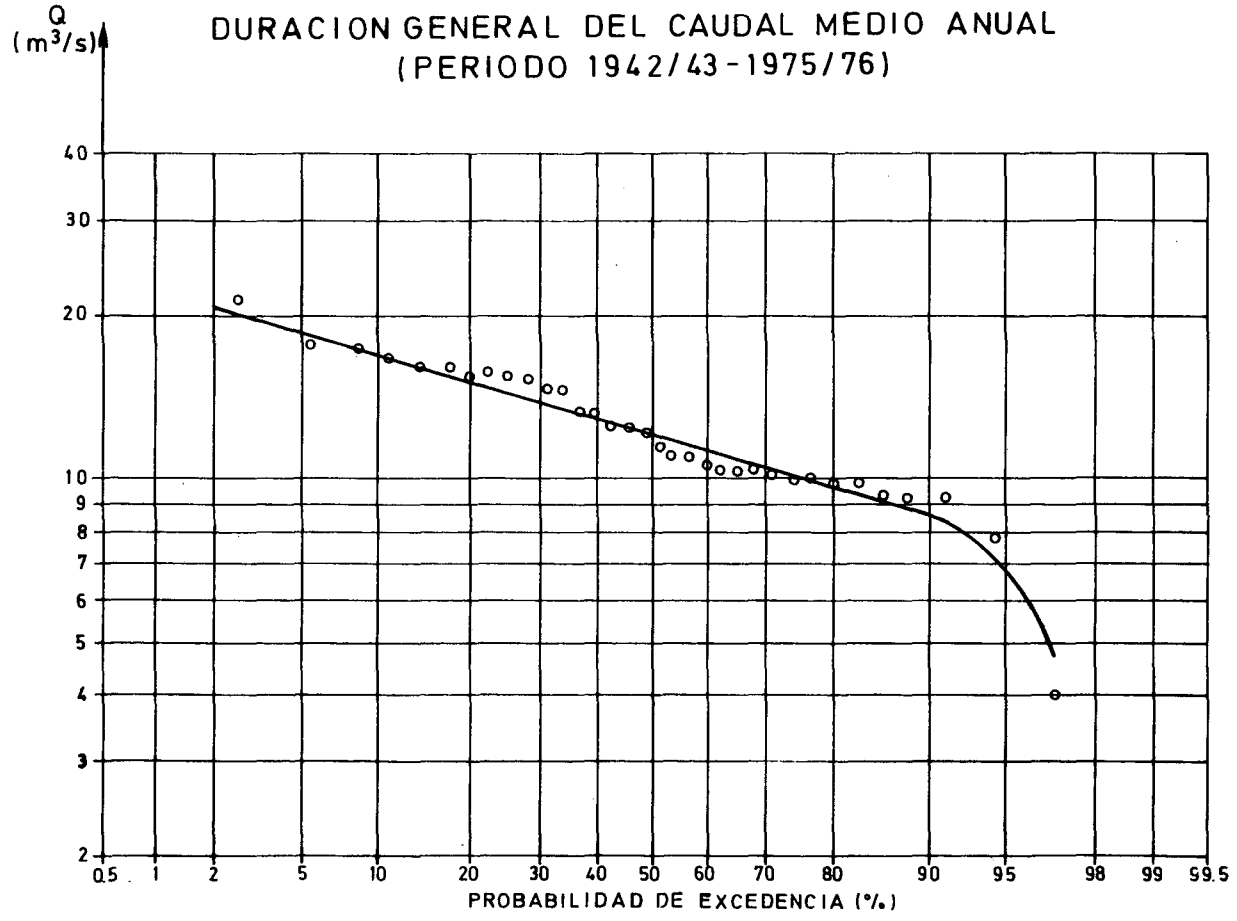


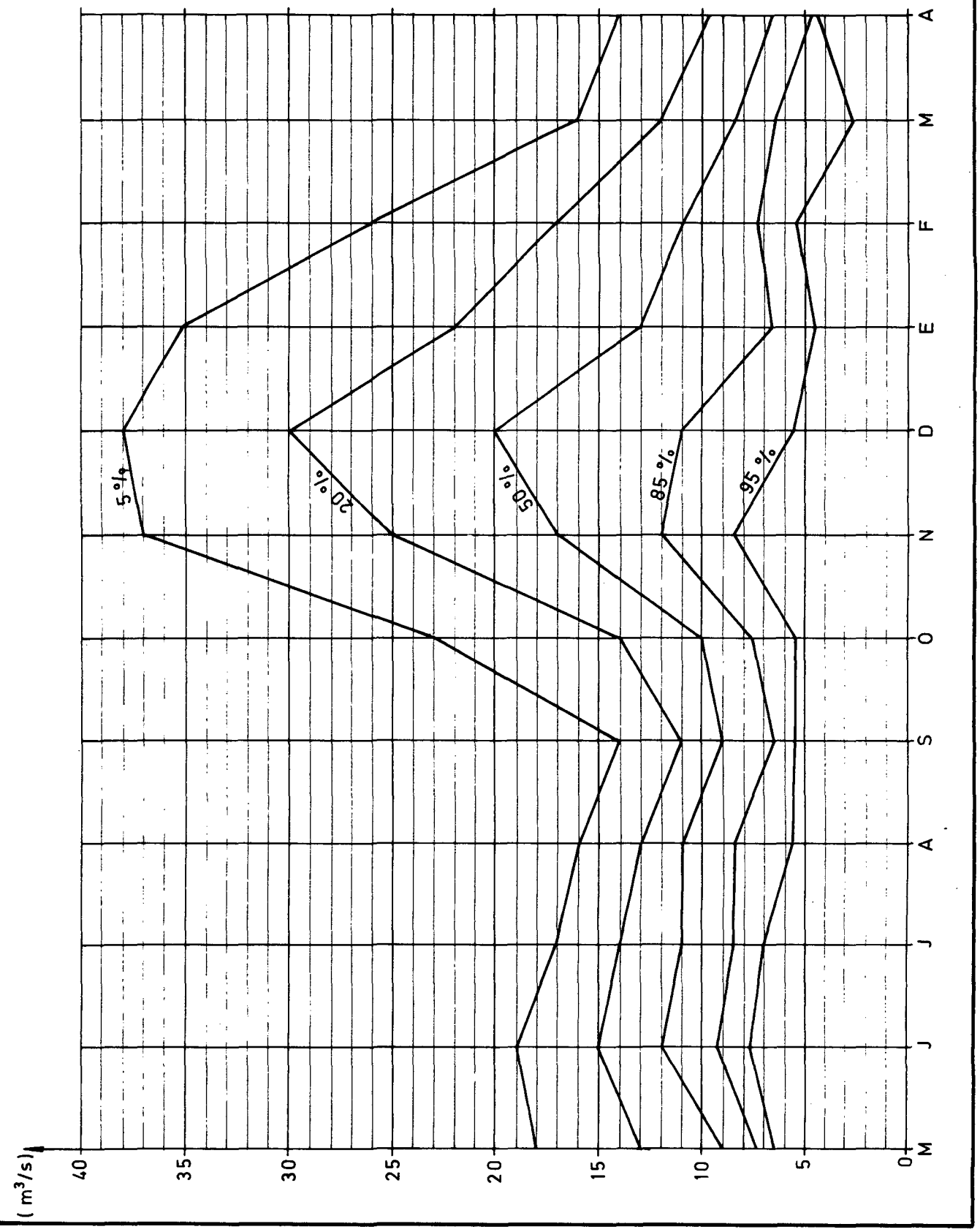
FIG. Nº IV.C.2-14

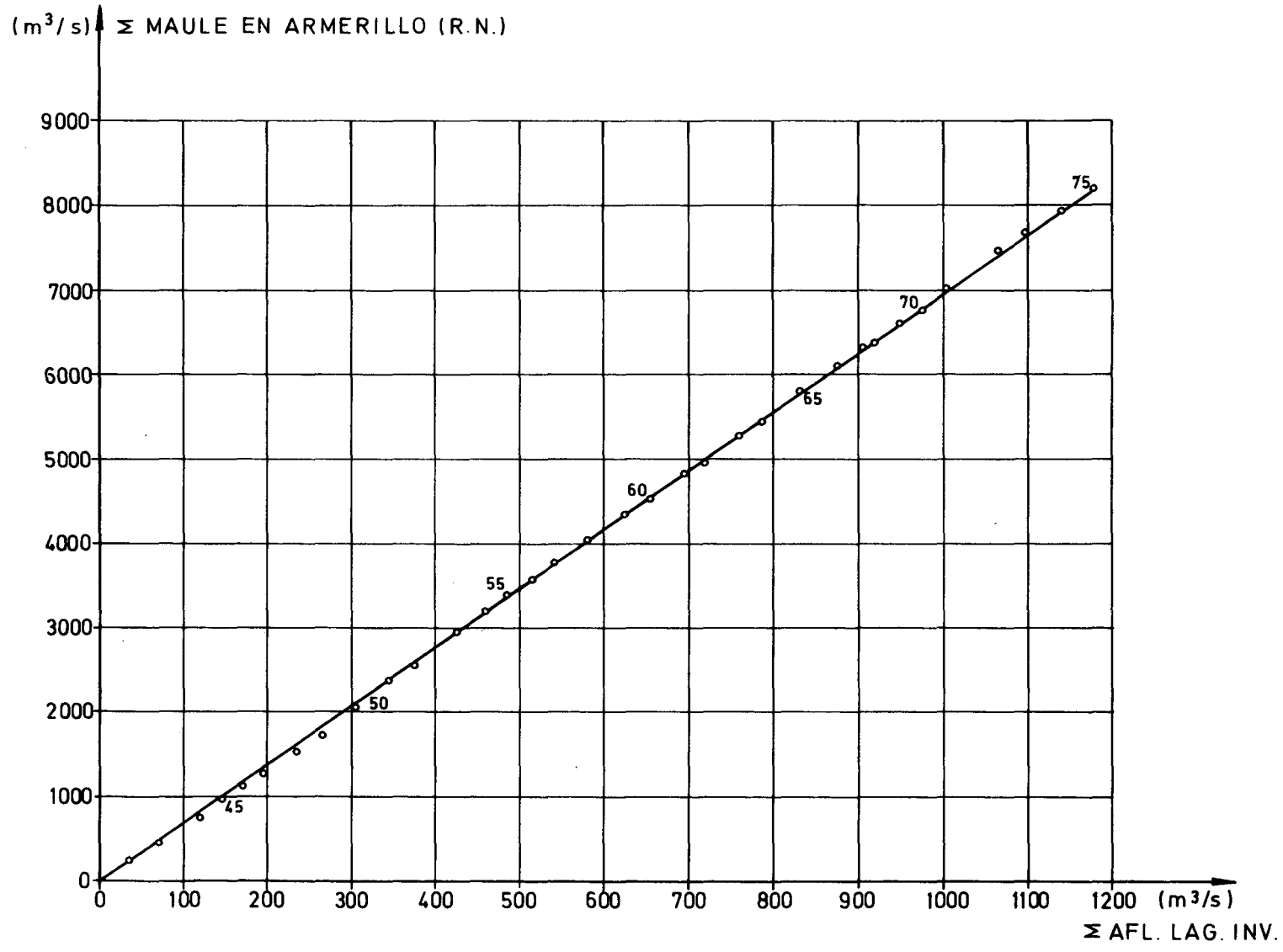
FIG. Nº IV.C. 2-15

AFLUENTE LAGUNA DEL MAULE

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 -1975/76)





CURVA DE DOBLE ACUMULACION

MAULE EN ARMERILLO (R.N.)

AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

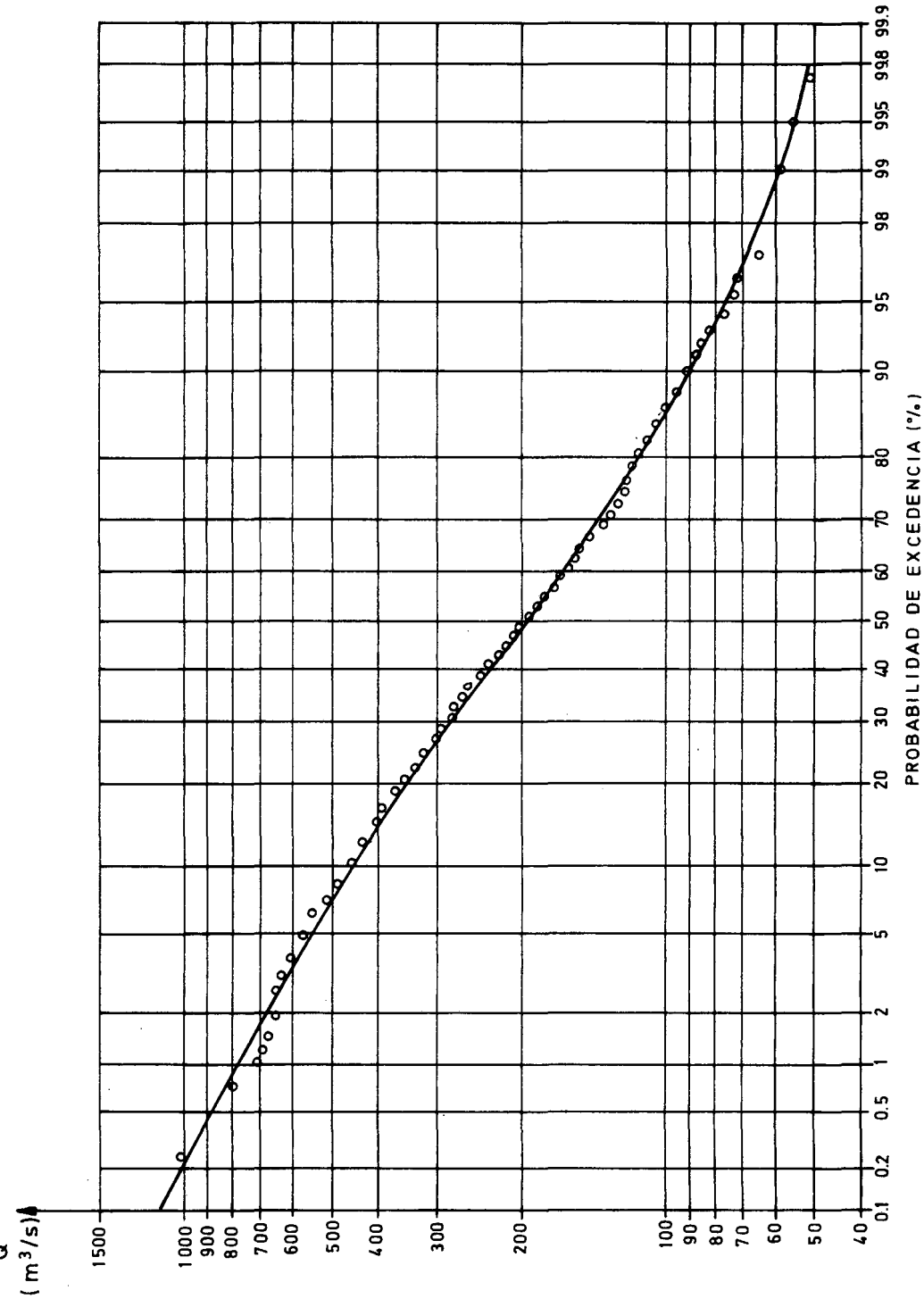
FIG. N° IV.C. 2-16

FIG. Nº IV. C. 2-17

MAULE EN ARMERILLO (R. N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43-1975/76)



MAULE EN ARMERILLO (R.N.)

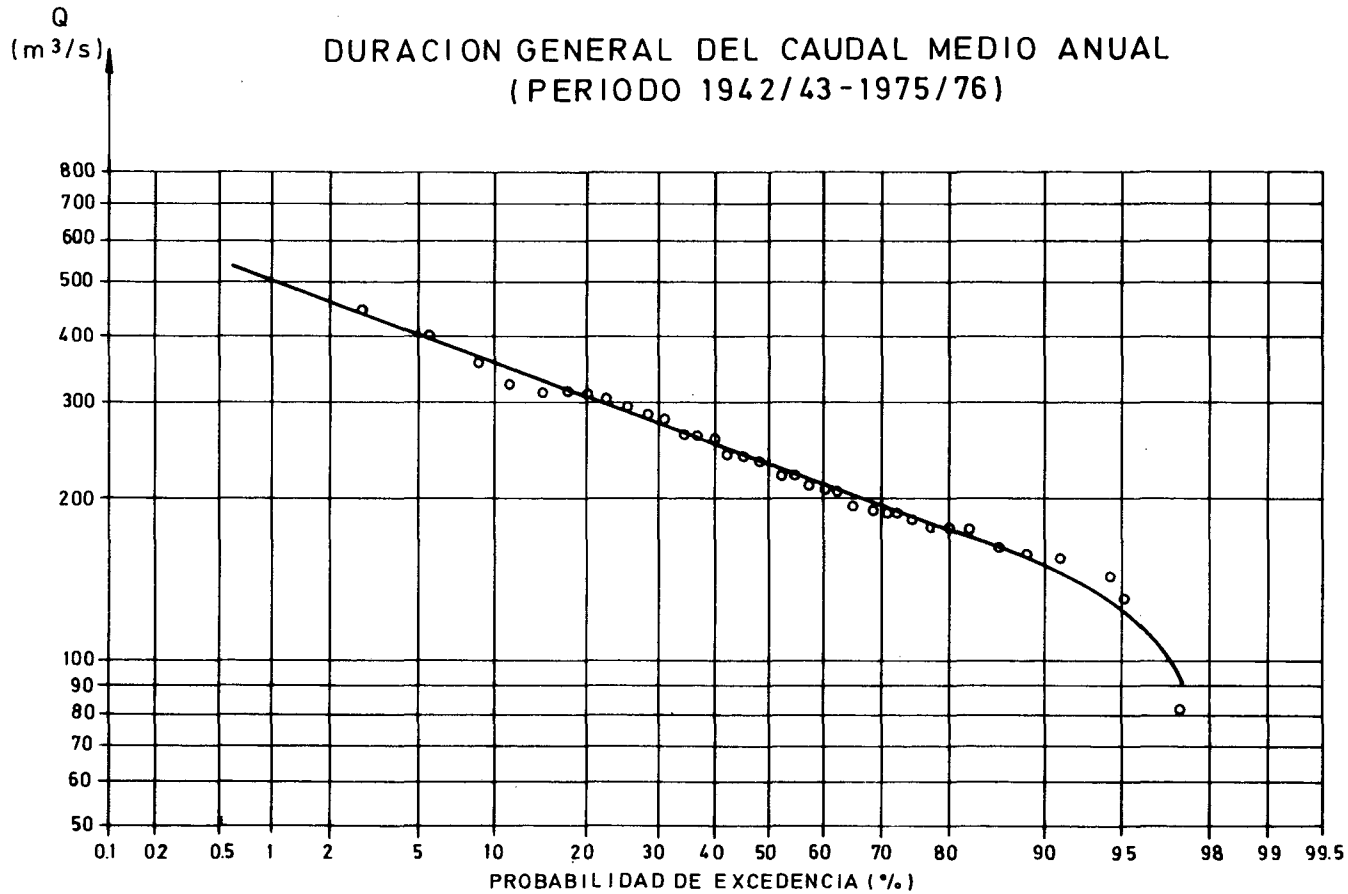


FIG. Nº IV.C. 2-18

FIG. Nº IV.C. 2-19

MAULE EN ARMERILLO (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

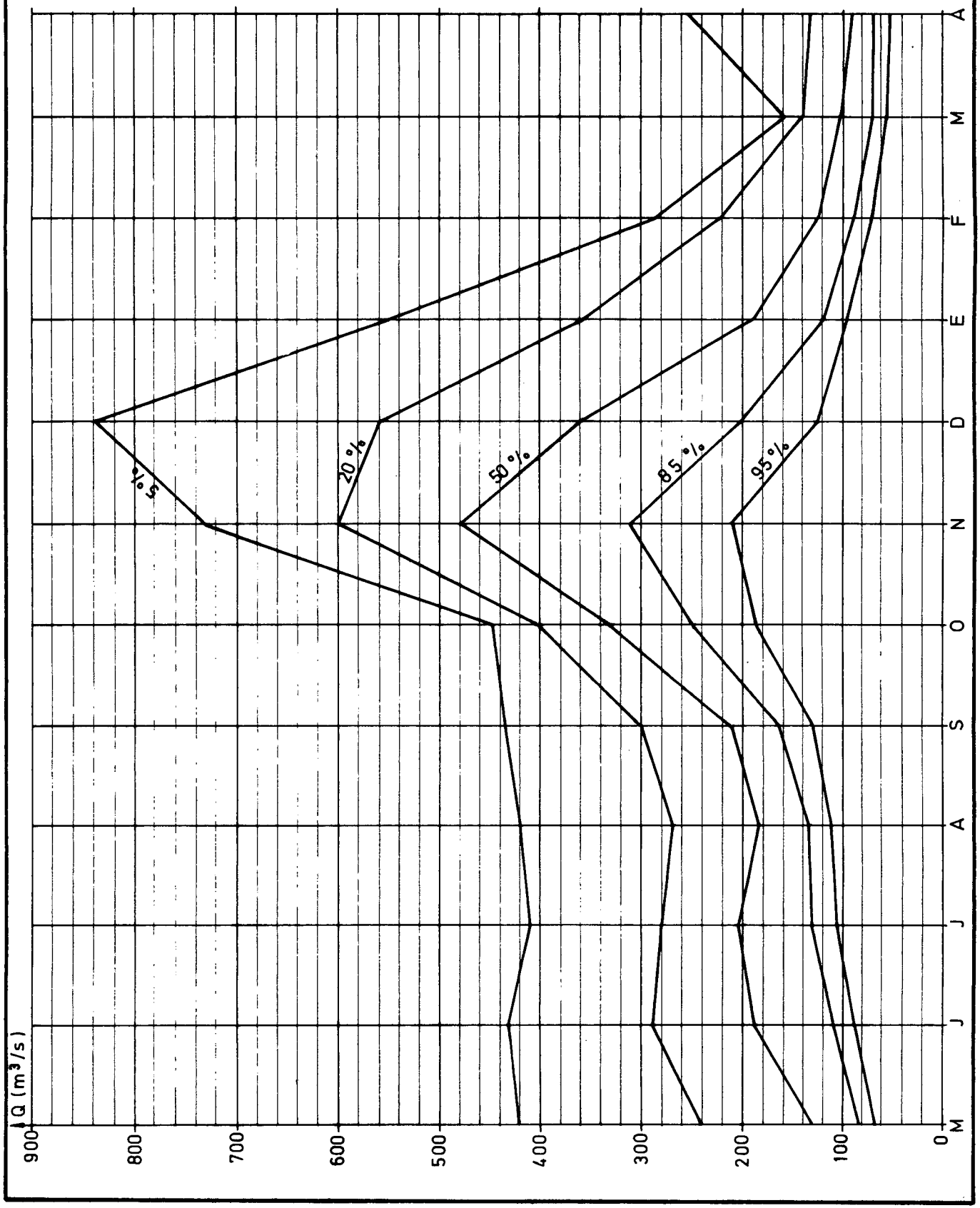


FIG. Nº IV. C. 2-20

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

MAULE EN COLBUN (R. N.)- MAULE EN ARMERILLO (R. N.)

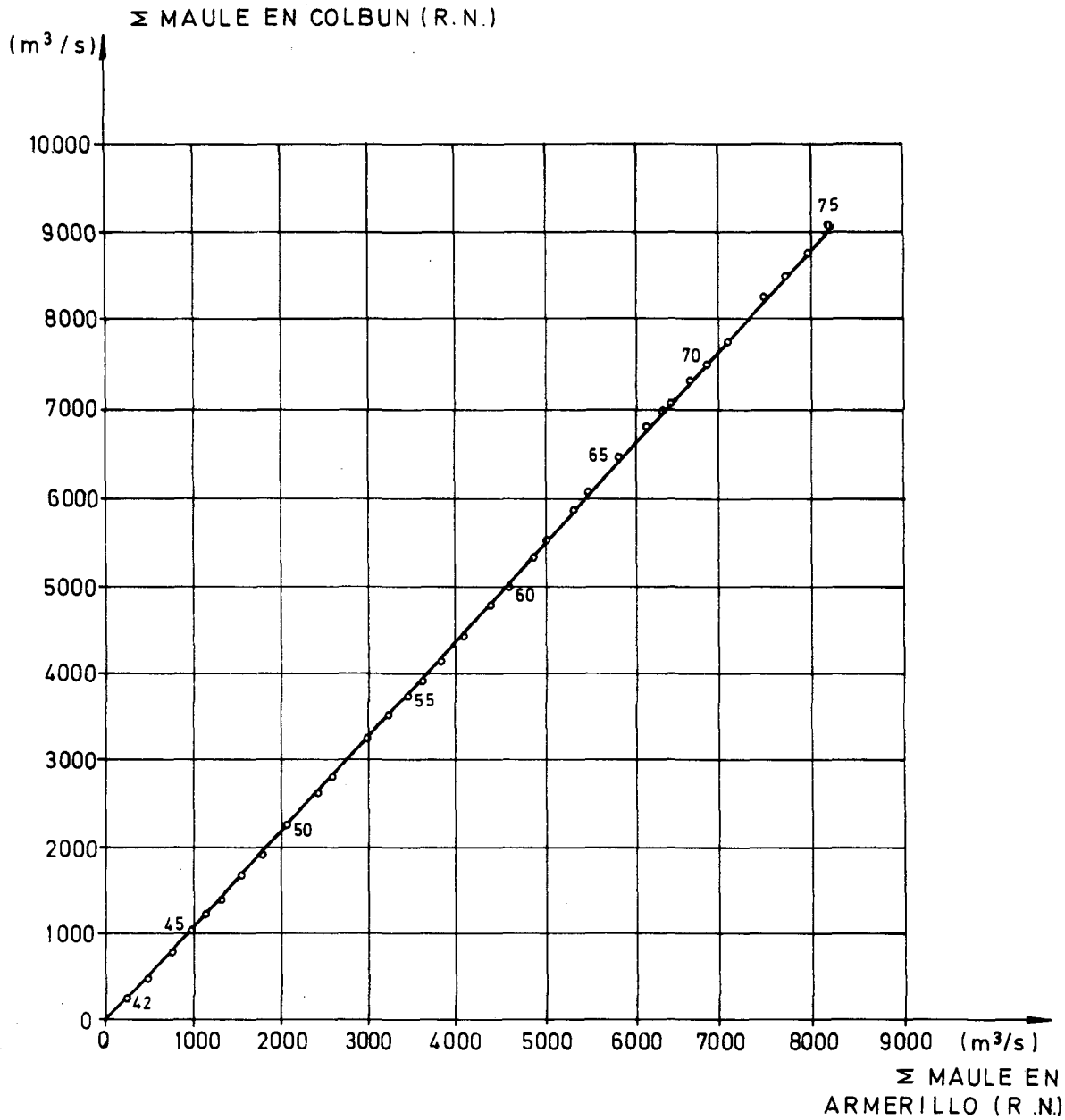
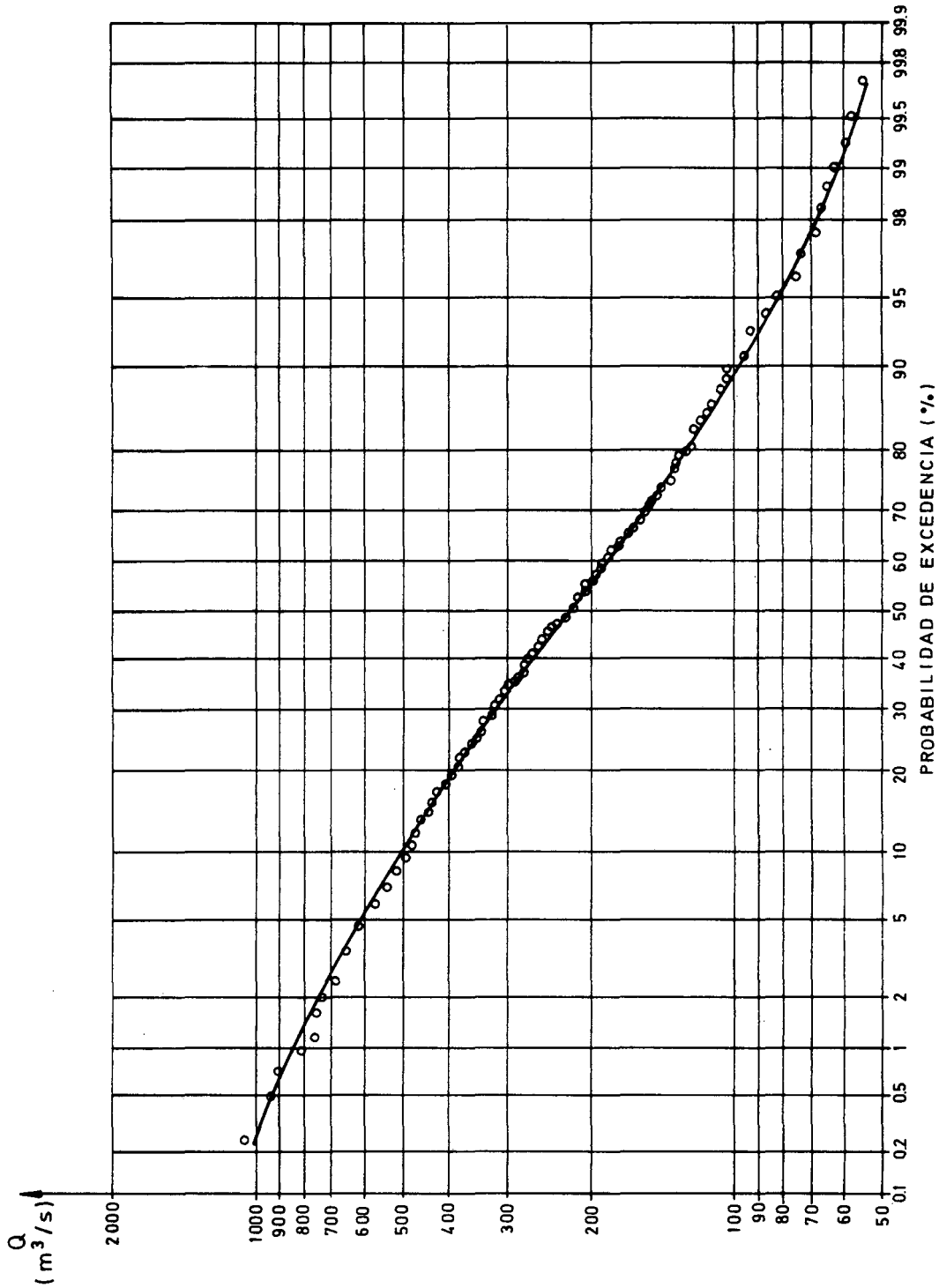


FIG. Nº IV.C.2-21

MAULE EN COLBUN (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



MAULE EN COLBUN (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

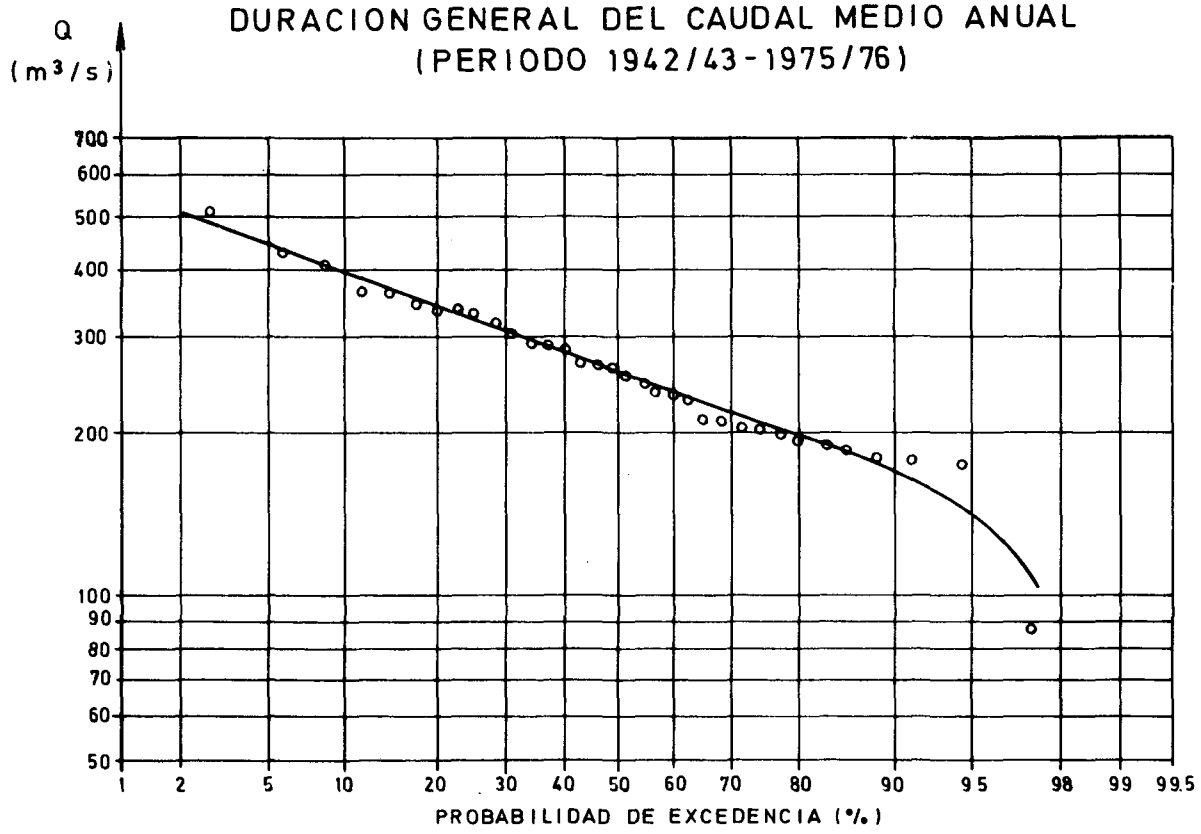


FIG. Nº IV.C. 2-22

FIG. Nº IV.C.2-23

MAULE EN COLBUN (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 -1975/76)

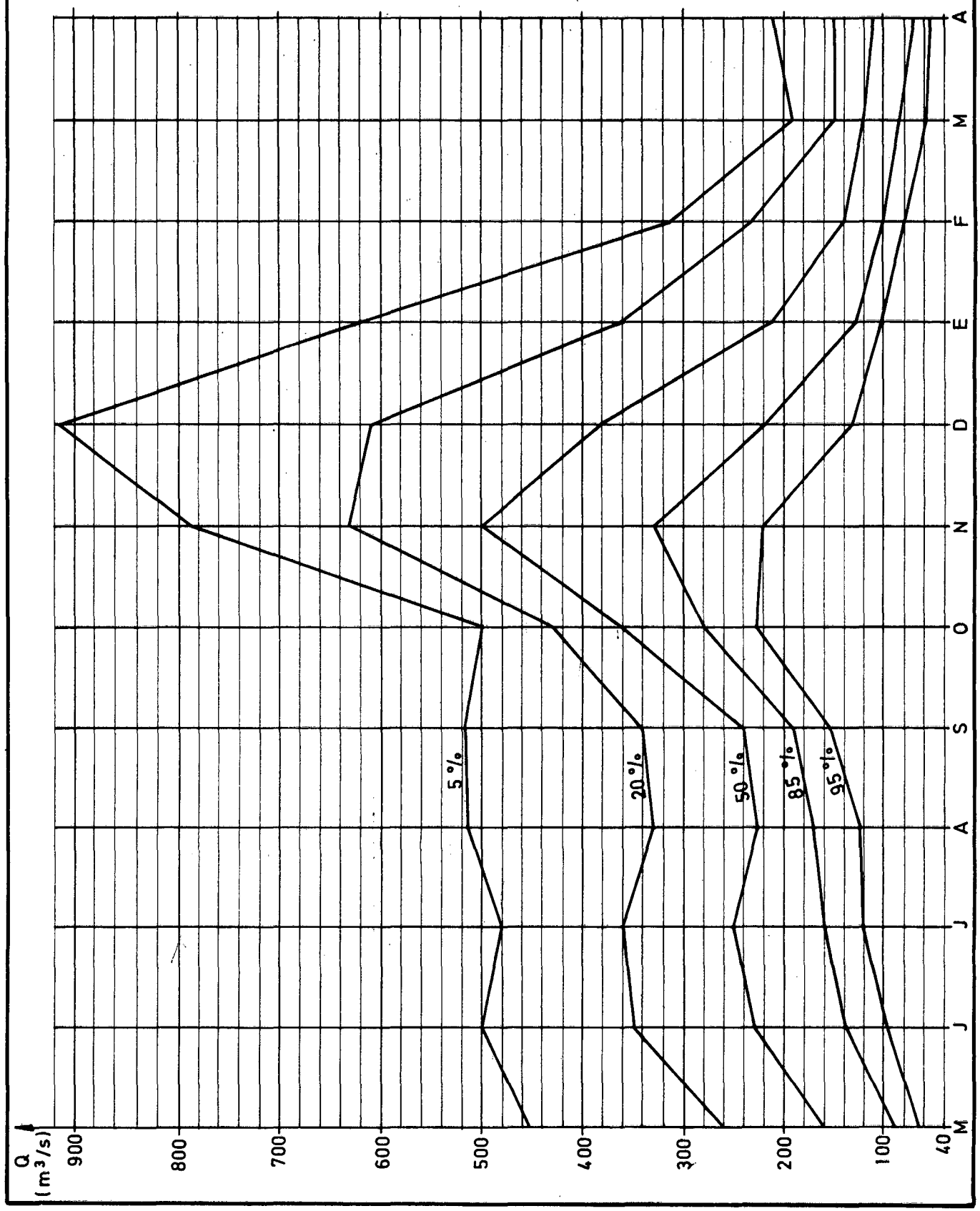


FIG. Nº IV.C. 2-24

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

MAULE EN CURILLINQUE (R.N.)

AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

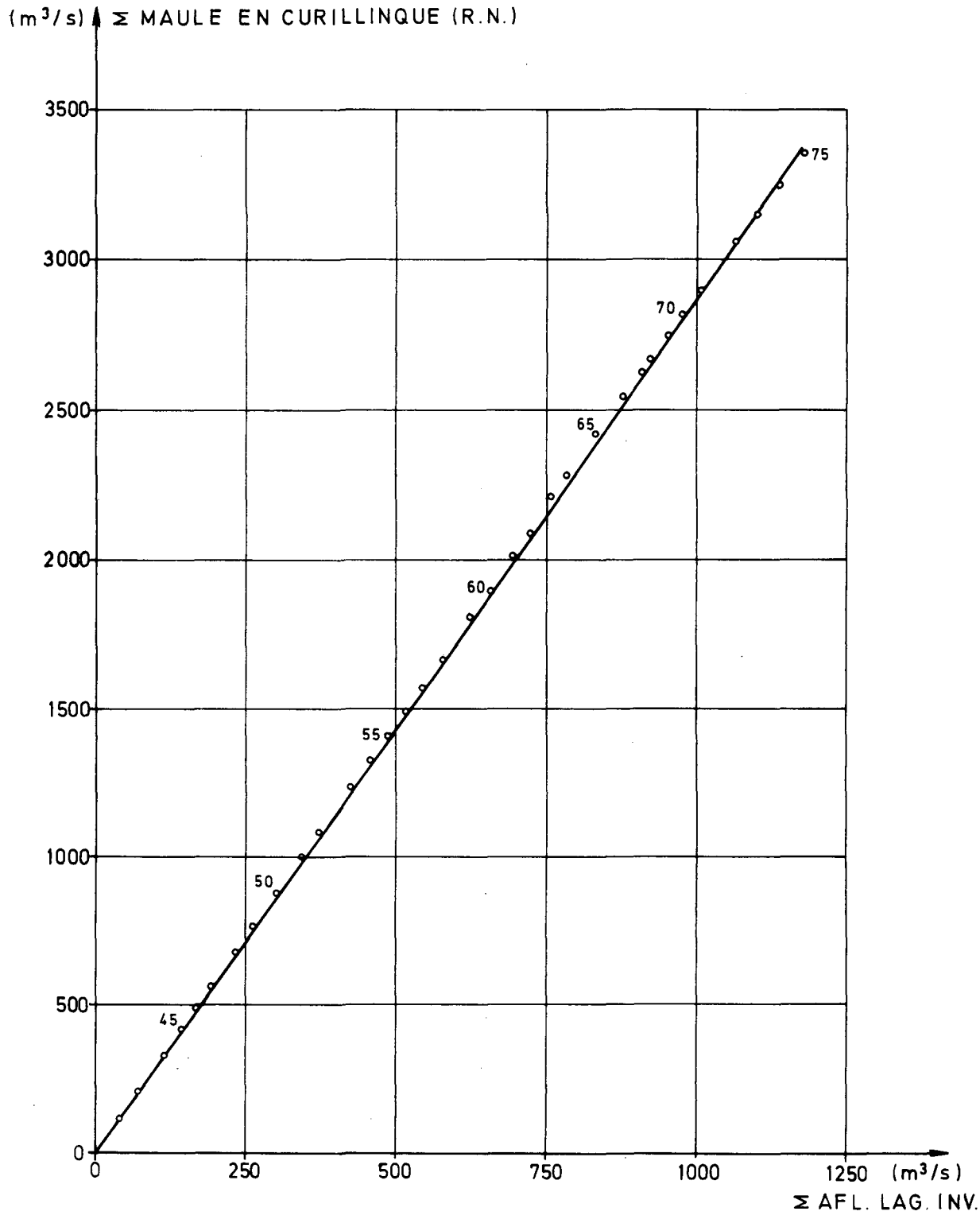
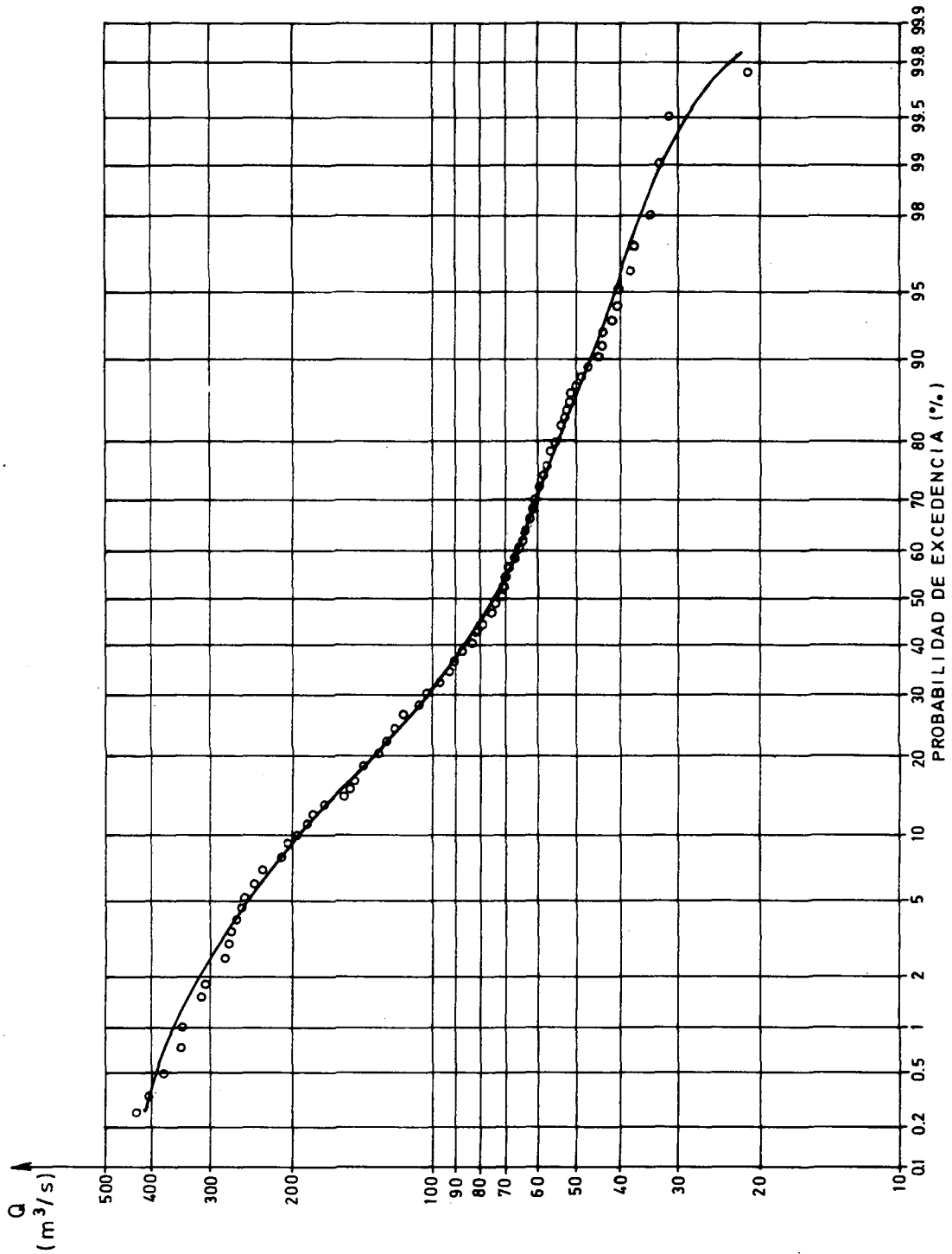


FIG. Nº IV.C. 2-25

MAULE EN CURILLINQUE (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



MAULE EN CURILLINQUE (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

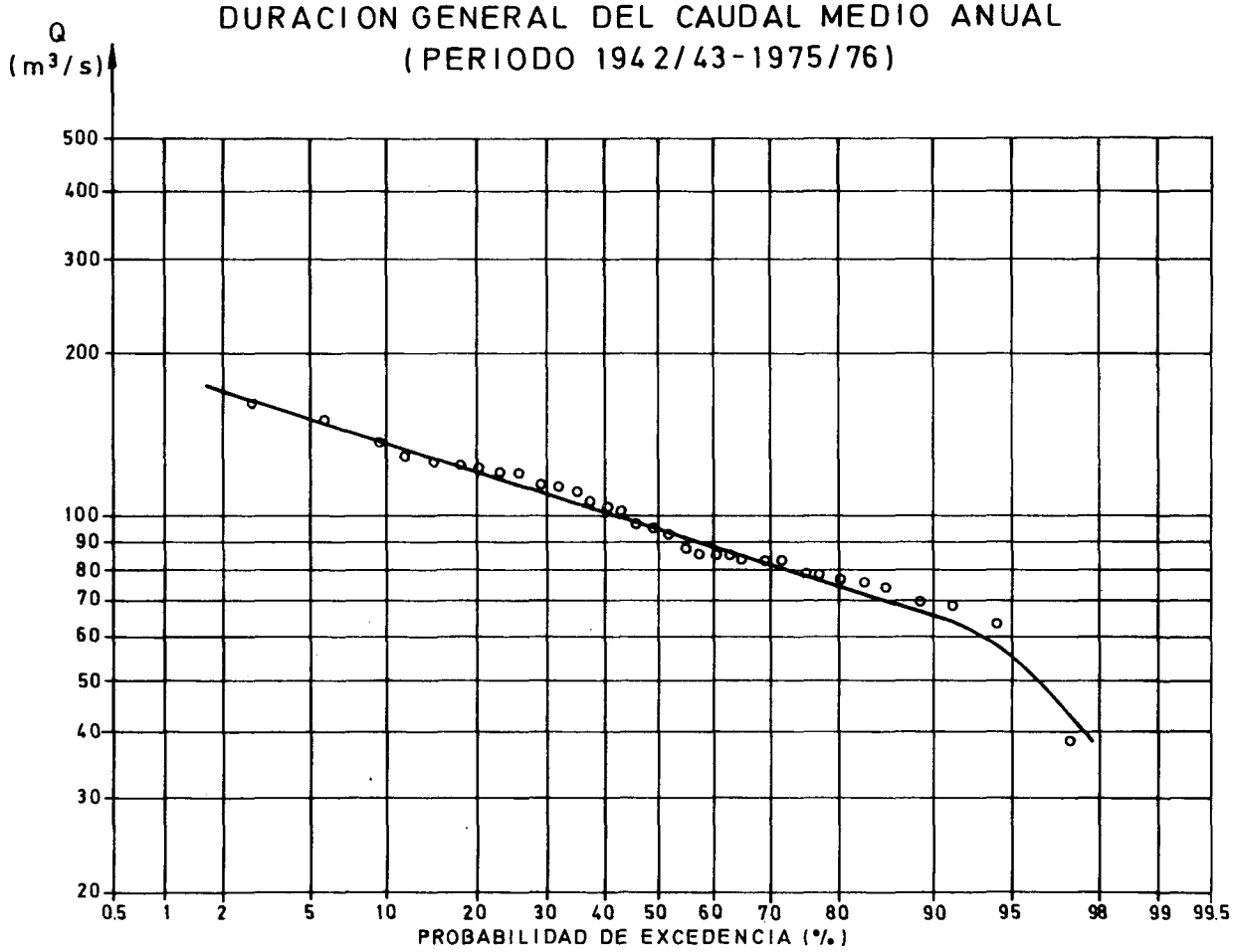


FIG. Nº IV.C.2-26

FIG. Nº IV.C. 2-27

MAULE EN CURILLINQUE (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

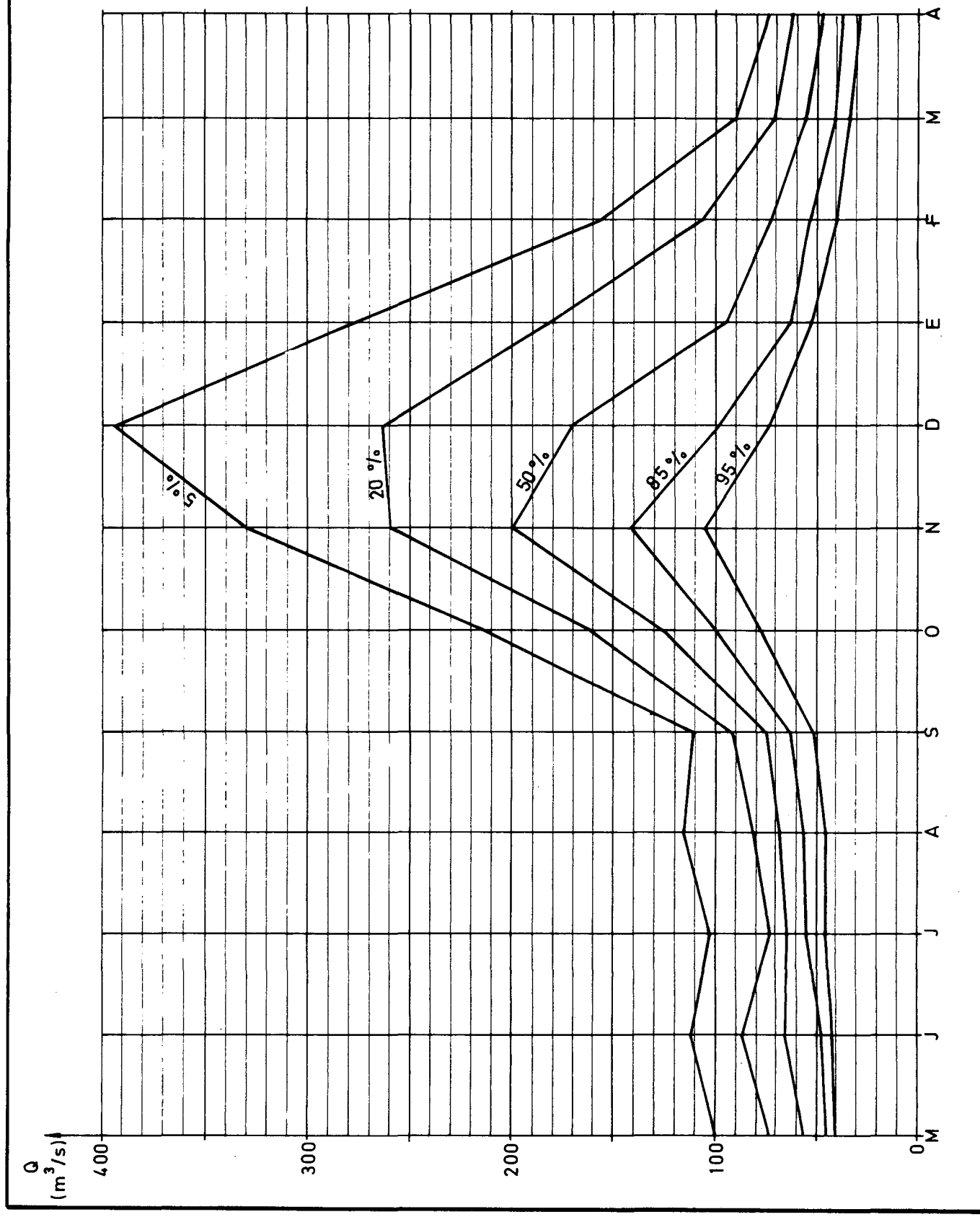


FIG. Nº IV. C. 2-28

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

MAULE EN LOS BAÑOS (R.N.)

AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

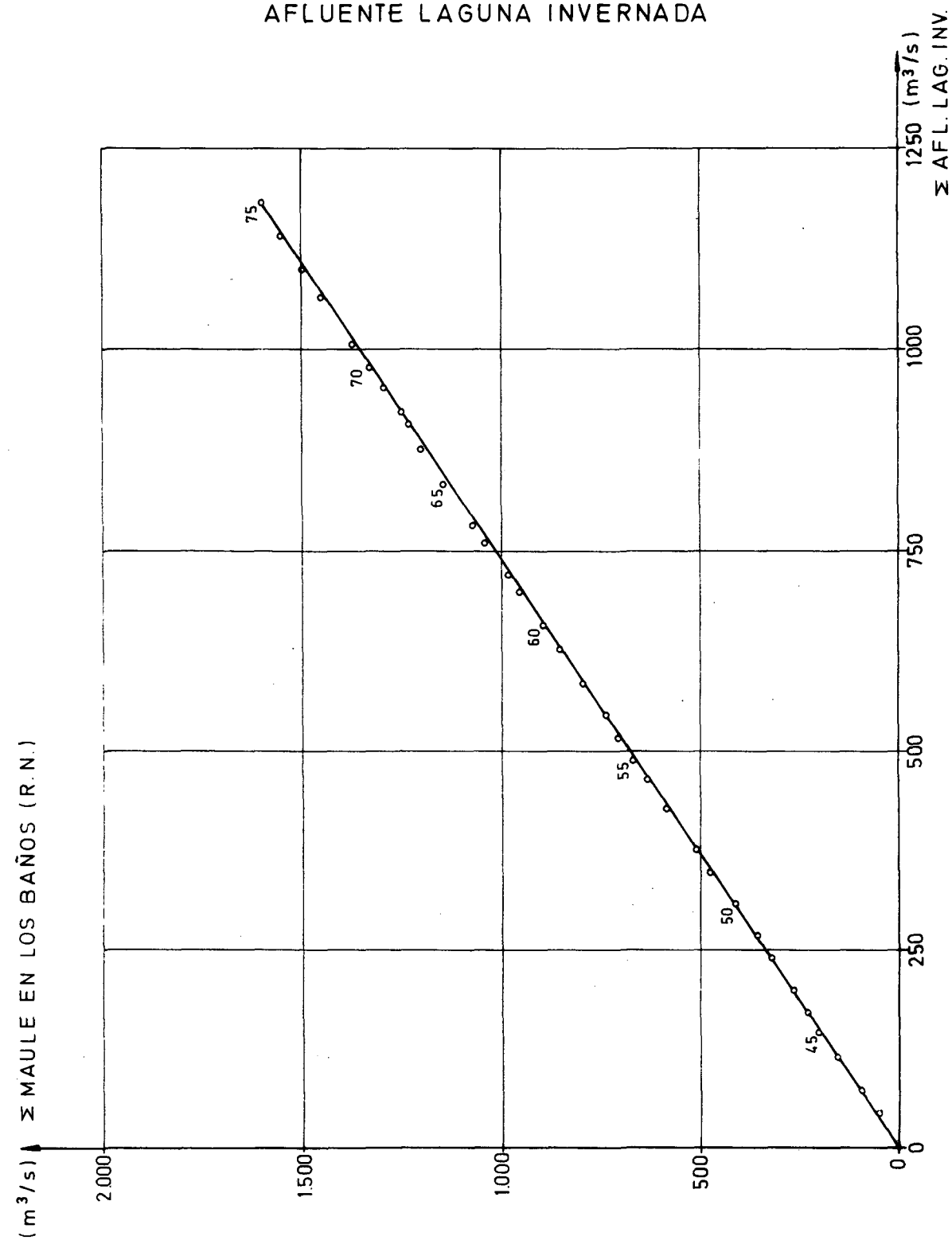
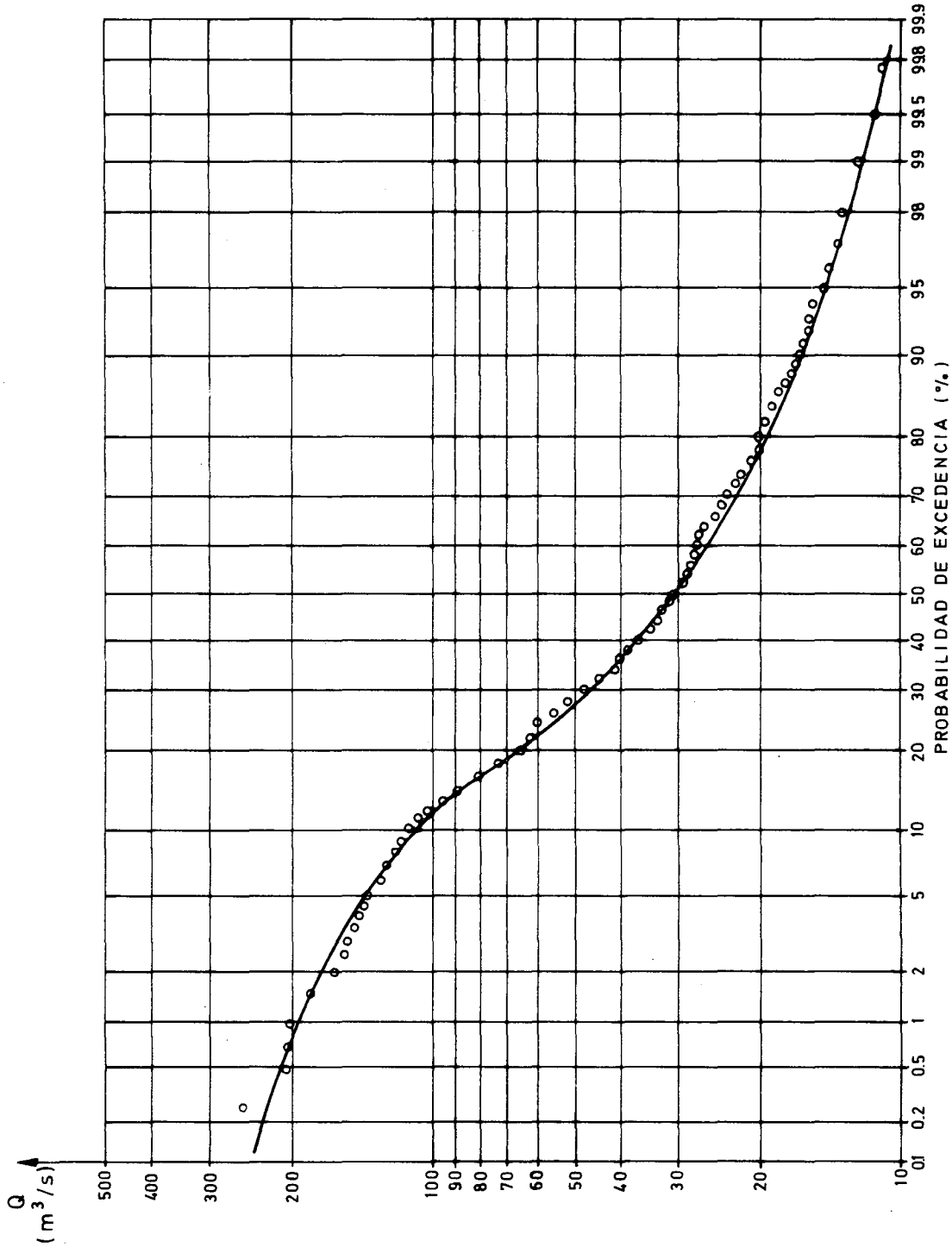


FIG. Nº IV. C. 2-29

MAULE EN LOS BAÑOS (R.N)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



MAULE EN LOS BAÑOS (R. N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

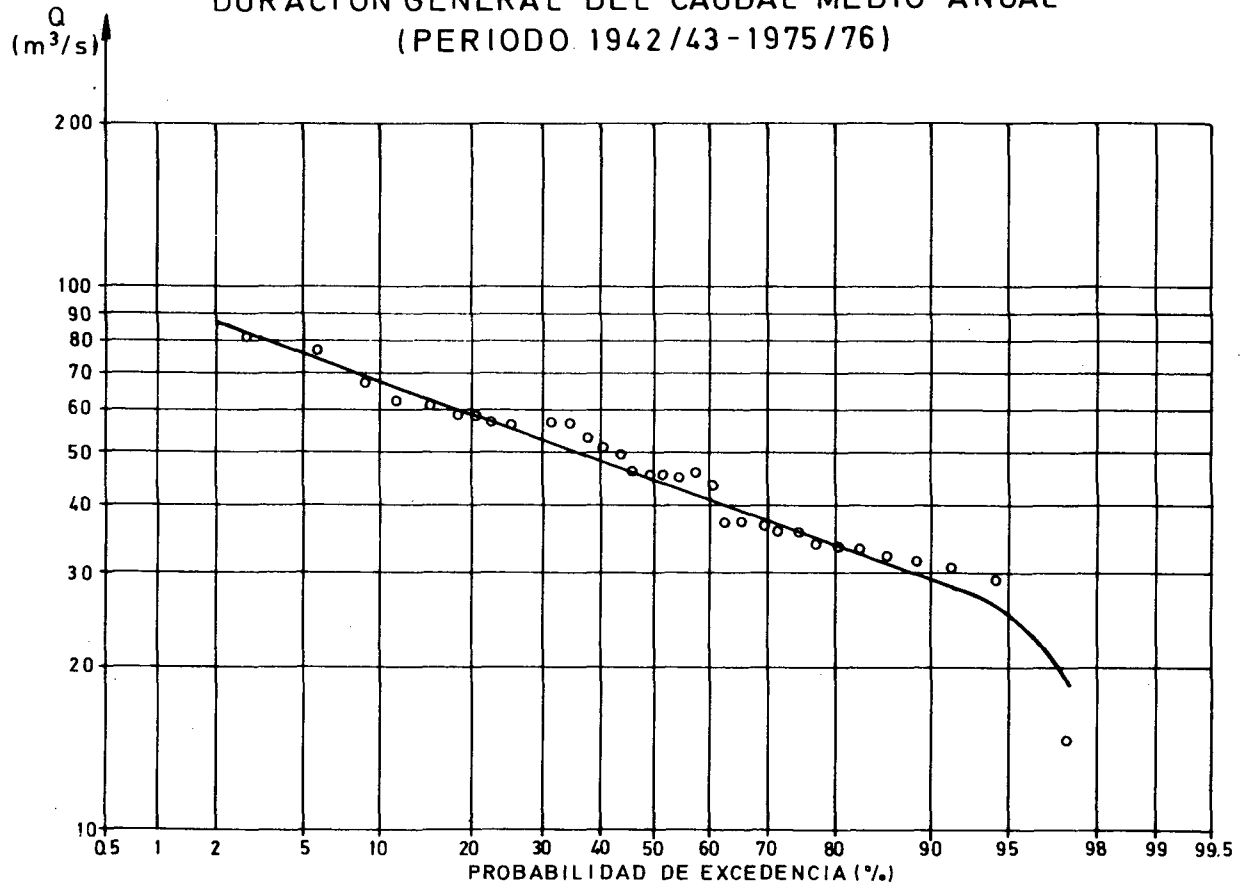


FIG. Nº IV.C.2-30

FIG. Nº IV.C.2-31

MAULE EN LOS BAÑOS (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 -1975/76)

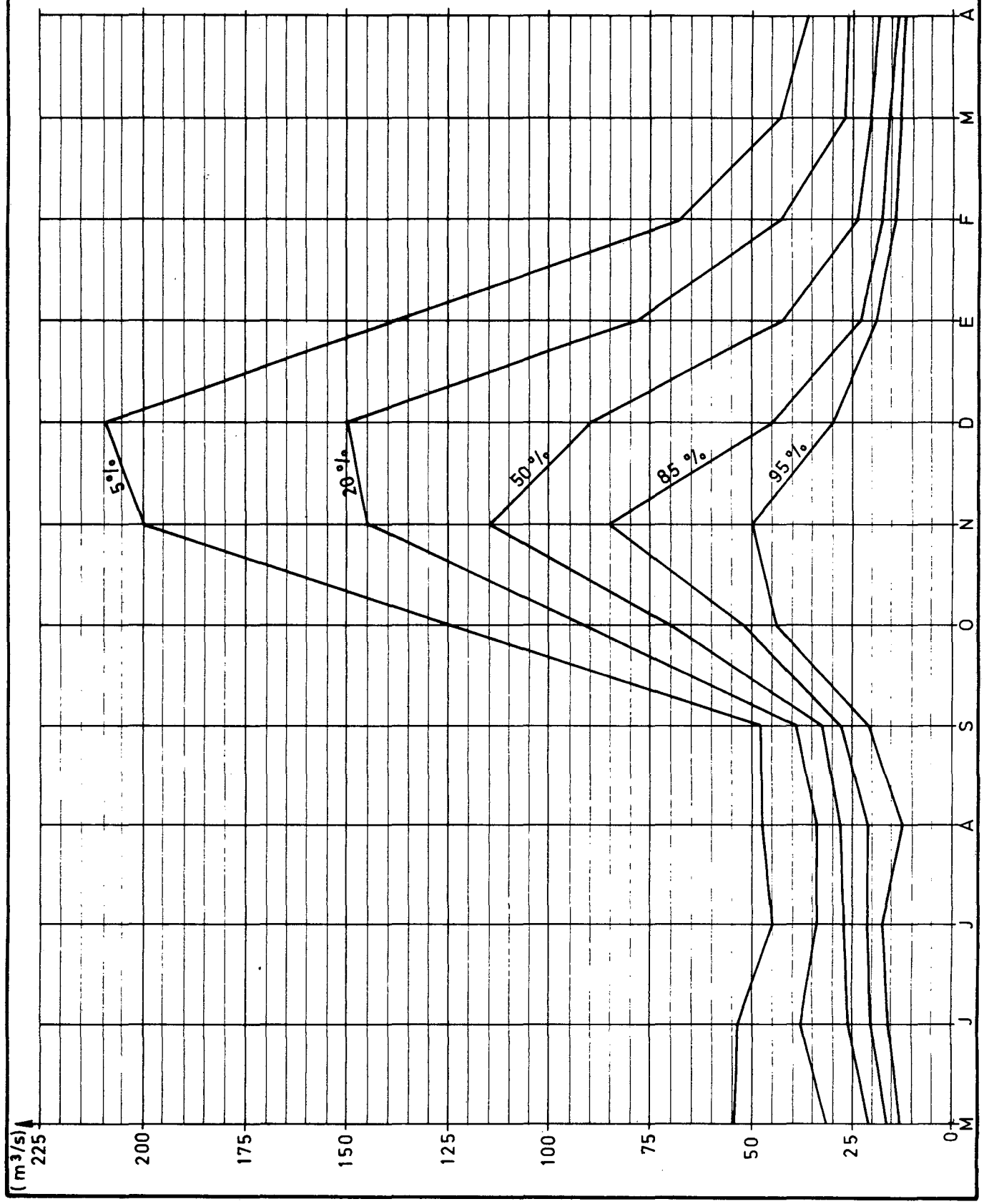


FIG. N° IV.C. 2-32

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

MELADO EN LA LANCHA (R. N.)
AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

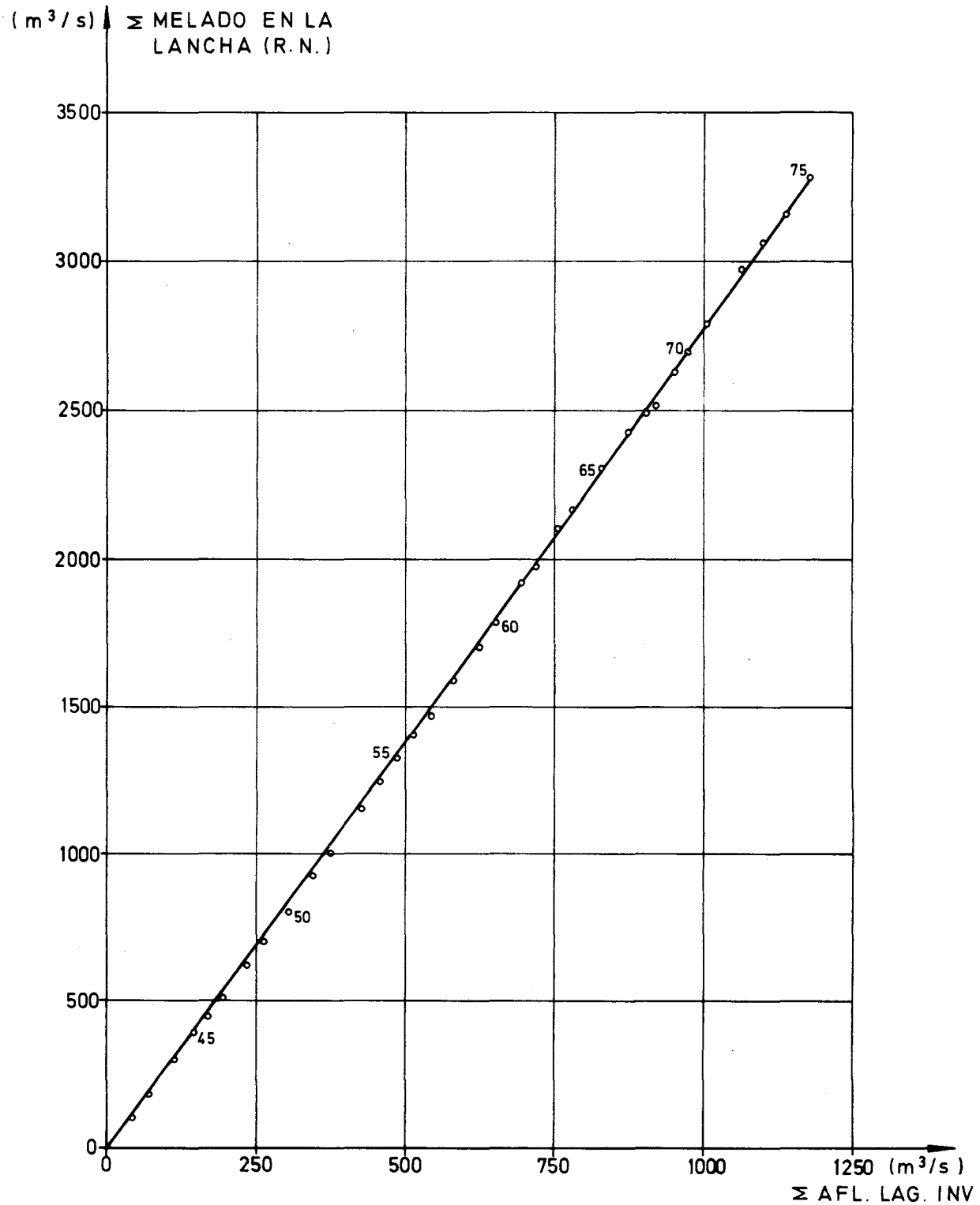
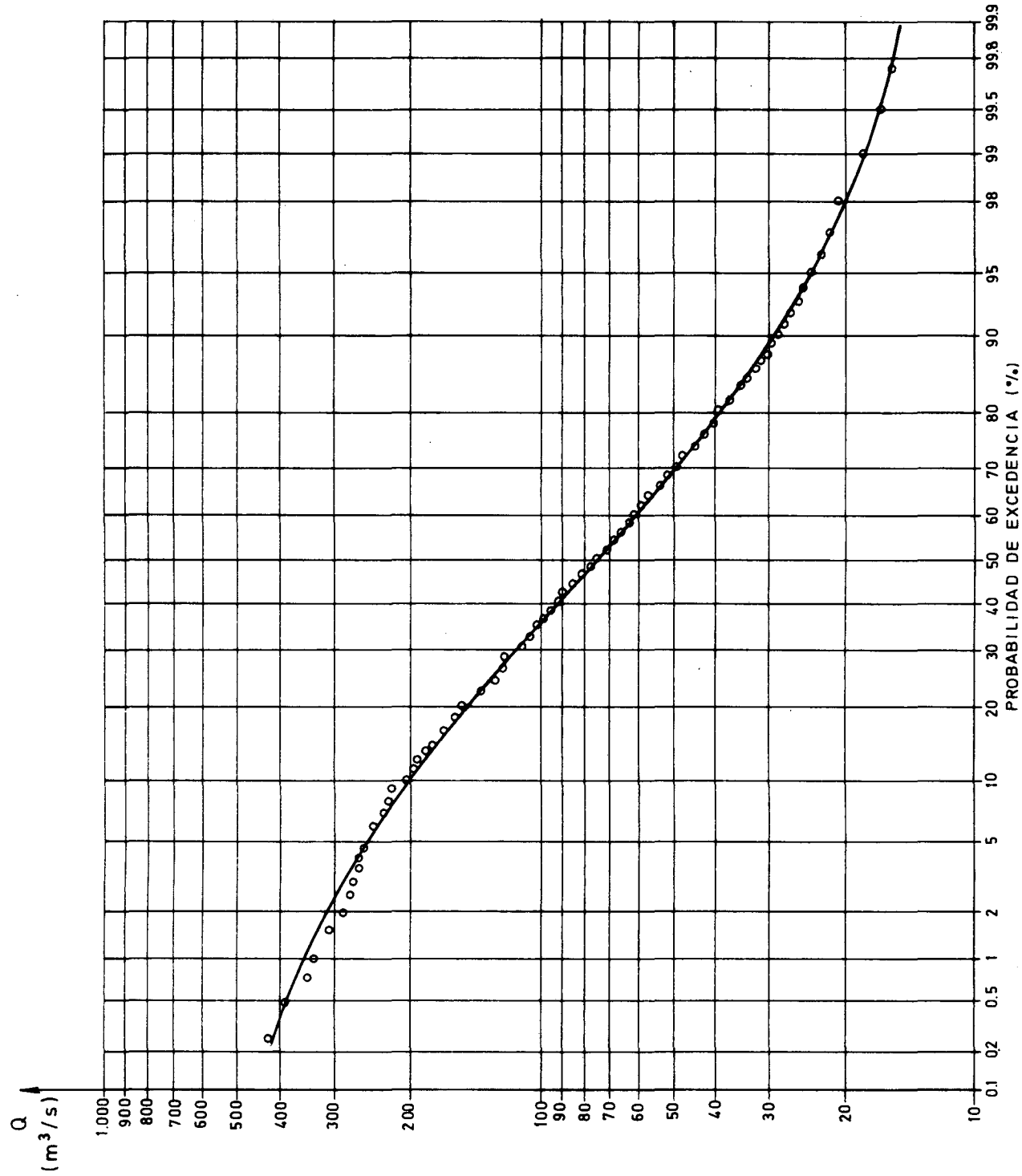


FIG. Nº IV. C. 2-33

MELADO EN LA LANCHA (R. N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



MELADO EN LA LANCHA (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

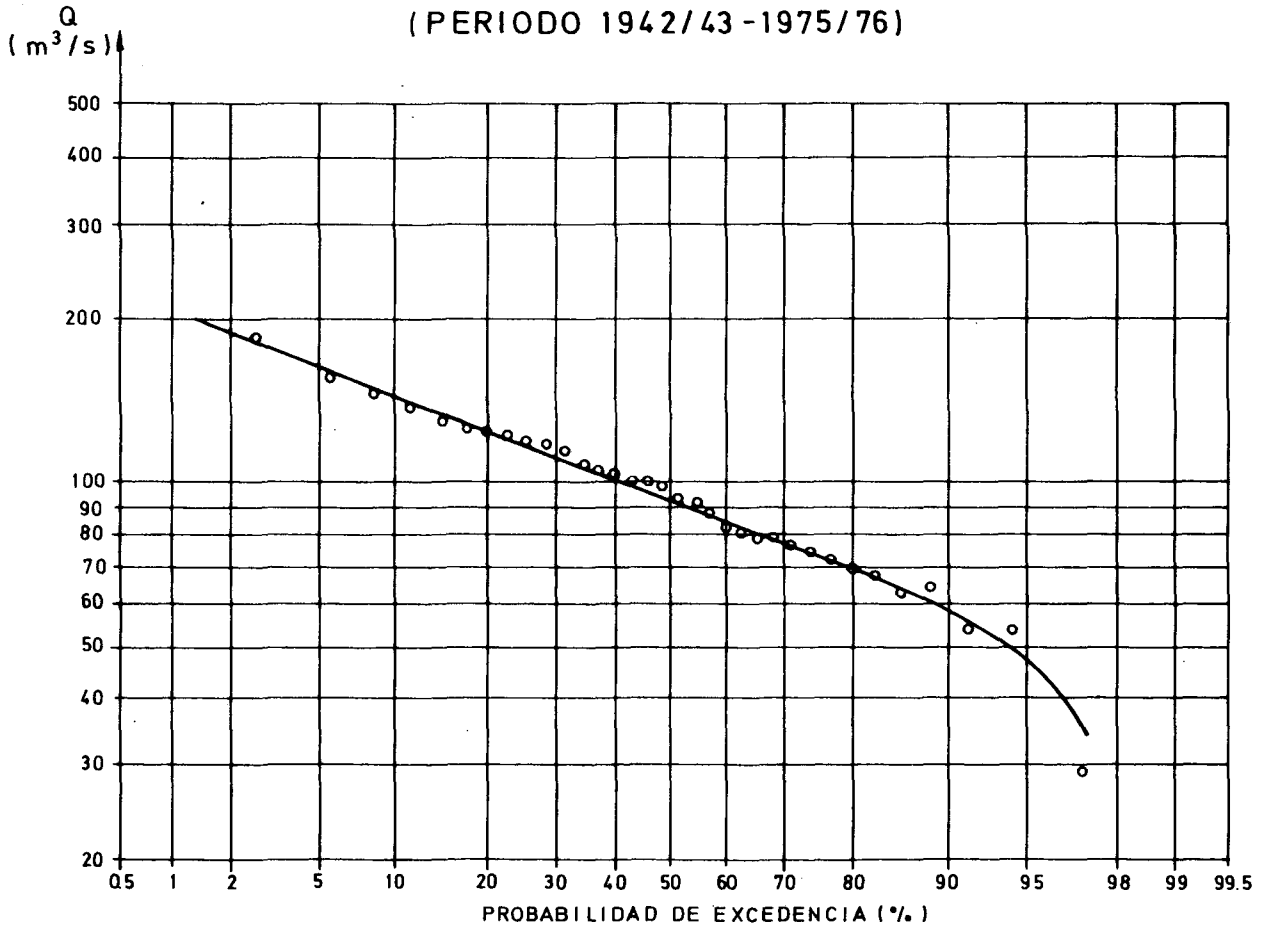


FIG. Nº IV.C. 2-34

FIG. Nº IV.C.2-35

MELADO EN LA LANCHA (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

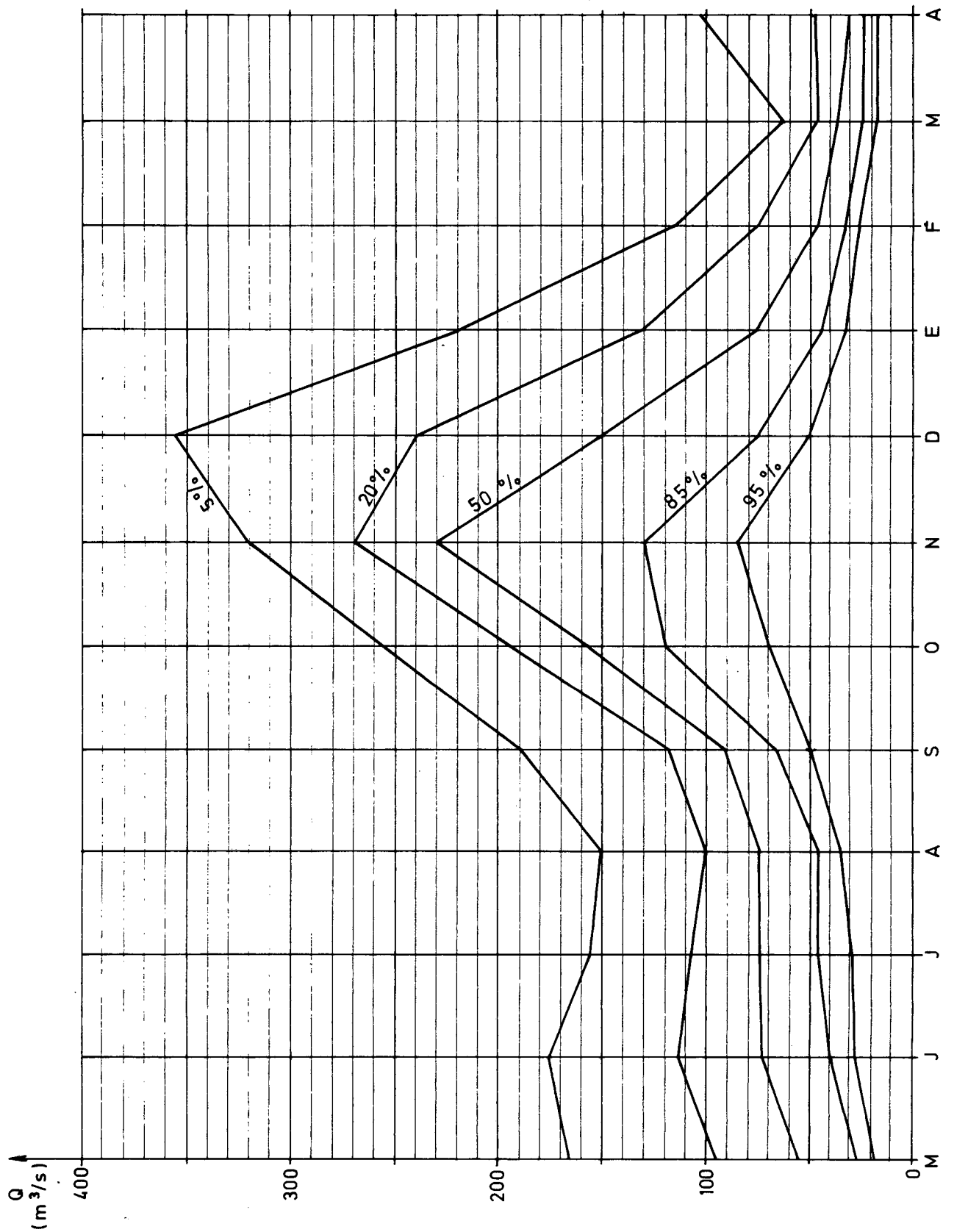


FIG. Nº IV.C. 2-36

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

MELADO EN JTA. CON MAULE (R. N.)
MELADO EN LA LANCHA (R. N.)

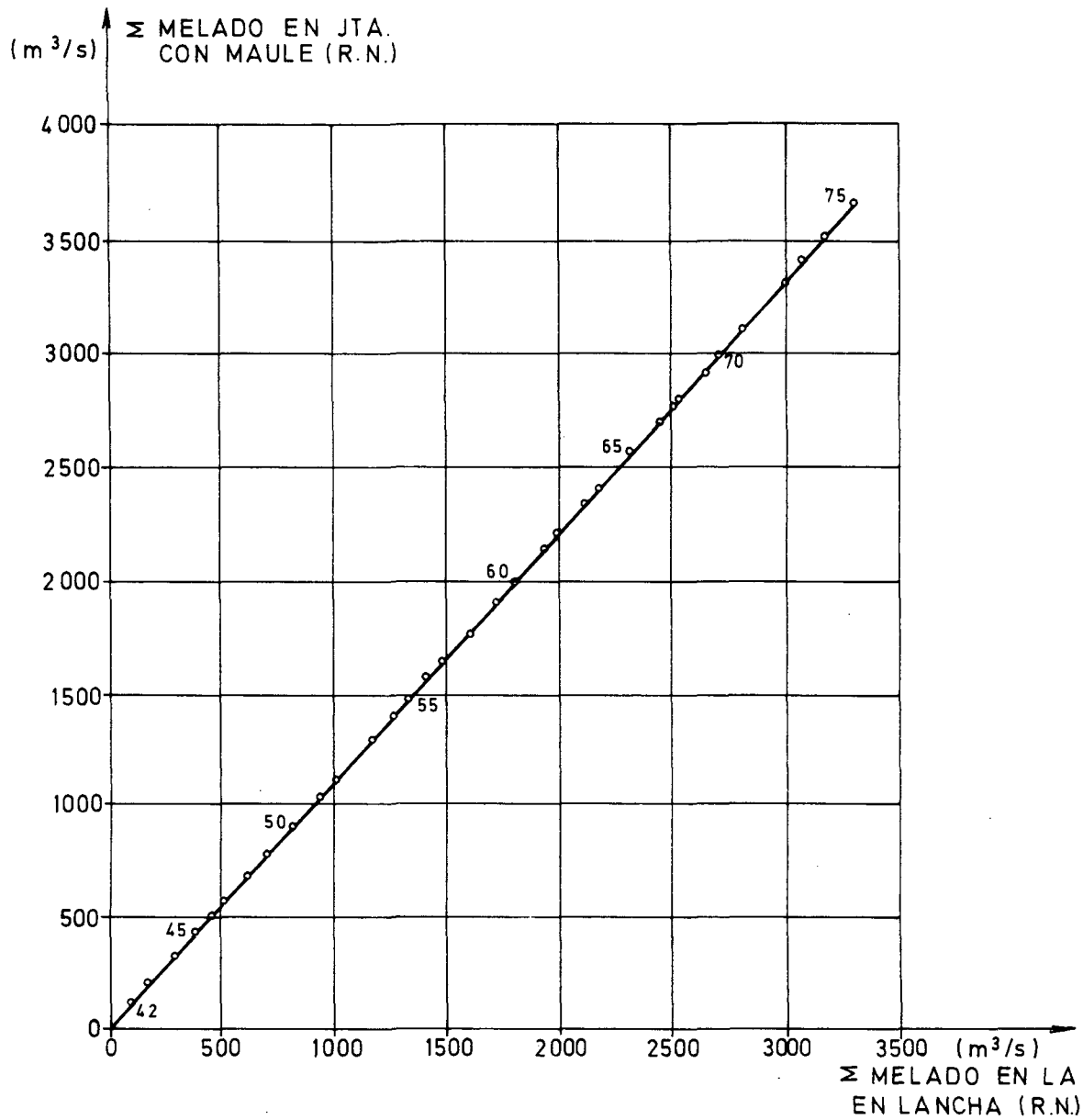
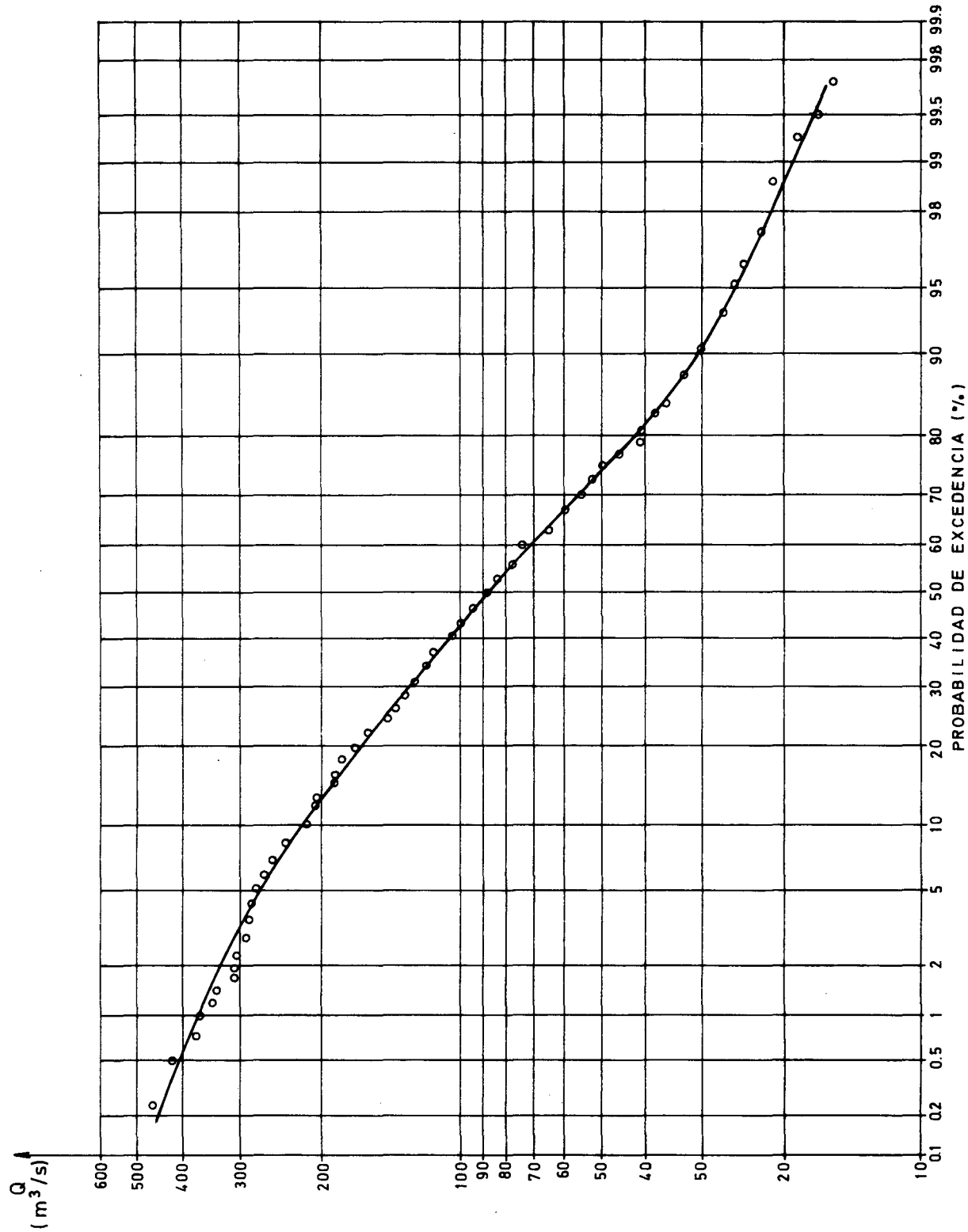


FIG. Nº IV. C. 2-37

MELADO EN JUNTA CON MAULE (R. N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



MELADO EN JUNTA CON MAULE (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

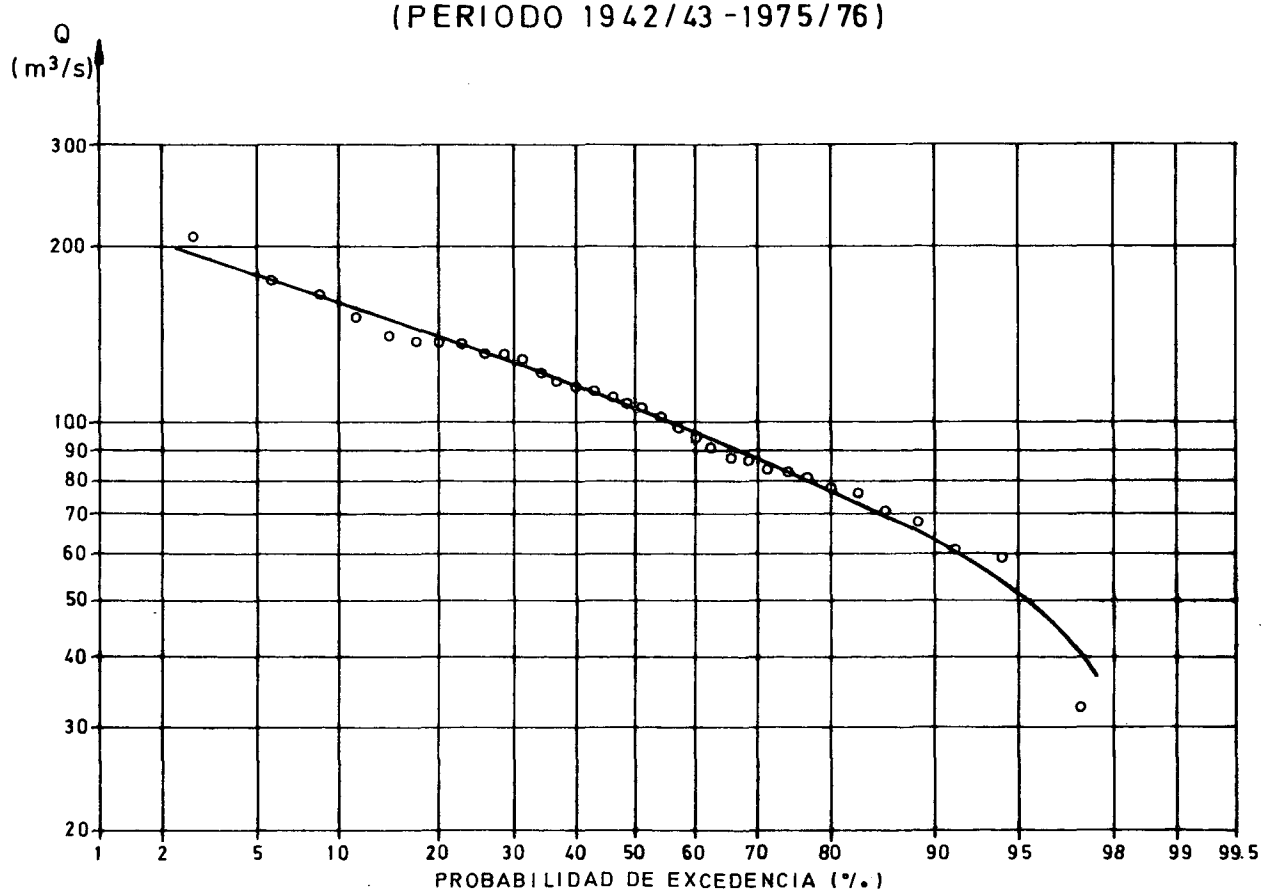


FIG. Nº IV.C. 2-38

FIG. Nº IV.C.2-39

MELADO EN JUNTA CON MAULE(R. N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

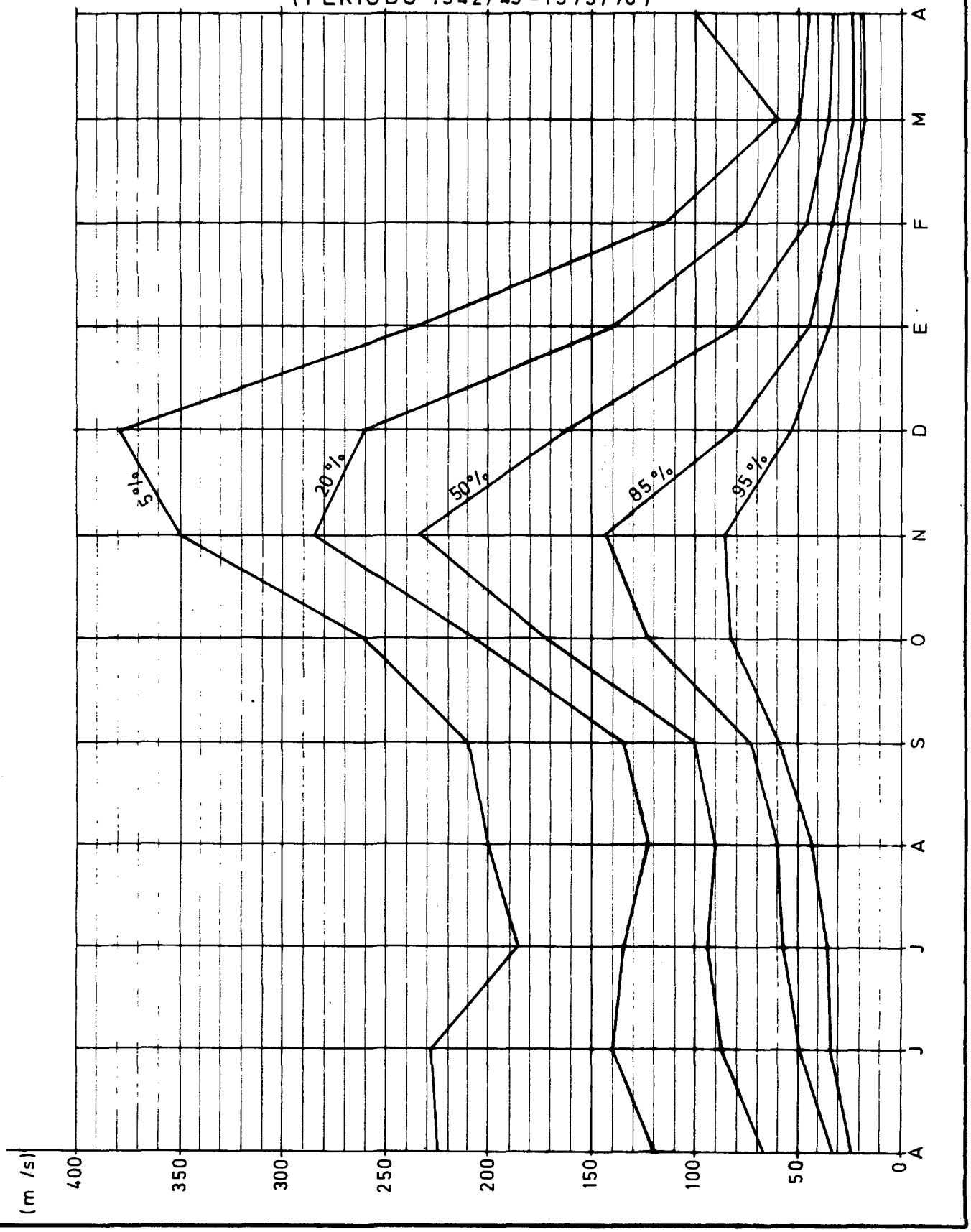


FIG. Nº IV.C. 2-40

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO

MELADO EN LA LANCHA (R.N.)

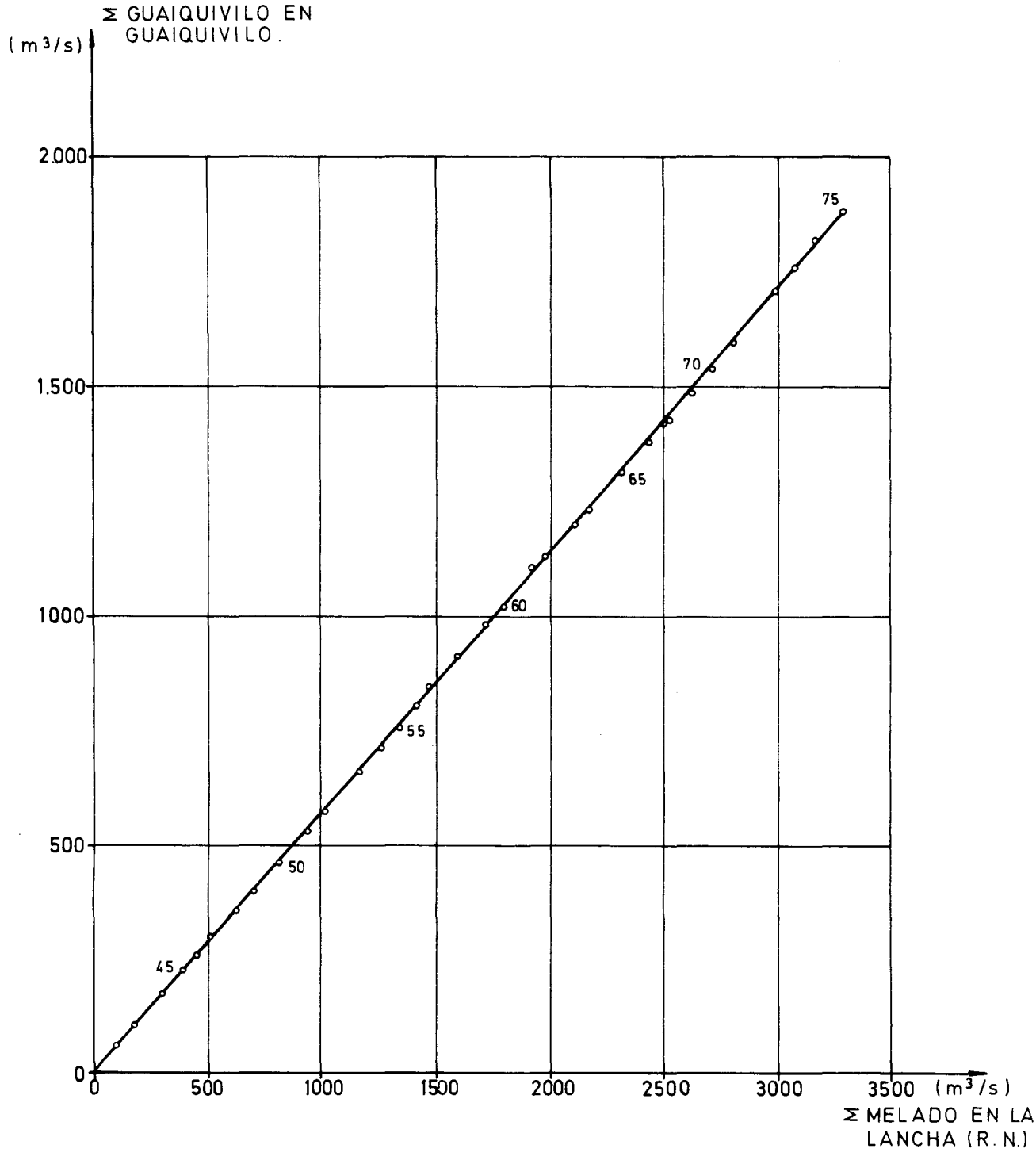
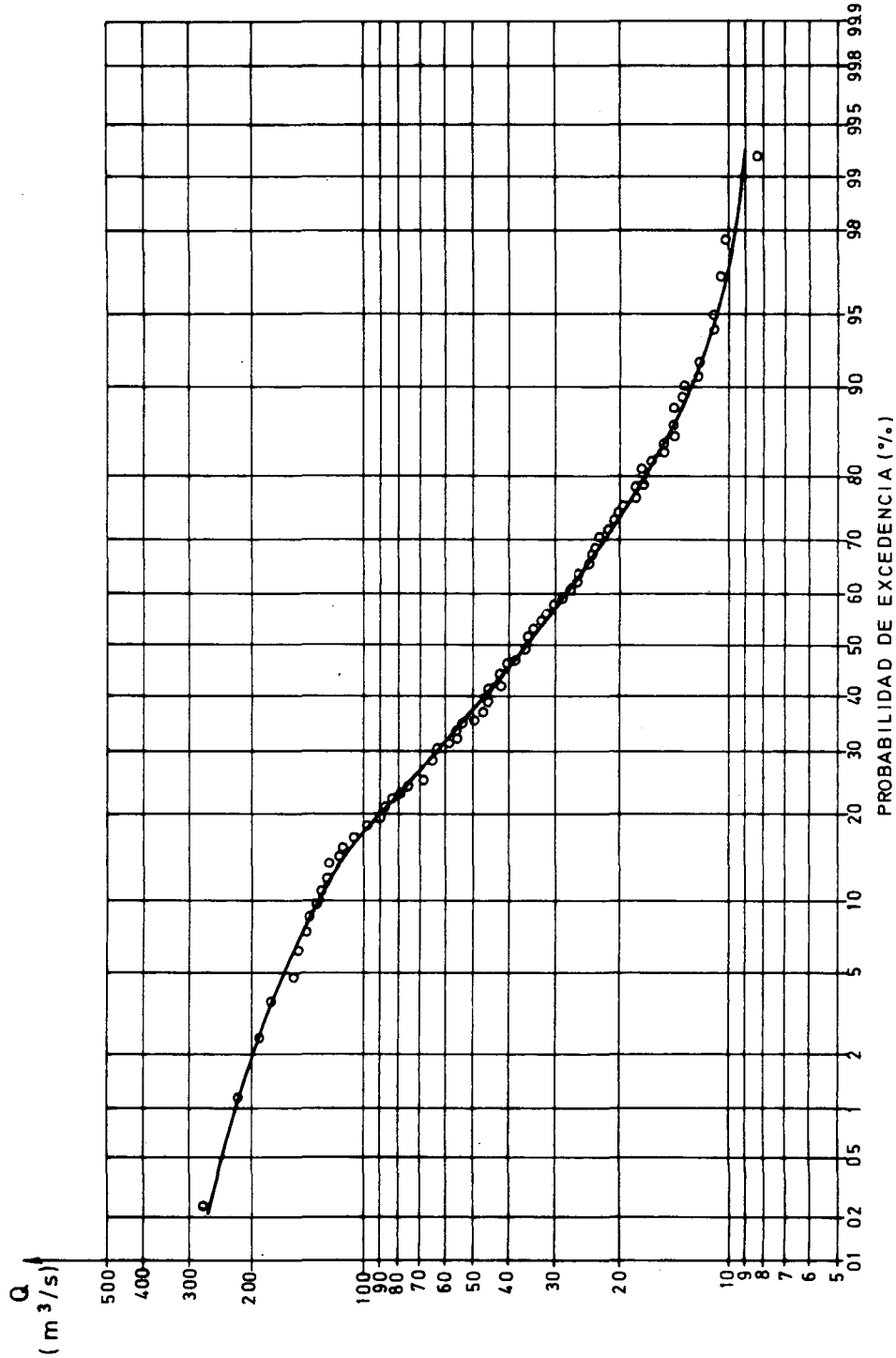


FIG. Nº IV. C. 2-41

GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43 -1975/76)

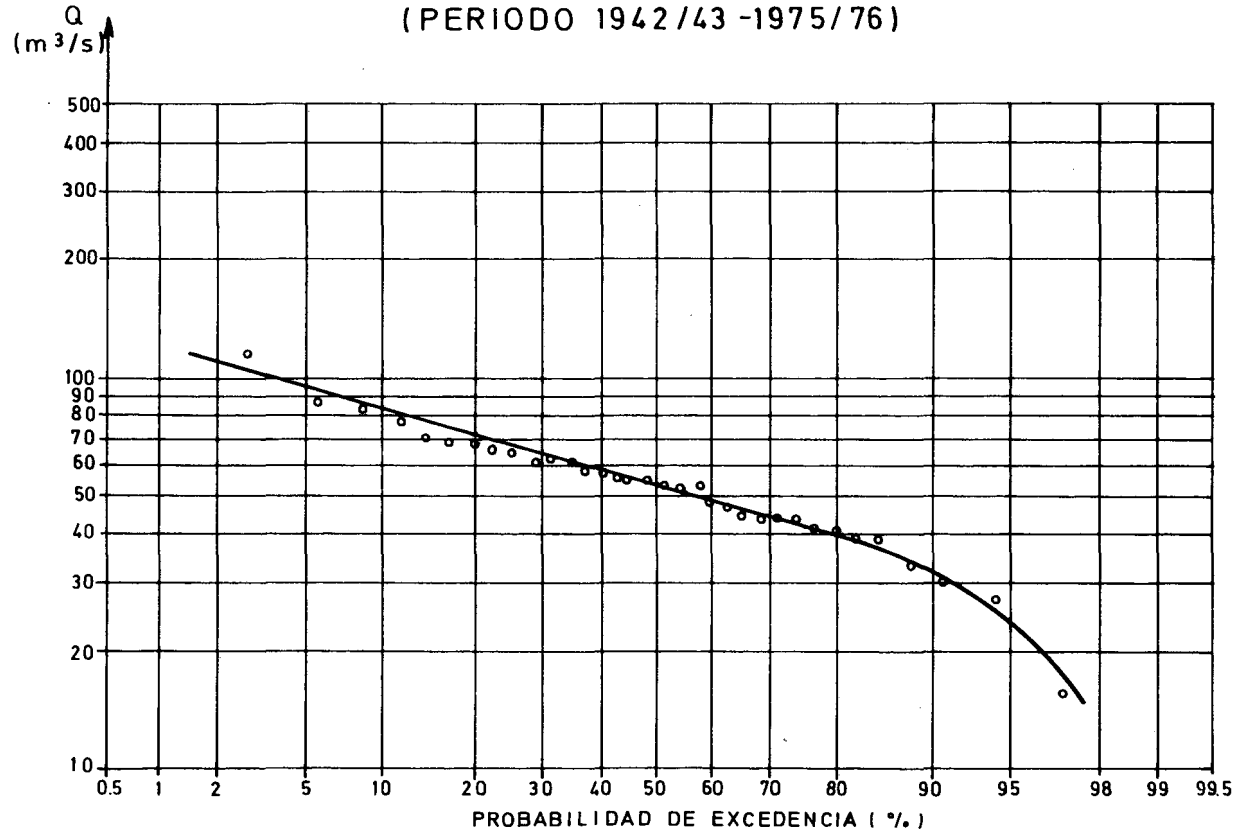


FIG. Nº IV.C.2-42

FIG. Nº IV.C. 2-43

GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

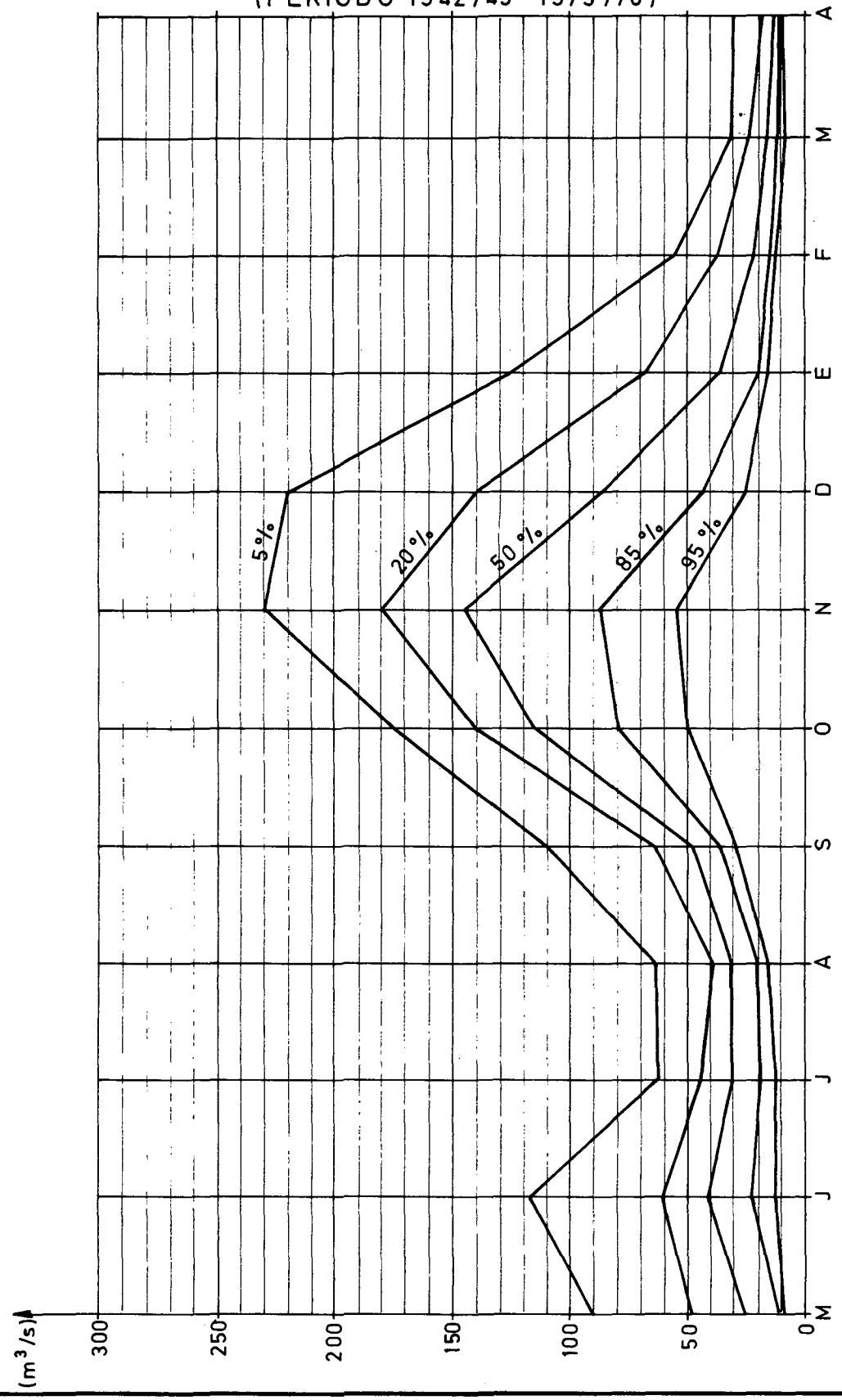


FIG. Nº IV.C. 2-44

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

CLARO EN SAN CARLOS

AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

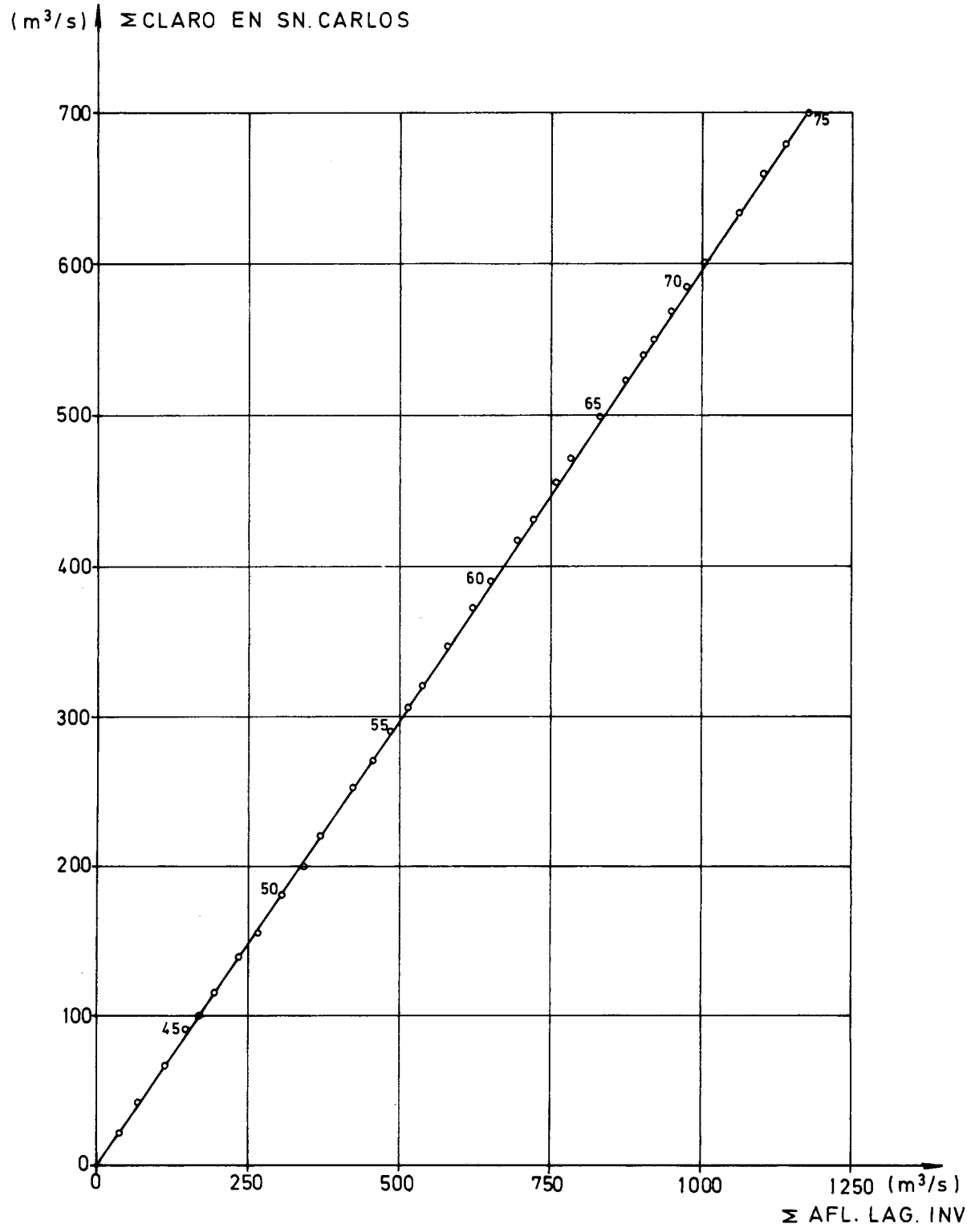
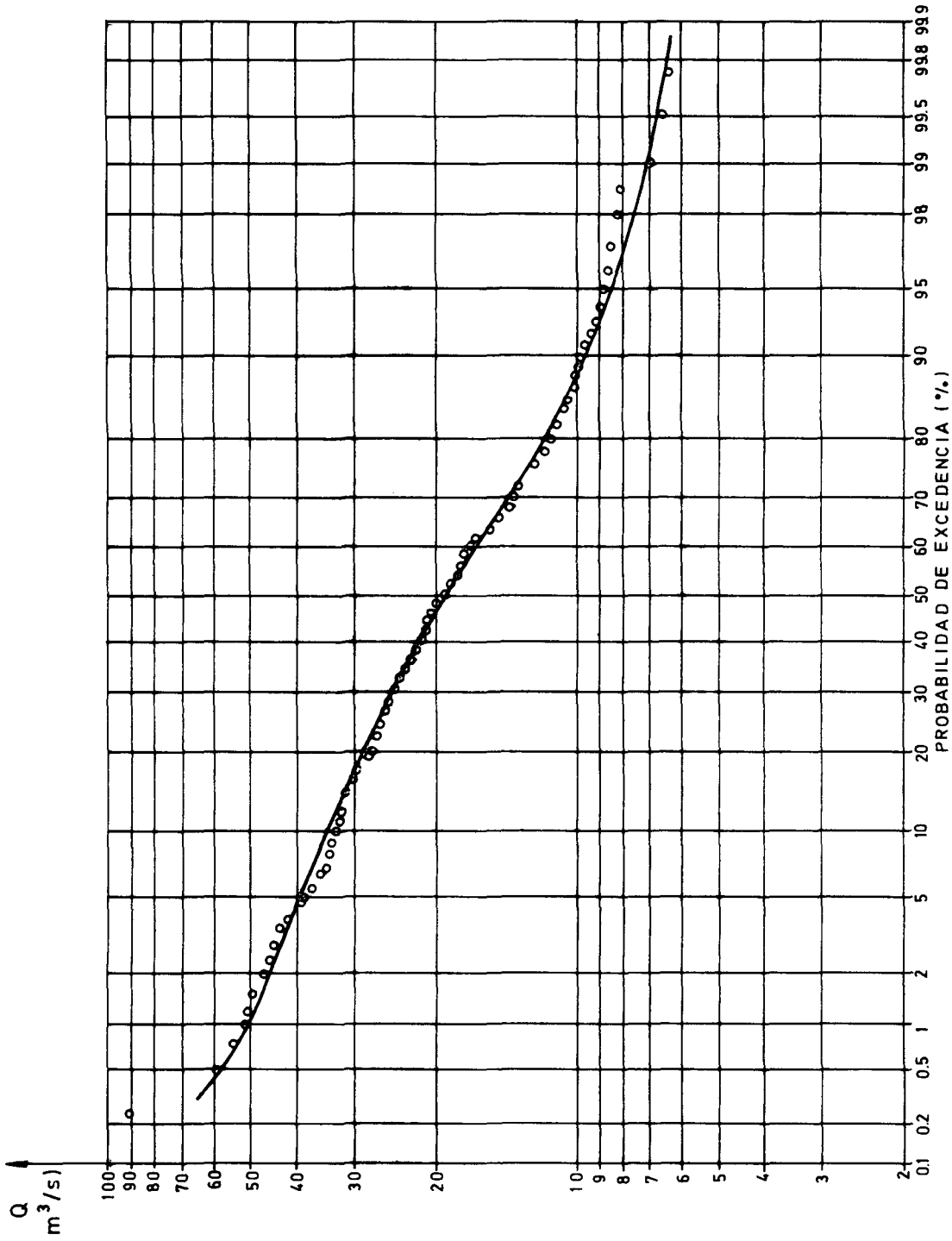


FIG. Nº IV. C. 2-45

CLARO EN SAN CARLOS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



CLARO EN SAN CARLOS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

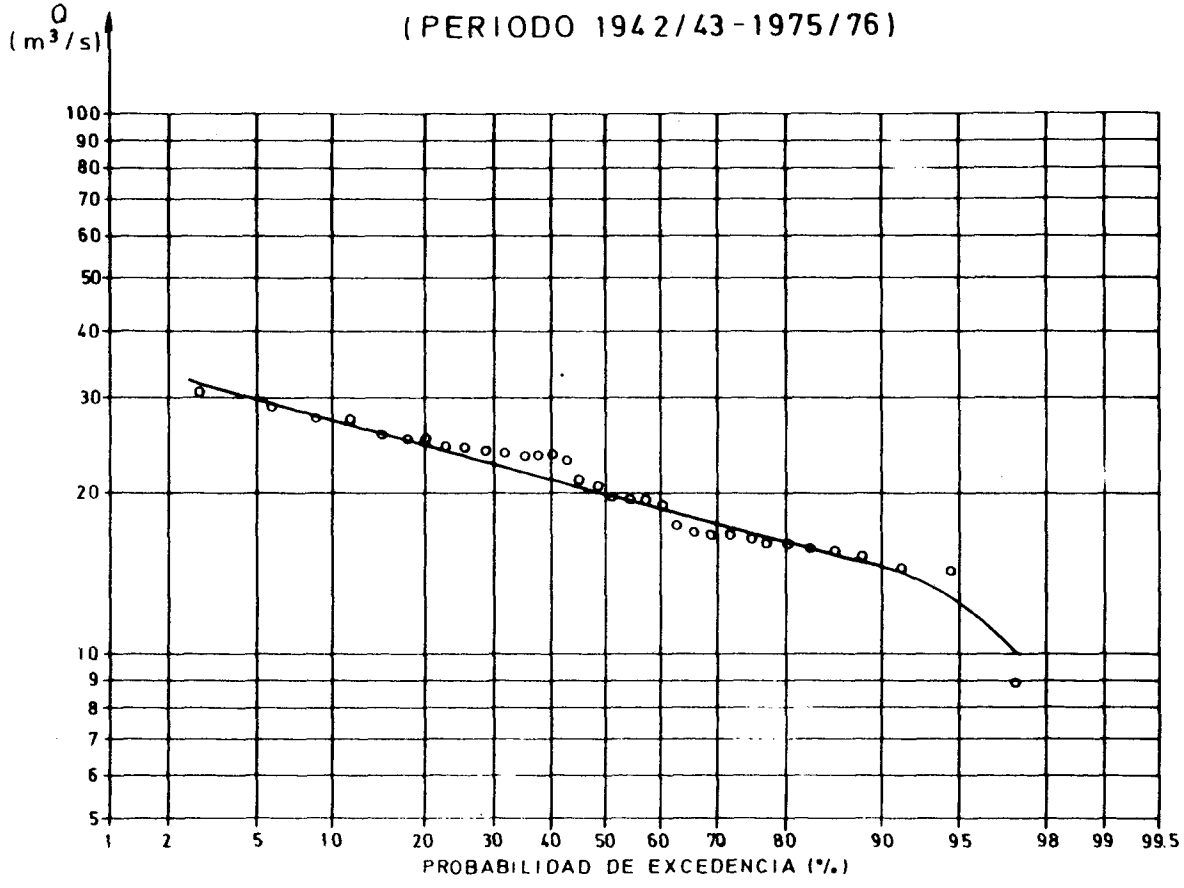


FIG. Nº IV.C.2-46

FIG. Nº IV.C. 2-47

CLARO EN SAN CARLOS

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 -1975/76)

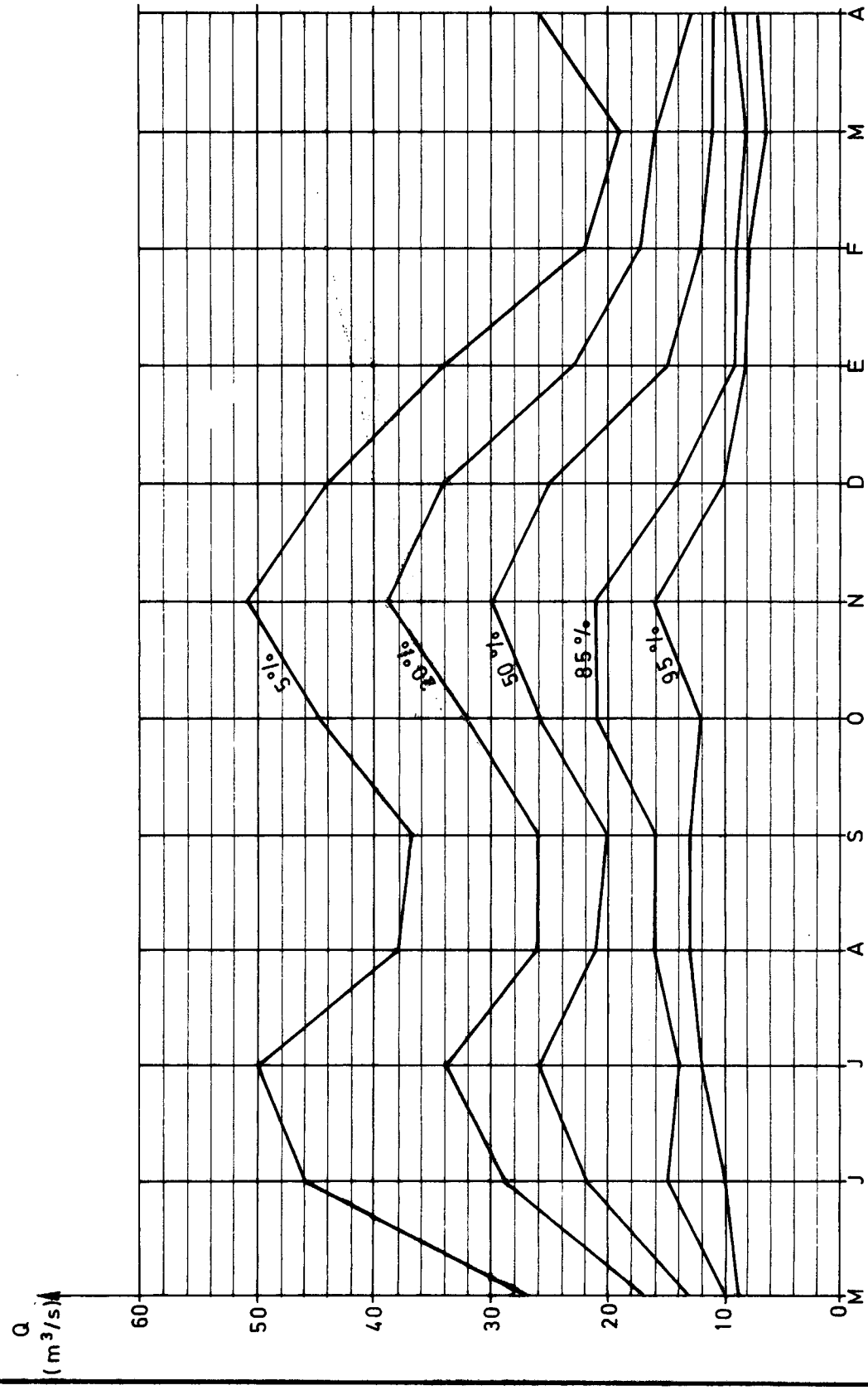


FIG. Nº IV.C. 2-48

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

PUELCHE EN JTA. CON MAULE
AFLUENTE LAGUNA INVERNADA

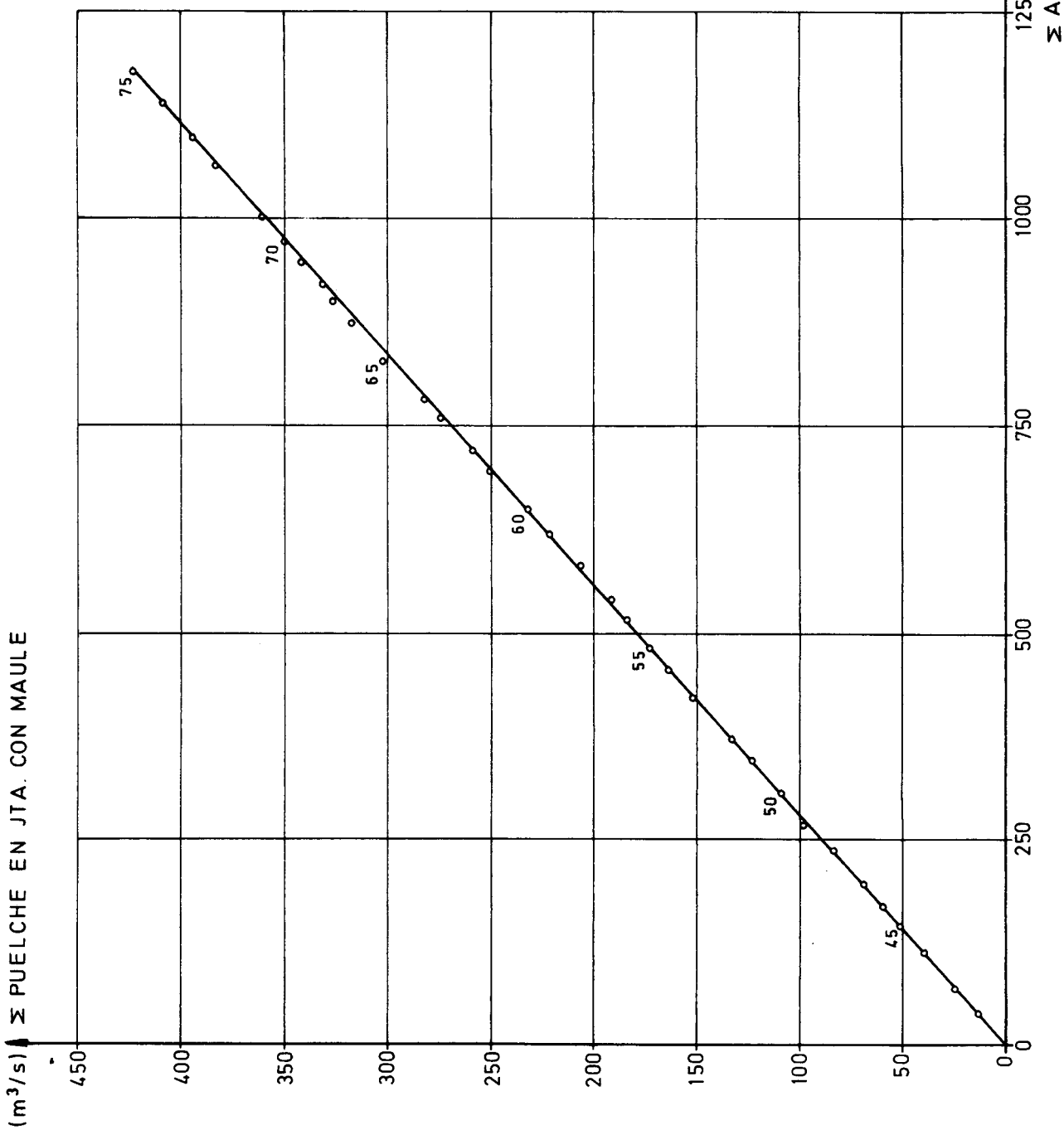
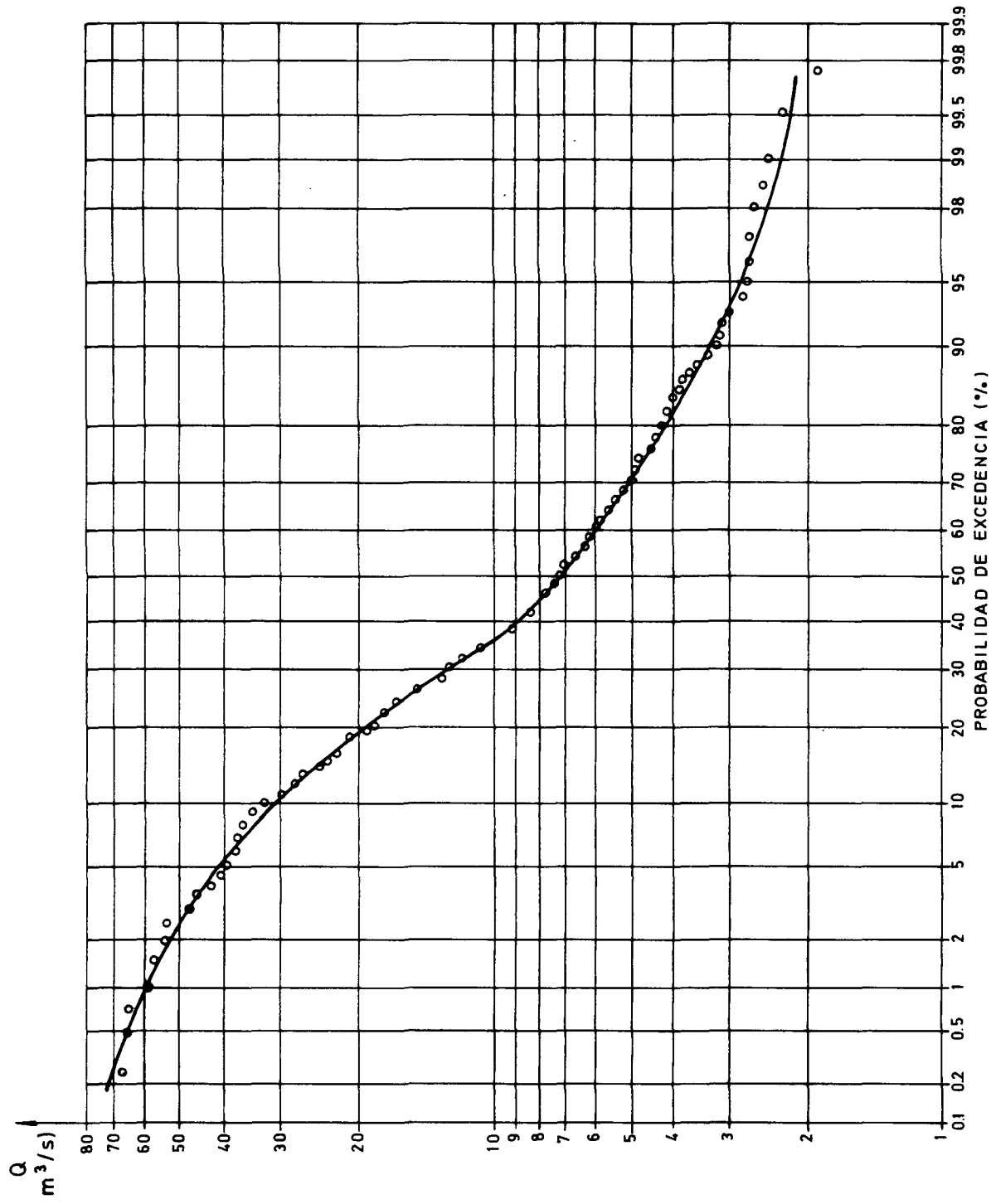


FIG. Nº IV. C. 2-49

PUELCHE EN JUNTA CON MAULE

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



PUELCHE EN JTA. CON MAULE

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

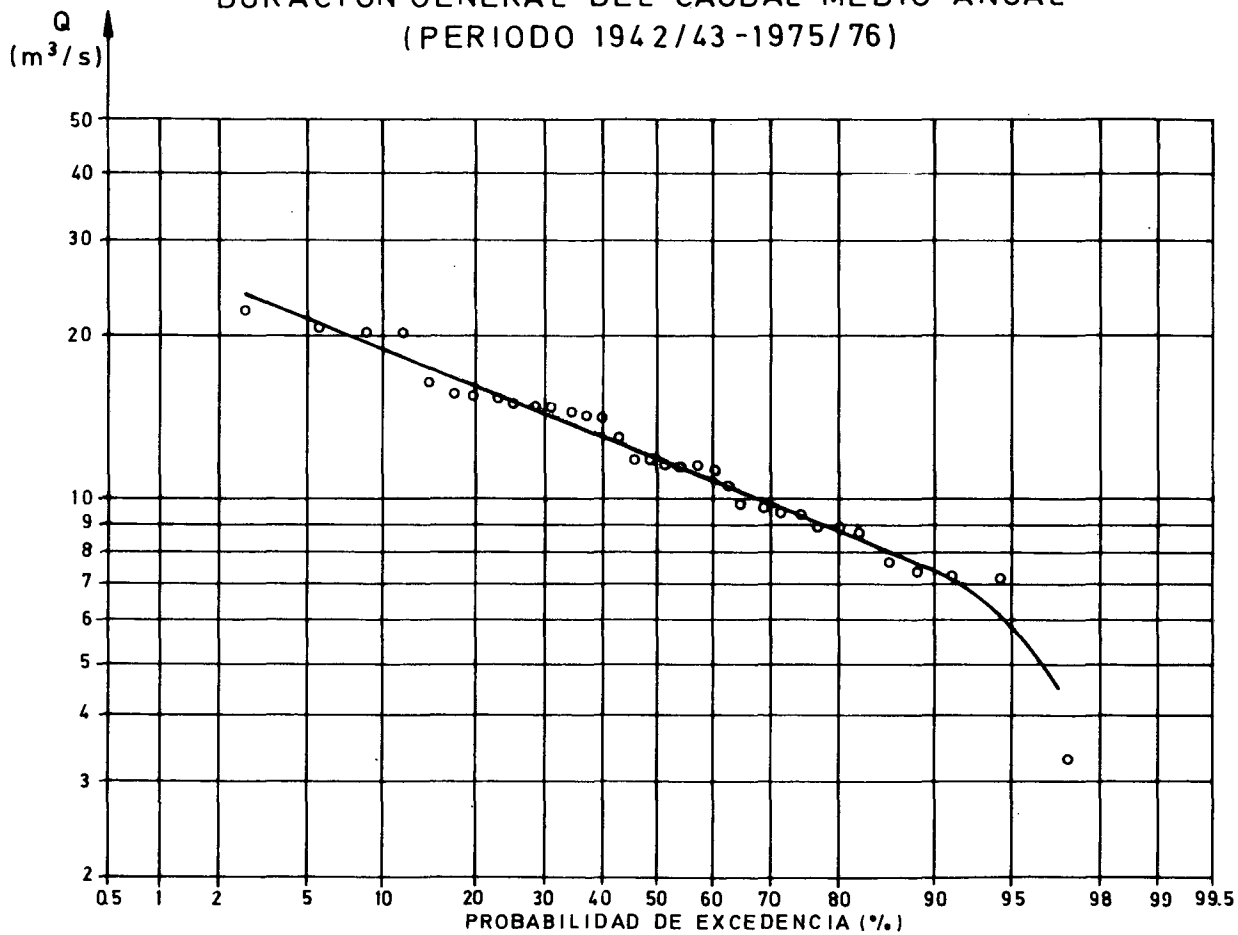


FIG. Nº IV.C. 2-50

FIG. Nº IV.C.2-51

PUELCHE EN JTA. CON MAULE

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

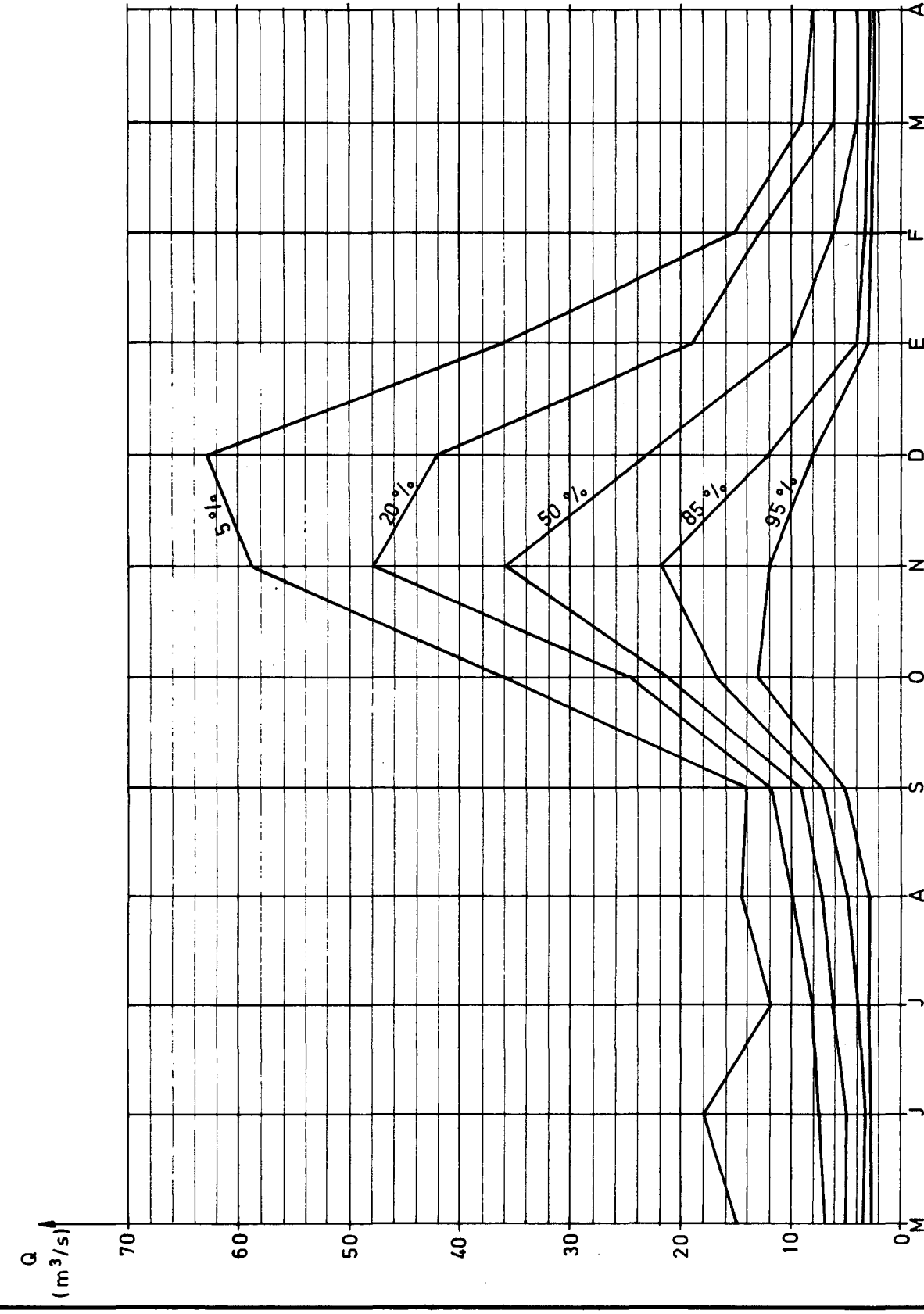


FIG. Nº IV. C. 2-52

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R. N.)

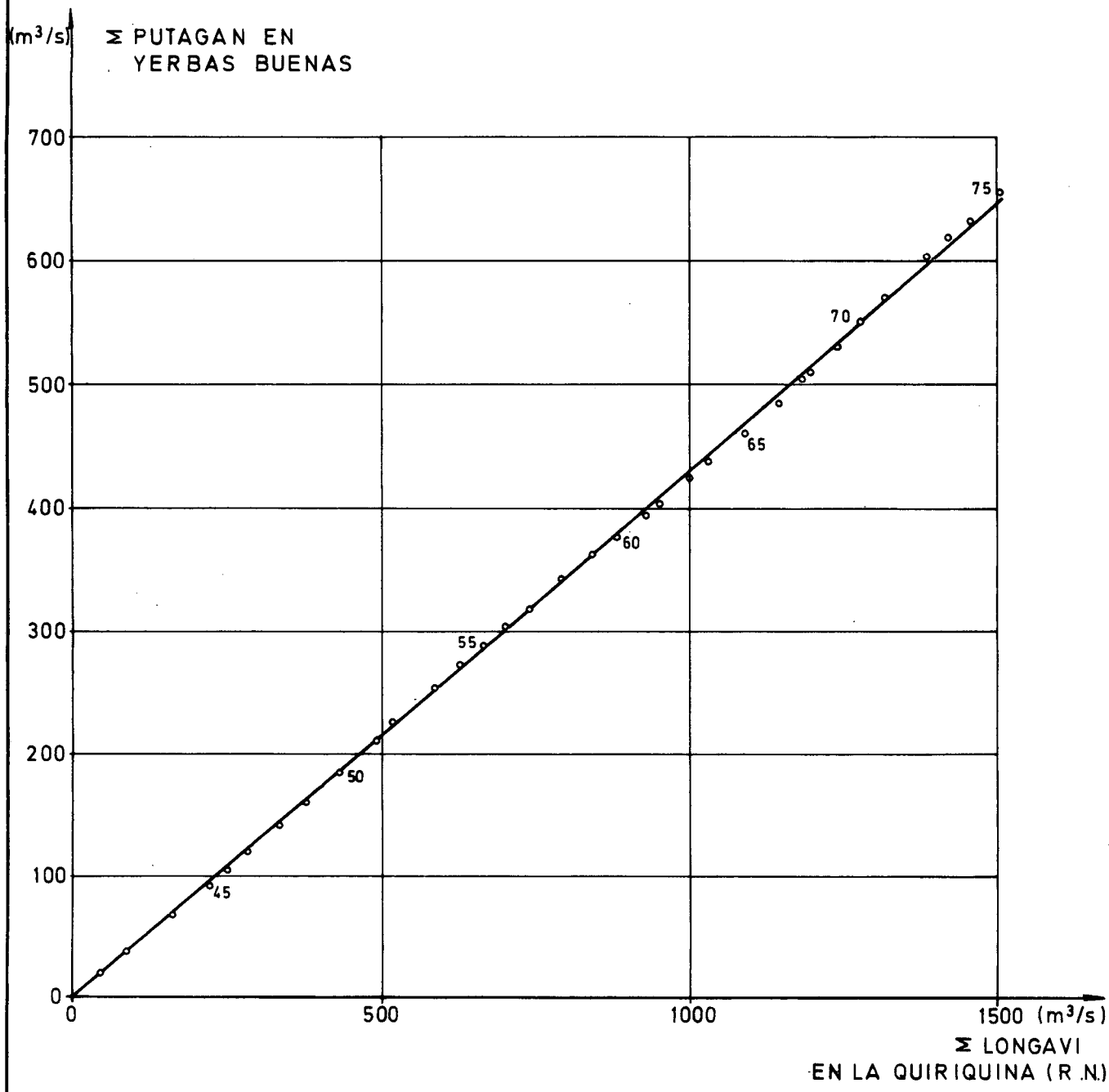
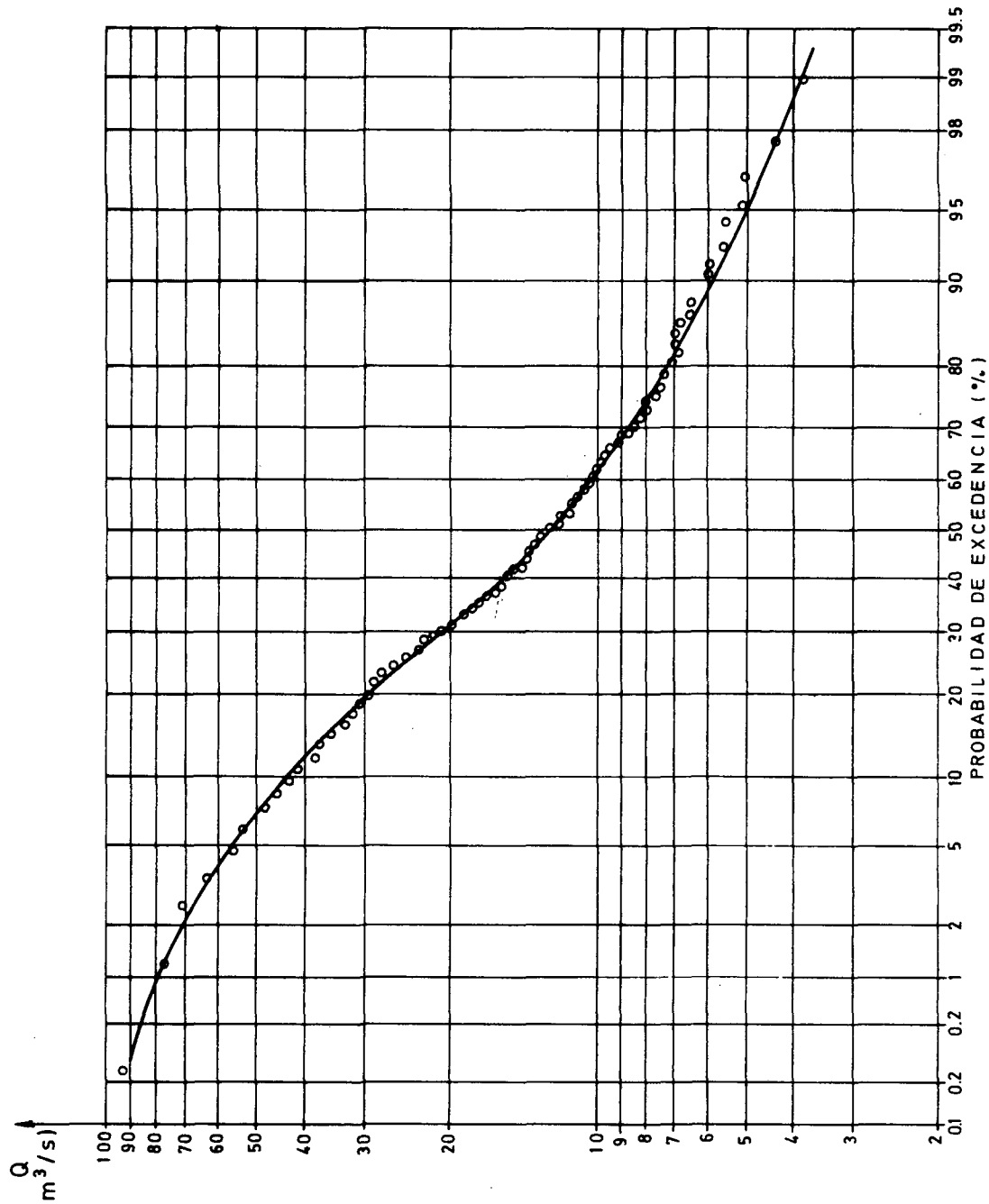


FIG. Nº IV.C. 2-53

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



PUTAGAN EN YERBAS BUENAS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

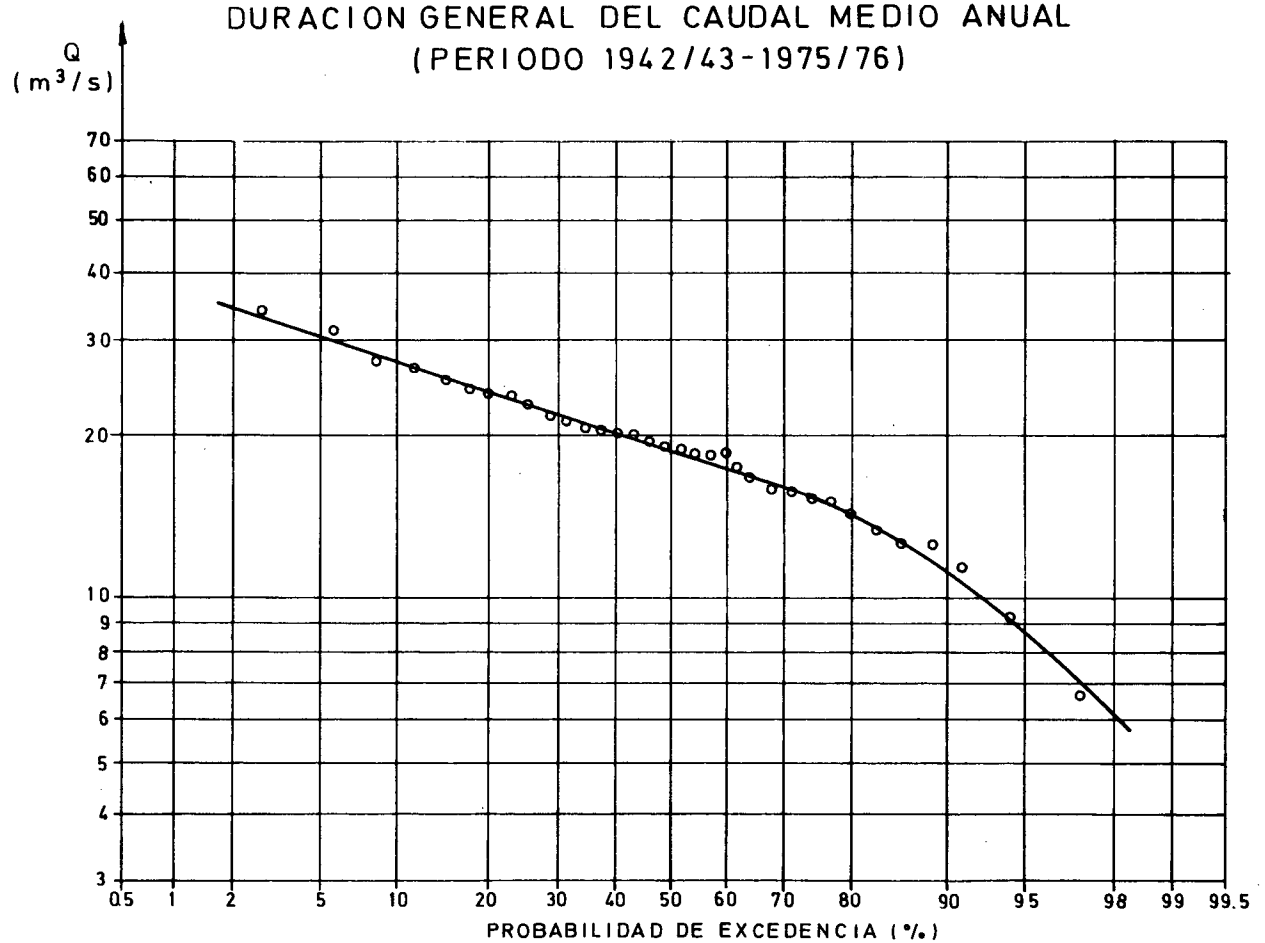


FIG. Nº IV.C.2-54

FIG. Nº IV.C. 2-55

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

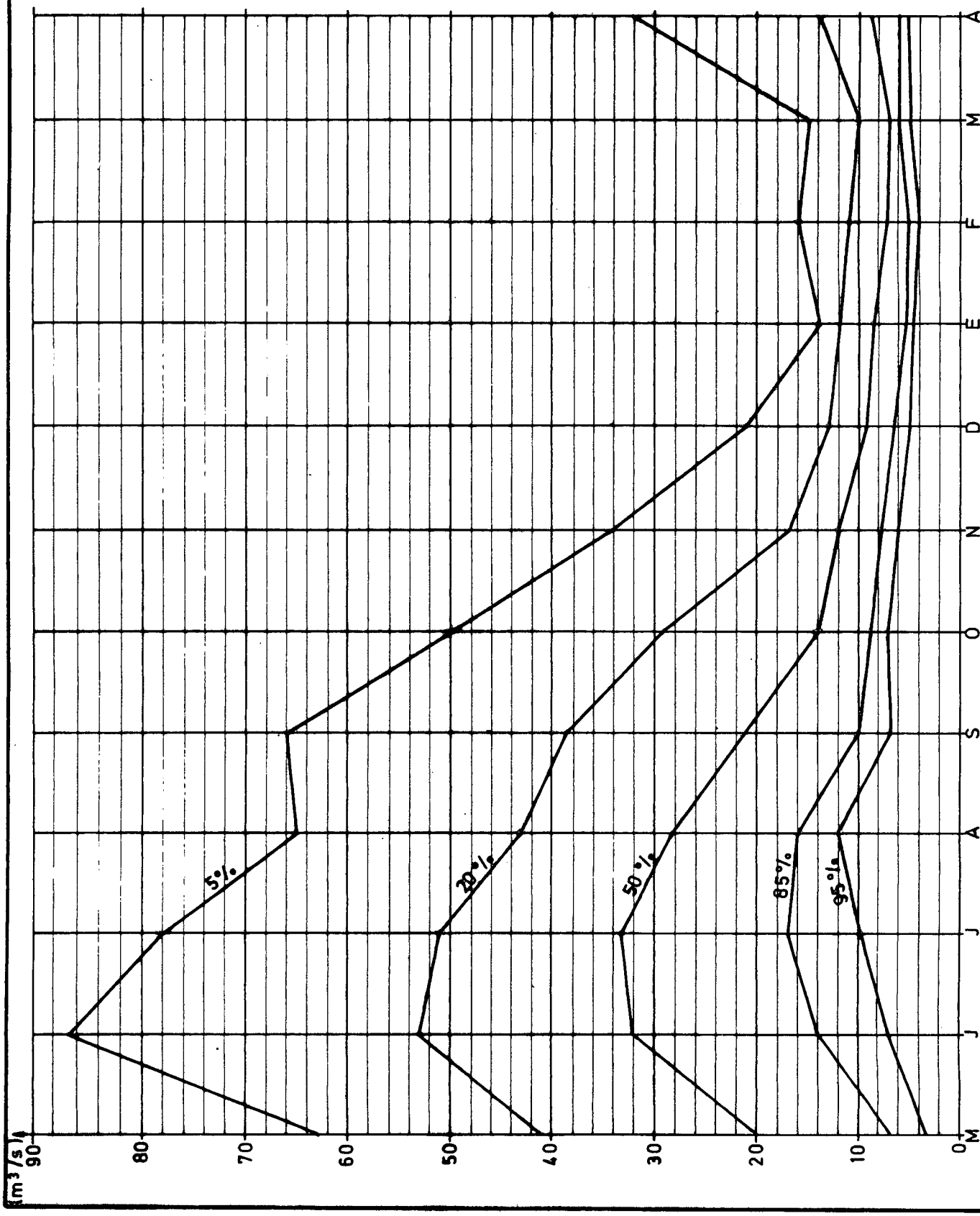


FIG. Nº IV.C. 2-56

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

ANCOA EN EL MORRO (R. N.)

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R. N.)

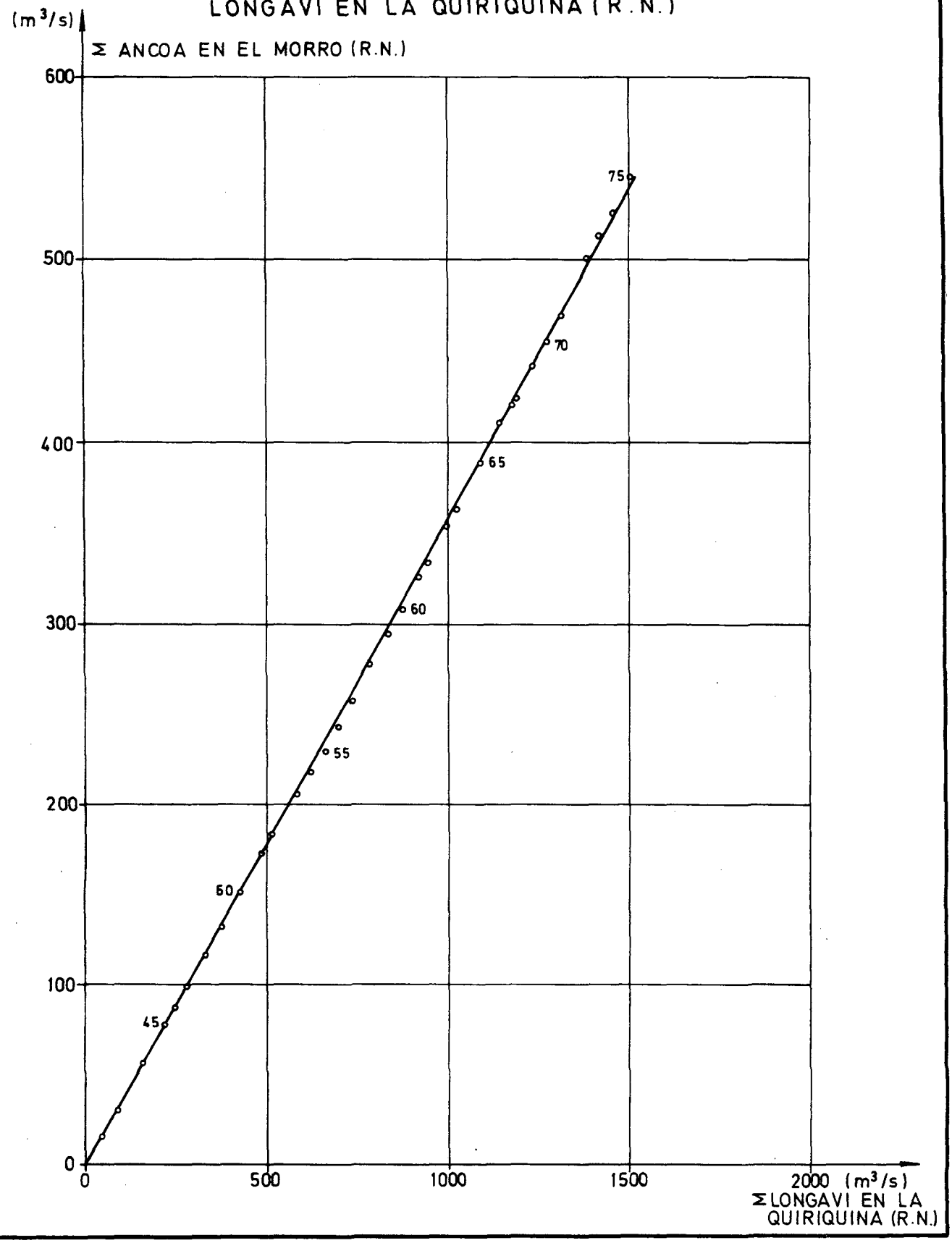
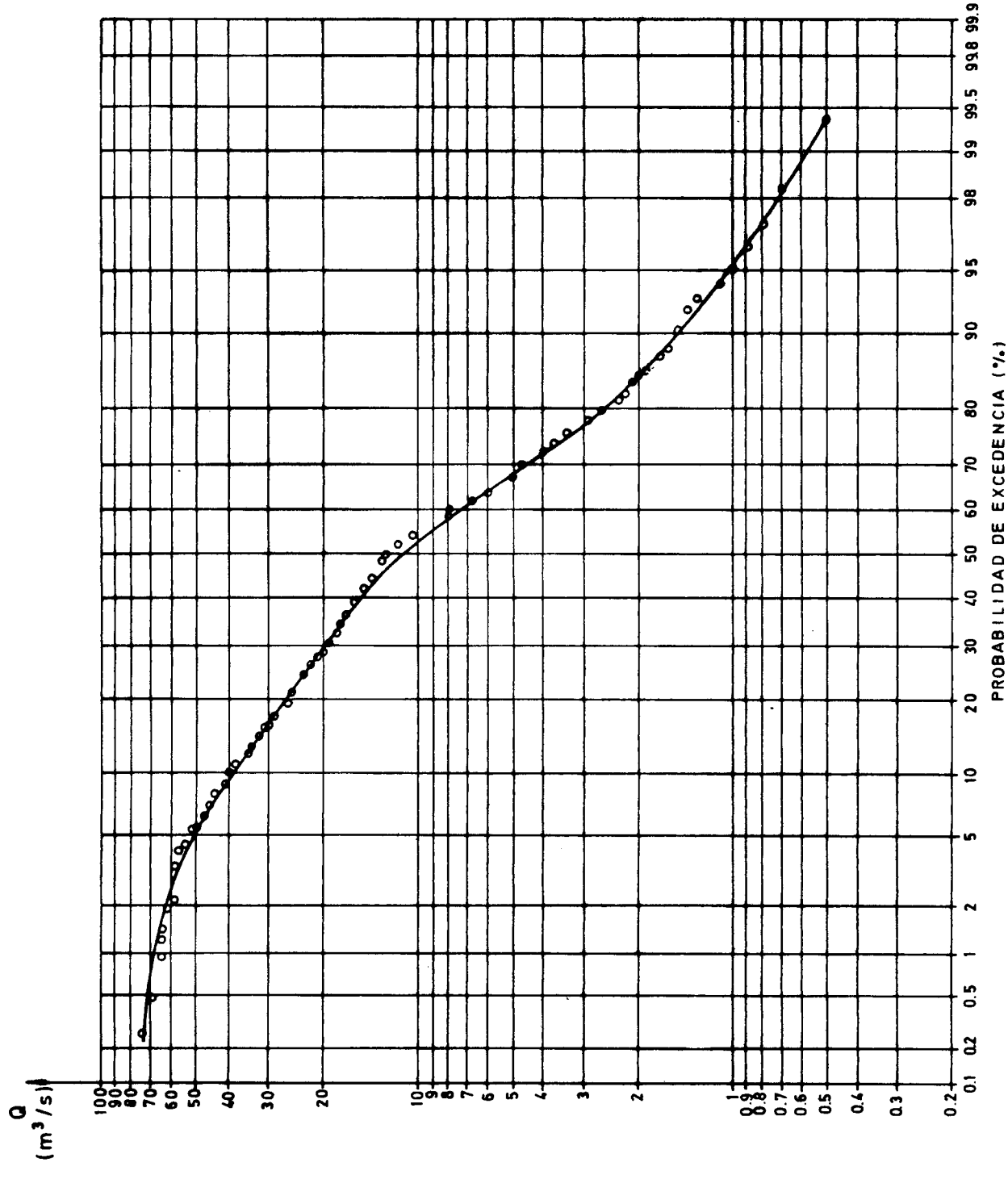


FIG. Nº IV. C. 2-57

ANCOA EN EL MORRO (R. N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



ANCOA EN EL MORRO (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

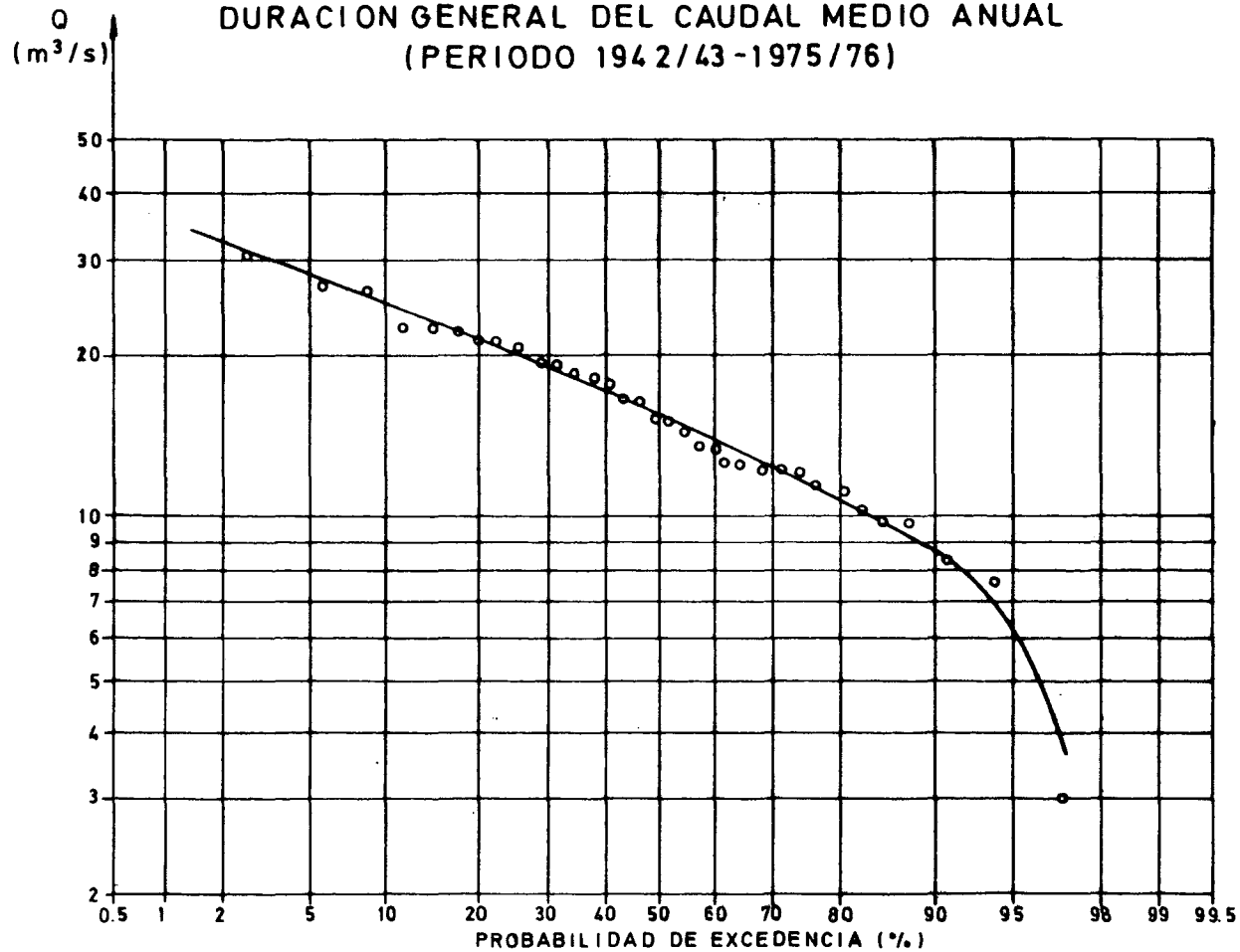


FIG. Nº IV.C. 2-58

FIG. Nº IV.C.2-59

ANCOA EN EL MORRO (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

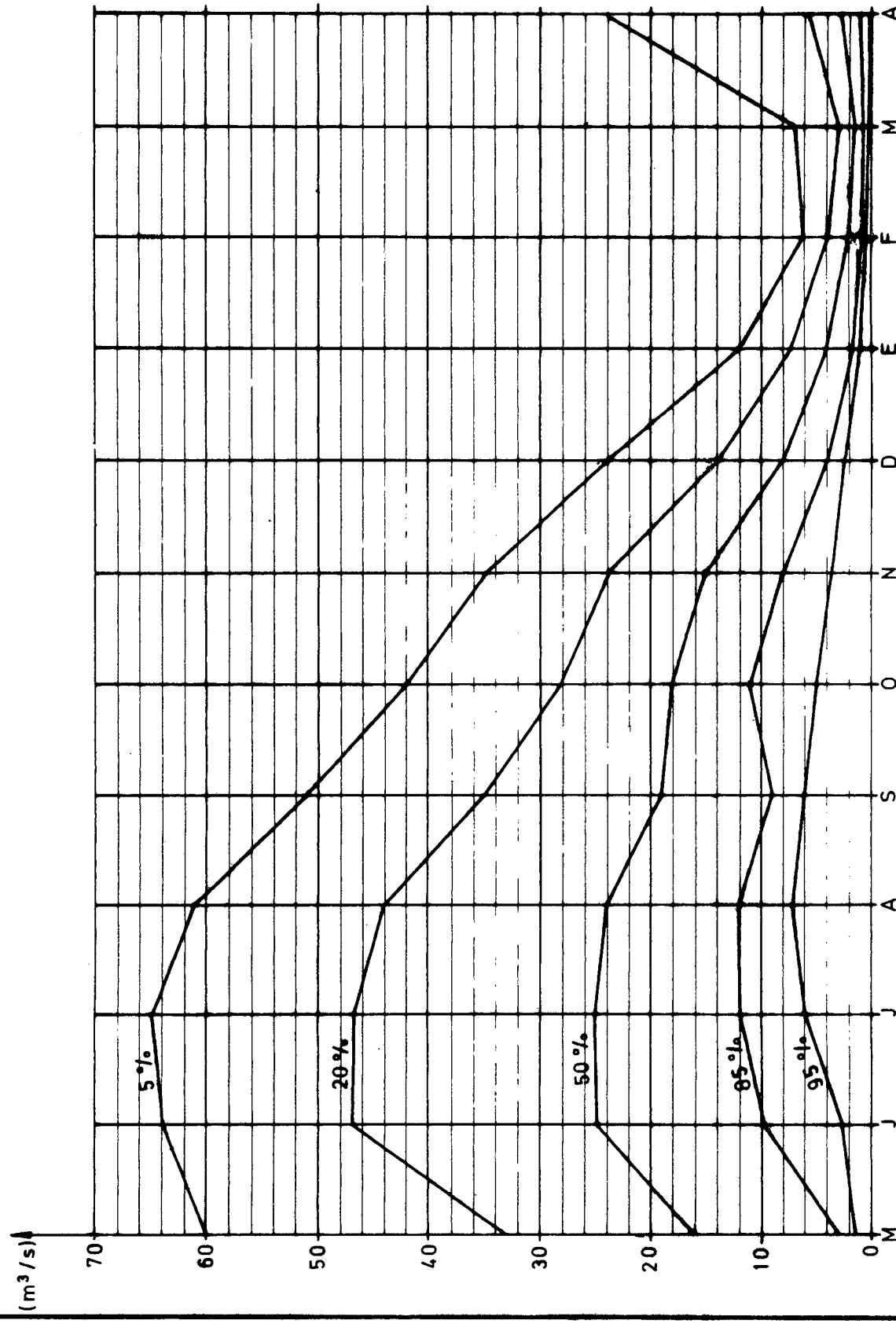


FIG. Nº IV. C. 2-60

CURVA DE DOBLE ACUMULACION
ANCOA ANTES TUNEL CANAL MELADO
ANCOA EN EL MORRO (R.N.)

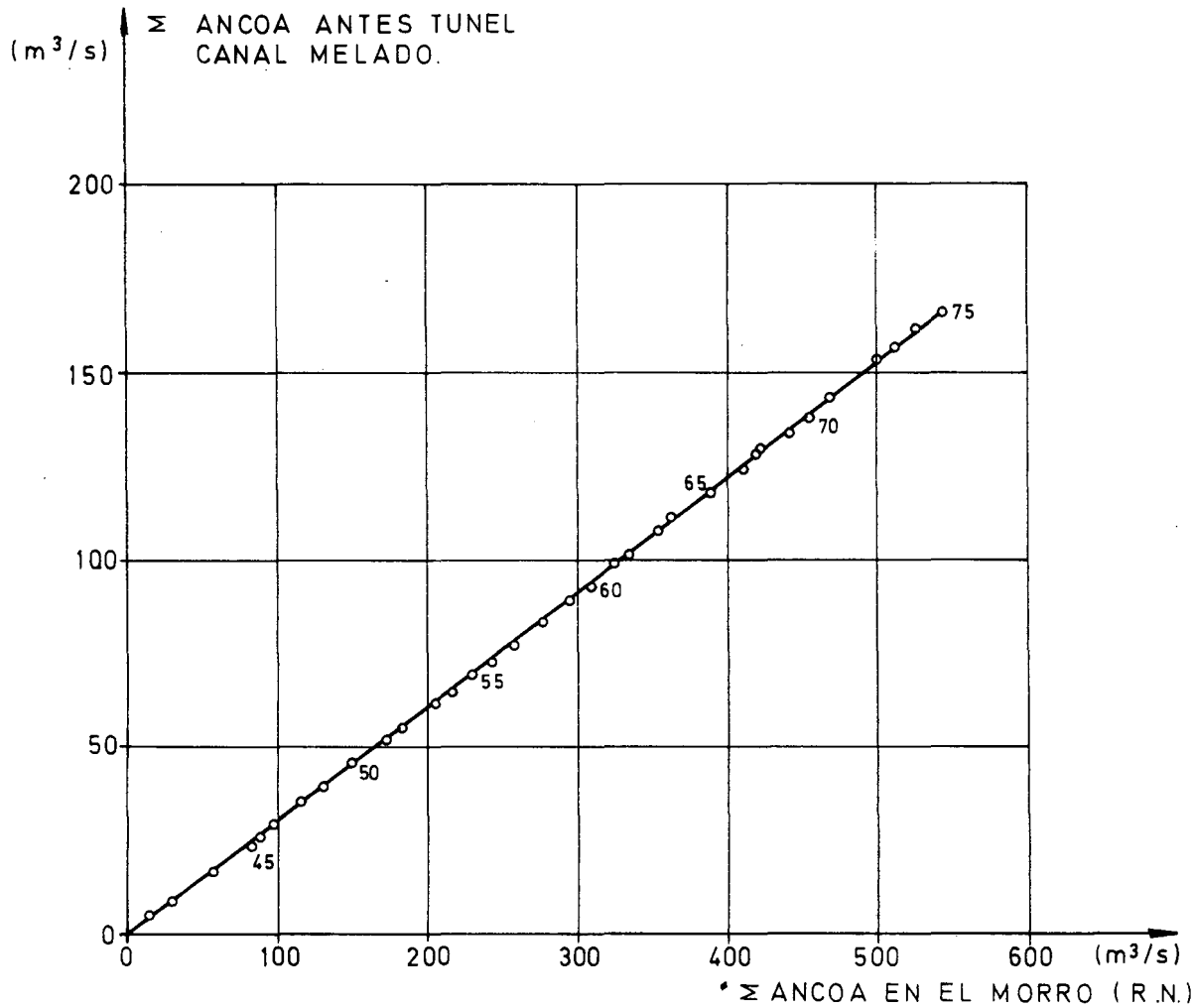
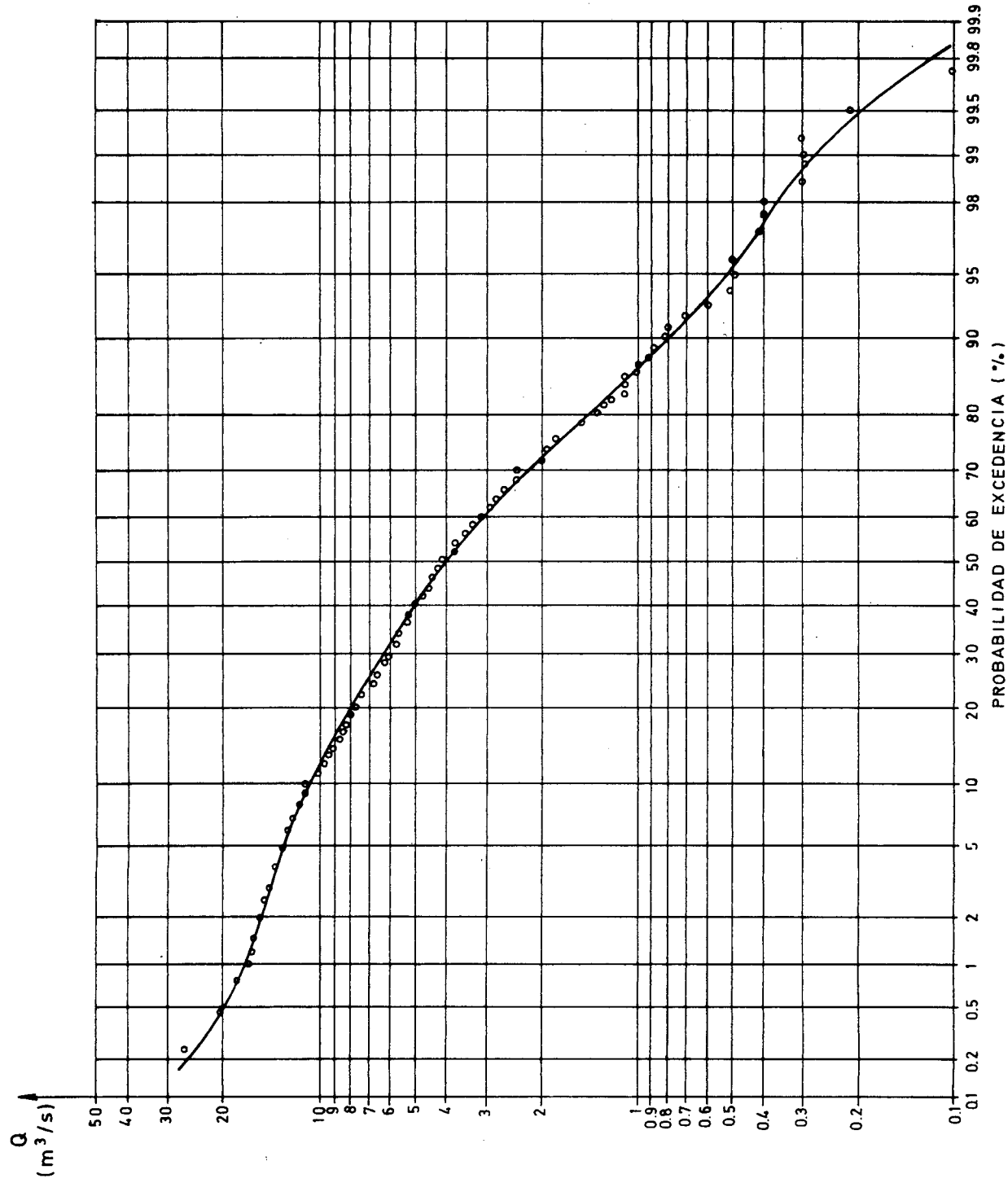


FIG. Nº IV.C.2-61

ANCOA ANTES TUNEL CANAL MELADO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



ANCOA ANTES TUNEL CANAL MELADO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

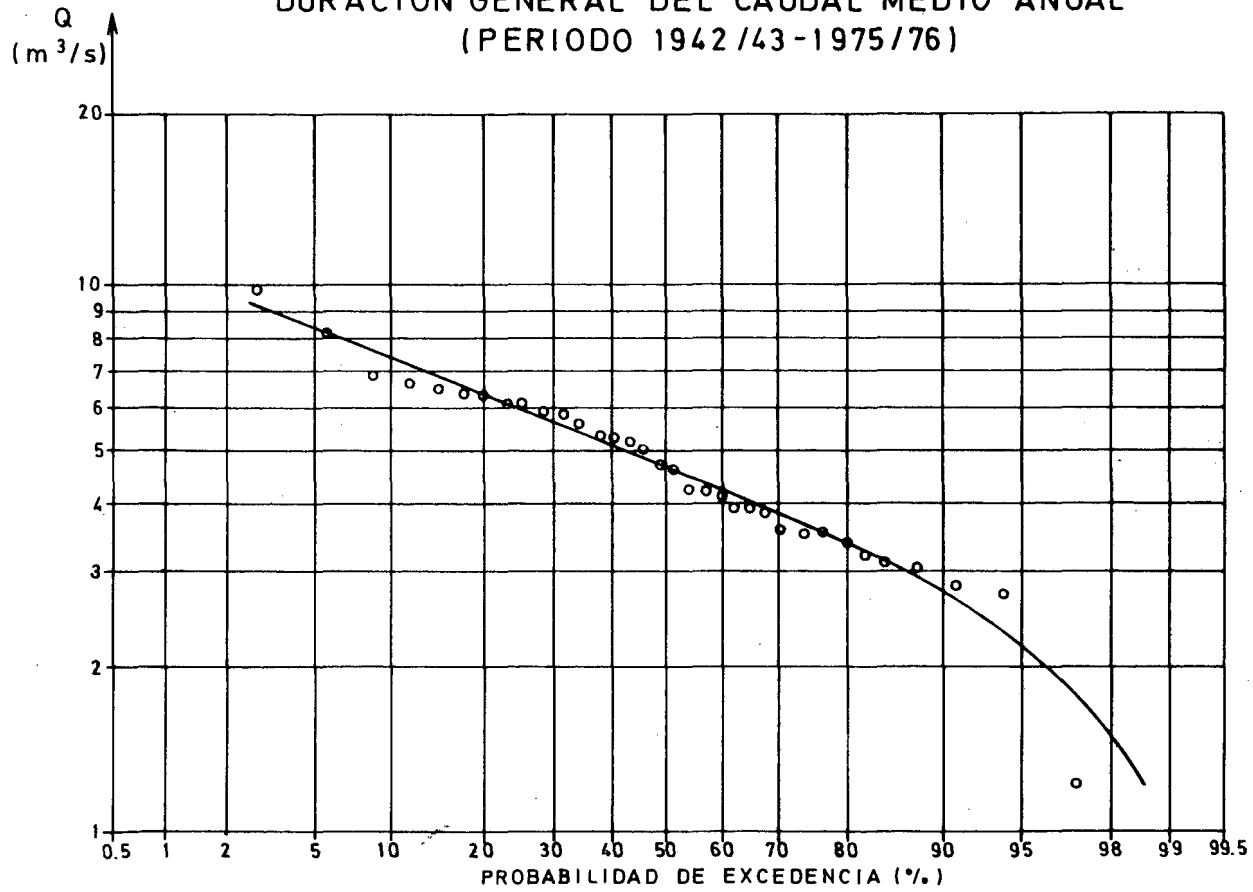


FIG. Nº IV.C. 2-62

FIG. Nº IV.C. 2-63

ANCOA ANTES TUNEL CANAL MELADO

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

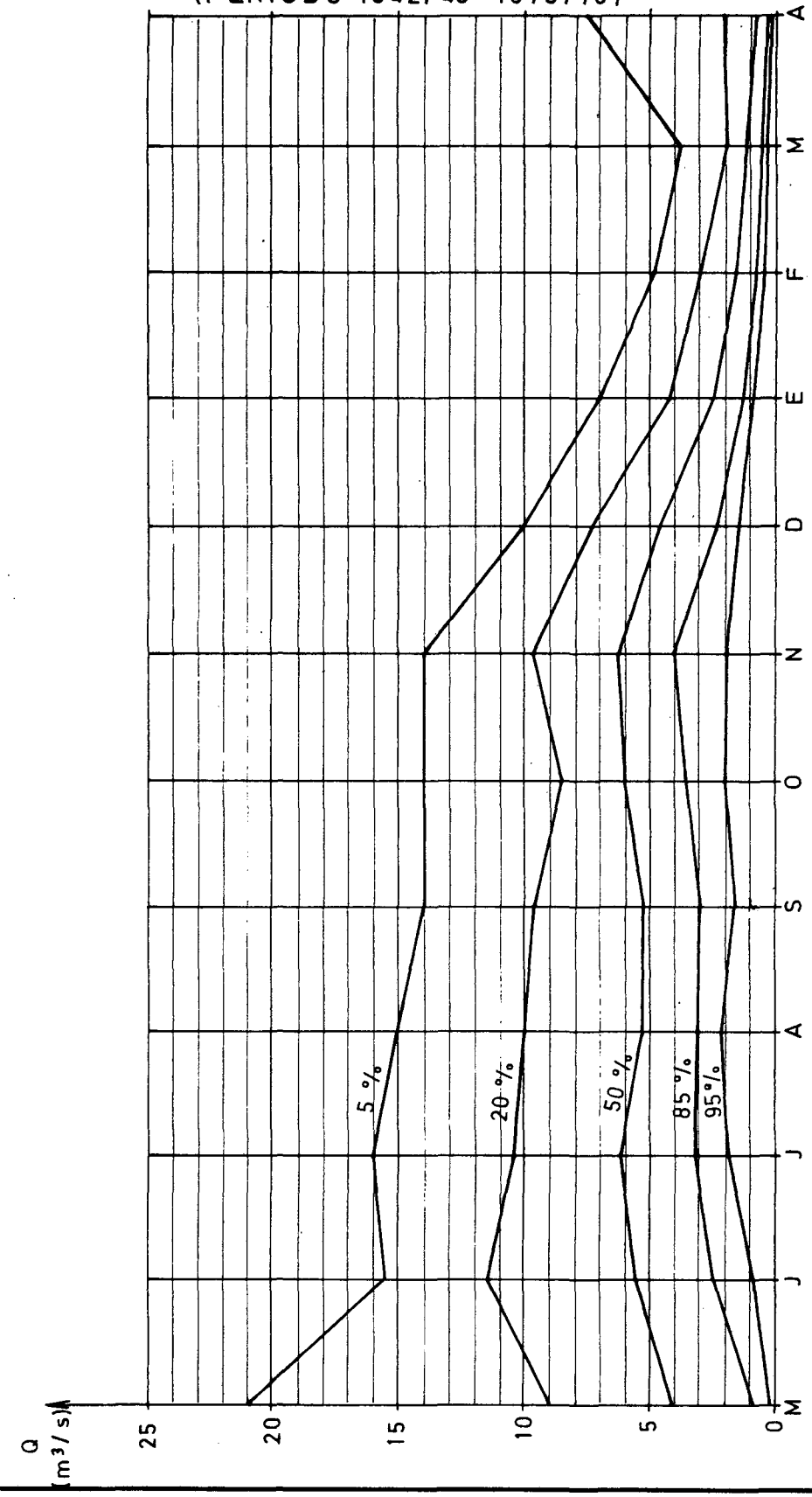


FIG. Nº IV. C. 2-64

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

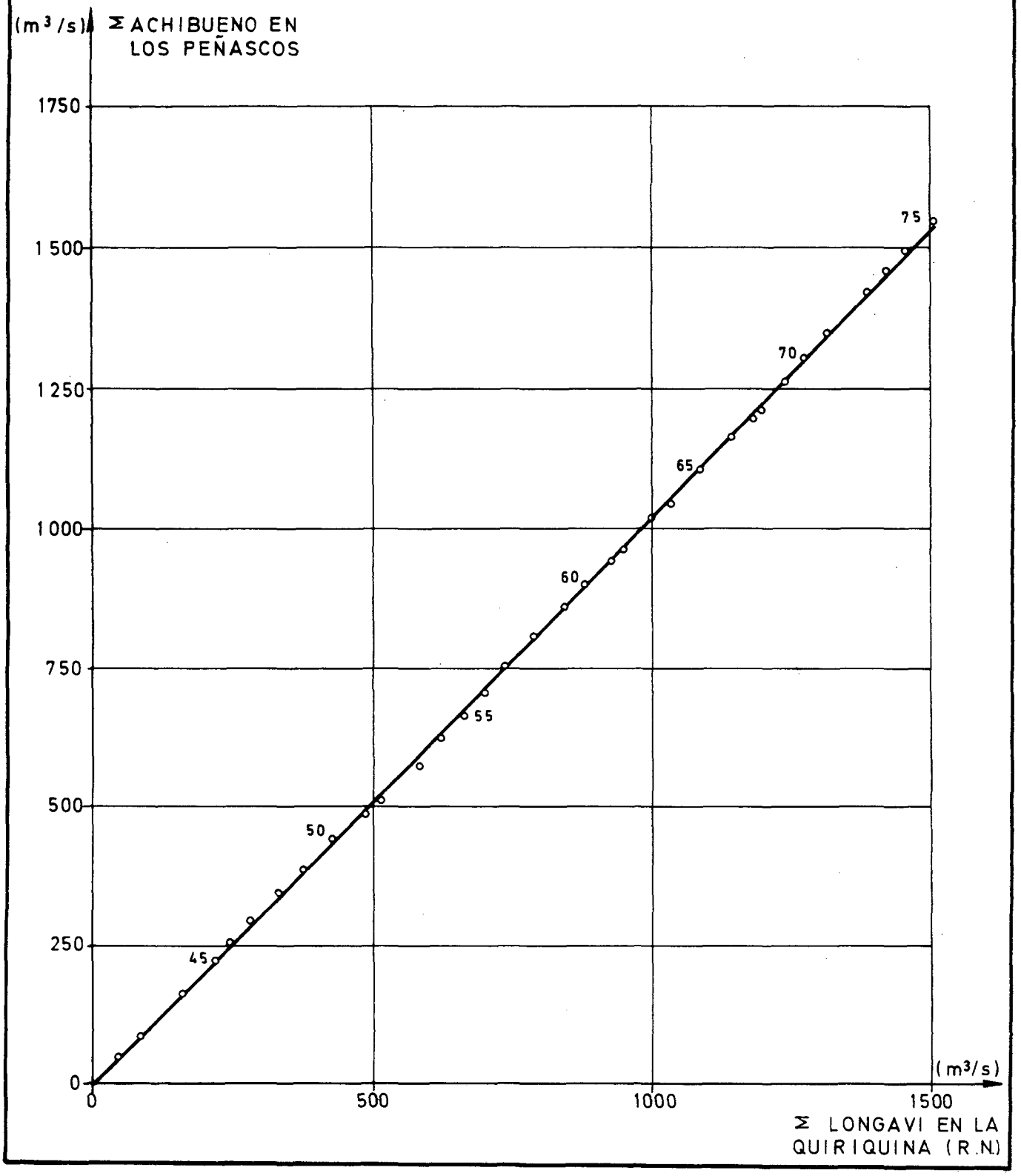
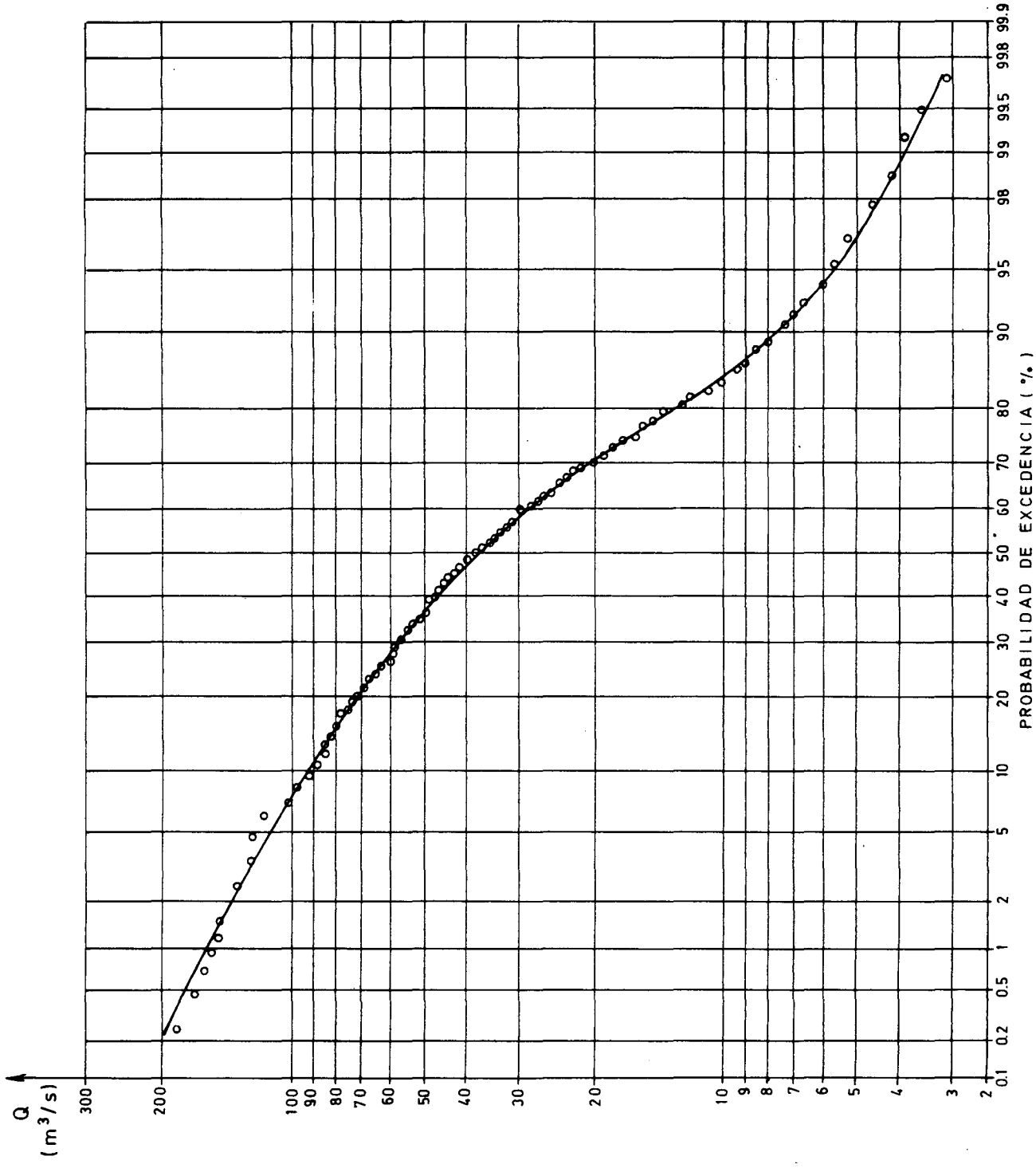


FIG. Nº IV.C.2-65

ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

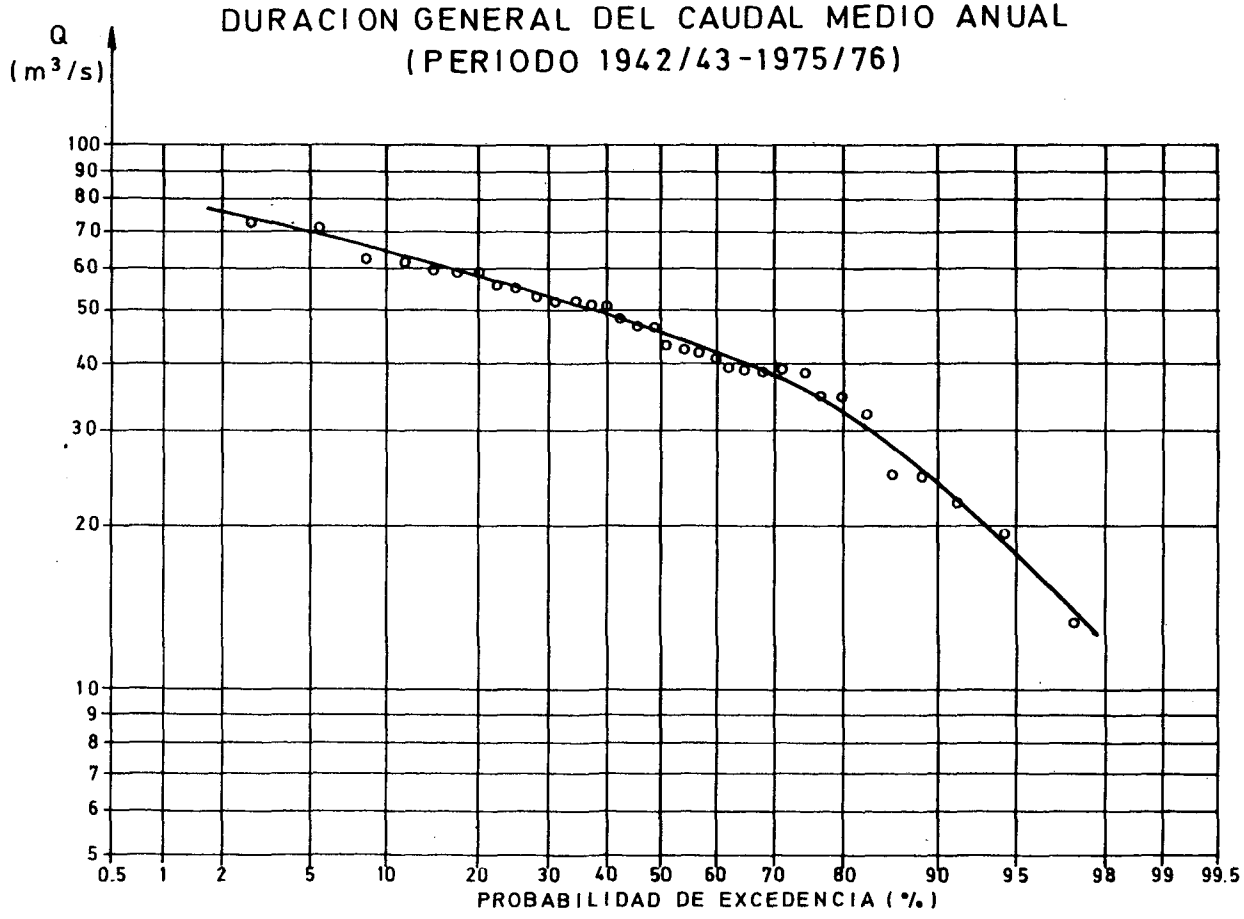


FIG. Nº IV.C.2-66

FIG. Nº IV.C.2-67

ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 -1975/76)

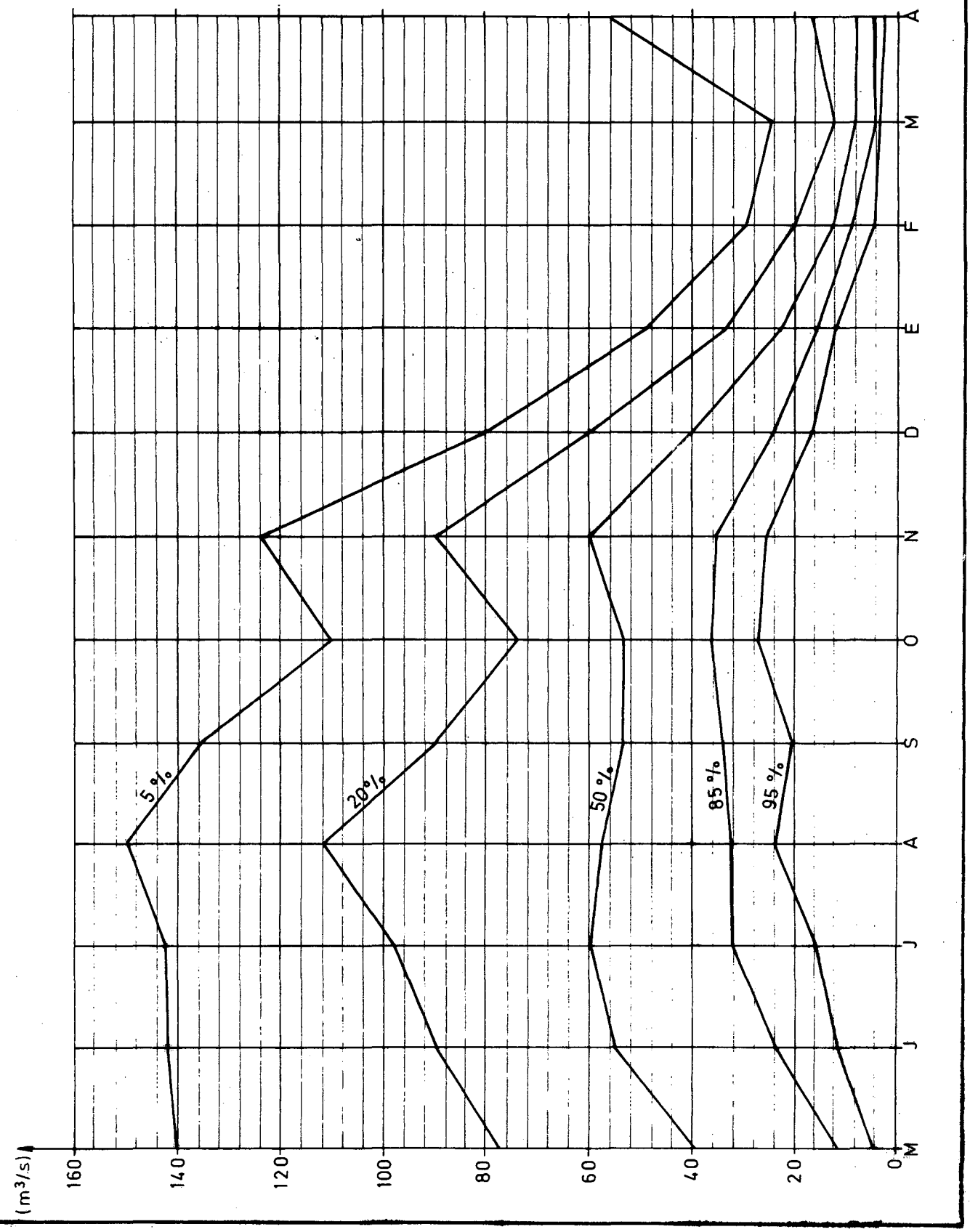


FIG. Nº IV.C.2-68

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

LONGAVI EN EL CASTILLO
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

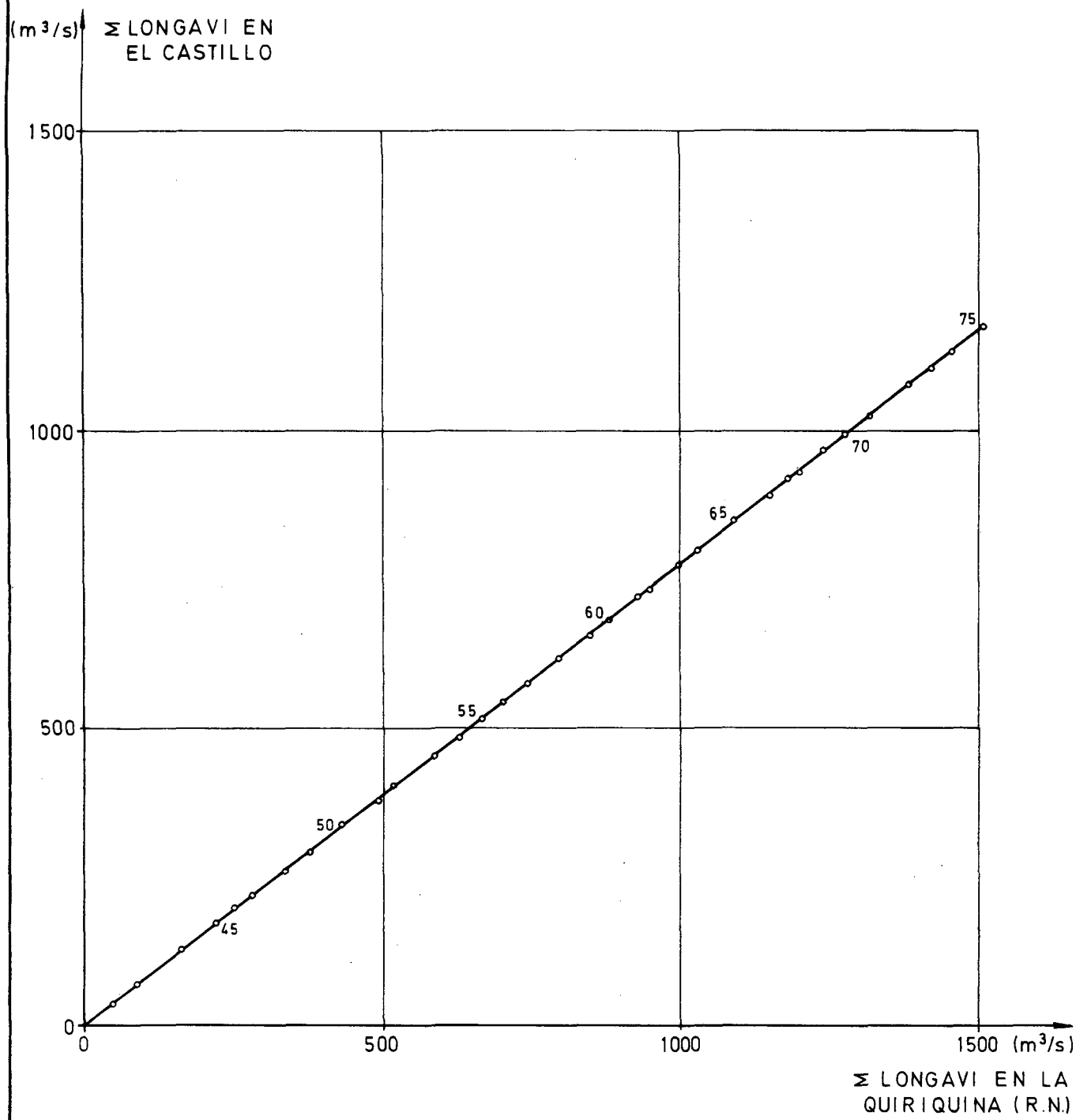
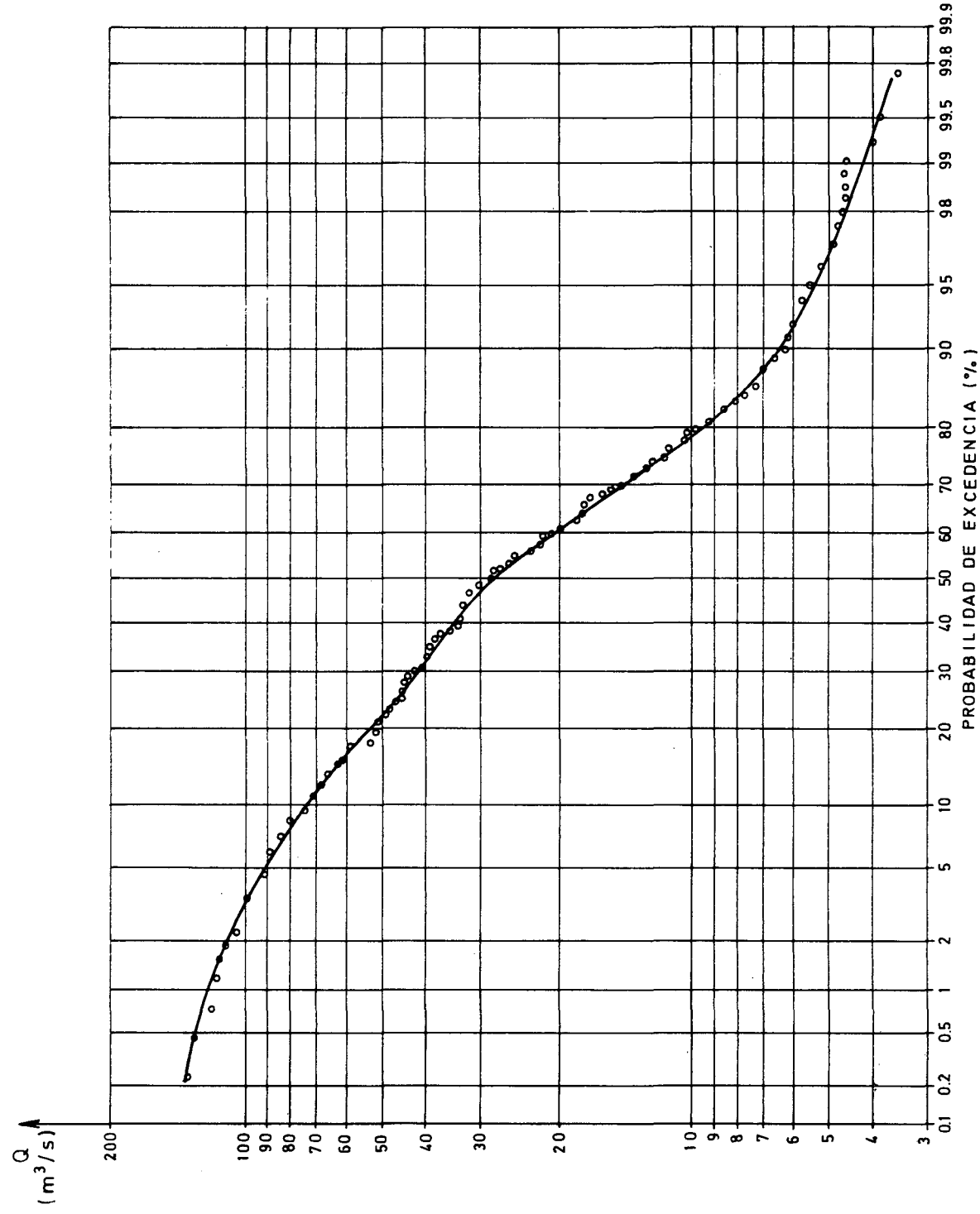


FIG. Nº IV.C. 2-69

LONGAVI EN EL CASTILLO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



LONGAVI EN EL CASTILLO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

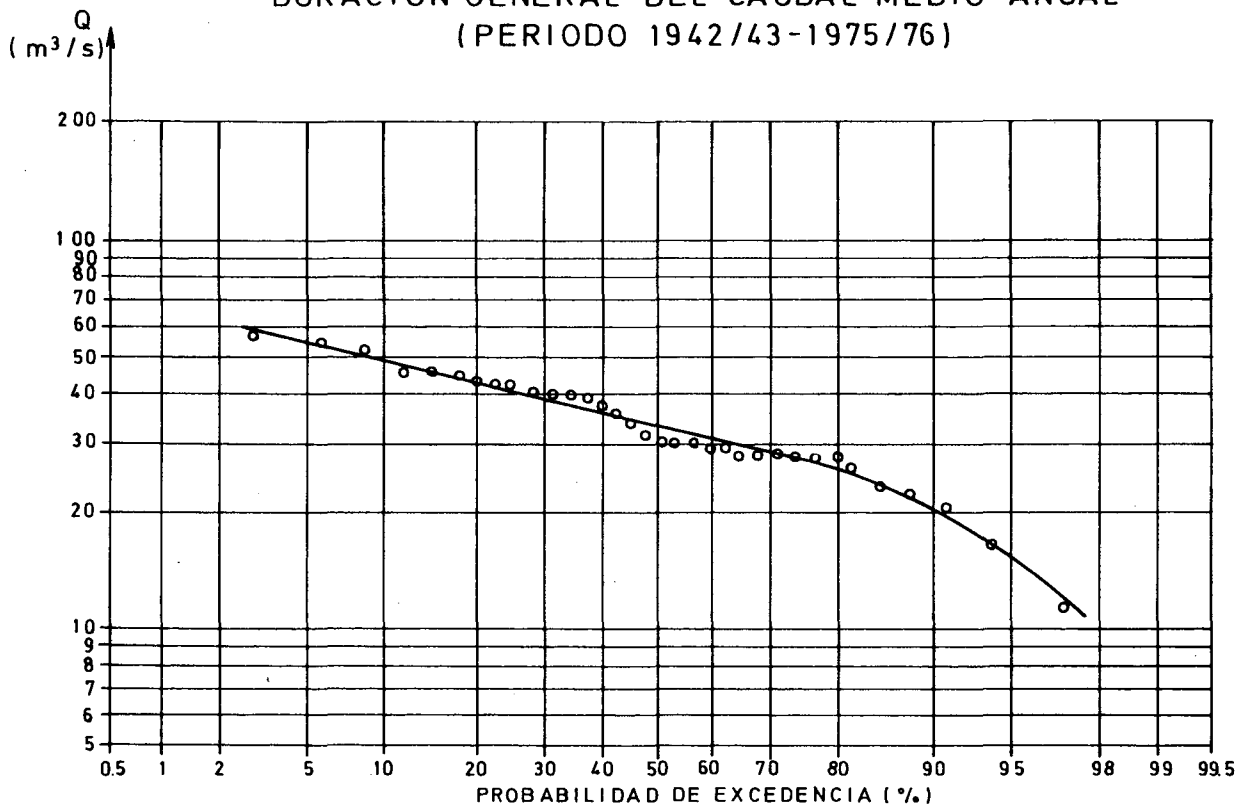


FIG. Nº IV.C.2-70

FIG. Nº IV. C. 2-71

LONGAVI EN EL CASTILLO

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

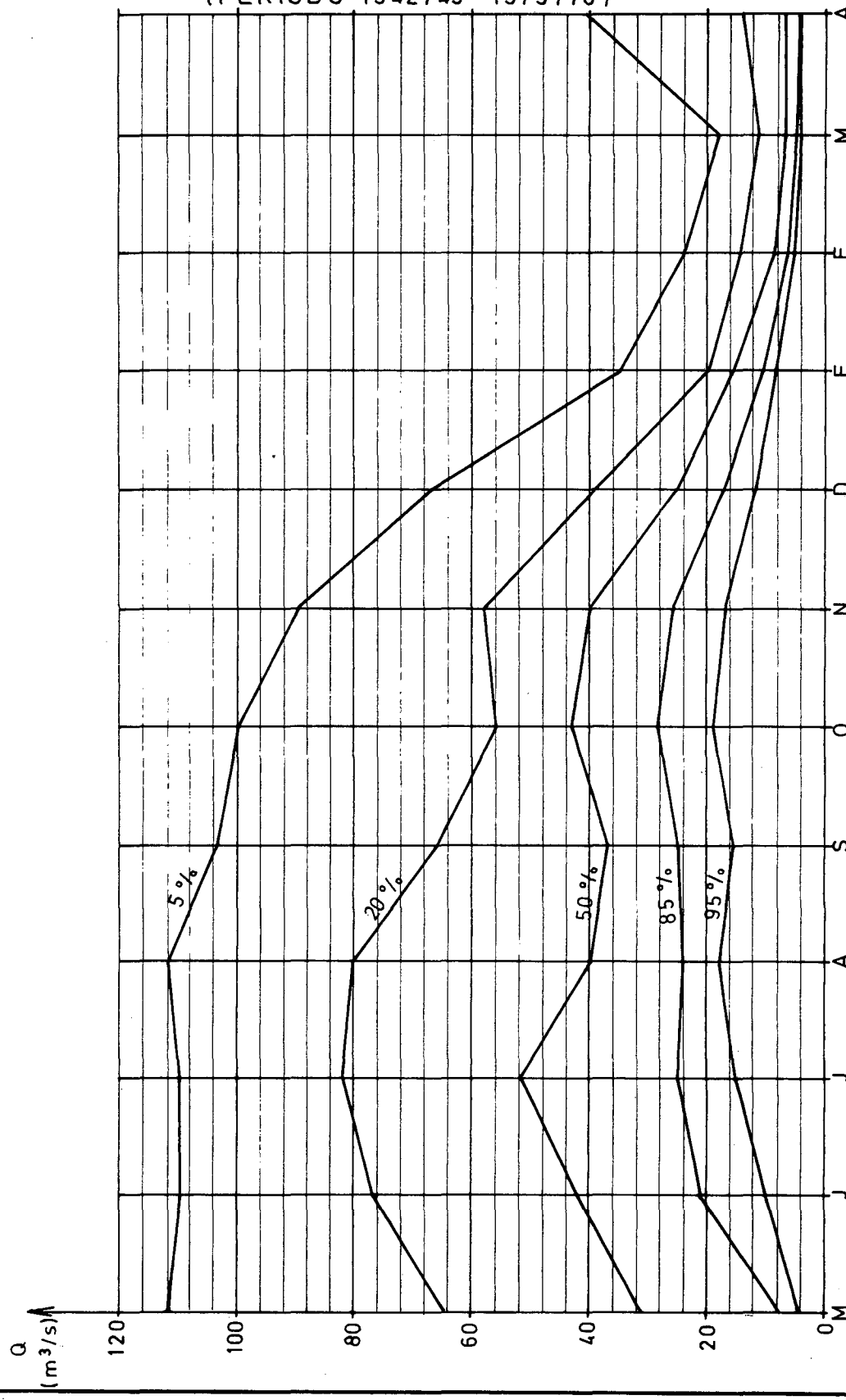


FIG. Nº IV. C. 2-72

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

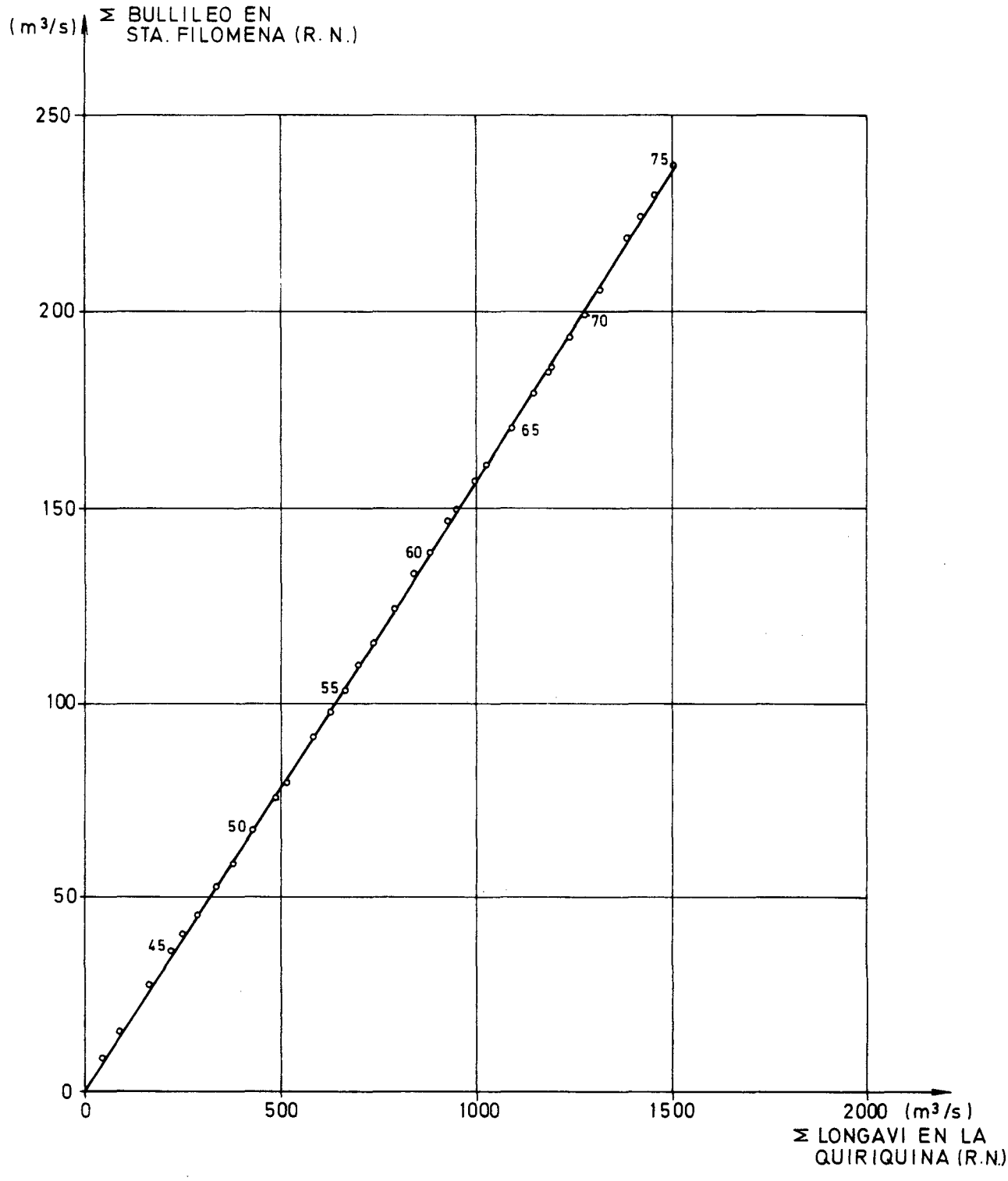
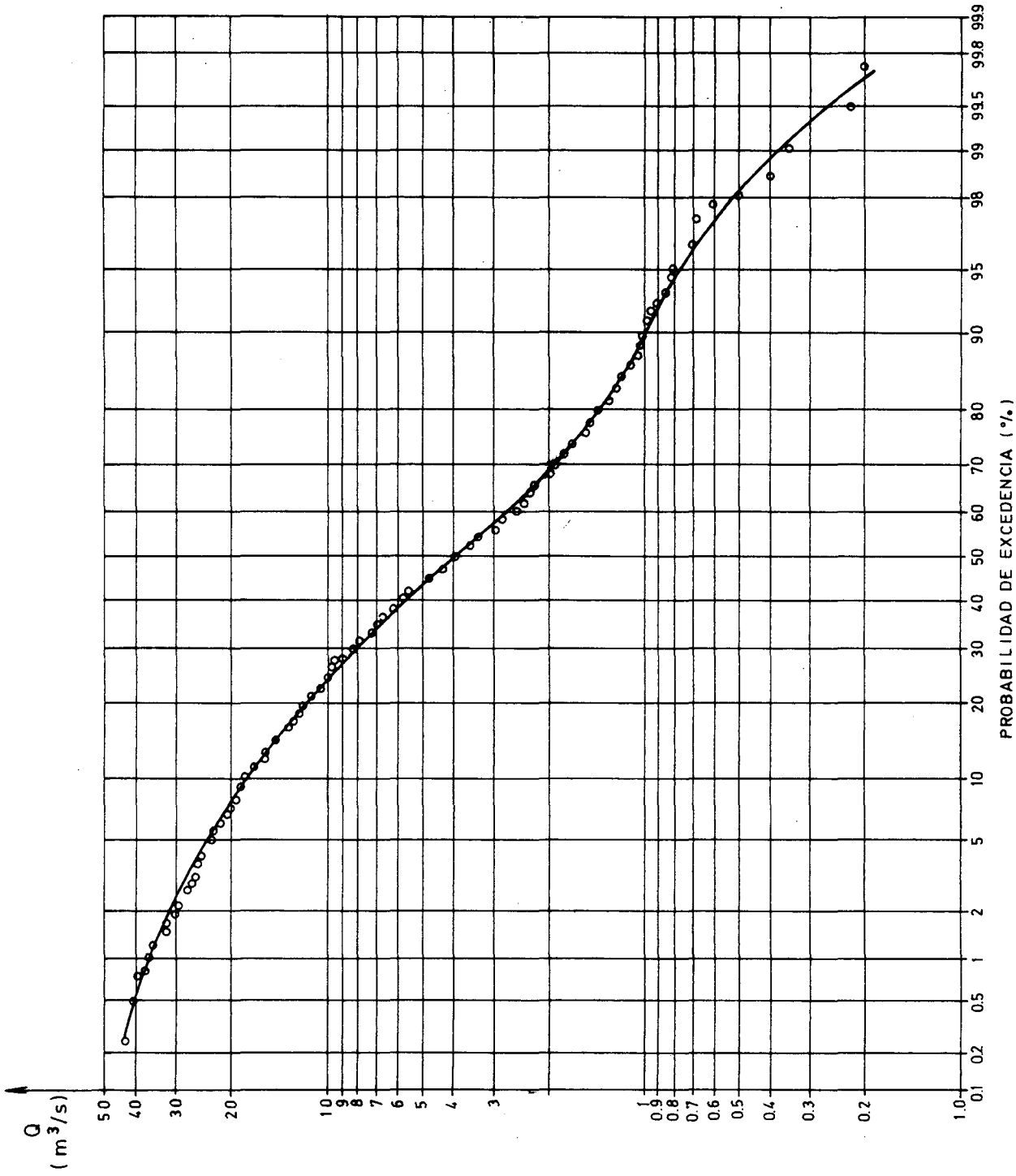


FIG. Nº IV.C. 2-73

BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 -1975/76)



BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)

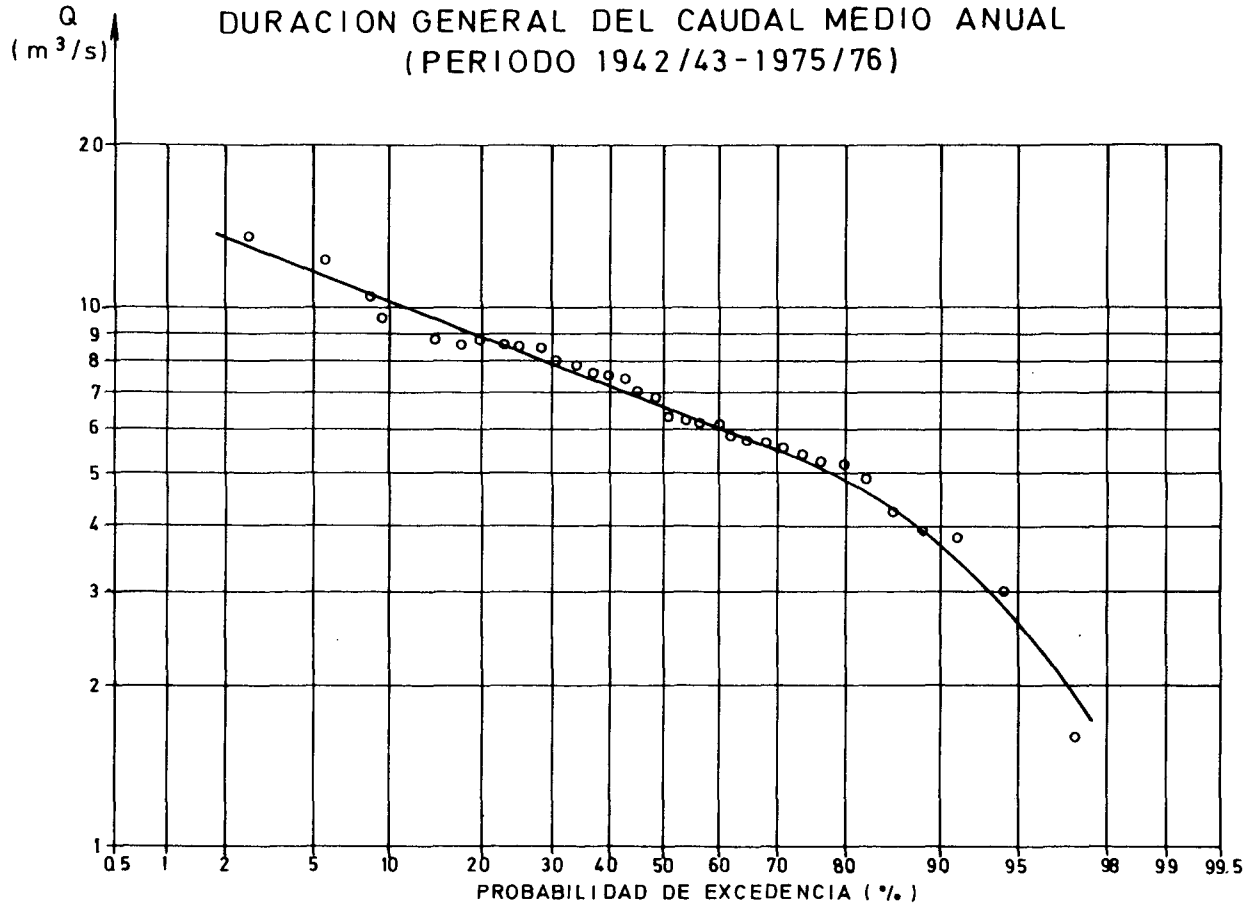


FIG. Nº IV.C.2-74

FIG. Nº IV.C.2-75

BULLILEO EN STA. FILOMENA (R. N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

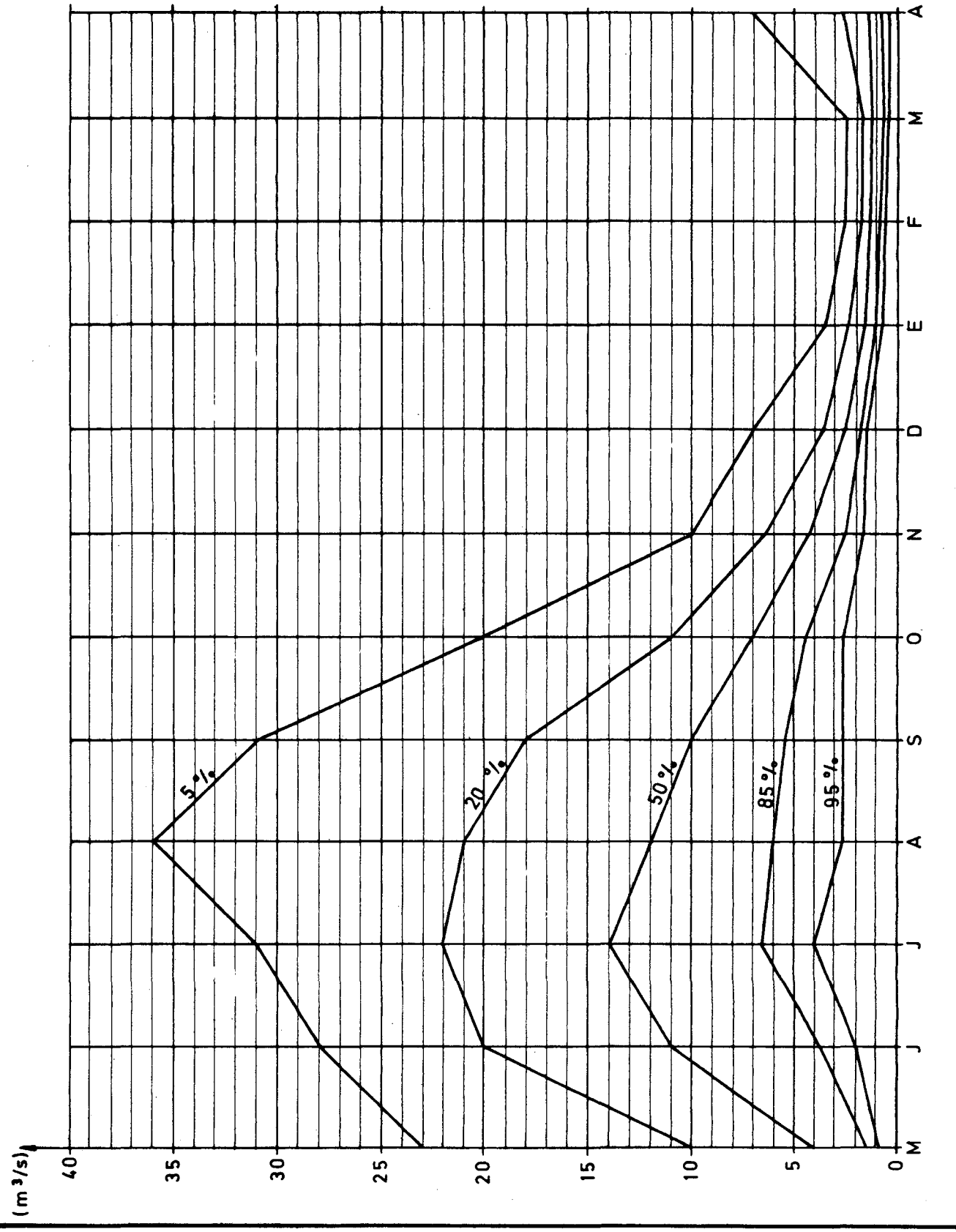


FIG. Nº IV.C. 2-76

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

CATO EN DIGUA (R.N.)

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

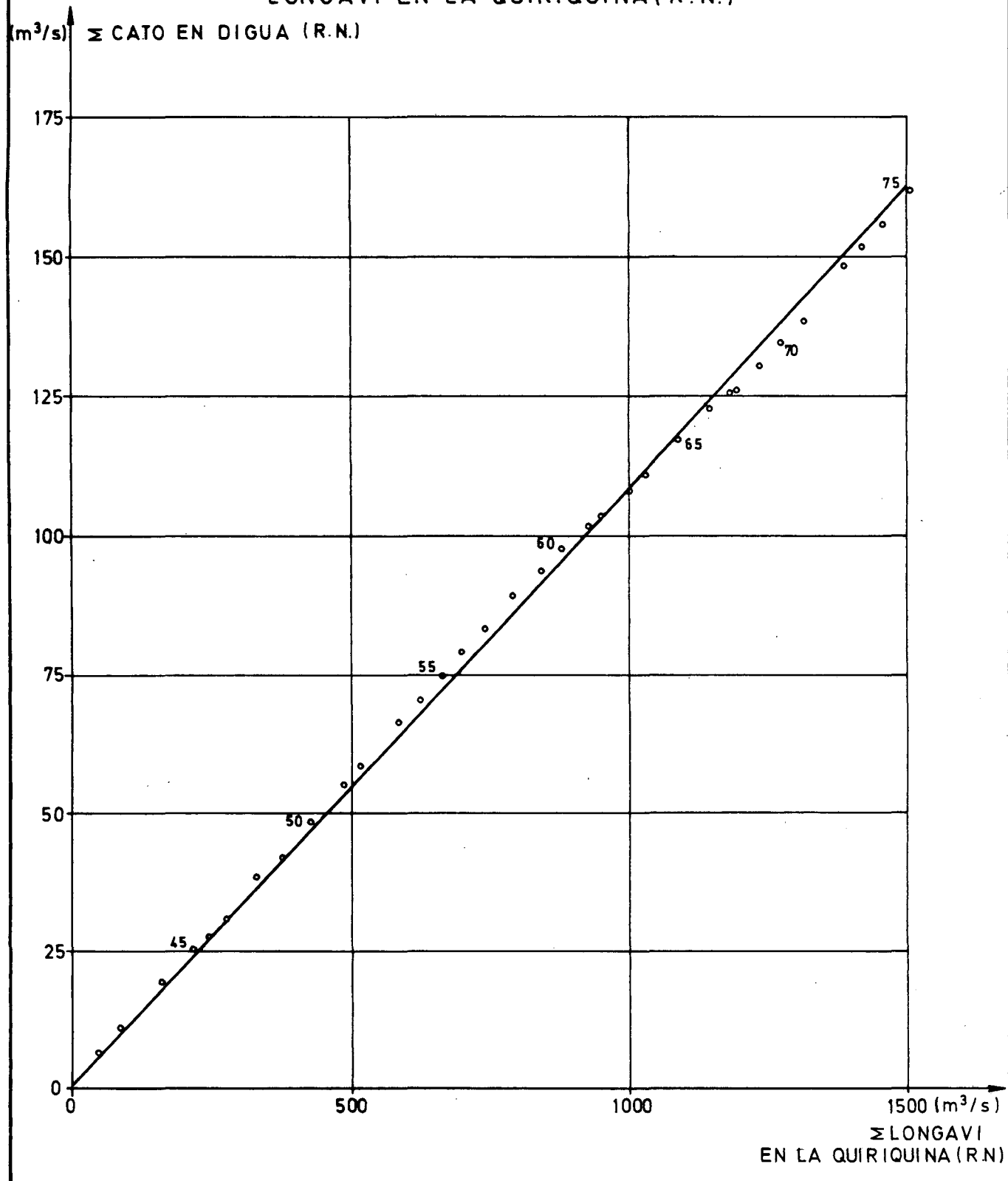
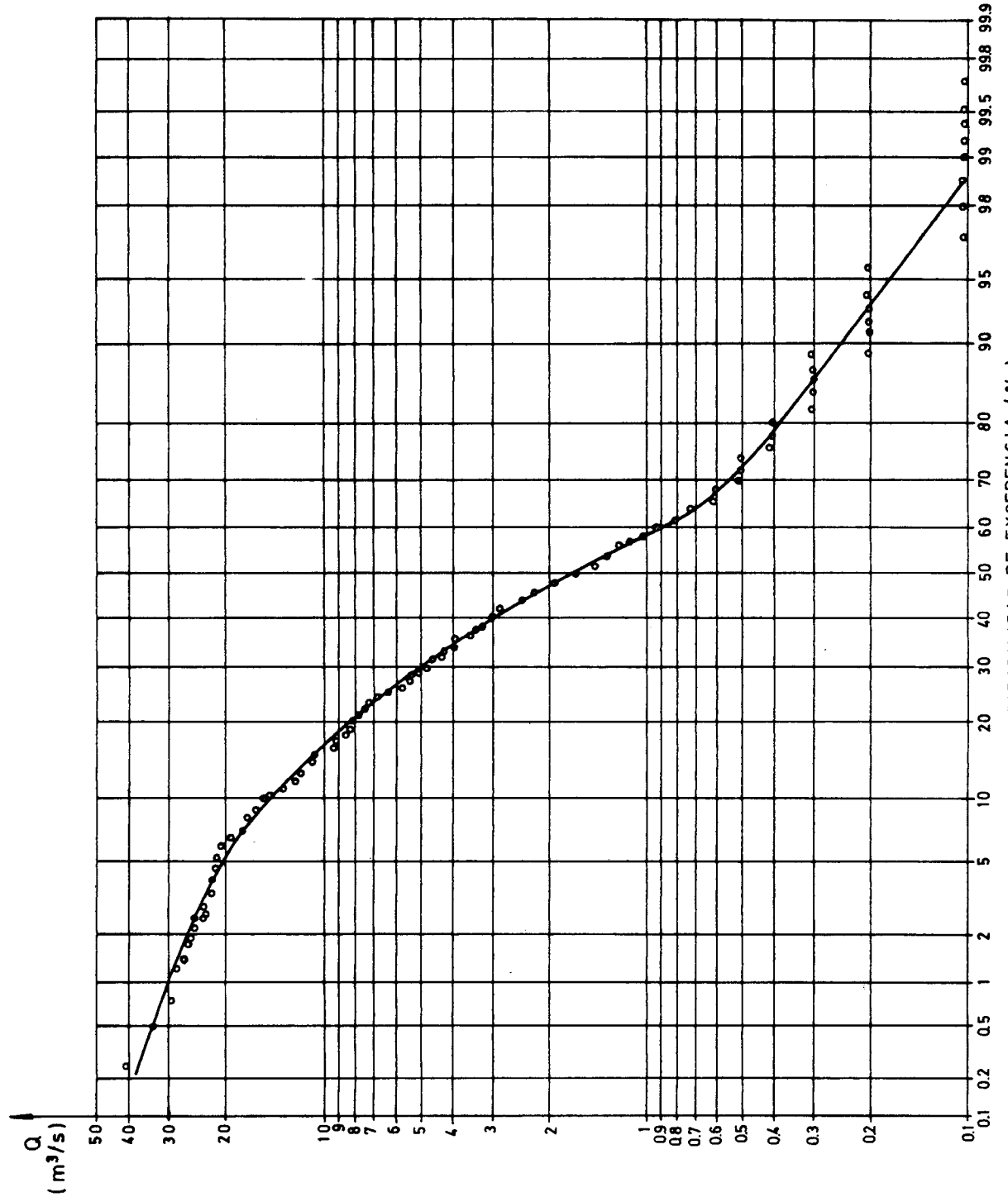


FIG. Nº IV. C. 2-77

CATO EN DIGUA (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



CATO EN DIGUA (R.N.)

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

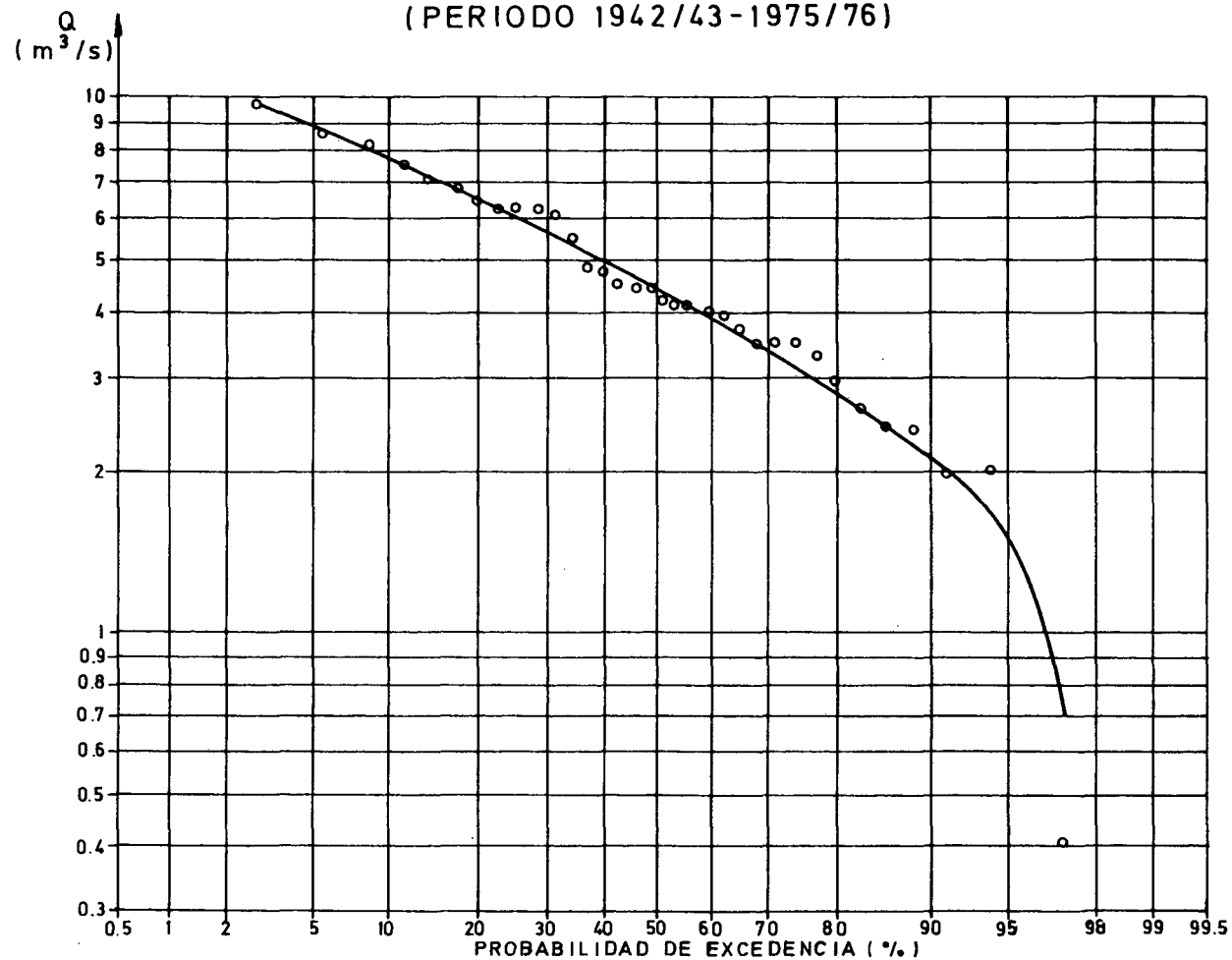


FIG. Nº IV.C.2-78

FIG. Nº IV.C.2-79

CATO EN DIGUA (R.N.)

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 -1975/76)

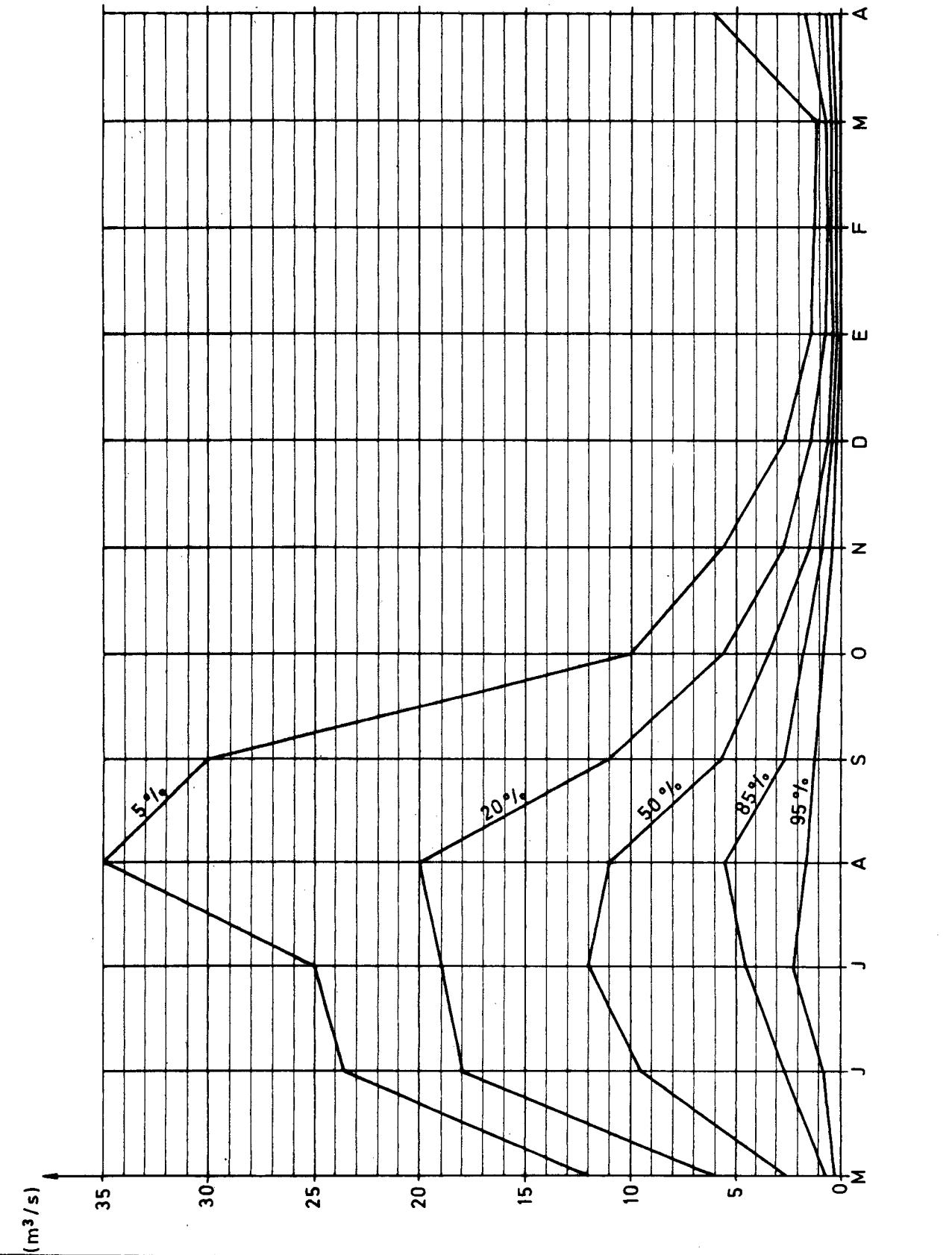


FIG. Nº IV. C. 2-80

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R. N.)

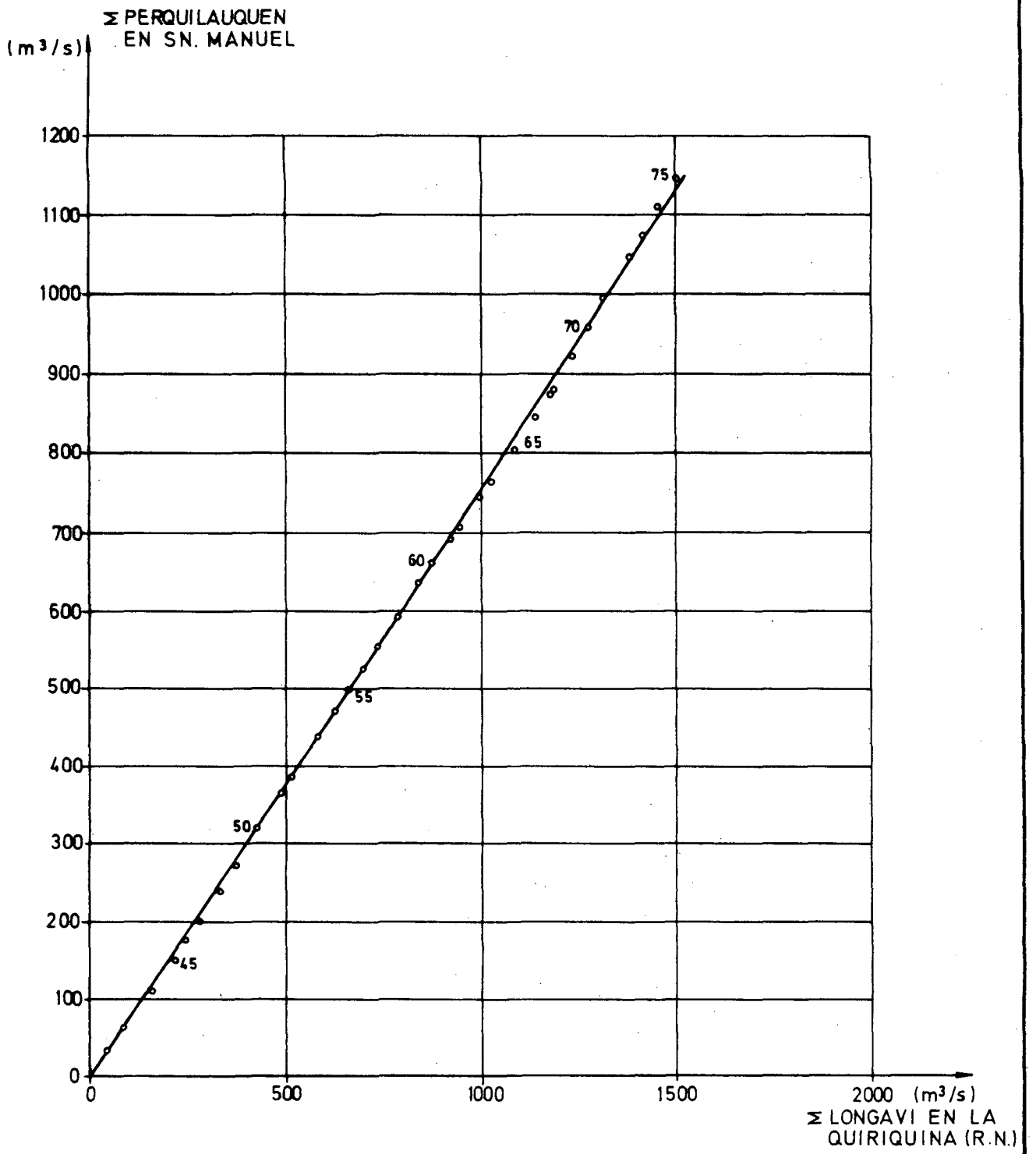
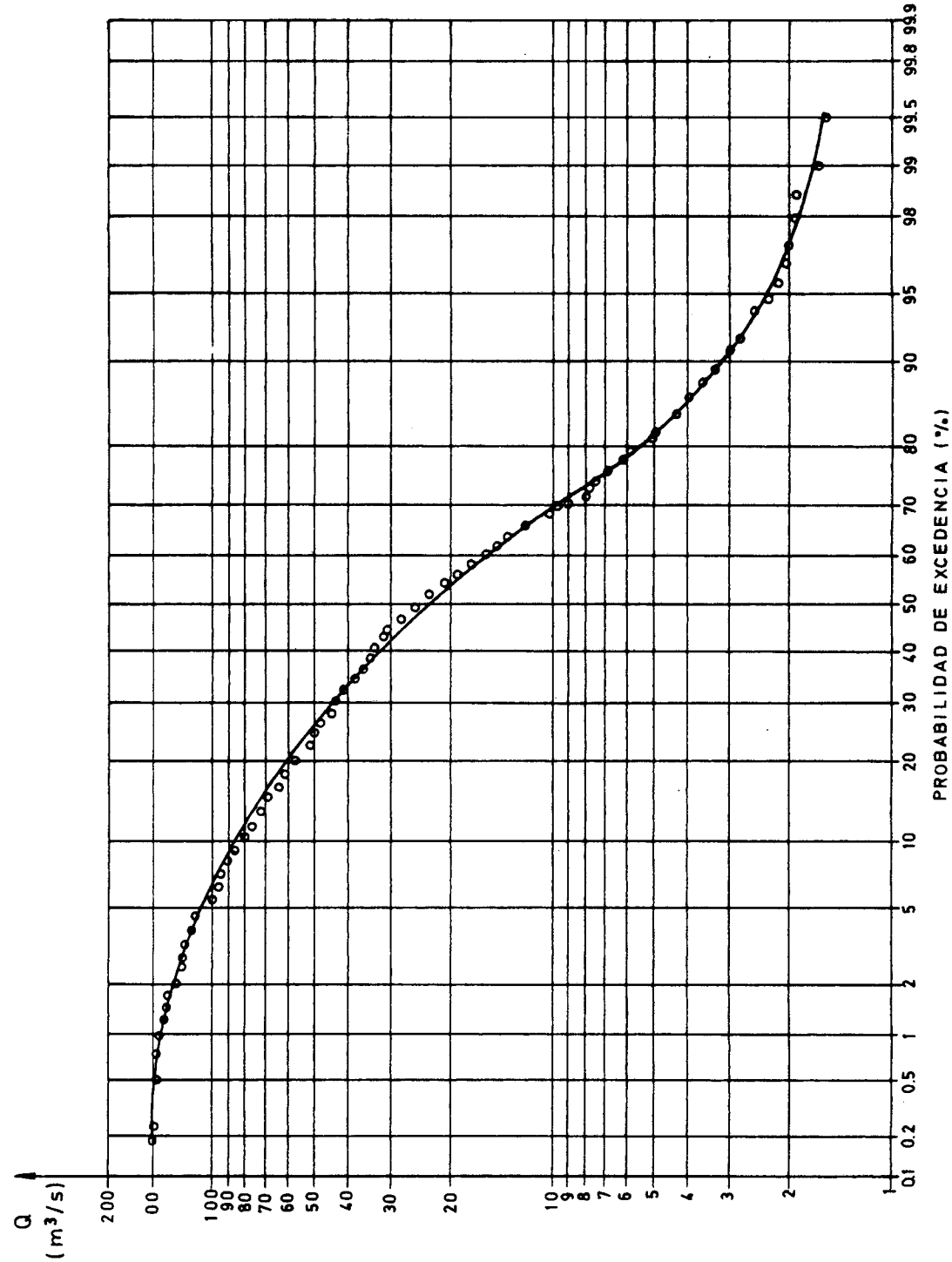


FIG. Nº IV.C.2-81

PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

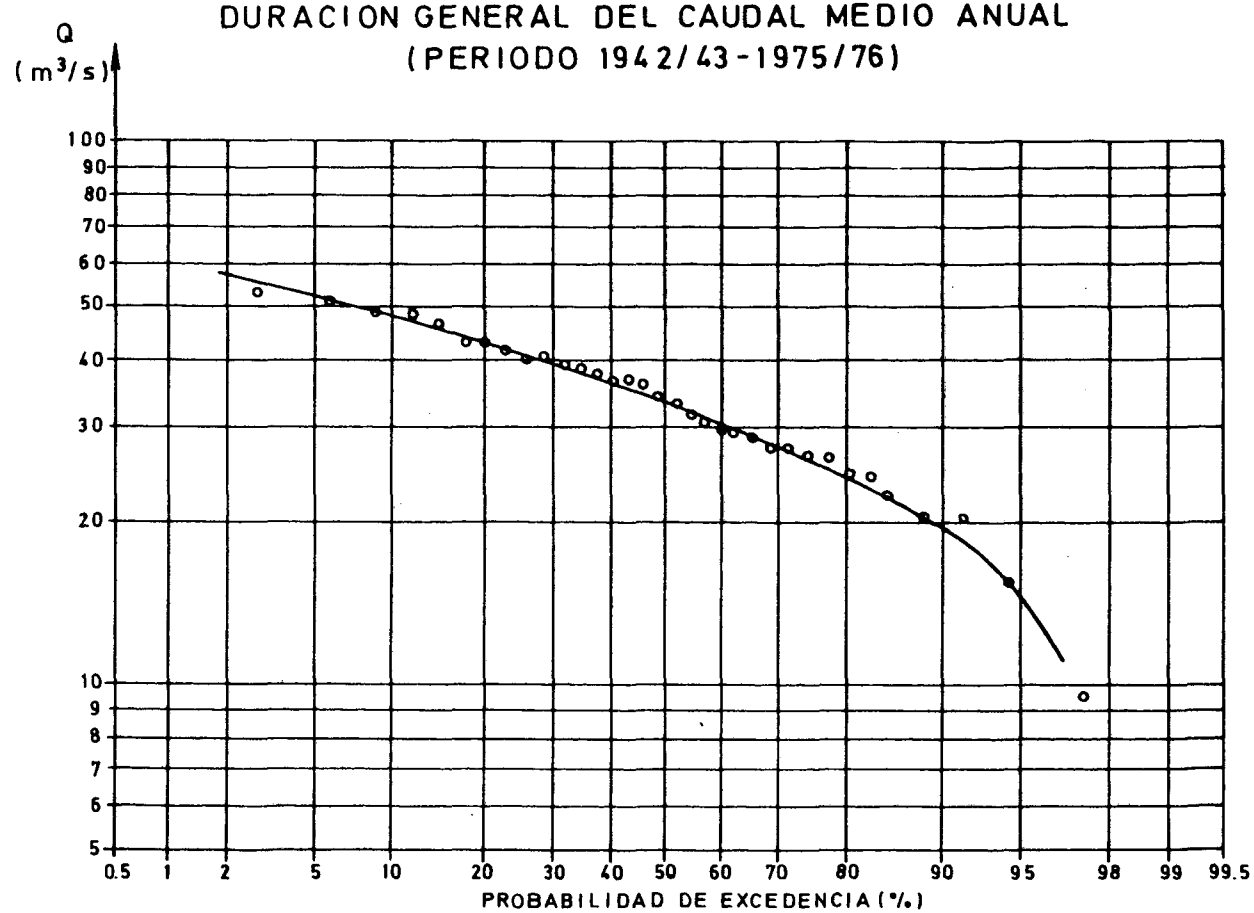


FIG. Nº IV.C.2-82

FIG. Nº IV.C.2-83

PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

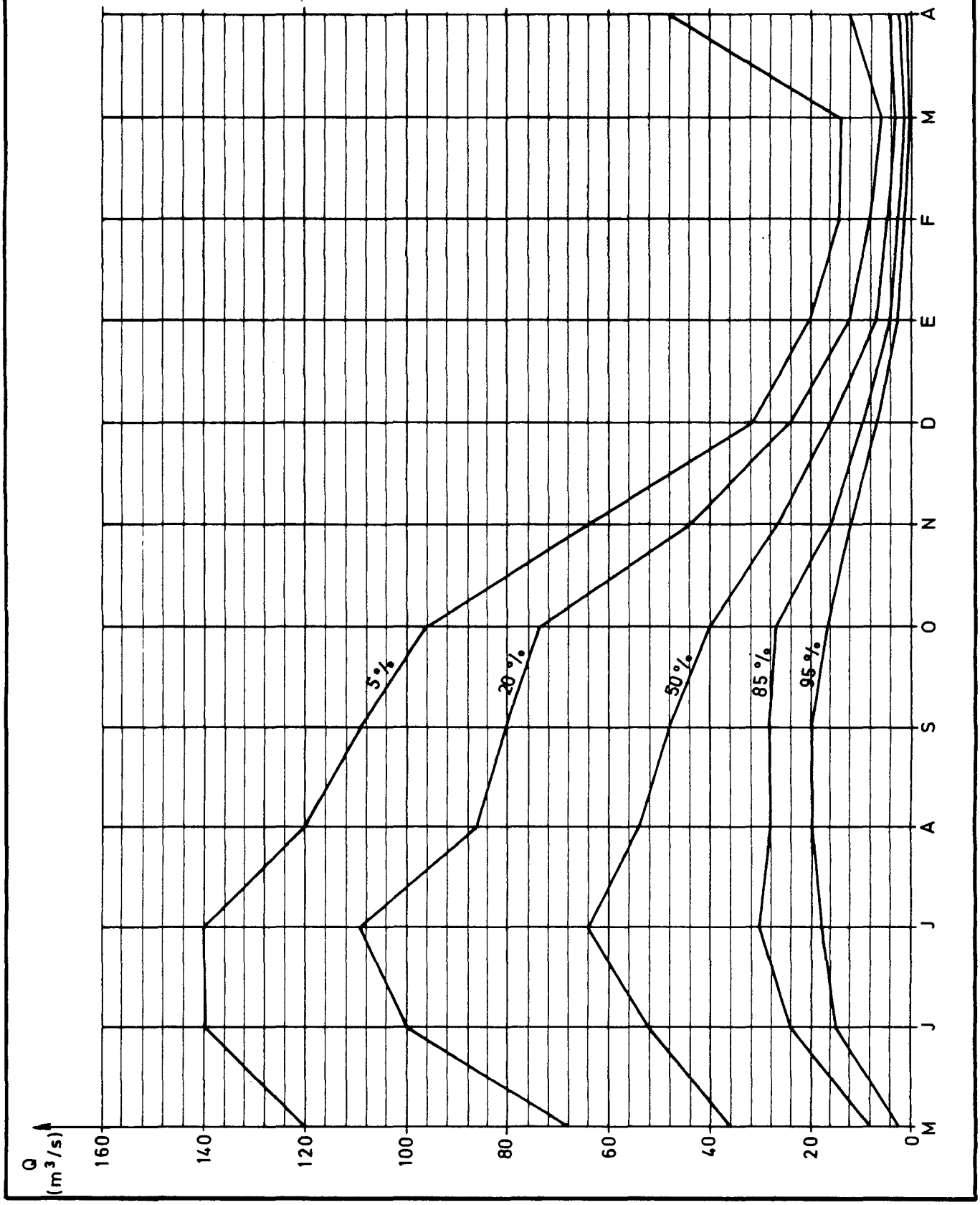


FIG. Nº IV.C.2-84

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

CAUQUENES EN EL ARRAYAN
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

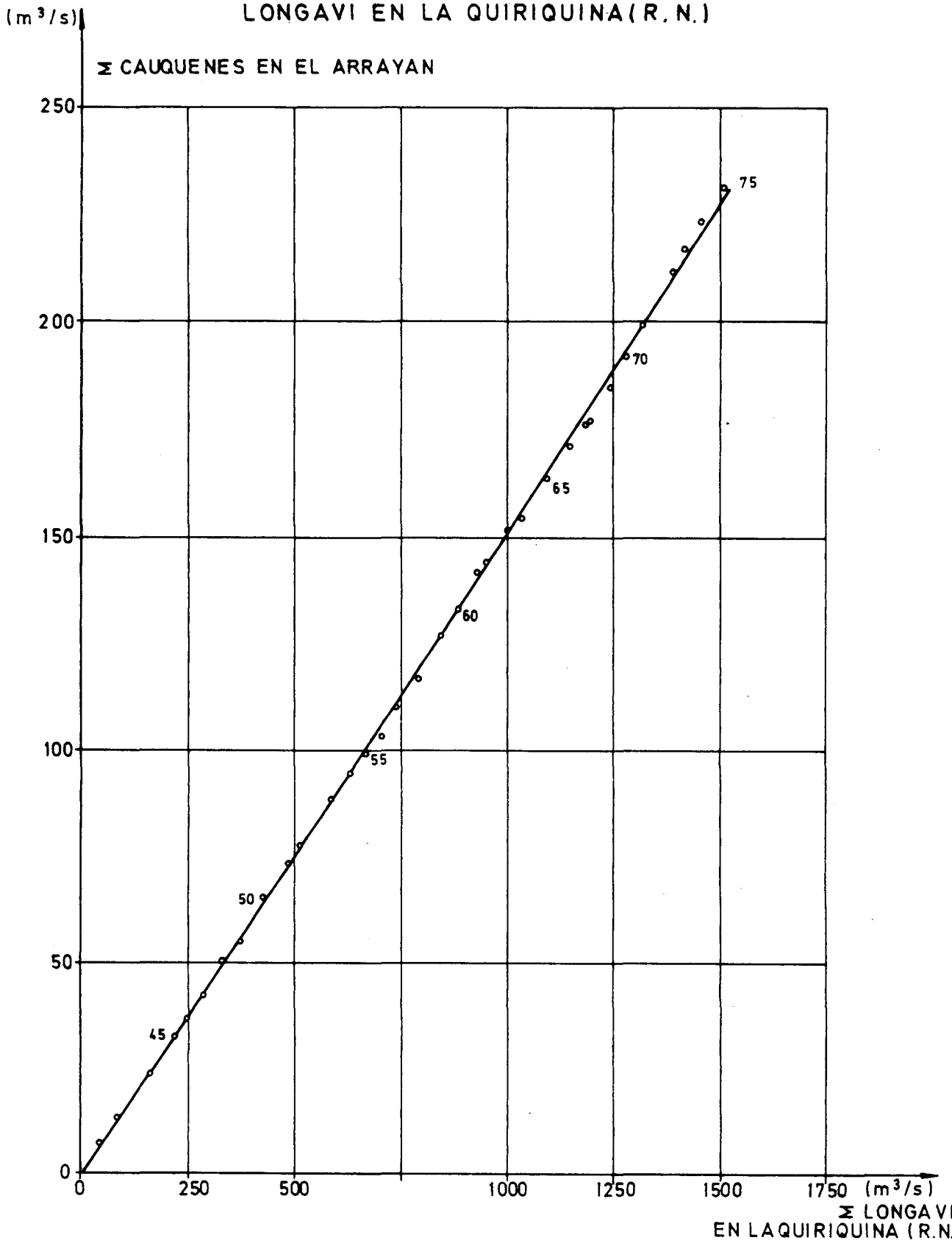
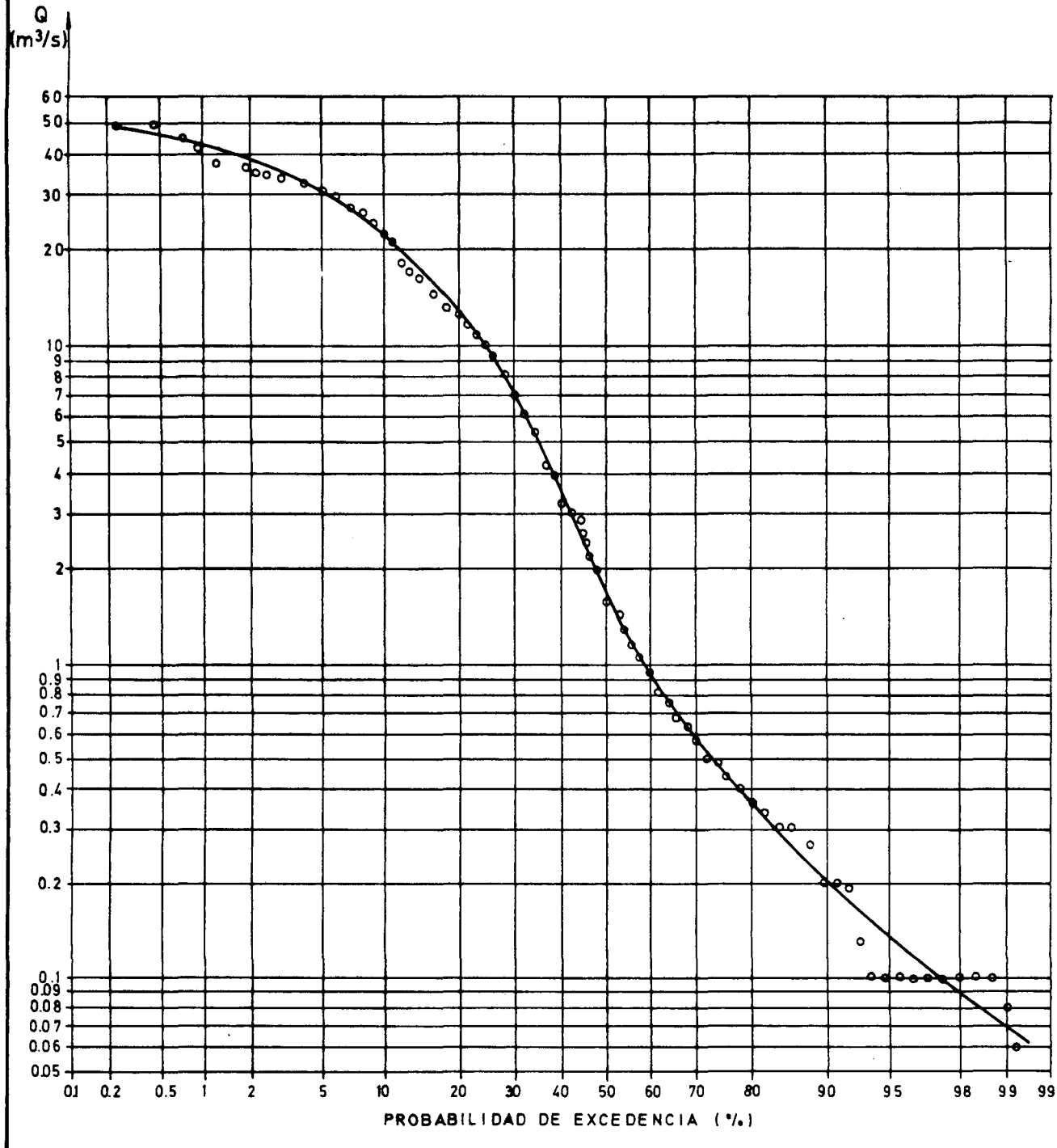


FIG. Nº IV. C. 2-85

CAUQUENES EN EL ARRAYAN

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



CAUQUENES EN EL ARRAYAN

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

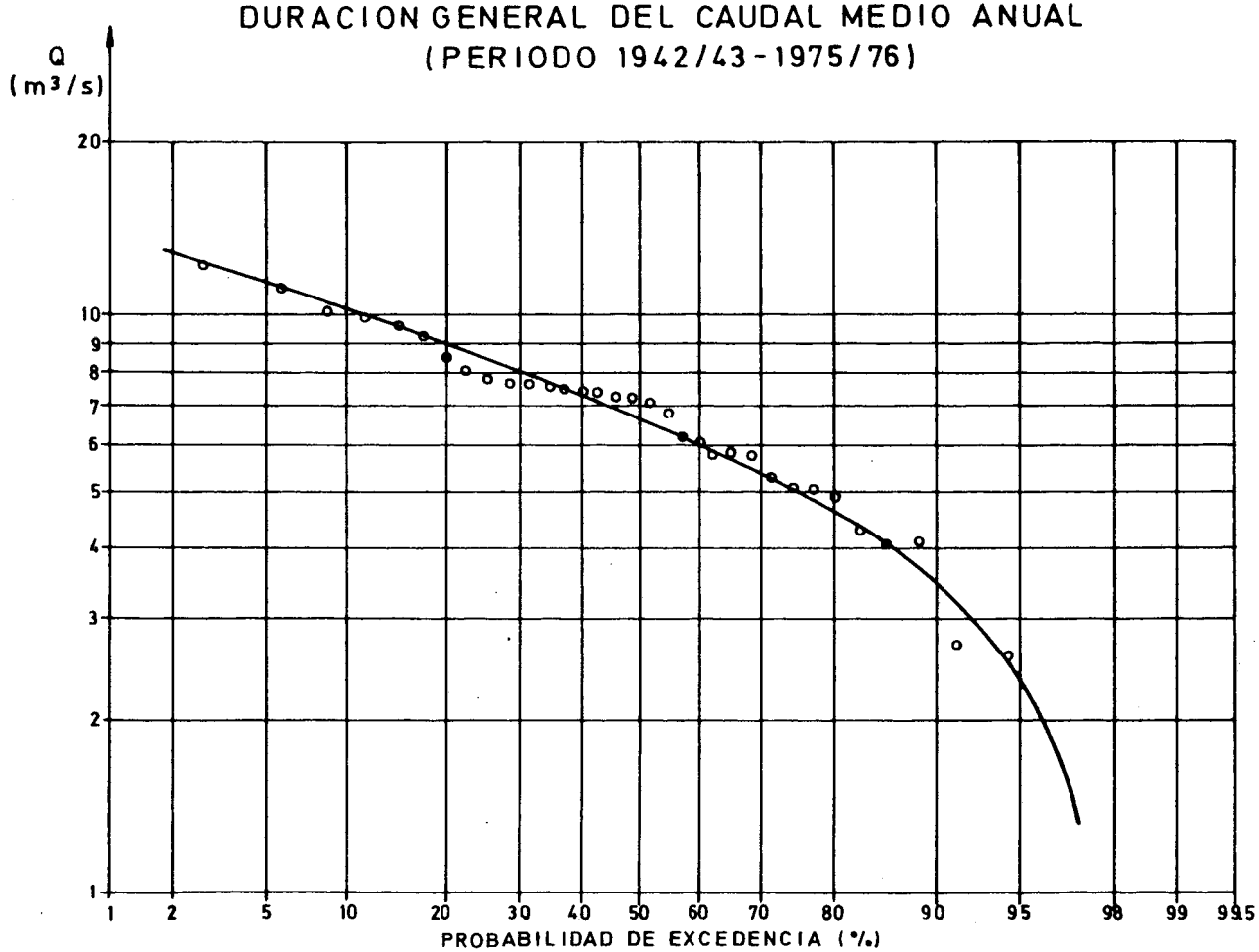


FIG. Nº IV.C.2-86

FIG. Nº IV.C.2-87

CAUQUENES EN EL ARRAYAN

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

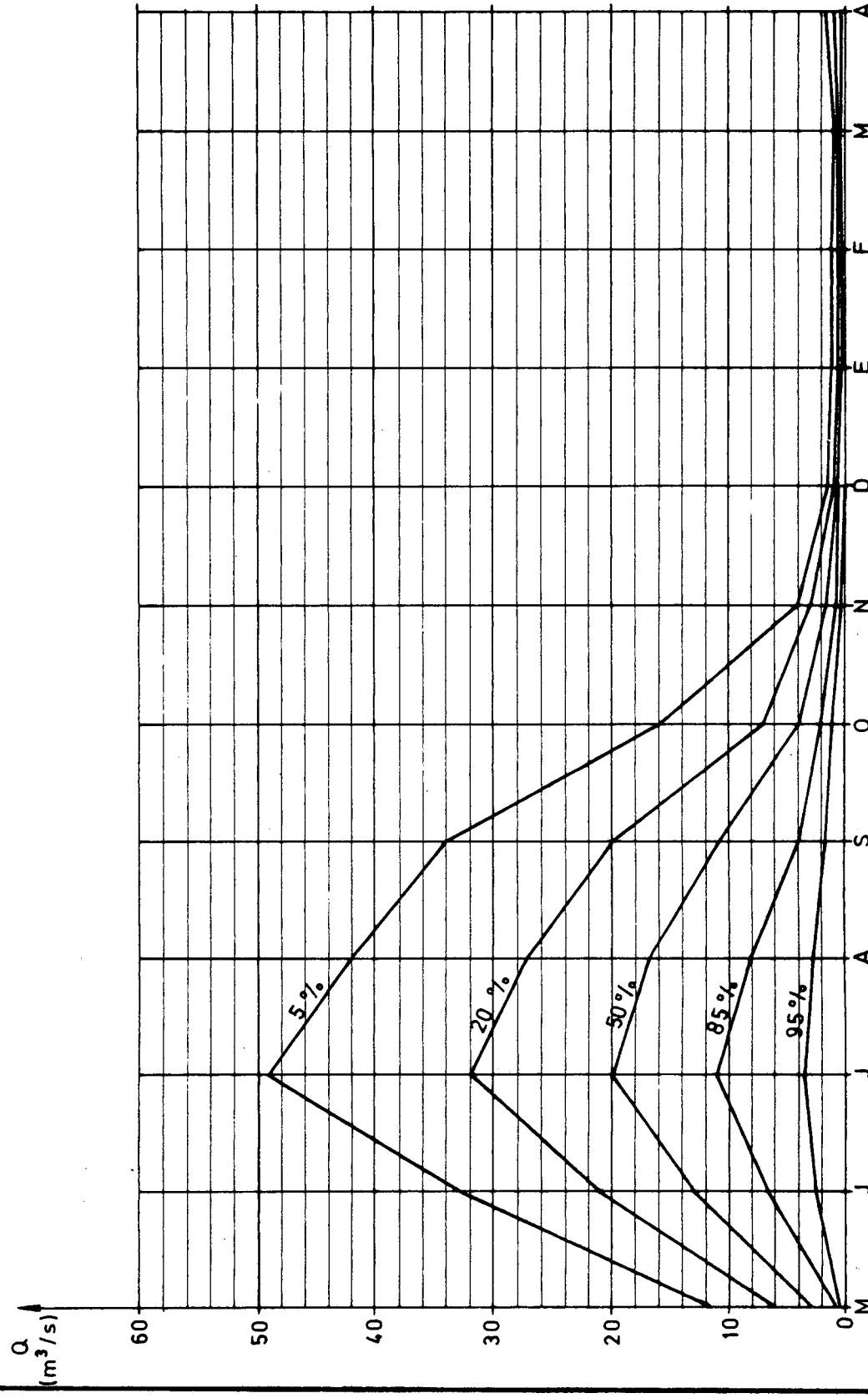


FIG. N° IV. C. 2 - 88

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

PURAPEL EN NIRIVILO
CAUQUENES EN EL ARRAYAN

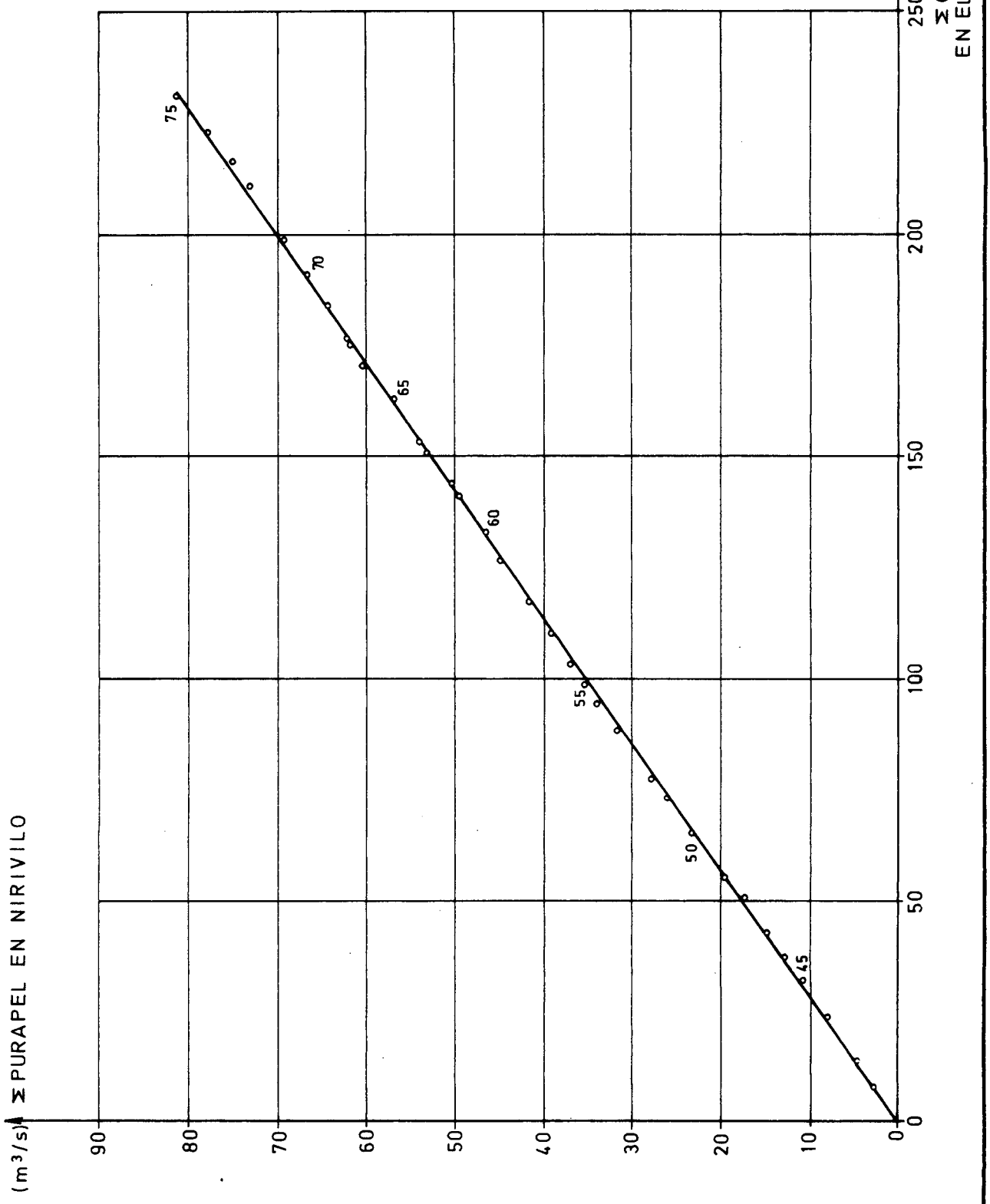
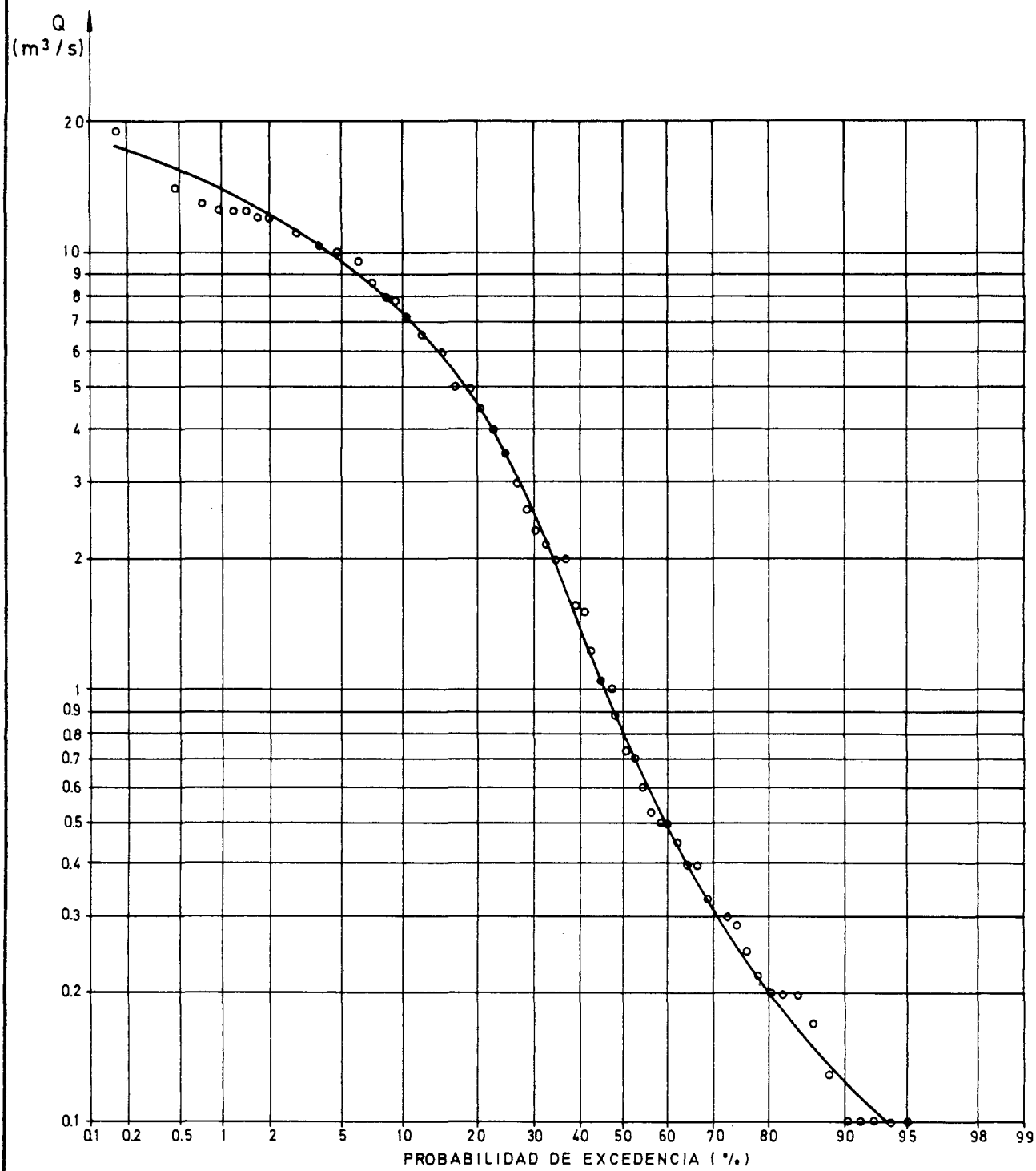


FIG. Nº IV.C.2-89

PURAPEL EN NIRIVILO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



PURAPEL EN NIRIVILO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

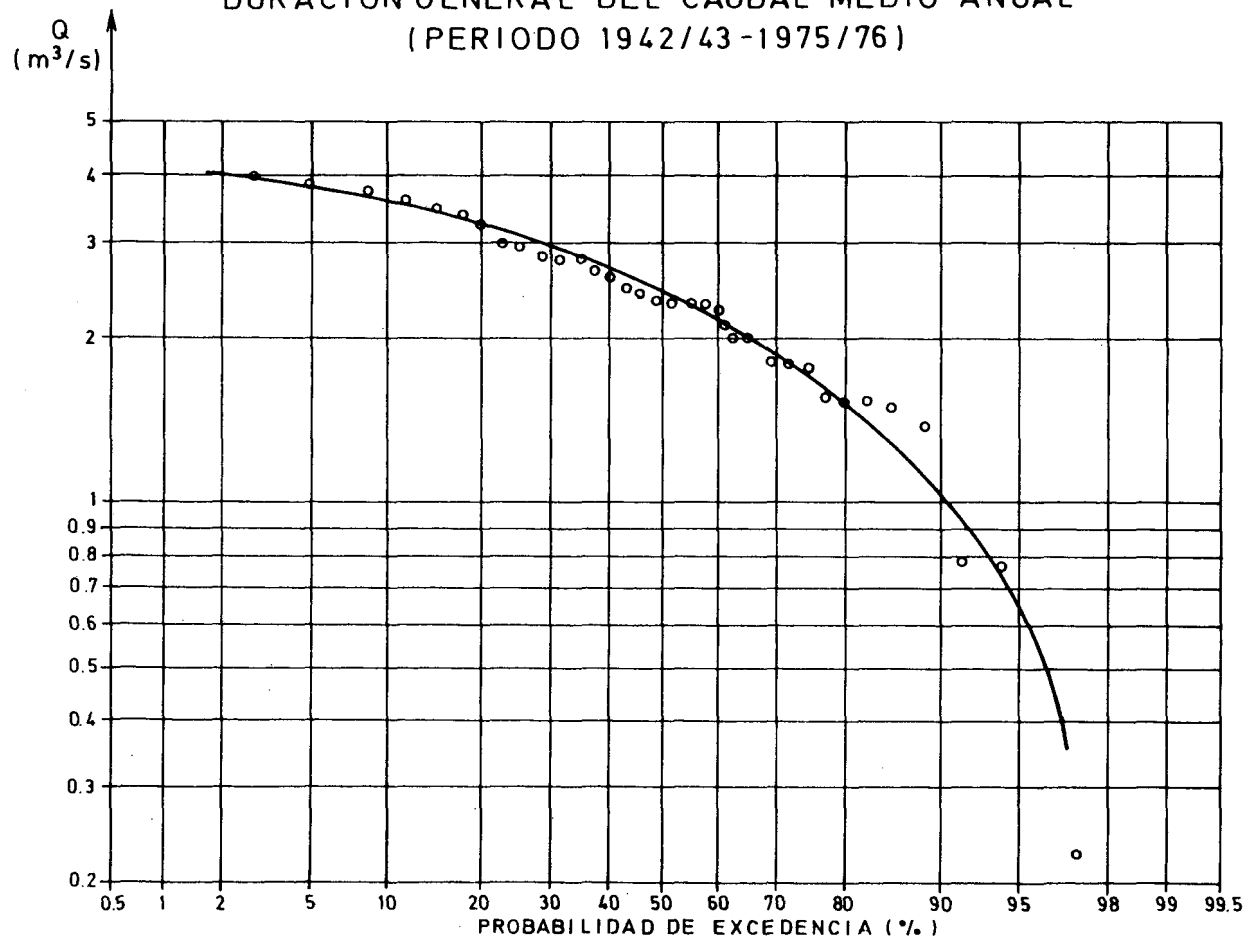


FIG. Nº IV.C.2-90

FIG. Nº IV. C. 2-91

PURAPEL EN NIRIVILO

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

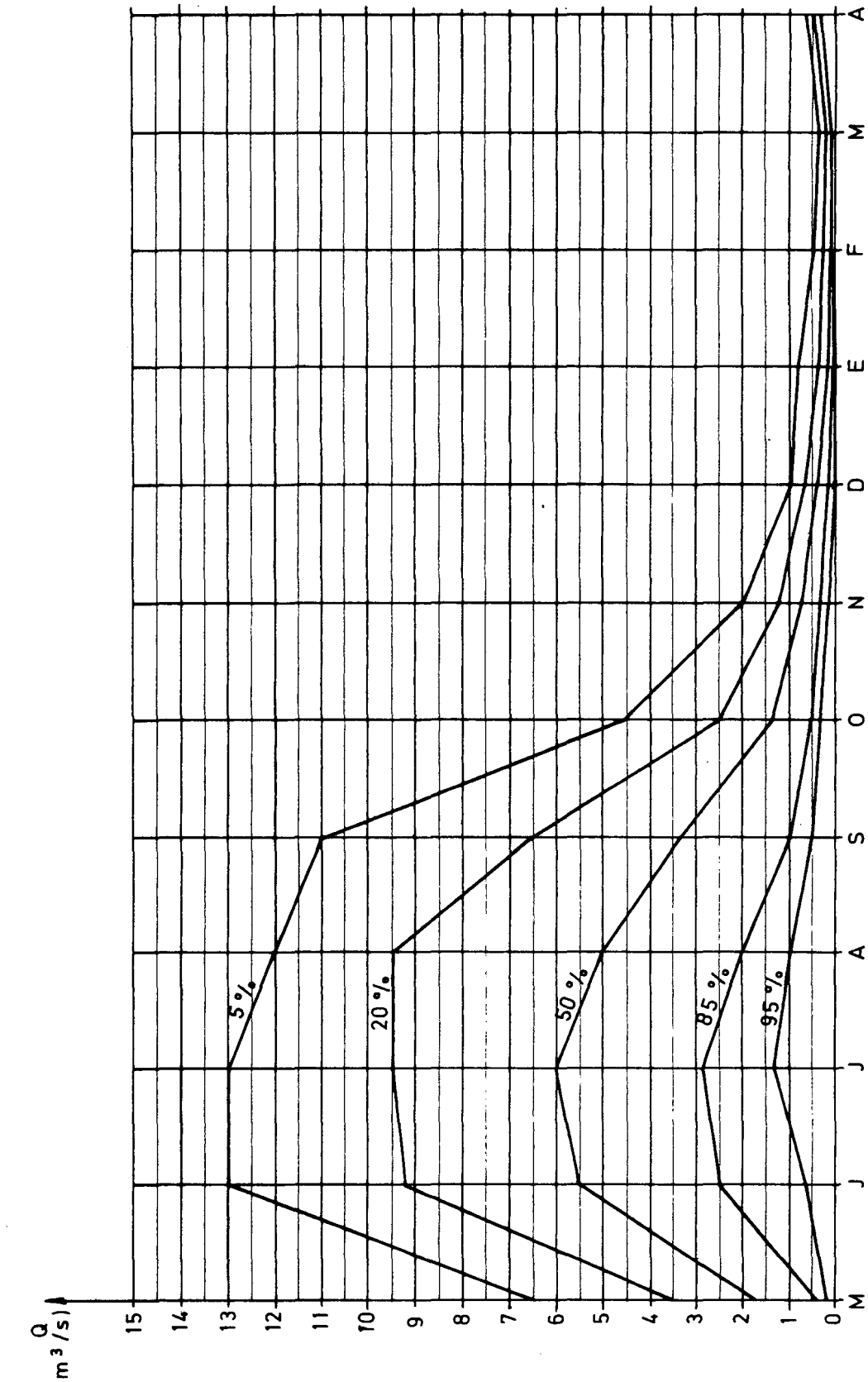


FIG. Nº IV.C.2-92

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

PURAPEL EN SAUZAL
PURAPEL EN NIRIVILO

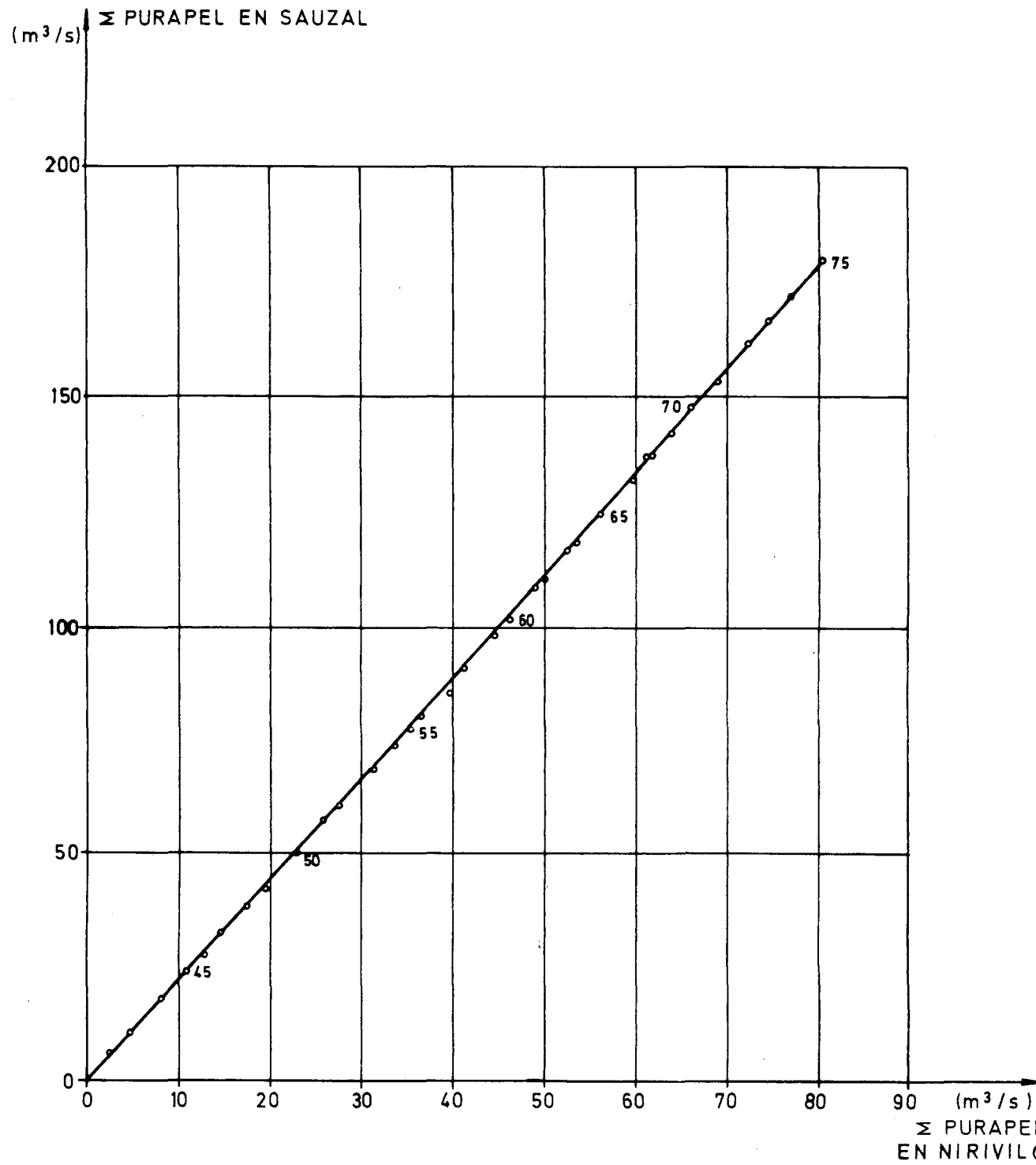
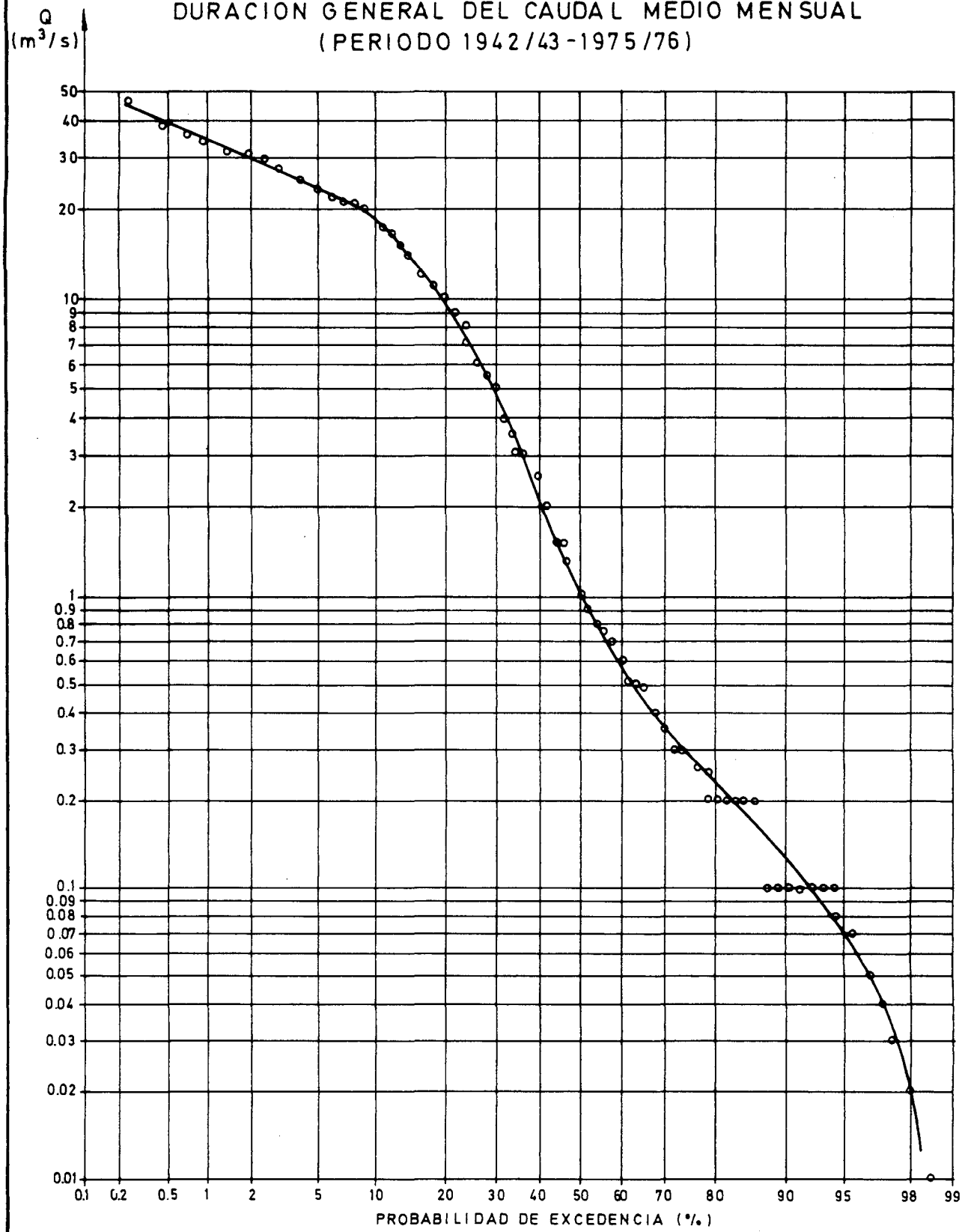


FIG. Nº IV.C.2-93

PURAPEL EN SAUZAL

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43-1975/76)



PURAPEL EN SAUZAL

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

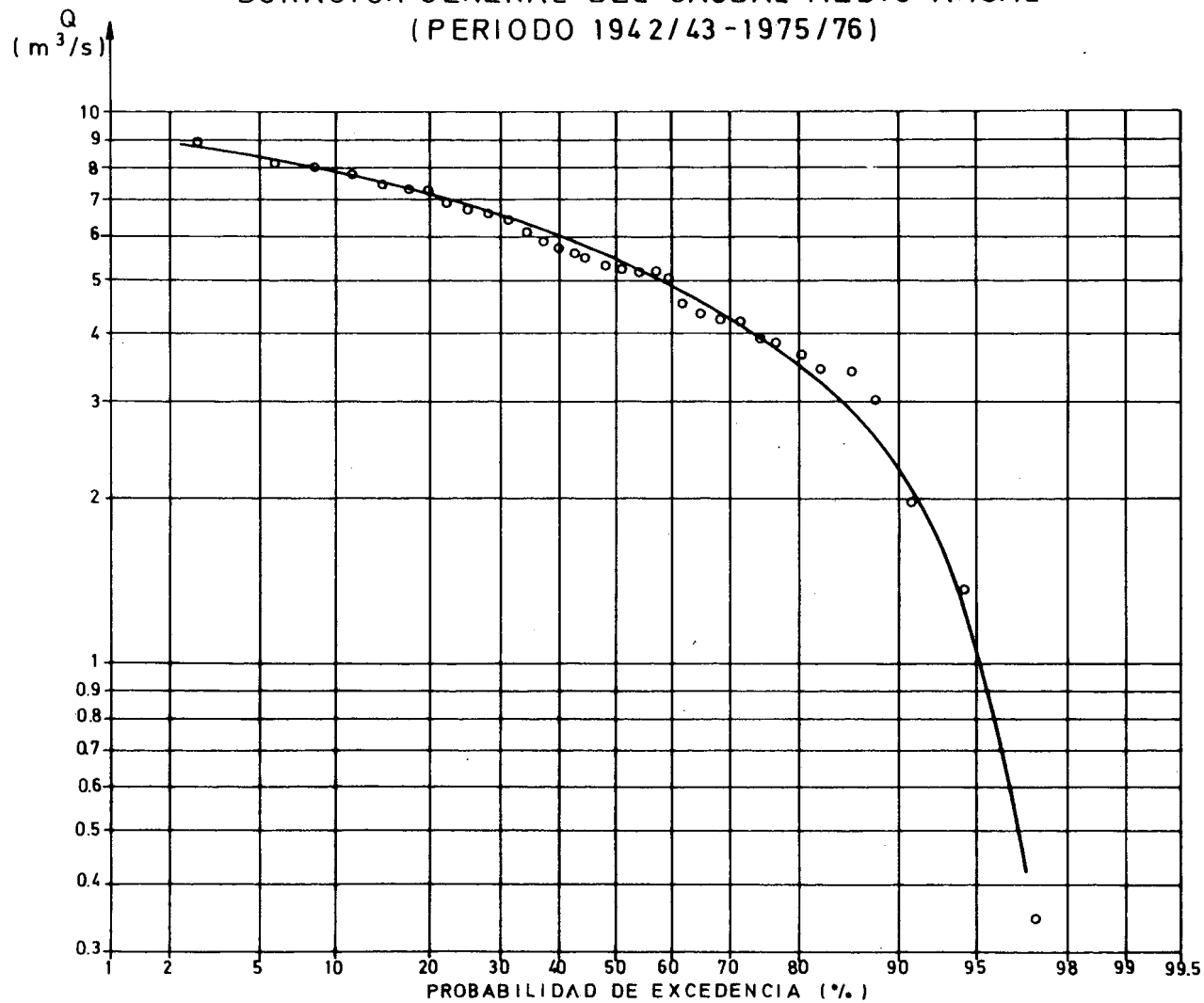


FIG. Nº IV.C.2-94

FIG. Nº IV.C.2-95

PURAPEL EN SAUZAL

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

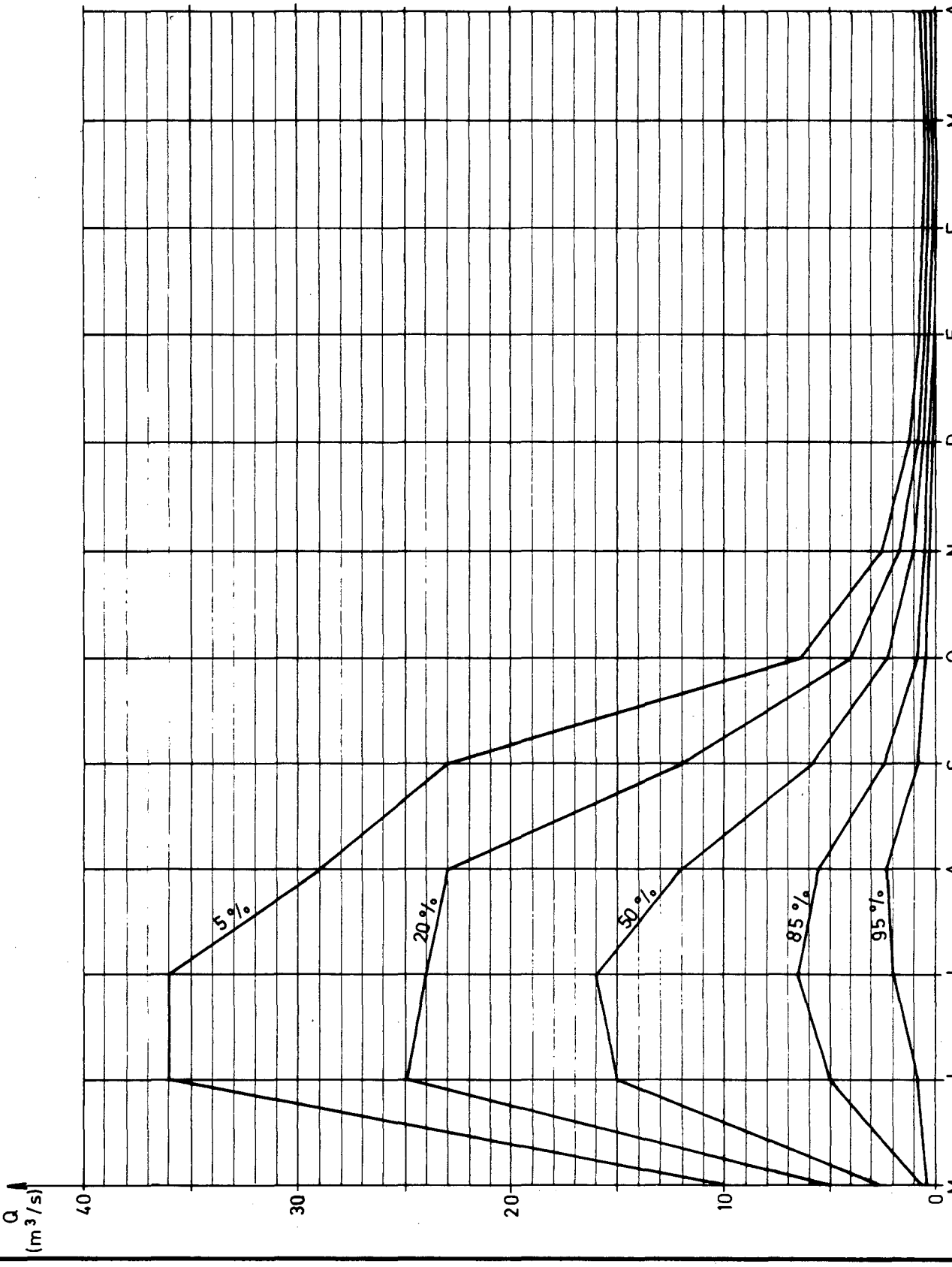


FIG. Nº IV. C. 2-96

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

CLARO EN CAMARICO

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R. N.)

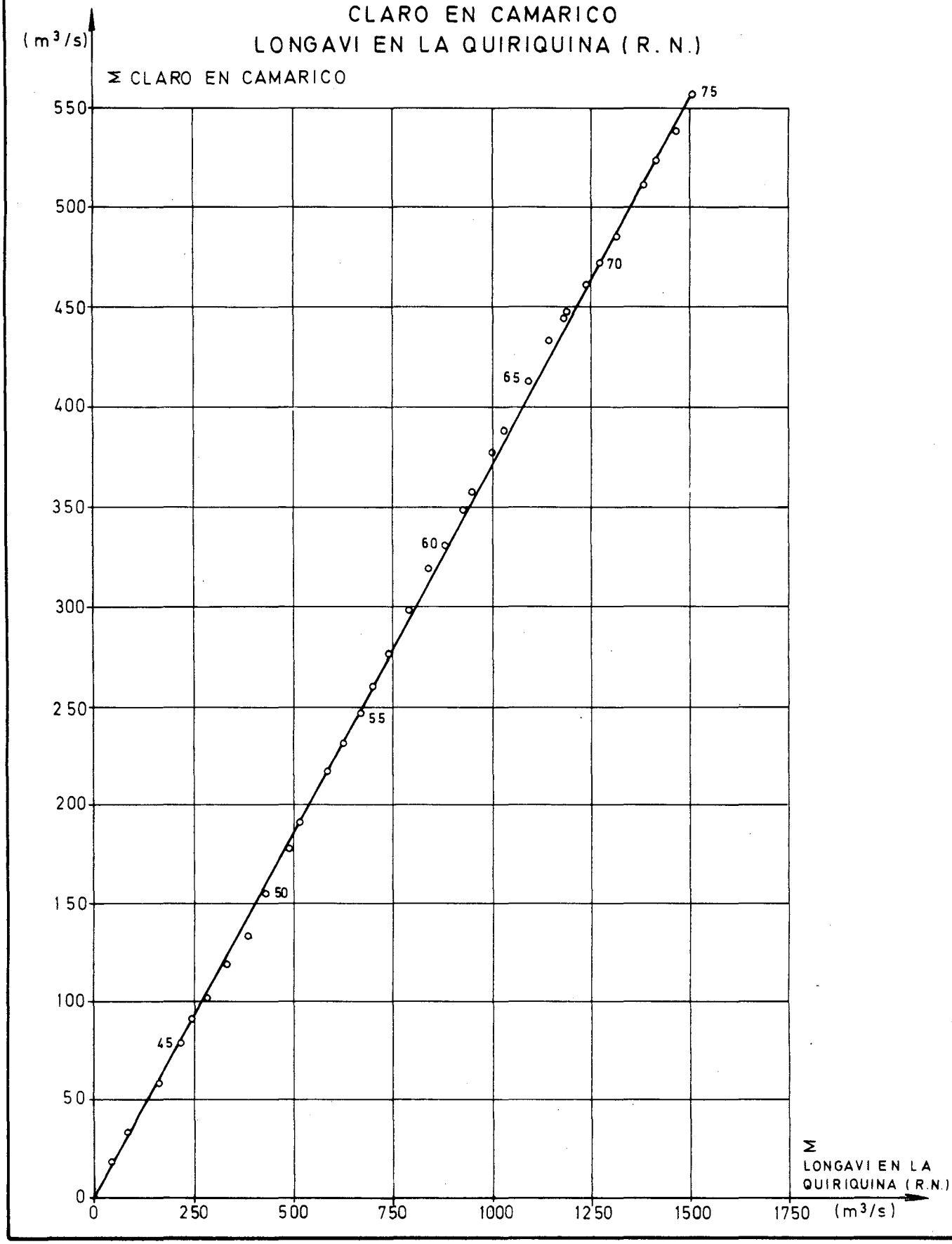
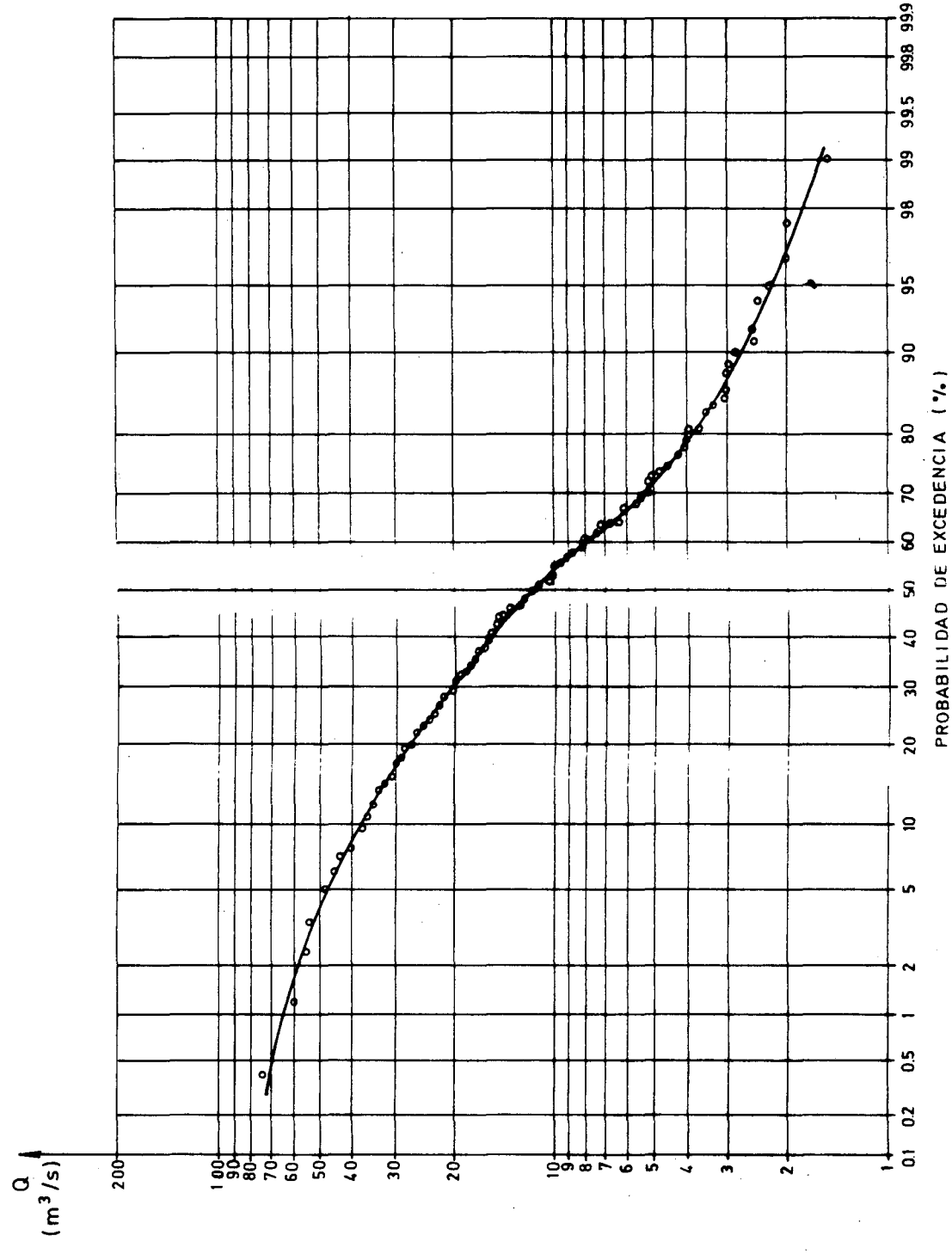


FIG. Nº IV.C.2-97

CLARO EN CAMARICO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



CLARO EN CAMARICO

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

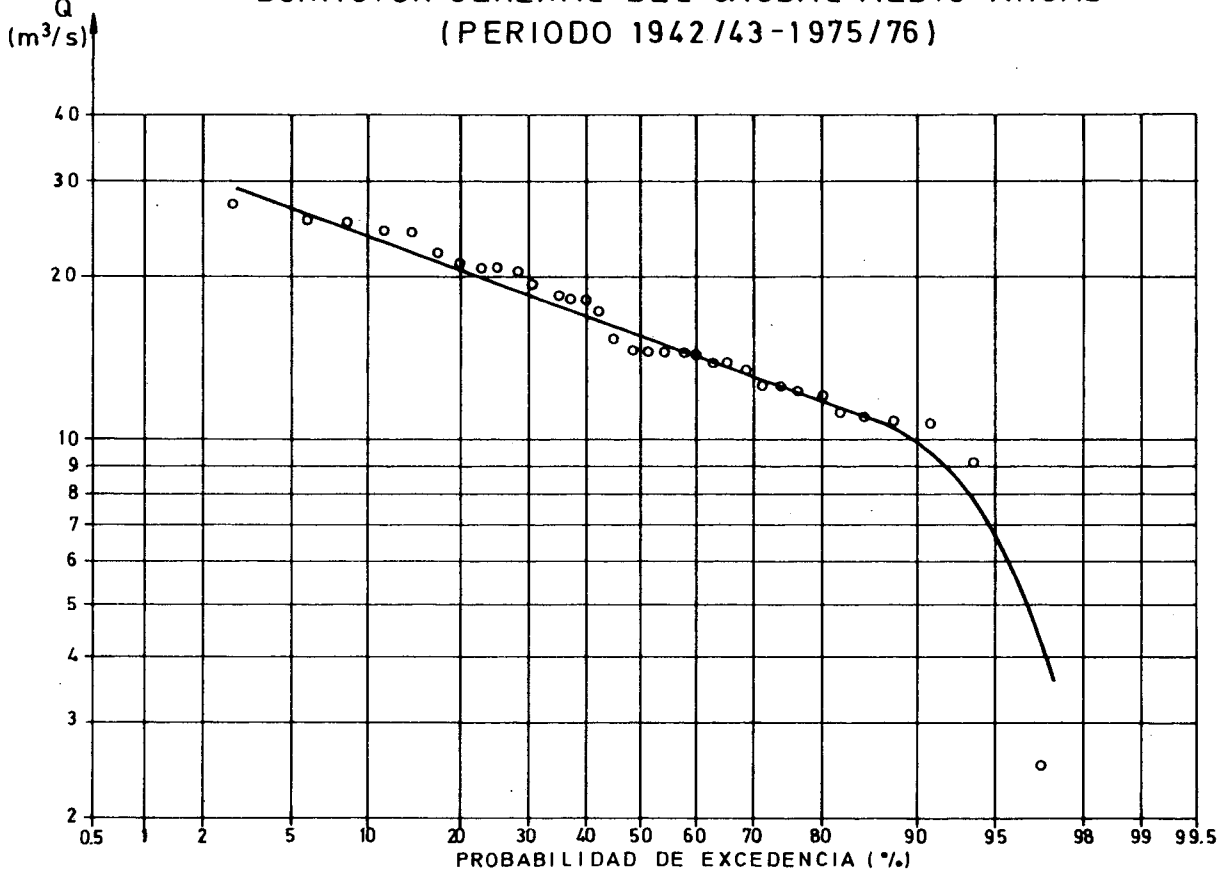


FIG. Nº IV.C.2-98

FIG. Nº IV.C.2-99

CLARO EN CAMARICO

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)

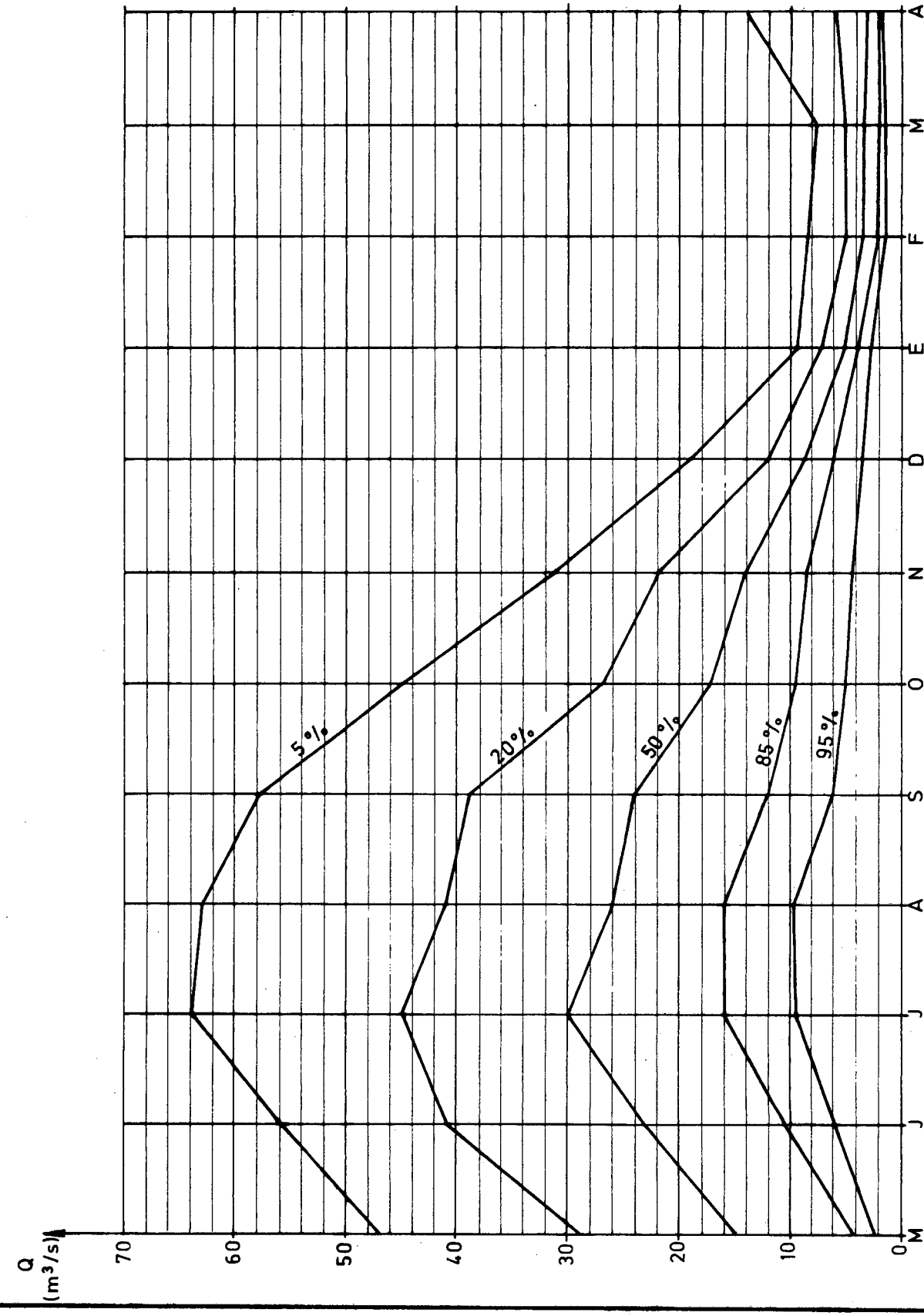


FIG. N° IV. C. 2 -100

CURVA DE DOBLE ACUMULACION

LIRCAY EN LAS RASTRAS

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

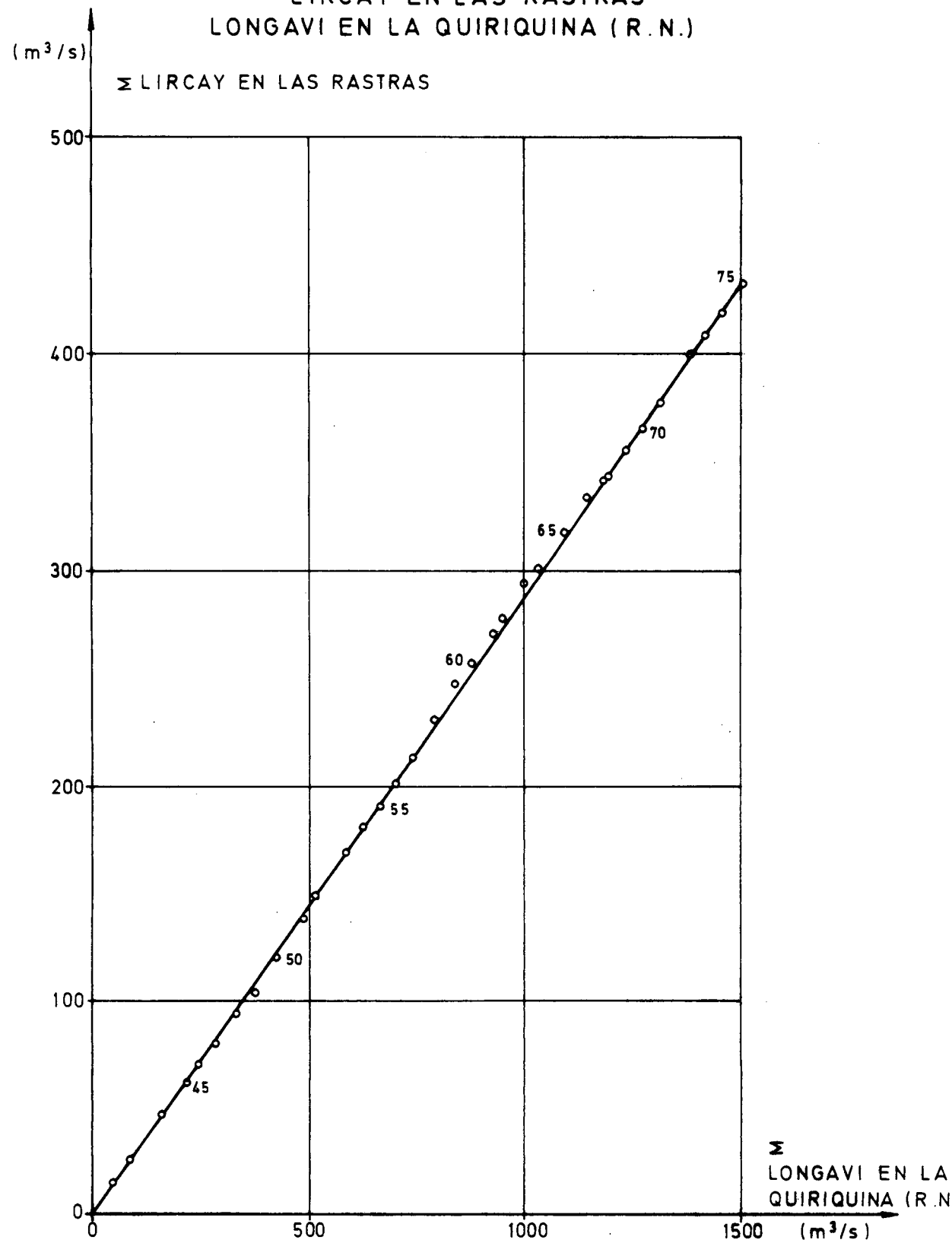
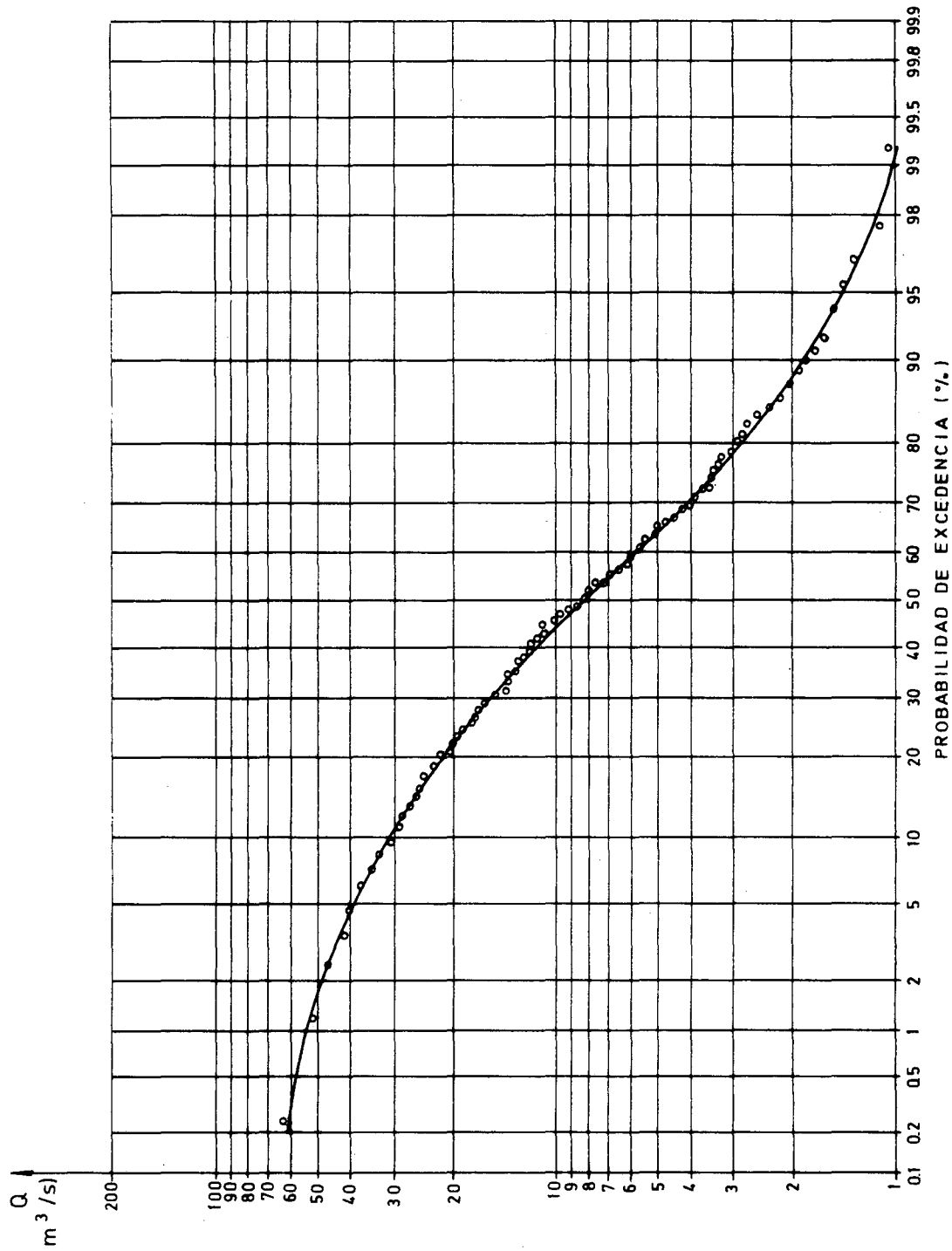


FIG. Nº IV.C.2-101

LIRCAY EN LAS RASTRAS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)



LIRCAY EN LAS RASTRAS

DURACION GENERAL DEL CAUDAL MEDIO ANUAL
(PERIODO 1942/43-1975/76)

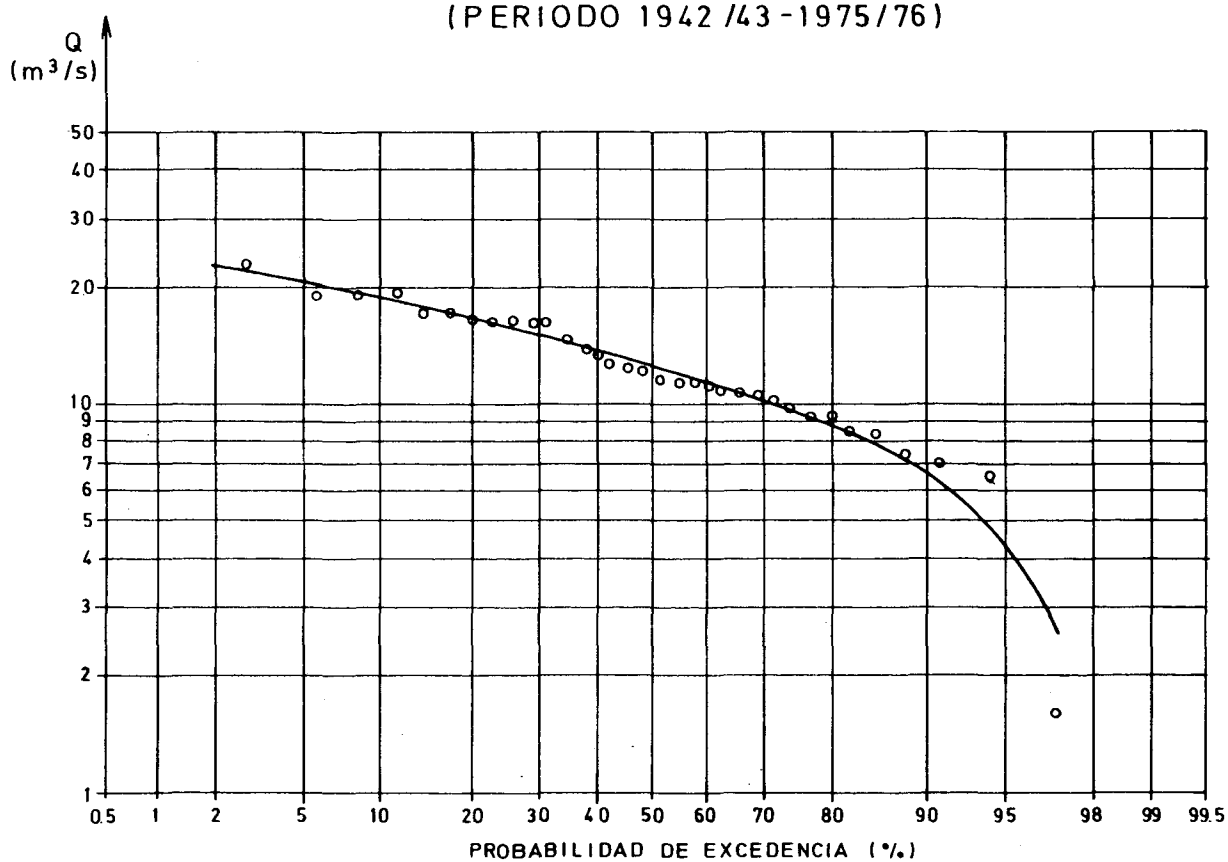


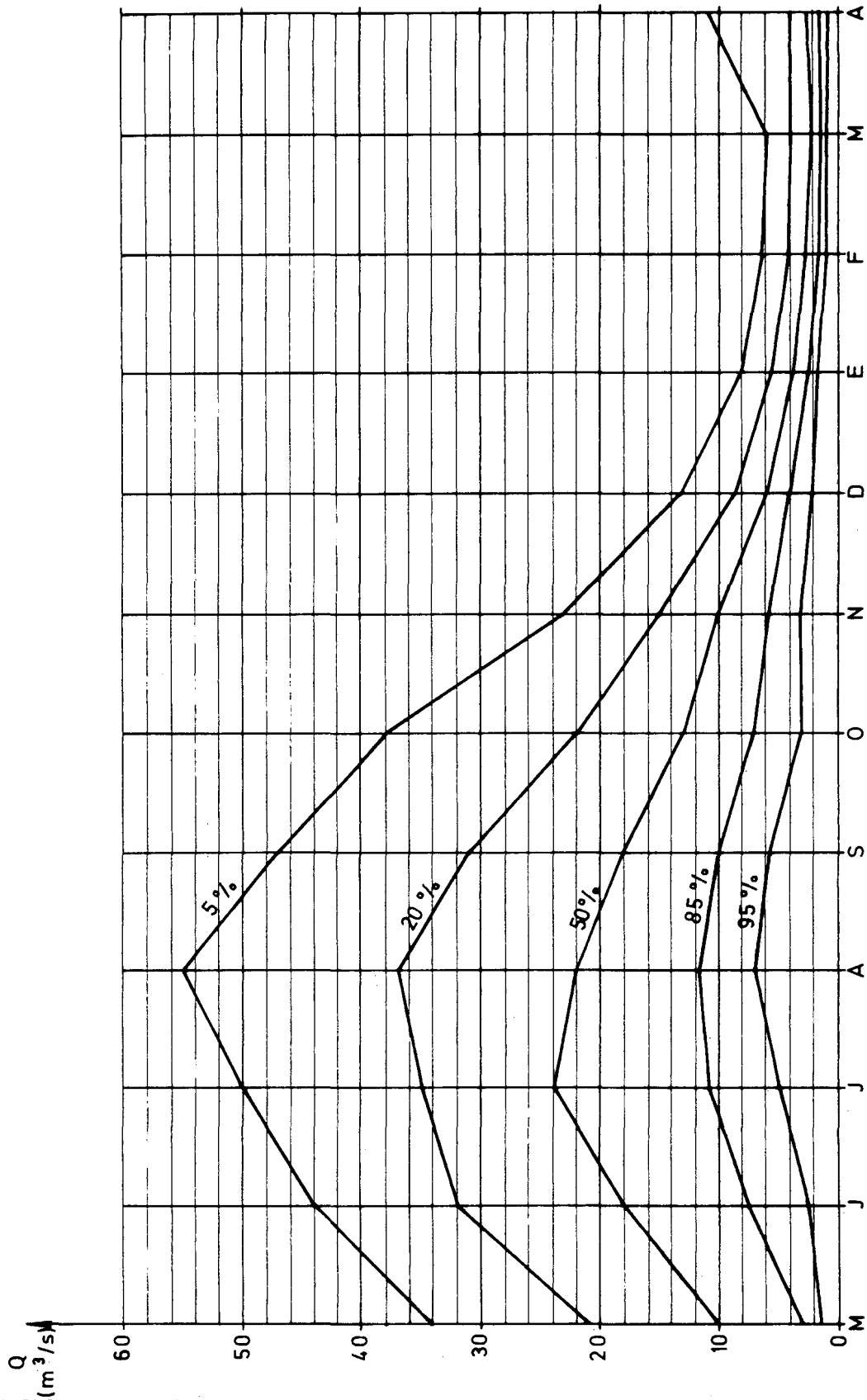
FIG. N° IV.C.2-102

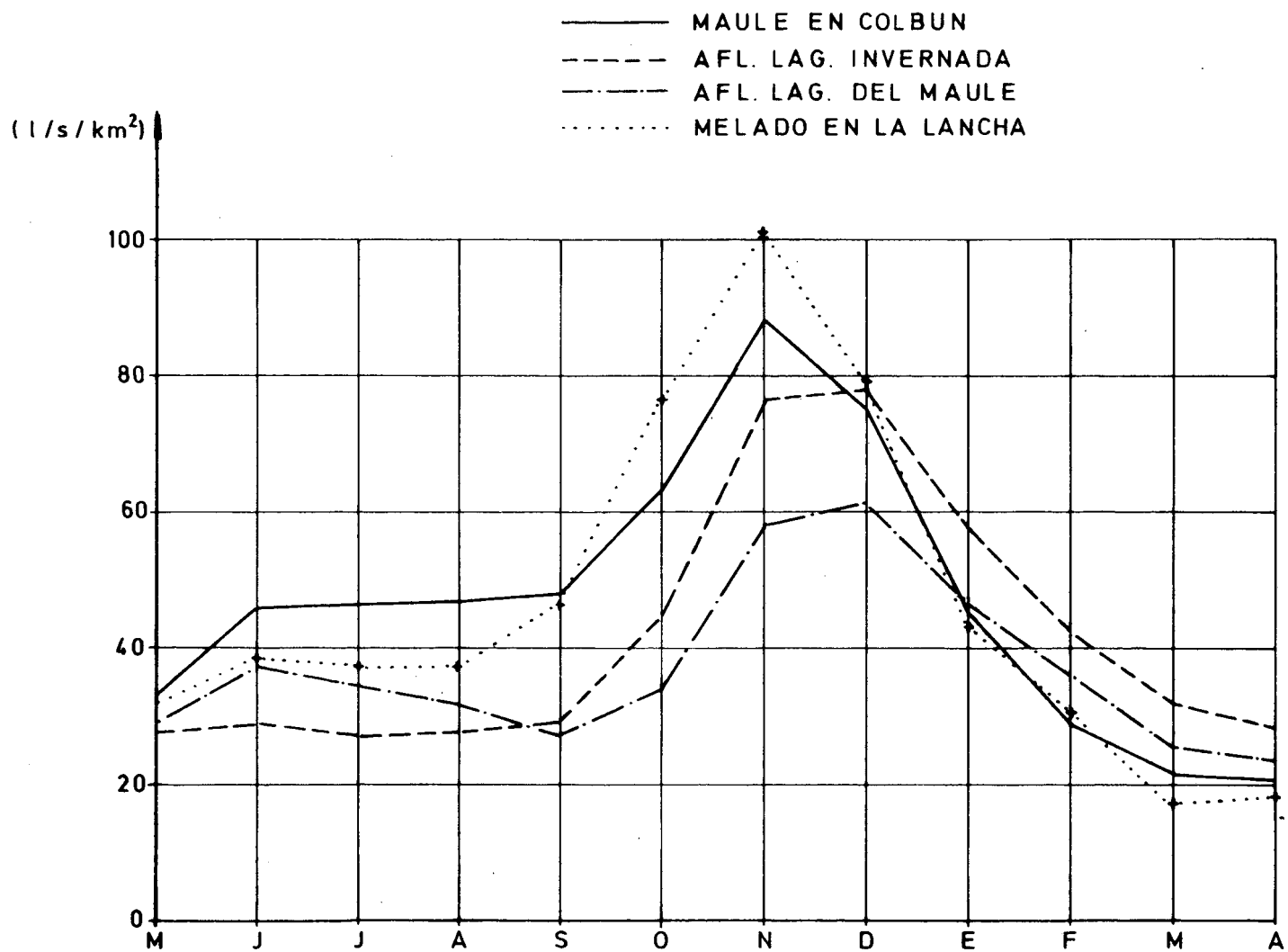
FIG. Nº IV.C.2-103

LIRCAY EN LAS RASTRAS

VARIACION ESTACIONAL DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL

(PERIODO 1942/43 - 1975/76)





VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION ESPECIFICA
ZONA MAULE ALTO

FIG. N° IV.C.2-104

FIG. Nº IV.C.2-105

VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION ESPECIFICA

RIOS PÜTAGAN, ANCOA Y ACHIBUENO

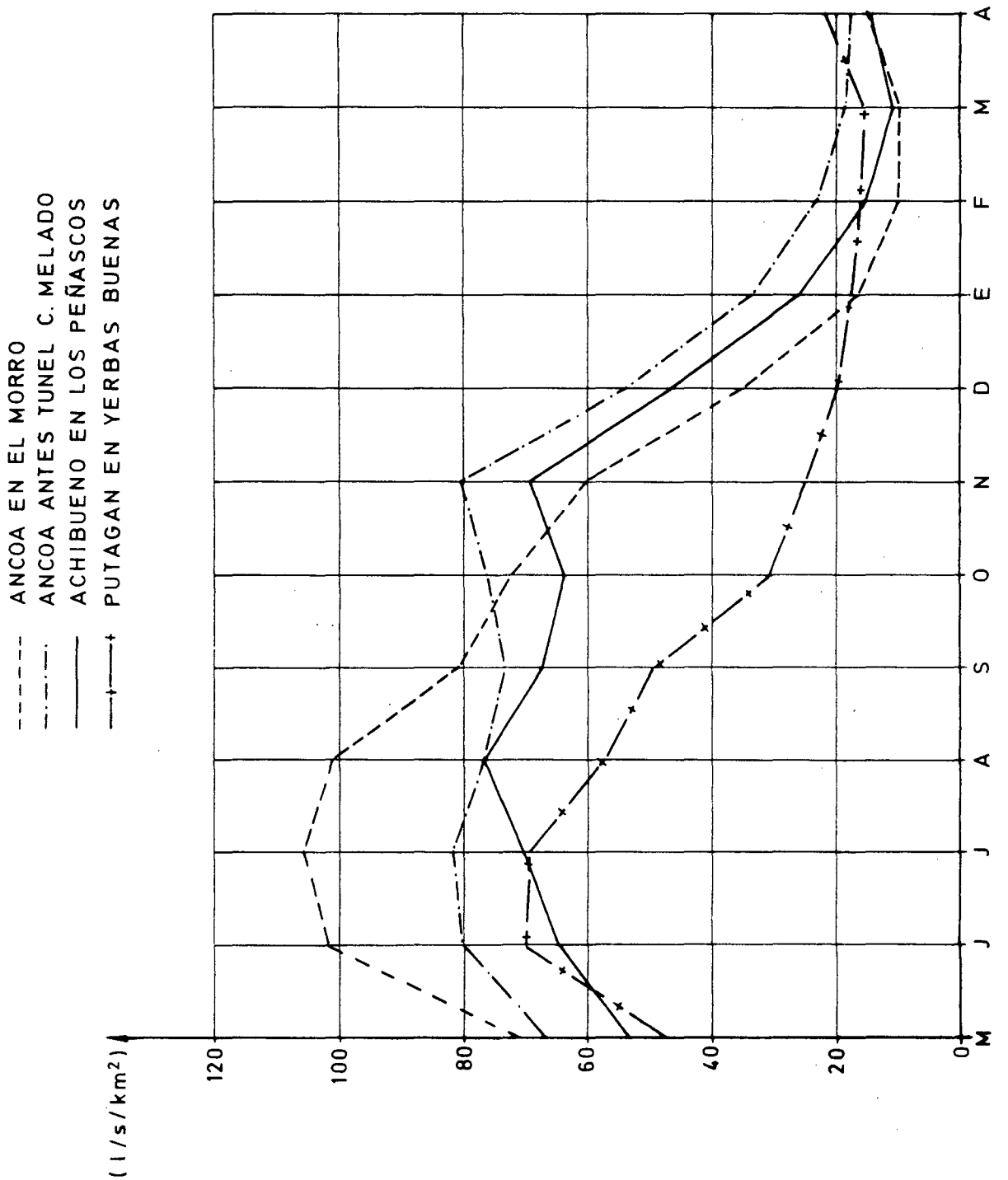


FIG. Nº IV.C.2-106

VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION ESPECIFICA

RIOS LONGAVI Y BULLILEO

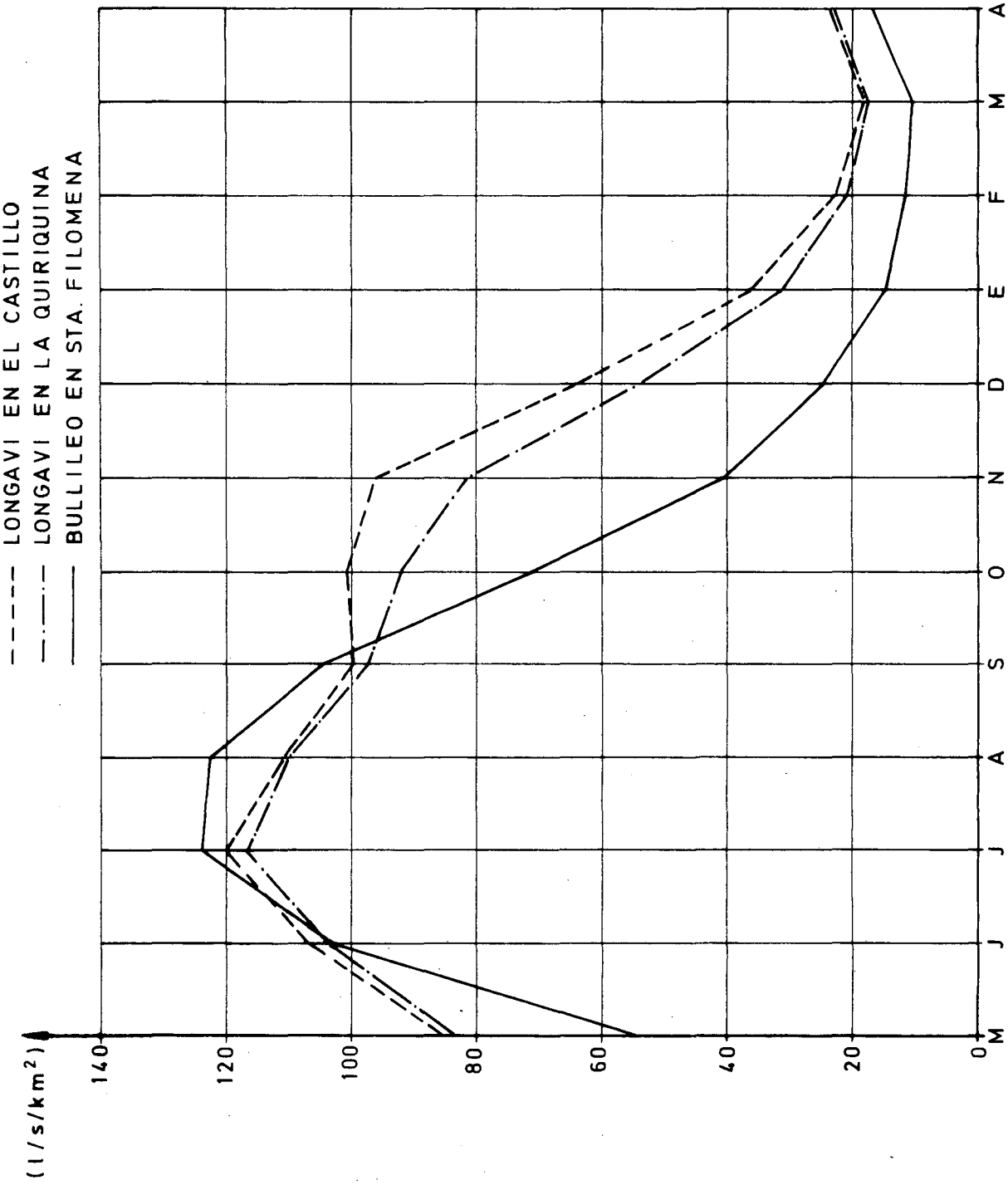


FIG. Nº IV. C. 2 - 107

VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION ESPECIFICA

RIOS PERQUILAUQUEN Y CATO

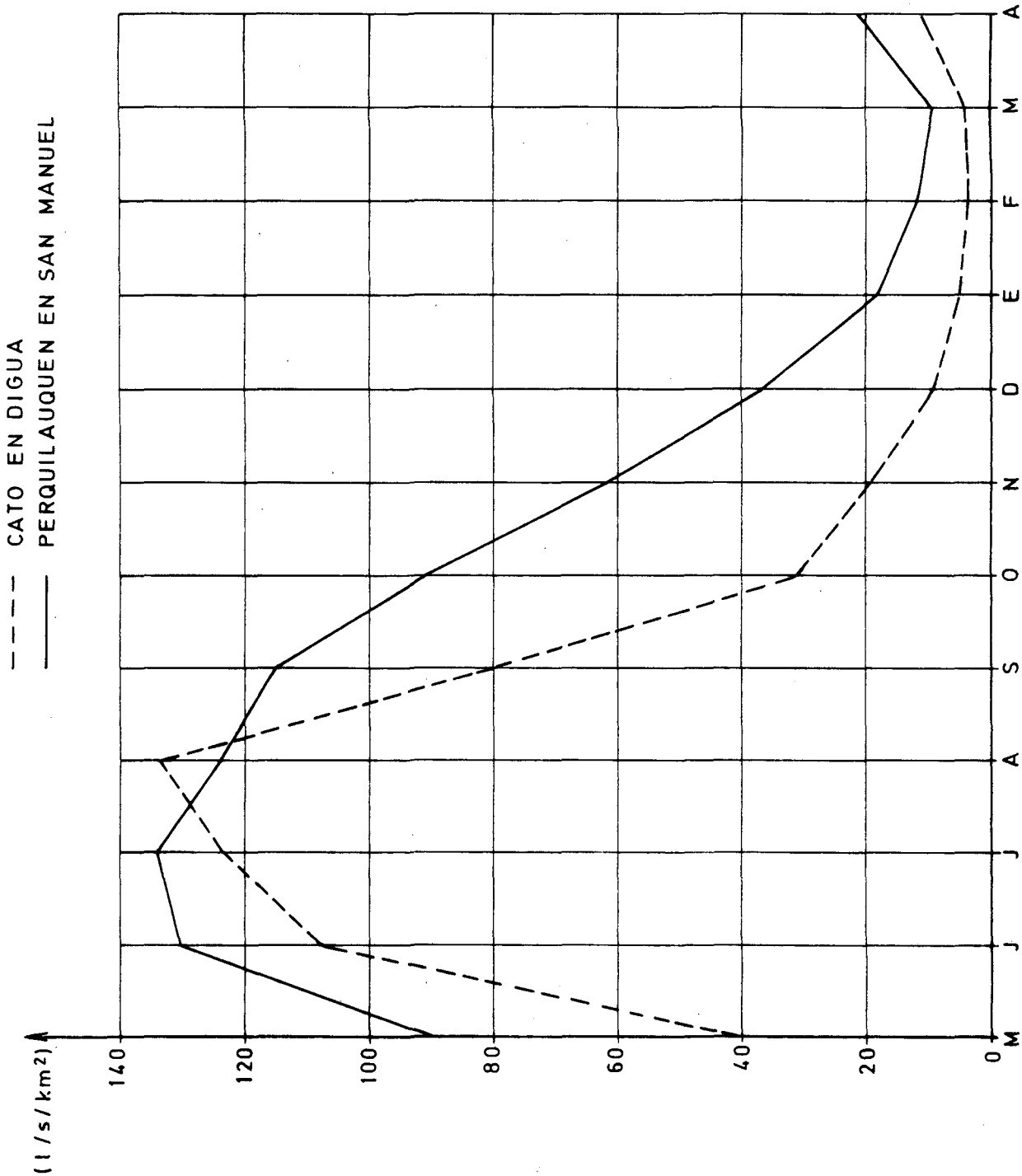


FIG. Nº IV.C.2-108

VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION ESPECIFICA

RIOS CAUQUENES Y PURAPEL

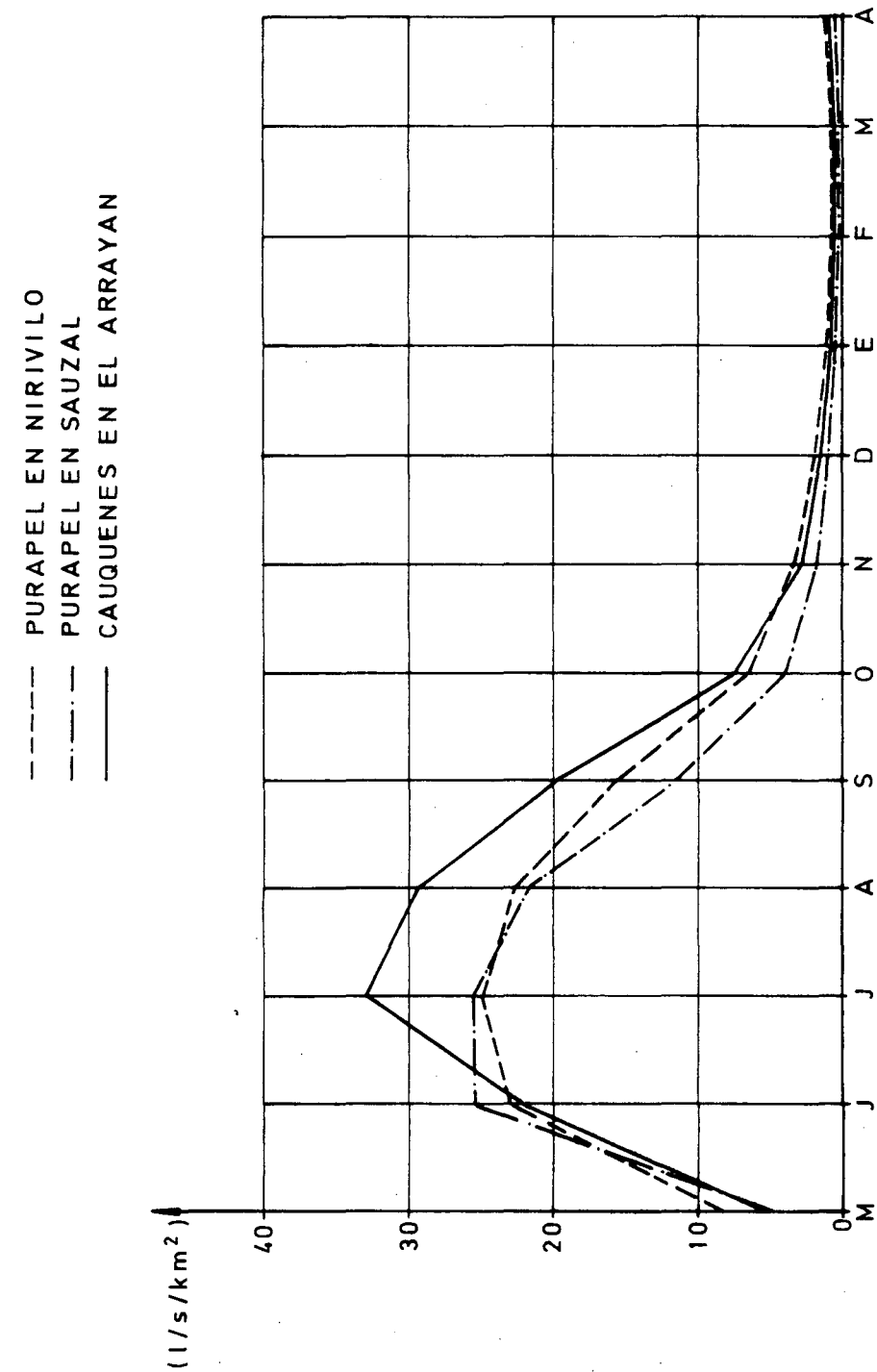


FIG. Nº IV.C.2-109

VARIACION ESTACIONAL DE LA PRODUCCION ESPECIFICA

RIOS CLARO Y LIRCAY

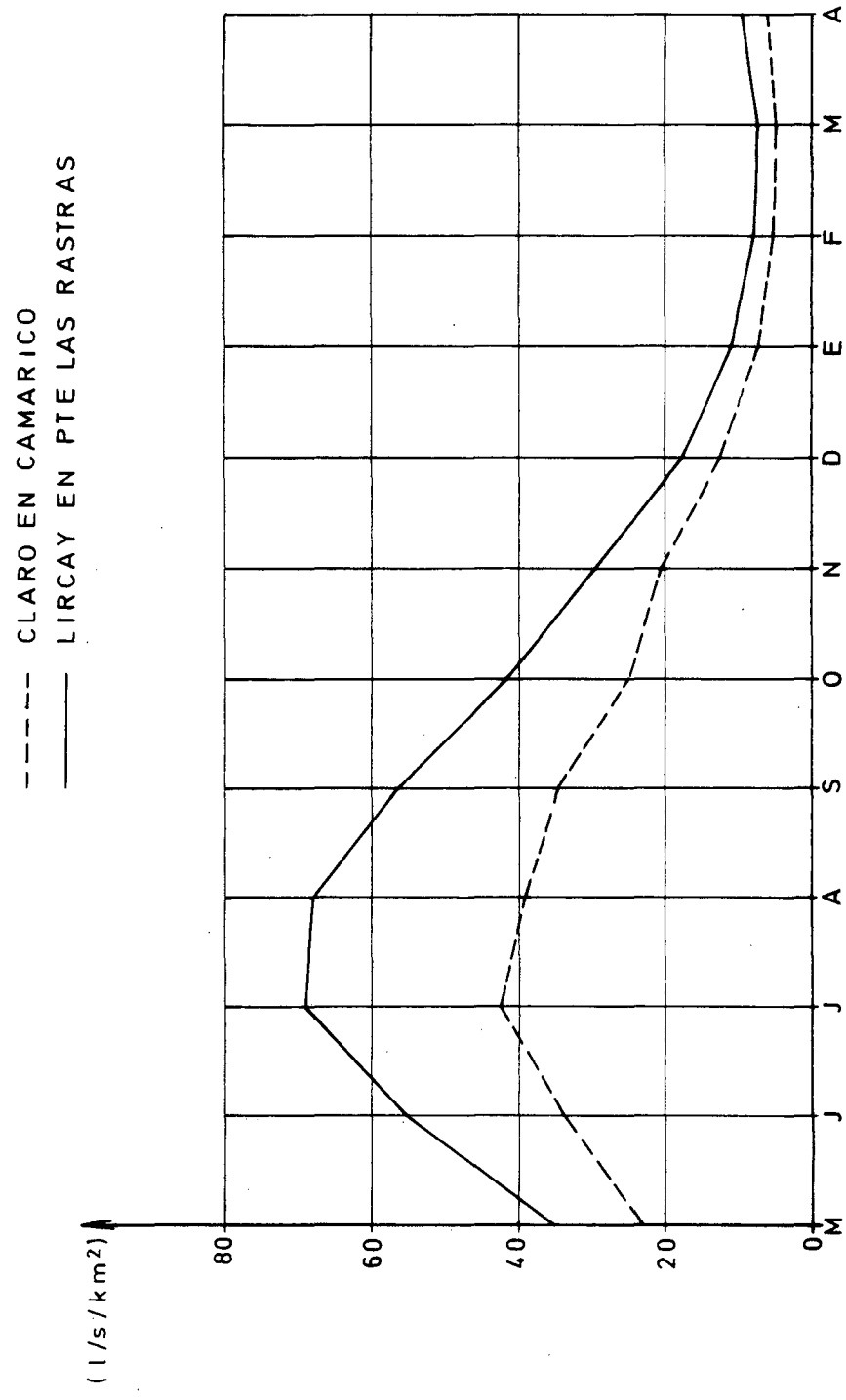
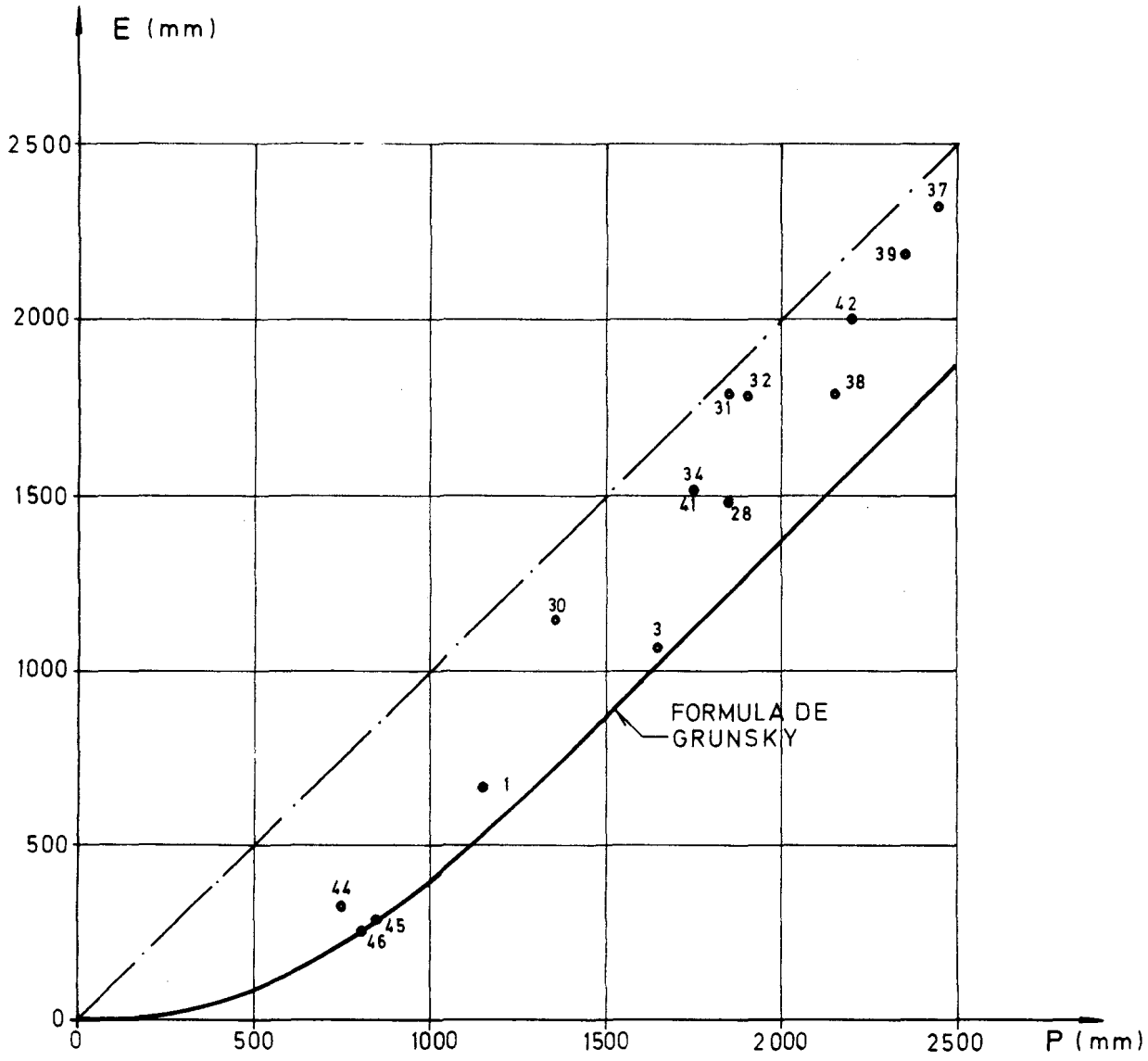


FIG. Nº IV.C.2-110

RELACION PRECIPITACION-ESCORRENTIA

VALORES MEDIOS ANUALES
(PERIODO 1942/43-1975/76)



CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES (PERIODO 1915 - 1967)

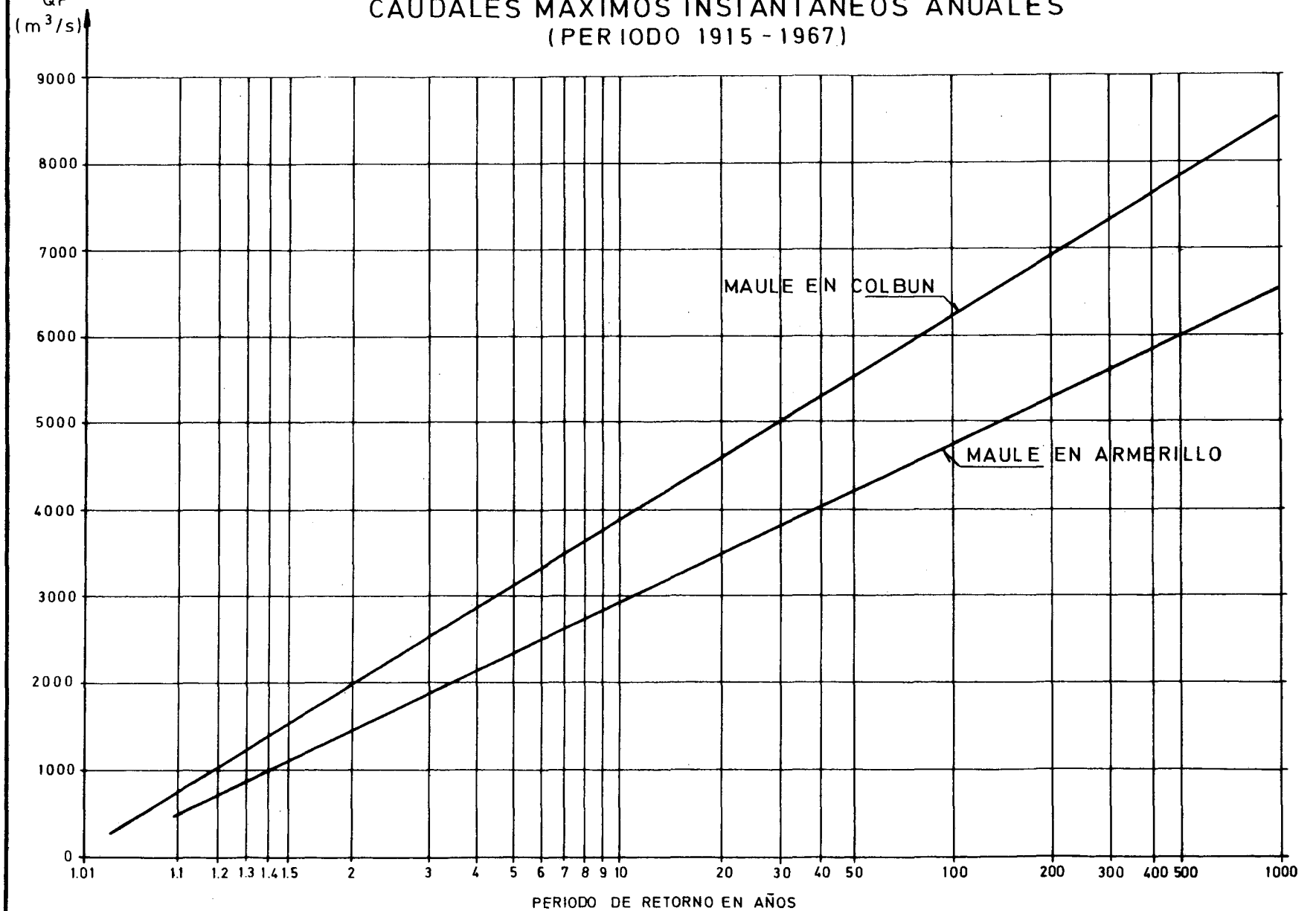


FIG. Nº IV.C.2-111

MELADO EN LA LANCHA

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES

(PERIODOS 1942-1949 Y 1959-1969)

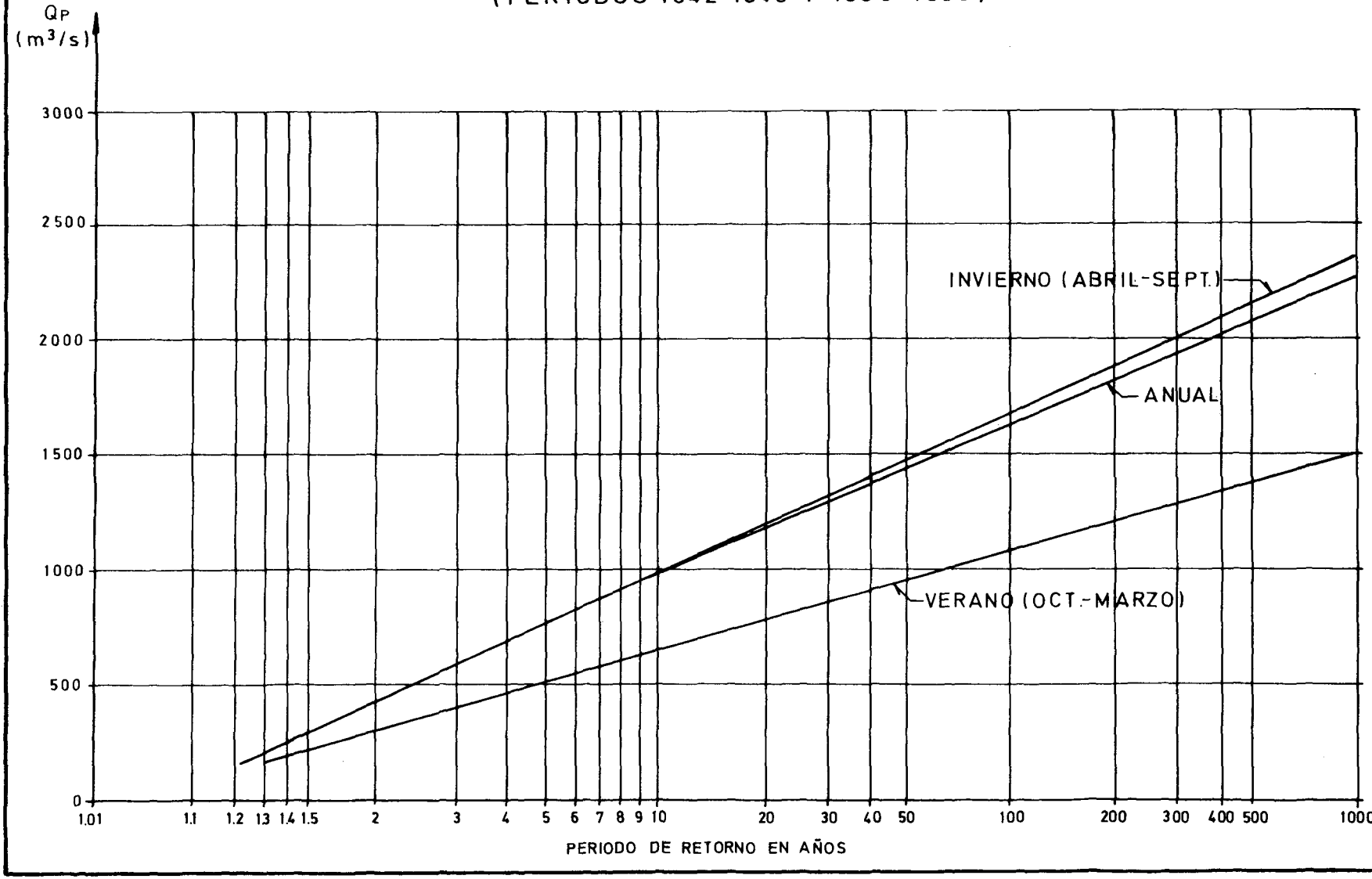


FIG. Nº IV.C.2-112

CLARO EN SAN CARLOS

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES

(PERIODOS 1942-1949 Y 1959-1969)

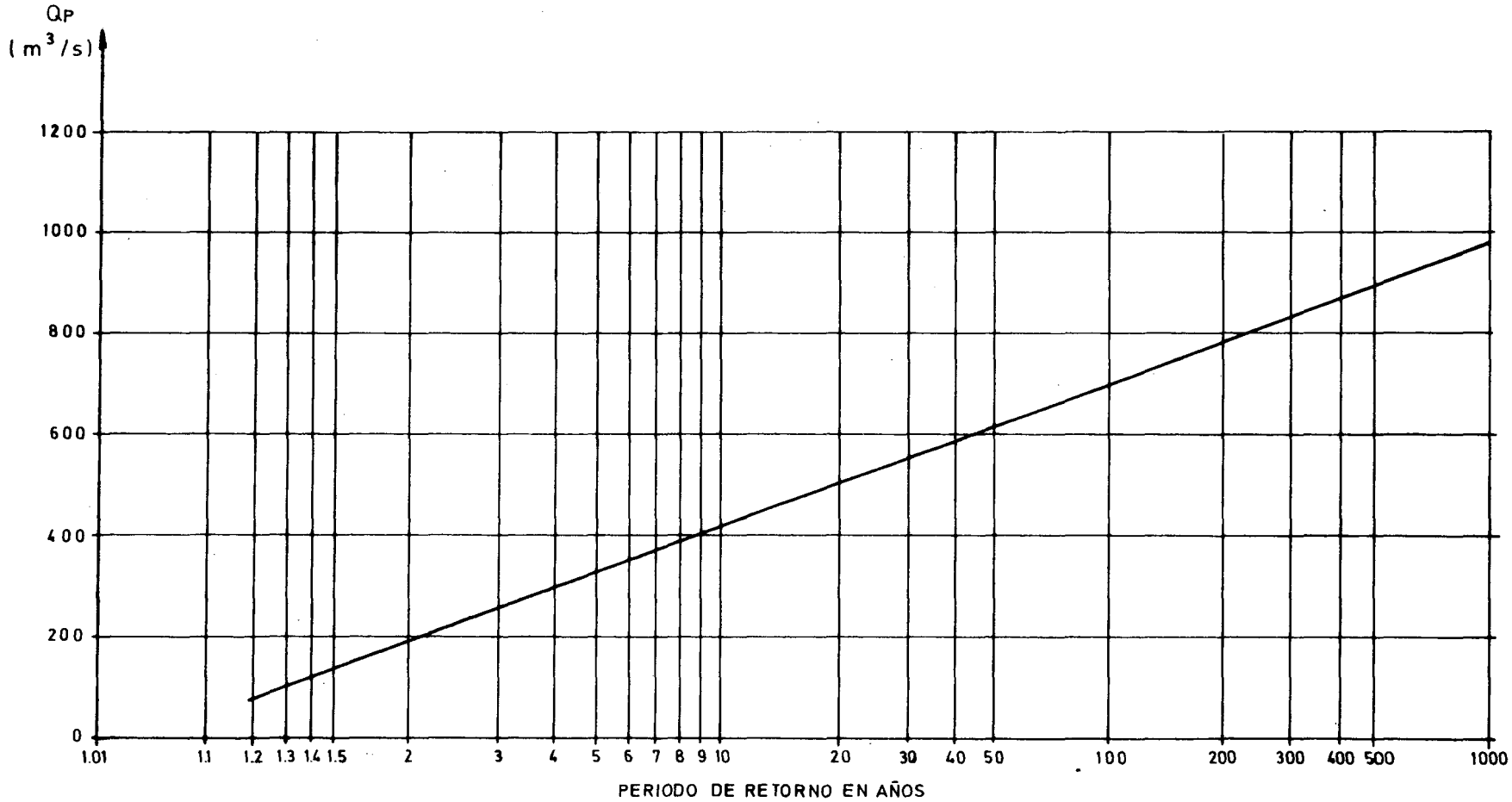


FIG. Nº IV.C.2-113

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MEDIOS DIARIOS MAXIMOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

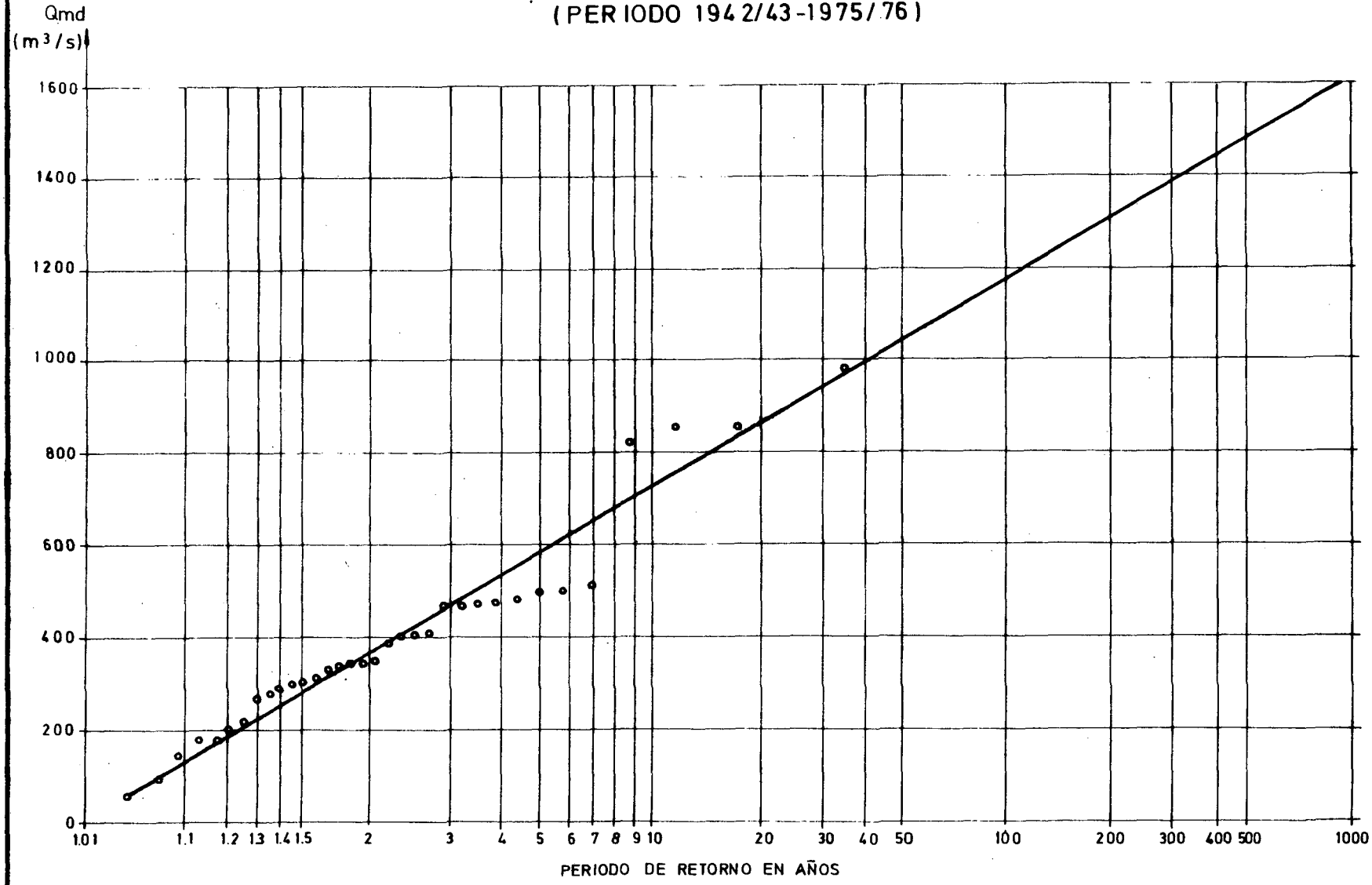


FIG. Nº IV.C.2-114

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

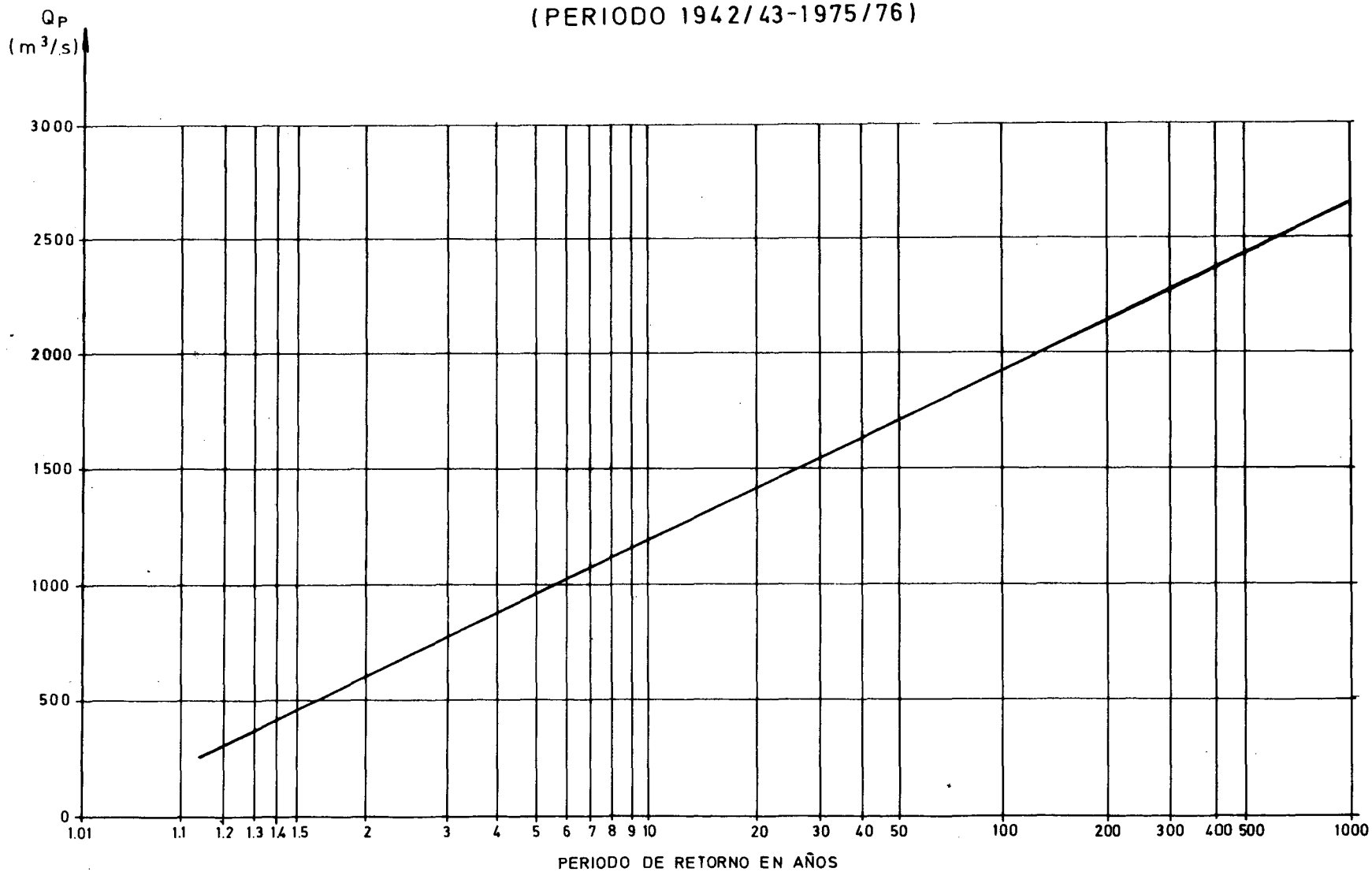


FIG. Nº IV.C.2-115

PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MEDIOS DIARIOS MAXIMOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

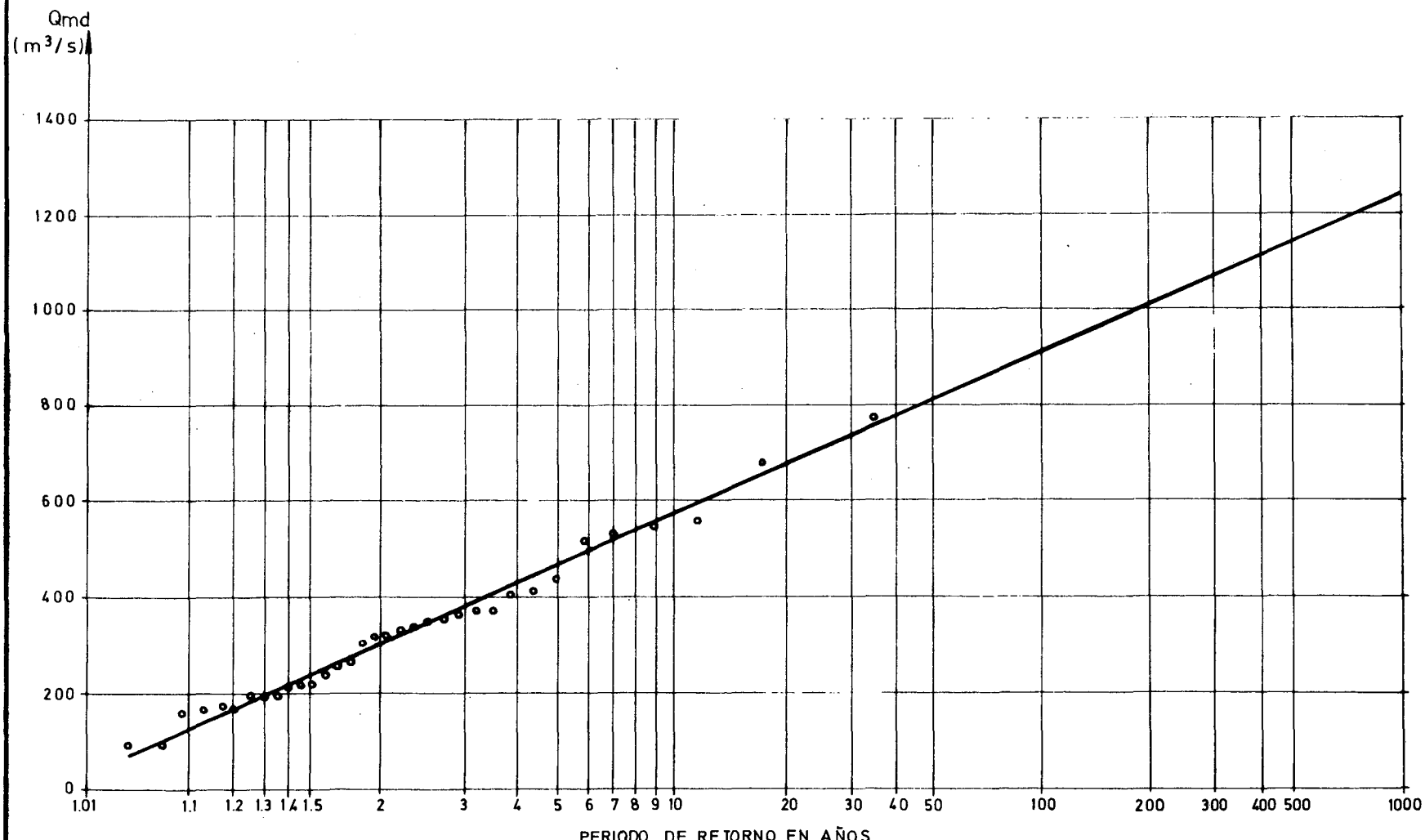


FIG. N° IV.C.2-116

PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

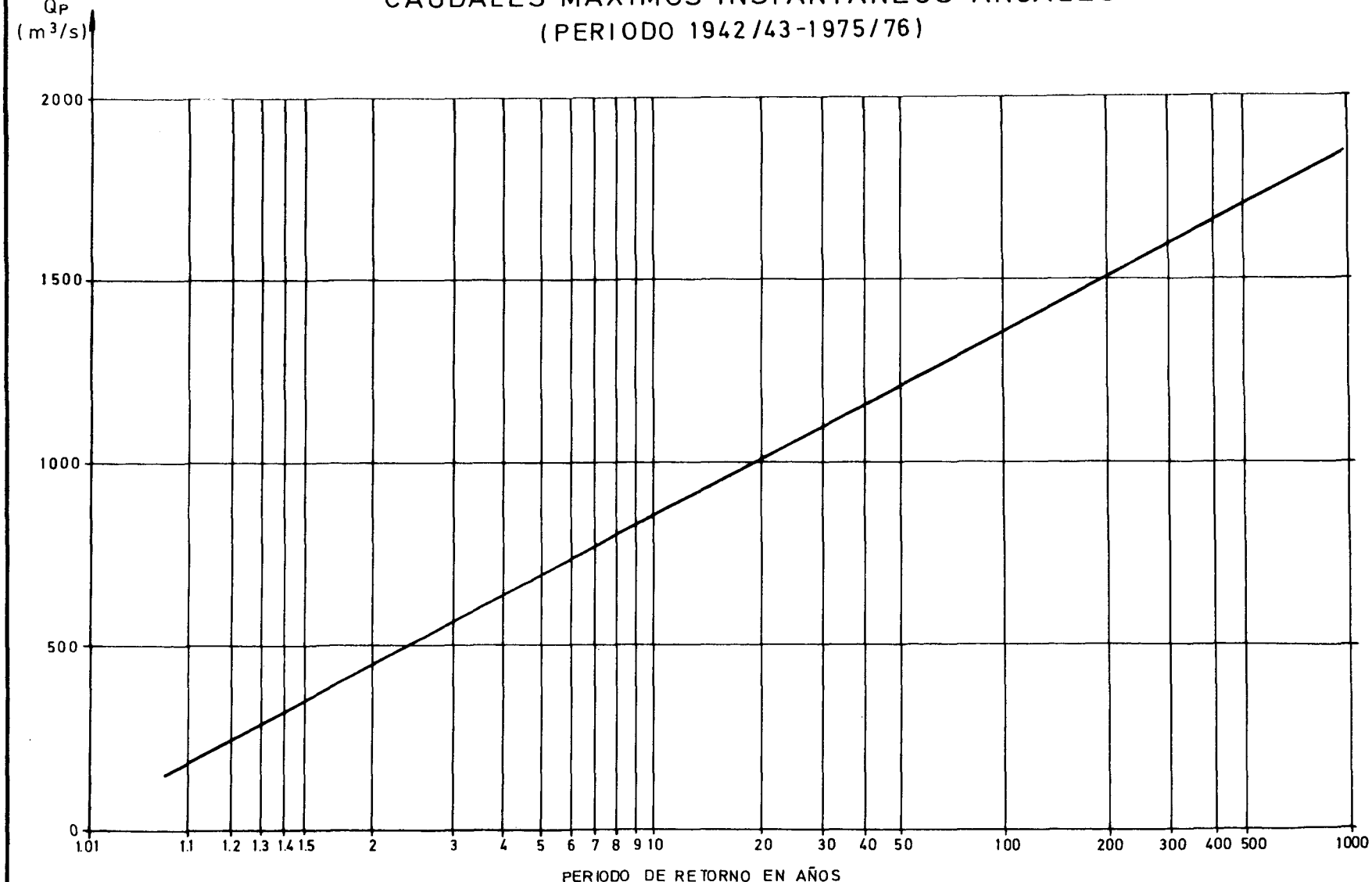


FIG. Nº IV.C.2-117

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MEDIOS DIARIOS MAXIMOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

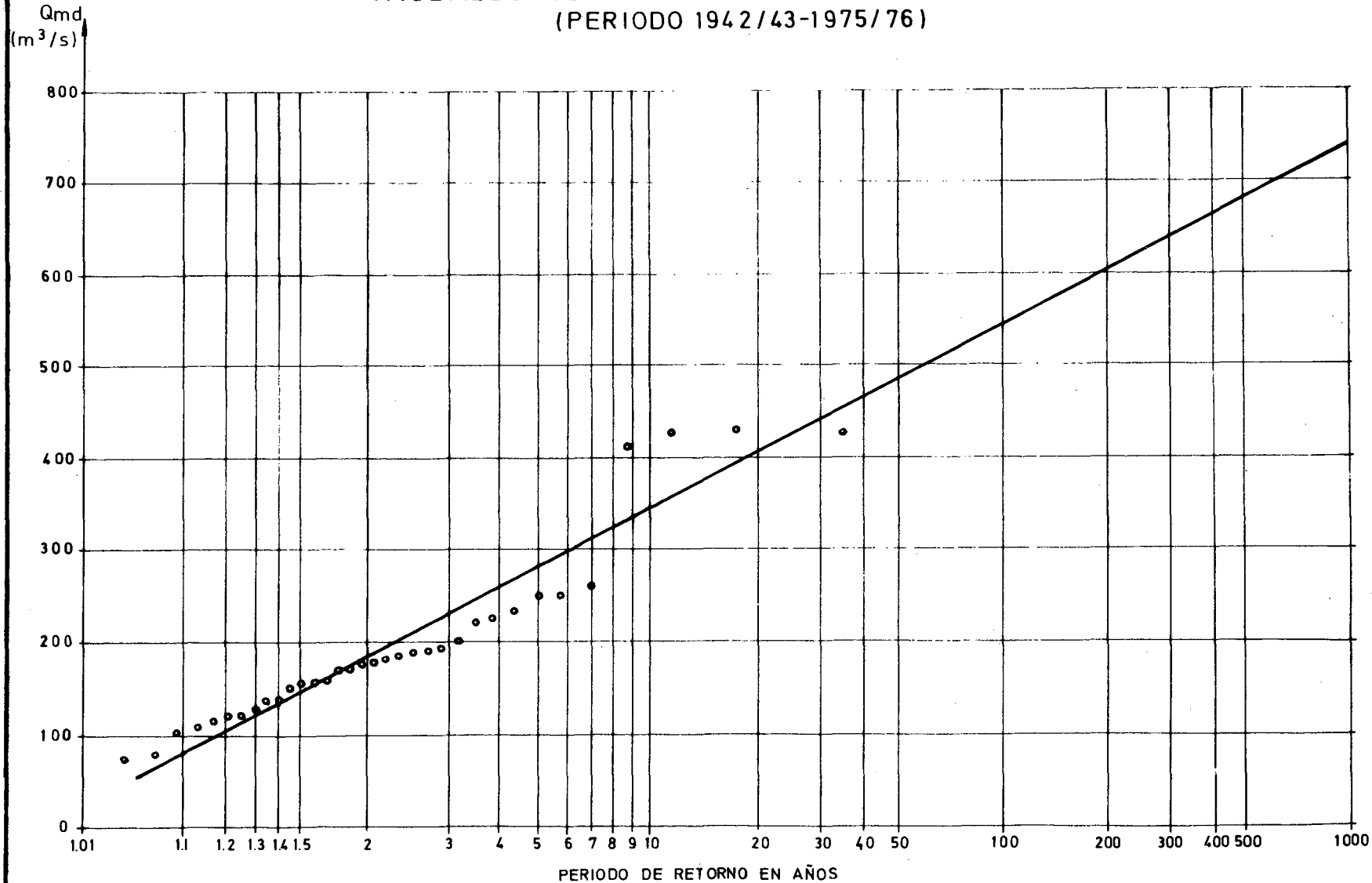


FIG. Nº IV.C. 2-118

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

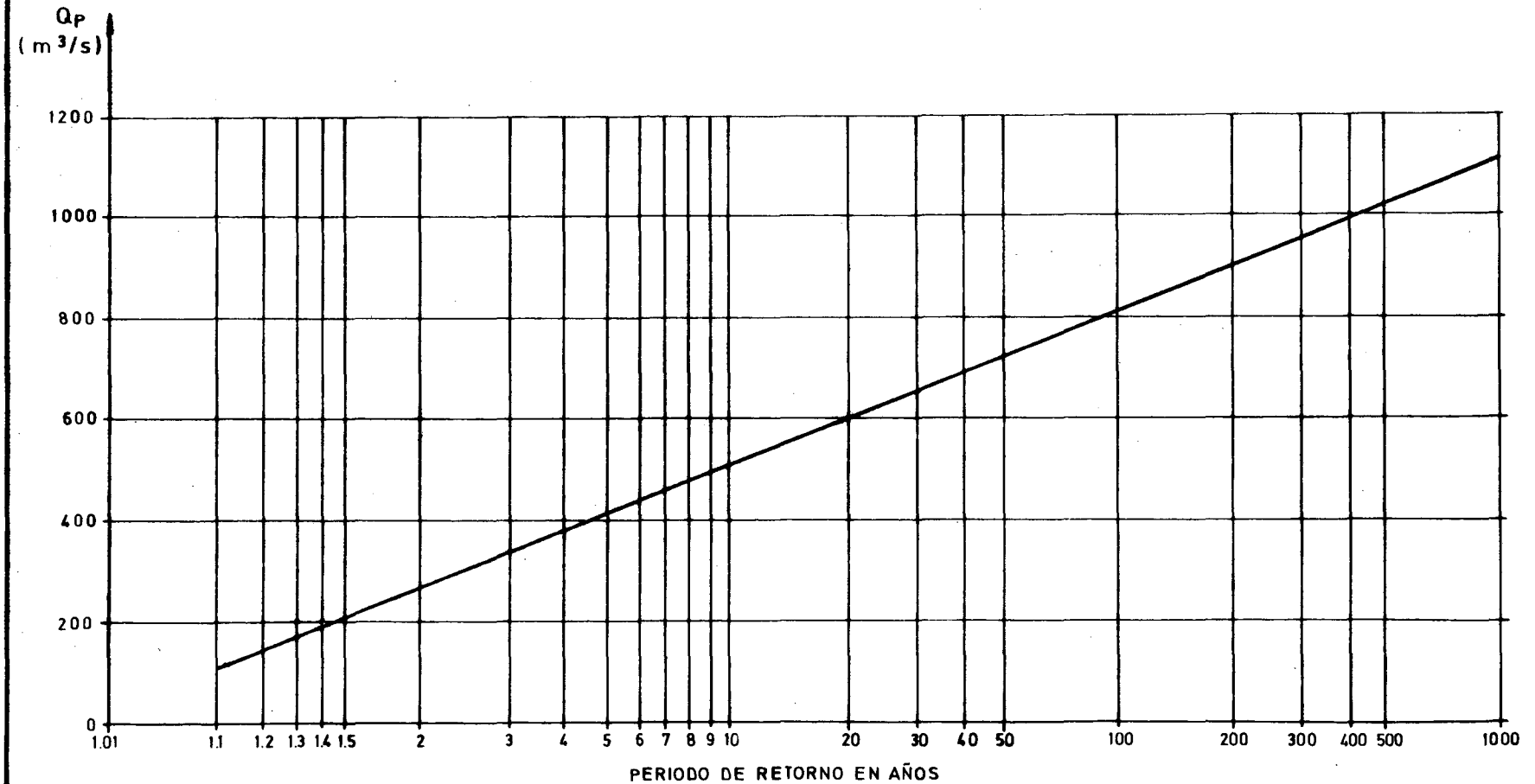


FIG. Nº IV.C.2-119

CLARO EN CAMARICO

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MEDIOS DIARIOS MAXIMOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

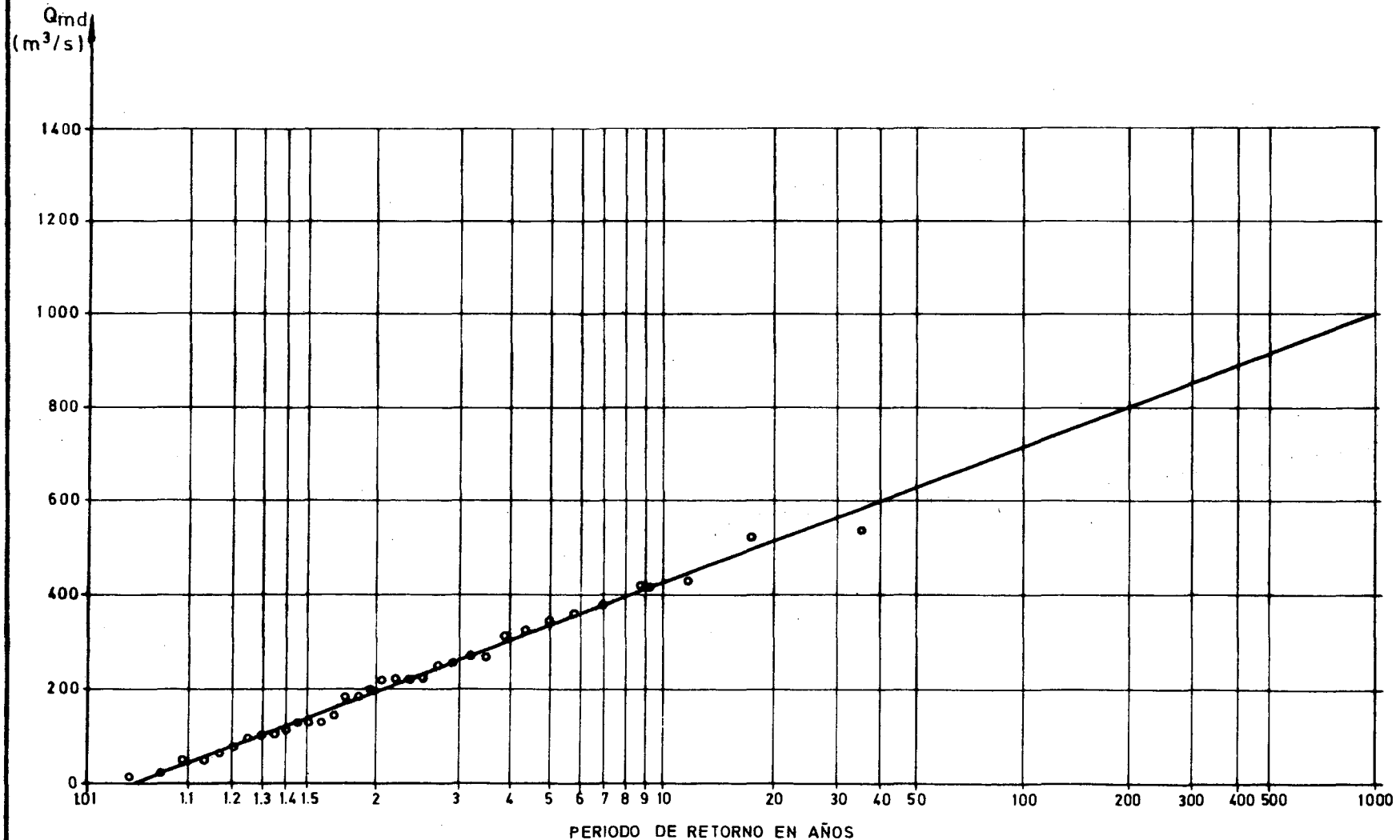


FIG. Nº IV.C.2-120

CLARO EN CAMARICO

CURVA DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES

(PERIODO 1942/43-1975/76)

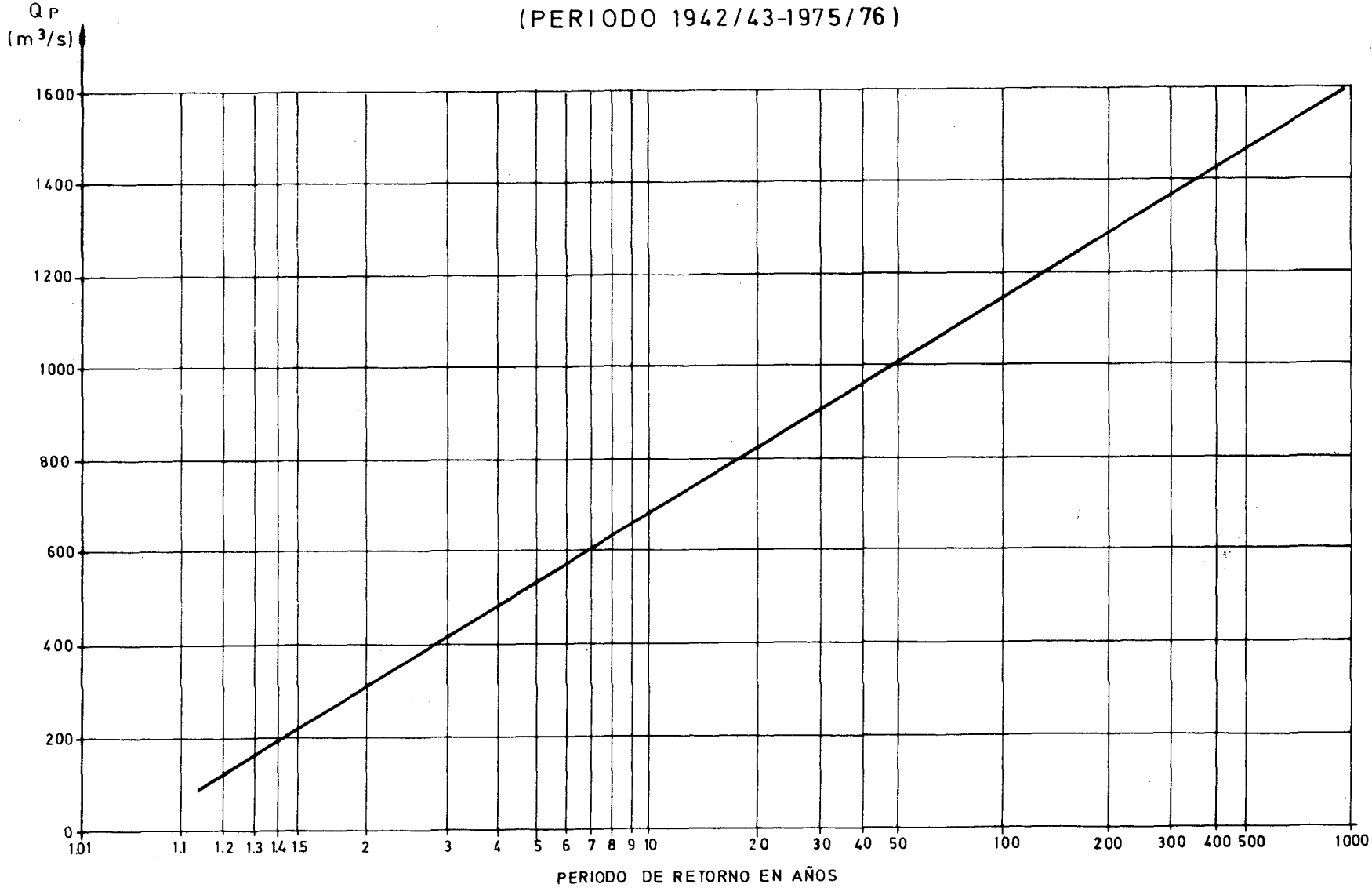


FIG. Nº IV.C.2-121

Anexo IV.C.2-1. : Fluviometría

CUADRO N° IV.C.2-1-1

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA
CAUDALES MAXIMOS ANUALES Y AJUSTE DE GUMBEL

Año	Est.Obs. Q^{M}_{max} (m3/s)	Est.Correg Q^{M}_{max} (m3/s)	Est.Obs. Q_{peak} (m3/s)	Ajuste de Gumbel
1942/43		408,0*		
1943	854,0	854,0		
1944	818,0	818,0		
1945	854,0	854,0		
1946	411,0	411,0		
1947	179,0	179,0		
1948	290,0	290,0		$\overline{Q}$ = 397,3 (m3/s)
1949	341,0	341,0		
1950		508,0*		x= 214,2 (m3/s)
1951		980,0*		
1952	336,0	336,0	738,0	n = 34
1953	341,0	341,0	444,0	
1954	312,0	312,0	376,0	$\overline{Y}_n$= 0,5396
1955	481,0	481,0	822,0	
1956	280,0	280,0	647,0	n= 1,1255
1957	268,0	268,0	526,0	
1958	500,0	500,0	767,0	$Q(TR)=\overline{Q}+\frac{x}{n}(Y(TR) - YN)$
1959	468,0	468,0	688,0	
1960	348,0	348,0	392,0	
1961	635,0	(300,0)	763,0	$Q(TR)=397,3 + 190,31x$
1962	147,0	147,0	208,0	$(Y(TR)-0,5396)$
1963	332,0	332,0	663,0	
1964	97,9	97,9	228,0	
1965	470,0	470,0	957,0	
1966	386,0	386,0	492,0	
1967	176,0	176,0	411,0	
1968	61,5	61,5	89,1	
1969	227,0	(400,0)	536,0	
1970	200,0	200,0	307,0	
1971	501,0	501,0	1.149,0	
1972	474,0	474,0	1.328,0	
1973		216,0*		
1974	191,0	(300,0)	234,0	
1975/76	469,0	469,0	589,0	

* Valores estimados ( ) Valores corregidos

CUADRO N° IV.C.2-1-2

PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL
CAUDALES MAXINOS ANUALES Y AJUSTE DE GUMBEL

Año	Est.Obs. Q_{Mmax} (m3/s)	Est.Correg. Q_{Mmax} (m3/s)	Est.Obs. Q_{peak} (m3/s)	Ajuste de Gumbel
1942/43	321,0	321,0		
1943	680,0	680,0		
1944	558,0	558,0		
1945	530,0	530,0		
1946	354,0	354,0		
1947	193,0	193,0	220	$\bar{Q}$ = 326,65 (m3/s)
1948	316,0	316,0	345	
1949	517,0	517,0	640	x = 160,48 (m3/s)
1950	784,0	(400,0)	820	
1951	772,0	772,0	843	n = 34
1952		265,0*		
1953	373,0	373,0	512	$\bar{Y}n$= 0,5396
1954	171,0	171,0	194	
1955	347,0	347,0	461	n = 1,1255
1956	303,0	303,0	395	
1957	236,0	236,0	377	
1958	218,0	218,0	294	$Q(TR)=\bar{Q}+\frac{x}{n}(Y(TR)-Yn)$
1959	370,0	370,0	478	
1960	193,0	193,0	242	
1961	196,0	196,0	205	Q(TR)=326,65 + 142,59
1962	164,0	164,0	233	(Y(TR) - 0,5396)
1963	213,0	213,0	309	
1964	92,7	92,7	198	
1965	434,0	434,0	560	
1966	331,0	331,0	431	
1967	256,0	256,0	654	
1968	96,2	96,2	128	
1969	487,0	(340,0)	938	
1970	712,0	(160,0)	896	
1971	545,0	545,0	794	
1972	411,0	411,0	713	
1973	72,9	(170,0)	100	
1974	534,0	(220,0)	843	
1975/76	926,0	(360,0)	1.830	

* Valores estimados ( ) Valores corregidos.

CUADRO N° IV.C.2-1-3

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS
CAUDALES MAXINOS ANUALES Y AJUSTE DE GUMBEL

Año	Est.Obs. $Q_{M\,max}$ (m3/s)	Est.Correg. $Q_{M\,max}$ (m3/s)	Est.Obs. Q_{peak} (m3/s)	Ajuste de Gumbel
1942/43		190,0*		
1943		430,0*		
1944		410,0*		
1945		430,0*		
1946	192,0	192,0		$\overline{Q}$ = 197,21 (m3/s)
1947	139,0	139,0		
1948	285,0	(200,0)		x= 96,05 (m3/s)
1949	259,0	259,0		
1950	232,0	232,0		n = 34
1951	426,0	426,0		
1952	120,0	120,0		$\overline{Y}n$= 0,5396
1953	555,0	(170,0)		
1954	225,0	225,0		n= 1,1255
1955	121,0	121,0		
1956	136,0	136,0		
1957	182,0	182,0		$Q(TR)=\overline{Q}+\frac{x}{n}(Y(TR)-Yn)$
1958	179,0	179,0		
1959	173,0	173,0		
1960	125,0	125,0		
1961	158,0	158,0		Q(TR)= 197,21 + 85,34
1962	160,0	160,0		x (Y(TR)-0,5396)
1963	169,0	169,0		
1964	907,0	(80,0)		
1965	157,0	157,0		
1966	188,0	188,0		
1967	102,0	102,0		
1968	74,8	74,8		
1969	185,0	185,0		
1970	108,0	108,0		
1971		250,0*		
1972	133,0	(220,0)		
1973	114,0	114,0		
1974		150,0*		
1975	55,6	(250,0)		

* Valores estimados ( ) Valores corregidos.

CUADRO N° IV.C.2-1-4

CLARO EN CAMARICO
CAUDALES MAXINOS ANUALES Y AJUSTE DE GUMBEL

Año	Est.Obs. QM_{max} (m3/s)	Est.Correg. QM_{max} (m3/s)	Est.Obs. Q_{peak} (m3/s)	Ajuste de Gumbel
1942/43		270,0*		
1943		420,0*		
1944		345,0*		
1945		325,0*		
1946		220,0*		$\overline{Q}$ = 216,47 (m3/s)
1947		115,0*		
1948	270,0	270,0		x= 138,74 (m3/s)
1949	215,0	215,0		
1950	182,0	182,0		n = 34
1951	225,0	225,0		
1952	200,0	200,0		$\overline{Y}n$= 0,5396
1953	538,0	538,0	983,0	
1954	131,0	131,0	178,0	n= 1,1255
1955	61,7	61,7	83,8	
1956	53,2	53,2	83,2	
1957	23,6	23,6	28,5	$Q(TR)=\overline{Q}+\frac{x}{n}(Y(TR)-\overline{Y}n)$
1958	215,0	215,0	372,0	
1959	134,0	134,0	194,0	
1960	106,0	106,0	144,0	Q(TR)=216,47 + 123,27
1961	248,0	248,0	272,0	x (Y(TR) - 0,5396)
1962	99,4	99,4	151,0	
1963	360,0	360,0	615,0	
1964	78,0	78,0	130,0	
1965	433,0	433,0	718,0	
1966	317,0	317,0	445,0	
1967	52,8	52,8	105,0	
1968	9,6	9,6	17,2	
1969	523,0	523,0	986,0	
1970	102,0	102,0	170,0	
1971	180,0	180,0	394,0	
1972		255,0*		
1973	144,0	144,0	244,0	
1974	380,0	380,0	630,0	
1975/76	128,0	128,0	181,0	

* Valores estimados.

FIGURA Nº IV.C. 2-1-1

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
MAULE EN COLBUN (RN) V S.
MAULE EN ARMERILLO (RN)

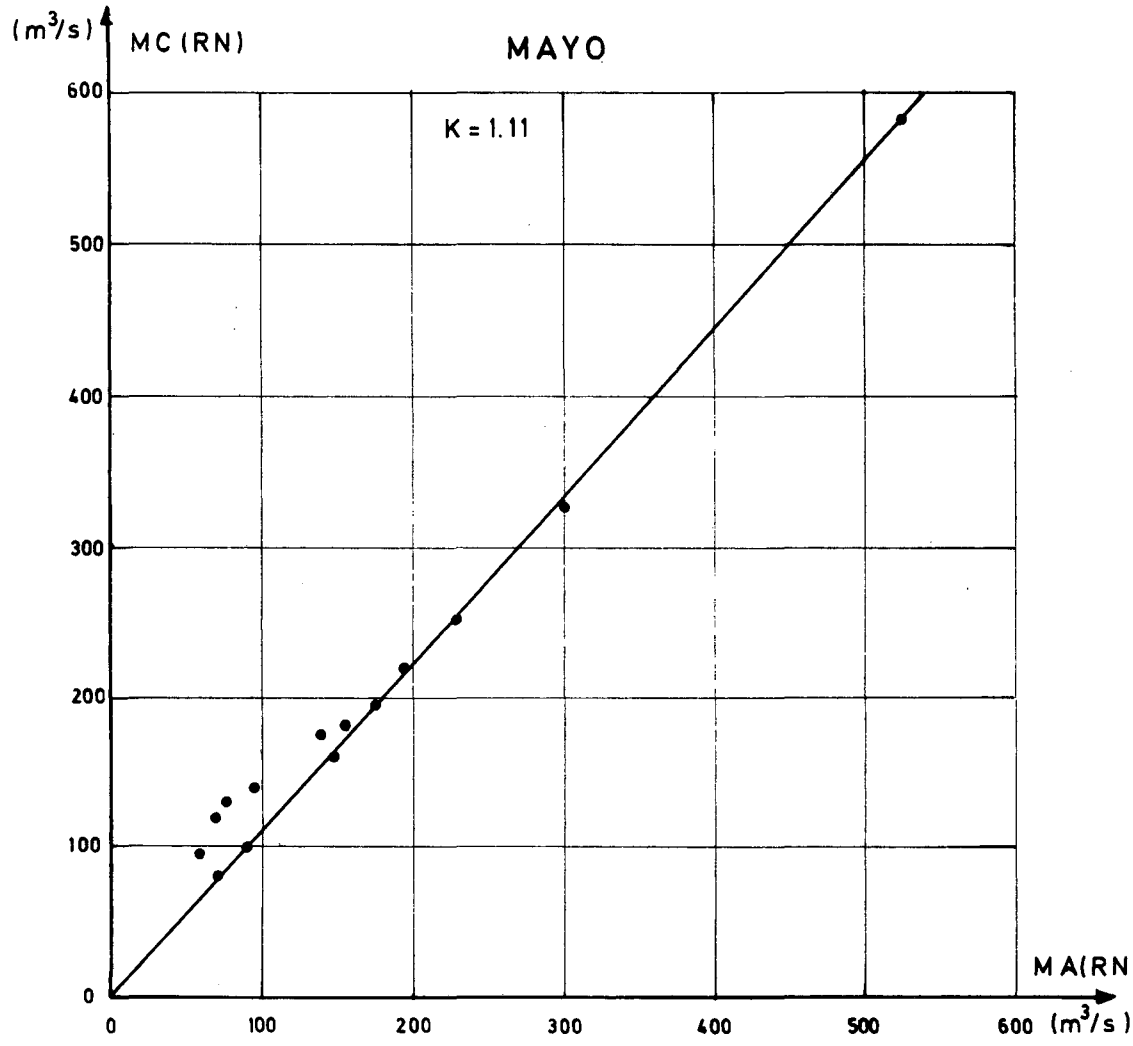


FIGURA Nº IV. C. 2-1-2

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
MAULE EN COLBUN (RN) VS.
MAULE EN ARMERILLO (RN)

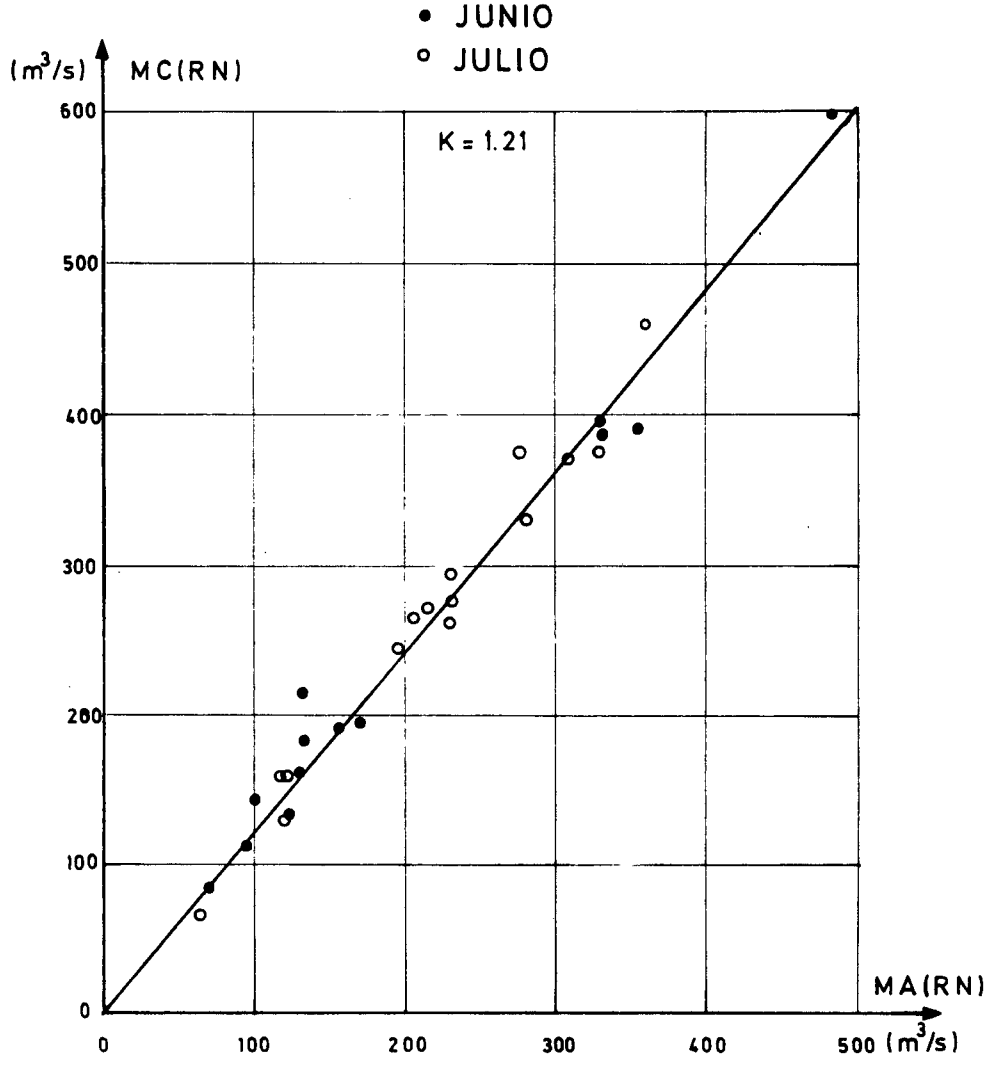
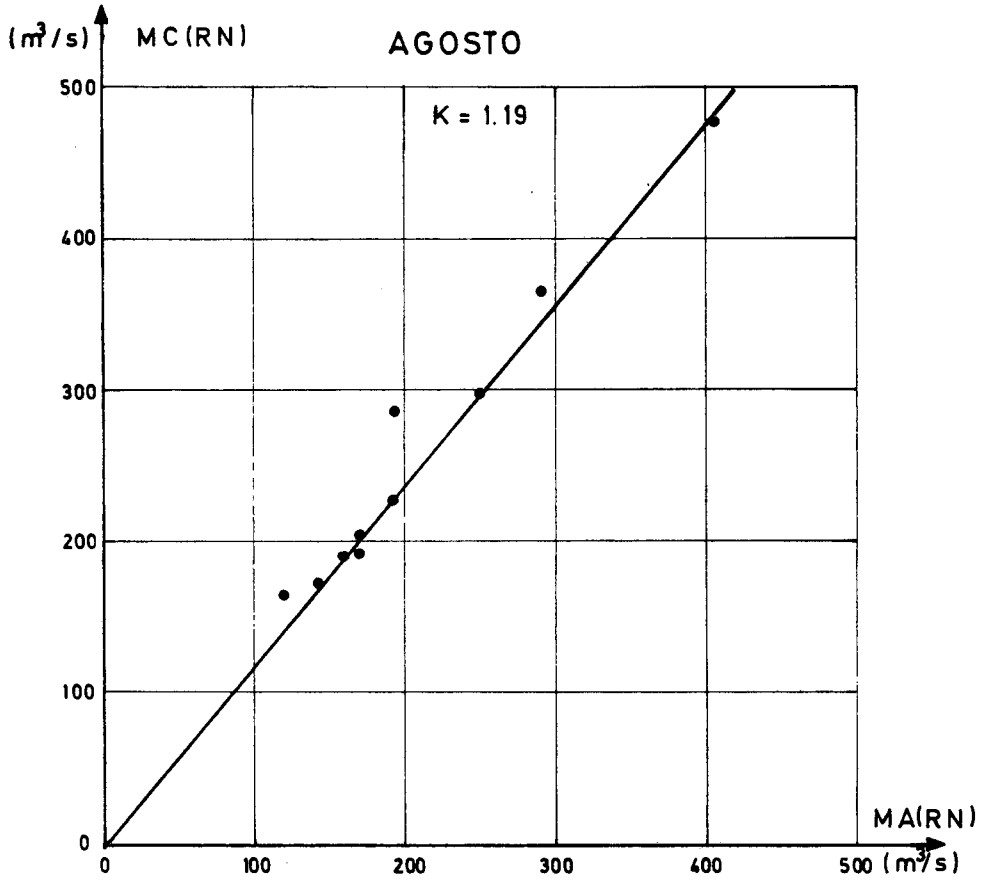


FIGURA Nº IV. C. 2-1-3

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
MAULE EN COLBUN (RN) V S.
MAULE EN ARMERILLO (RN)



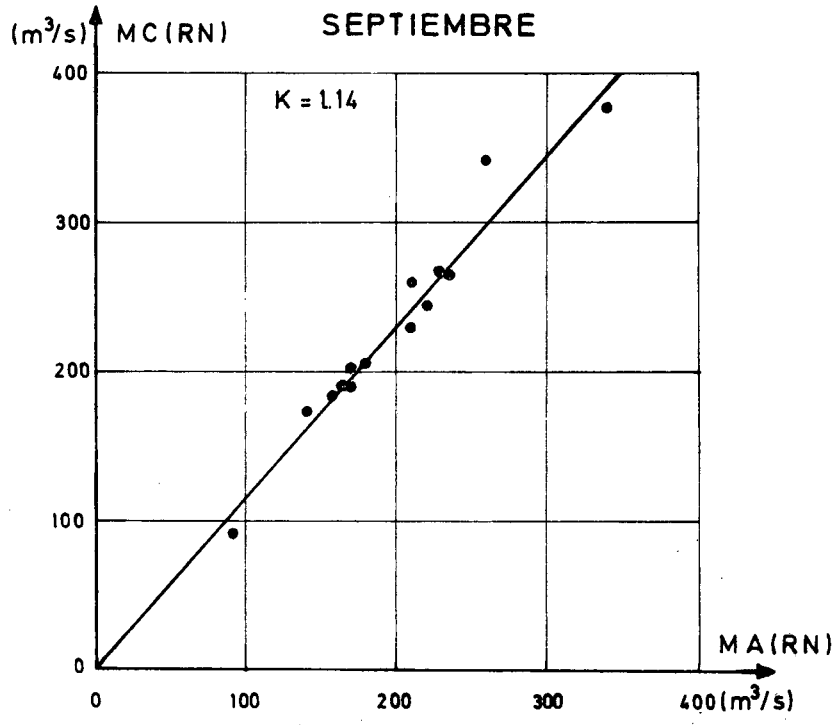


FIGURA Nº IV.C.2-1-4

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
MAULE EN COLBUN (RN) VS.
MAULE EN ARMERILLO (RN)

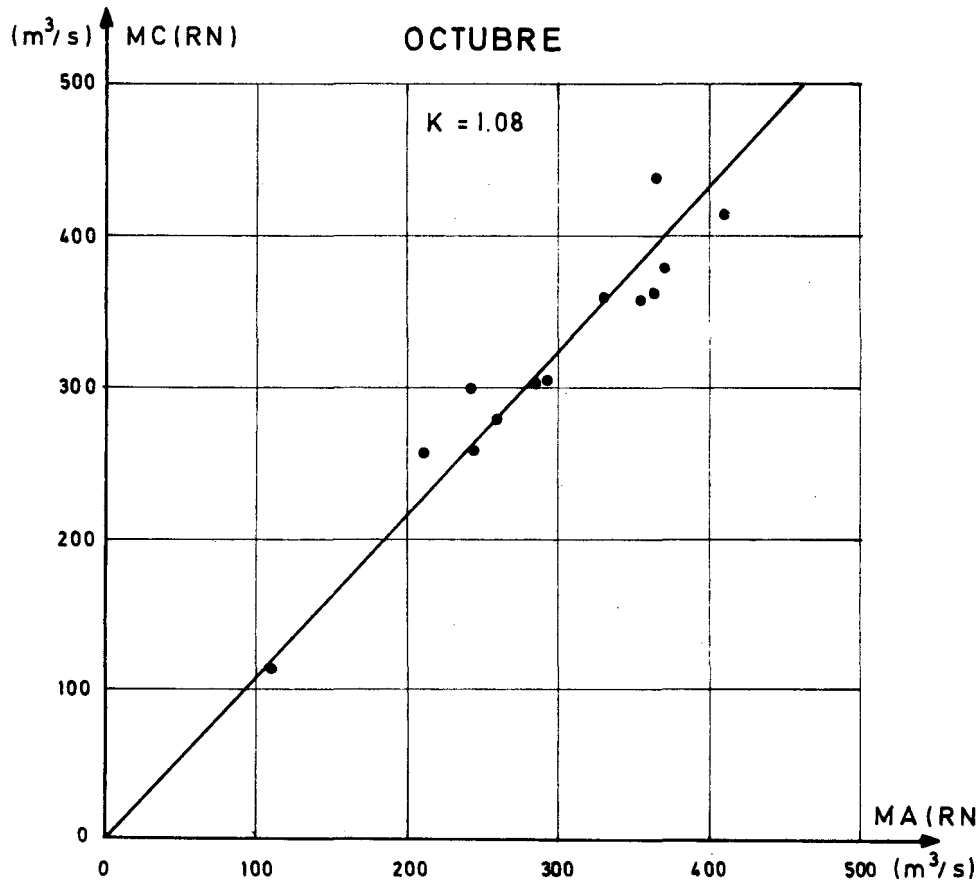


FIGURA Nº IV.C. 2-1-5

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
MAULE EN COLBUN (RN) V S.
MAULE EN ARMERILLO (RN)

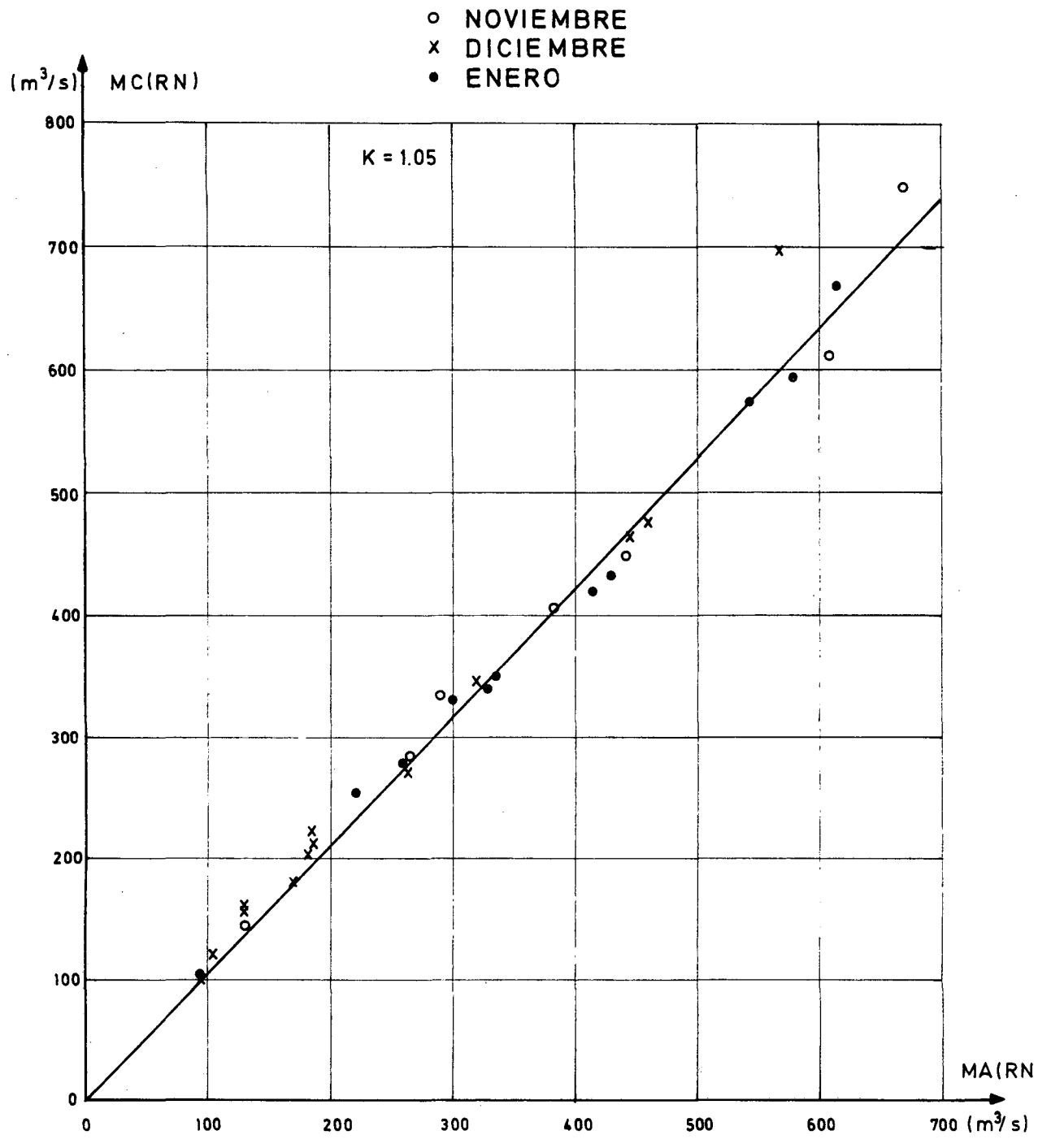
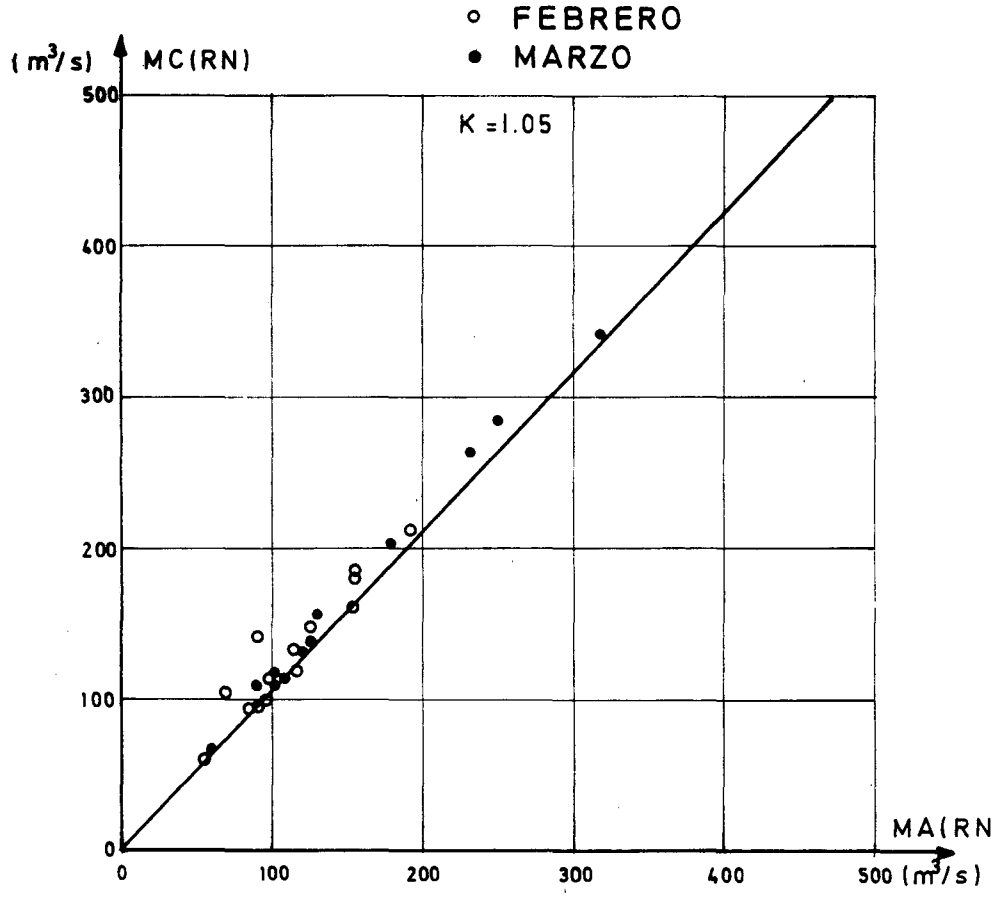


FIGURA Nº IV.C. 2-1-6

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
MAULE EN COLBUN (RN) VS.
MAULE EN ARMERILLO (RN)



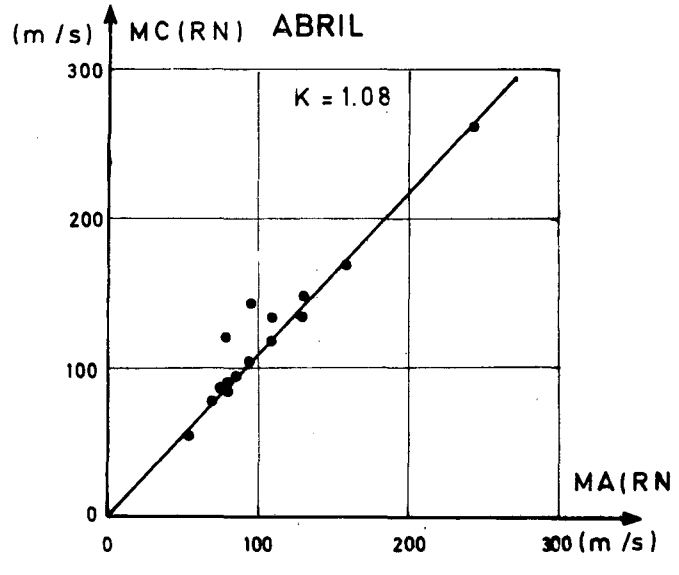
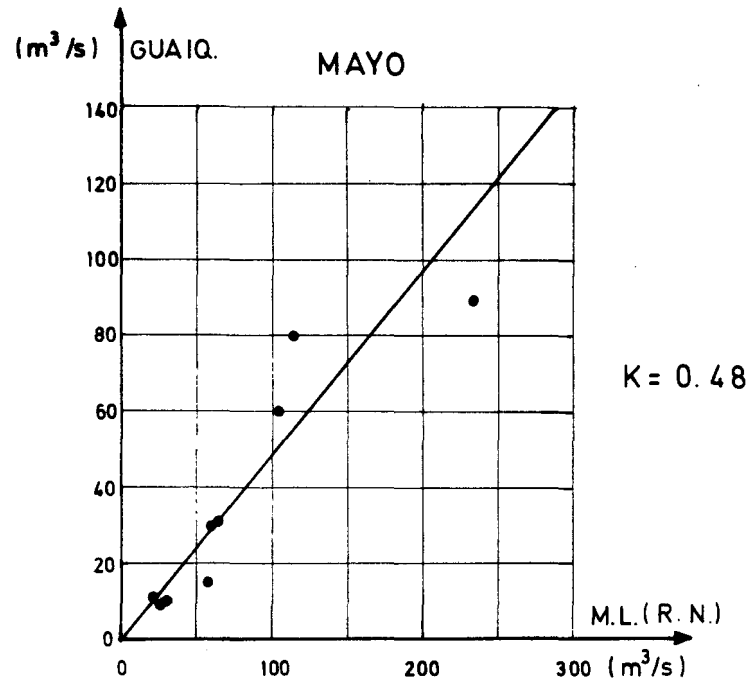


FIGURA Nº IV.C. 2-1-7

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO VS. MELADO EN LA LANCHA (RN)



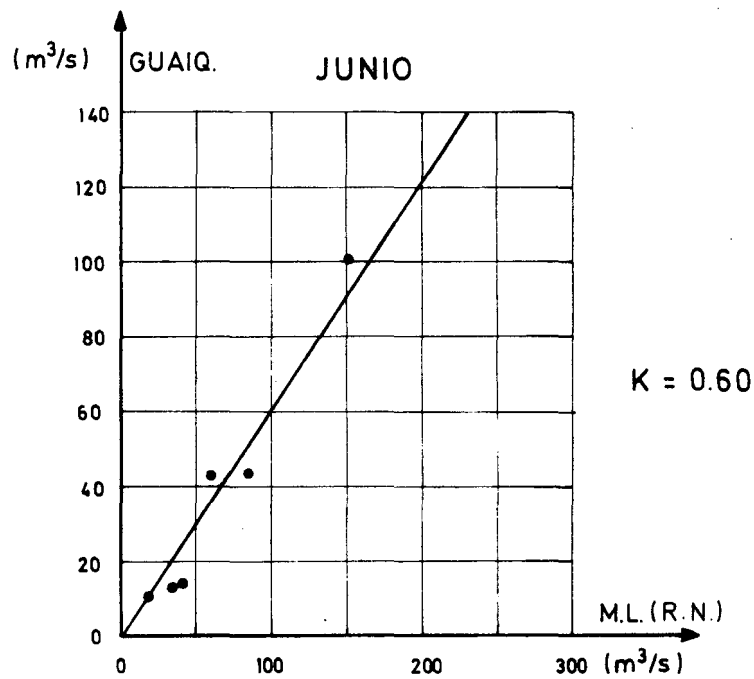
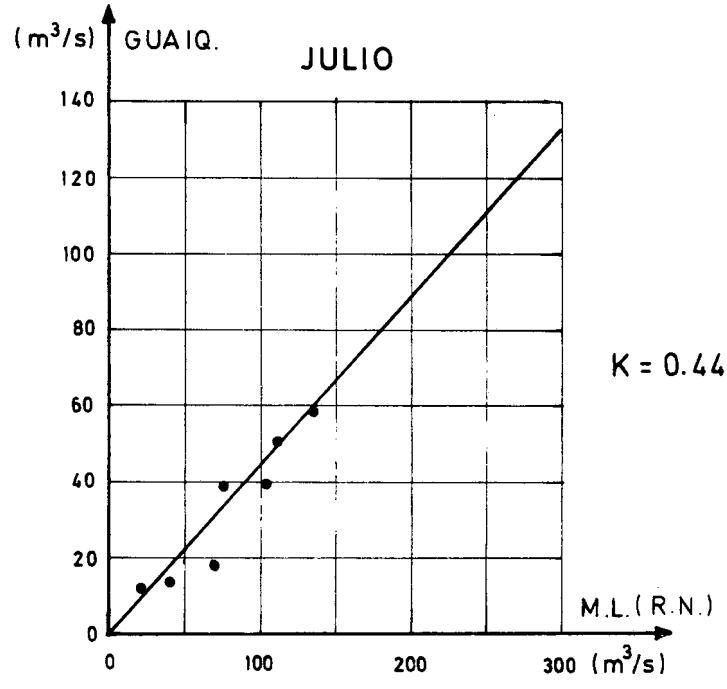


FIGURA Nº IV.C.2-1-8

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO VS. MELADO EN LA LANCHA (RN)



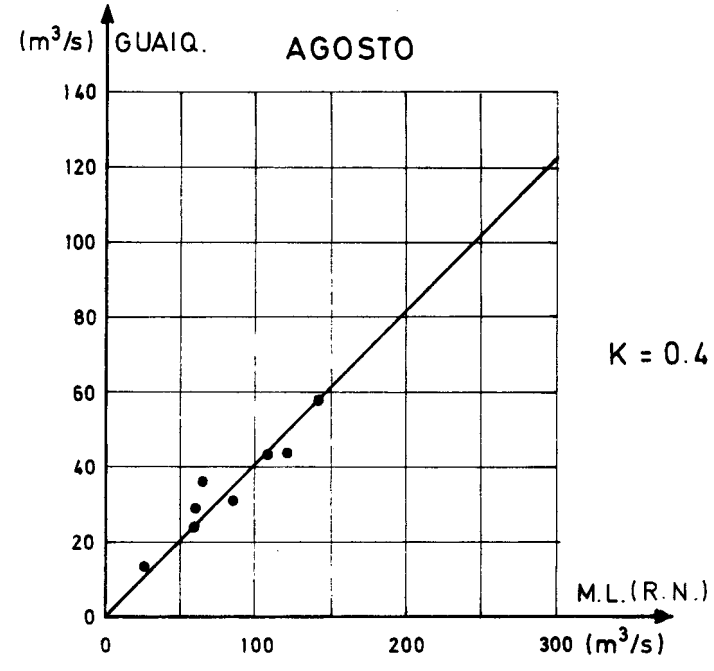
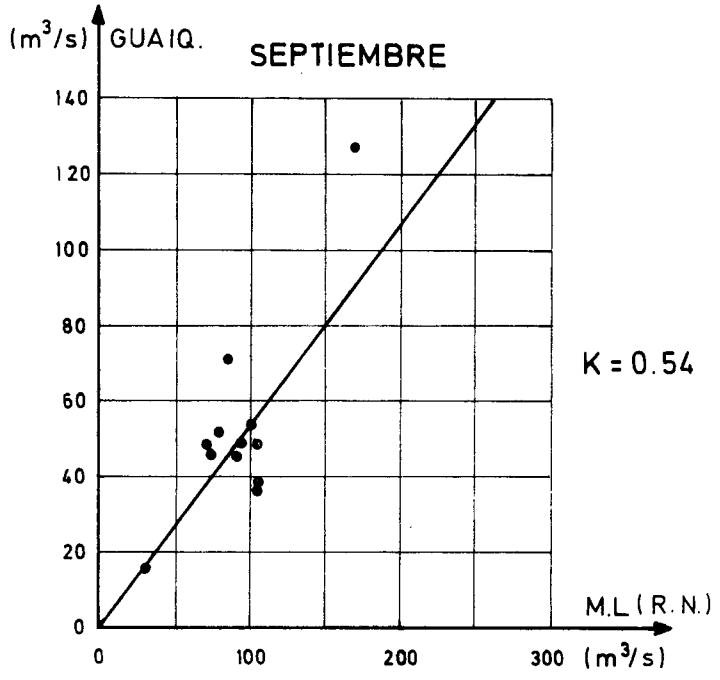


FIGURA Nº IV.C. 2 - 1-9

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO VS. MELADO EN LA LANCHA (RN)



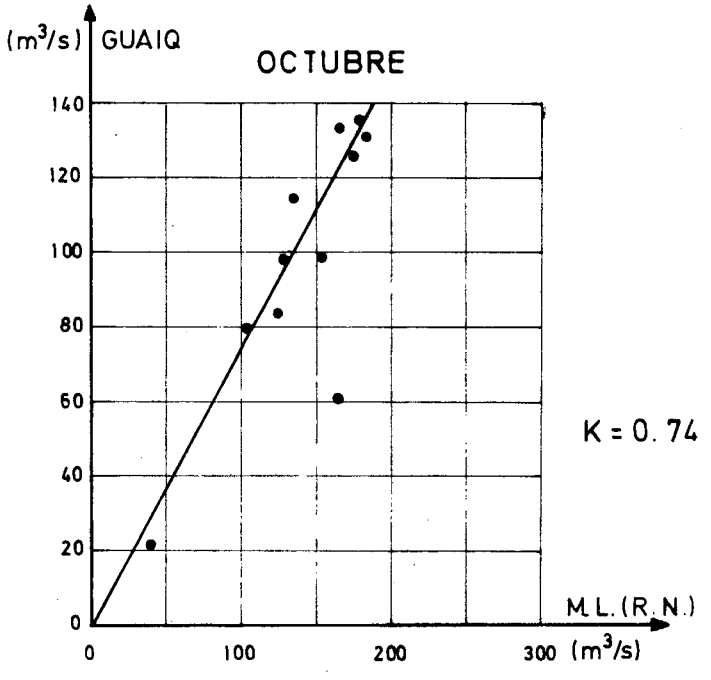


FIGURA Nº IV.C. 2-1-10

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO VS. MELADO EN LA LANCHA (RN)

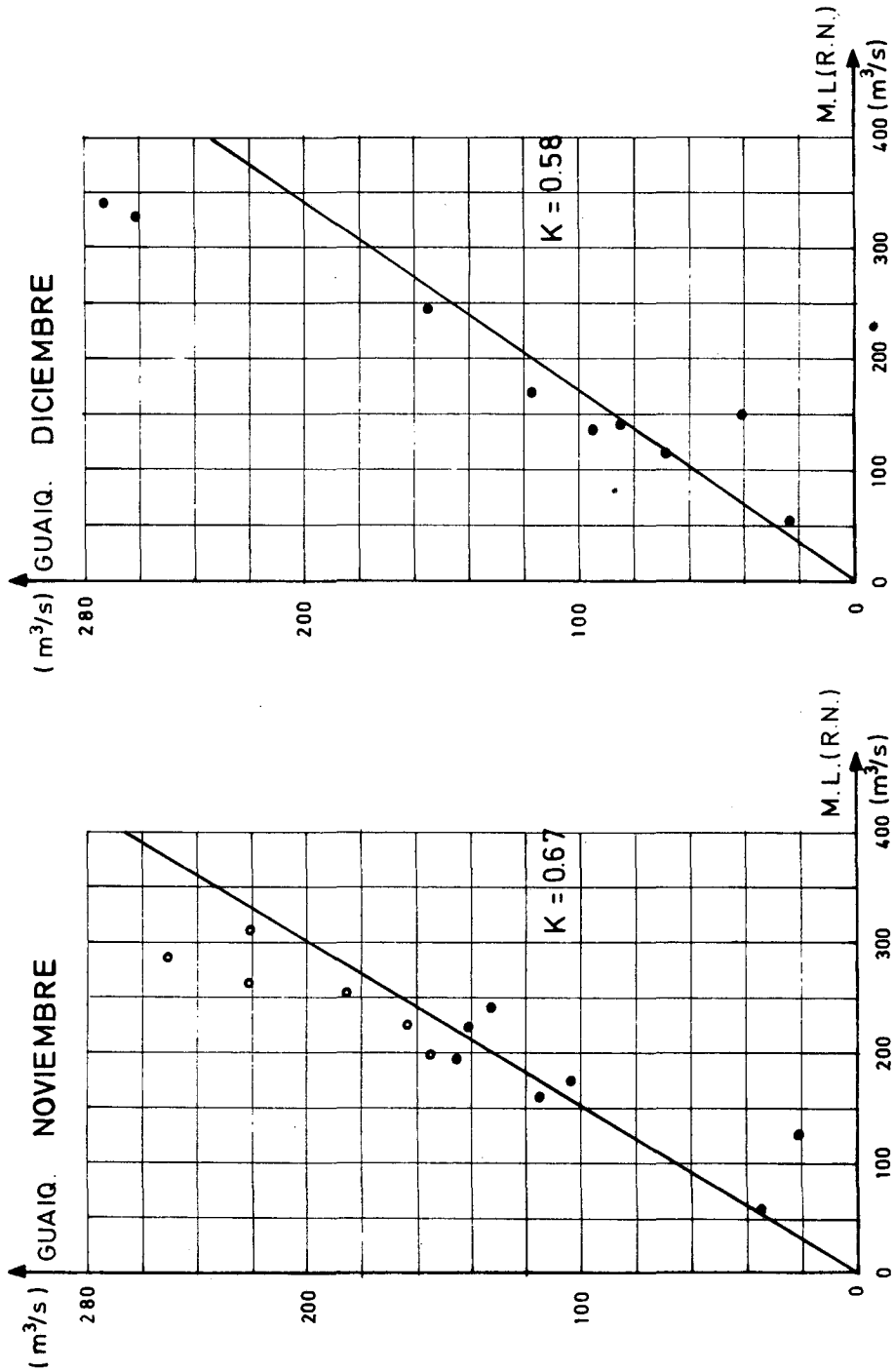
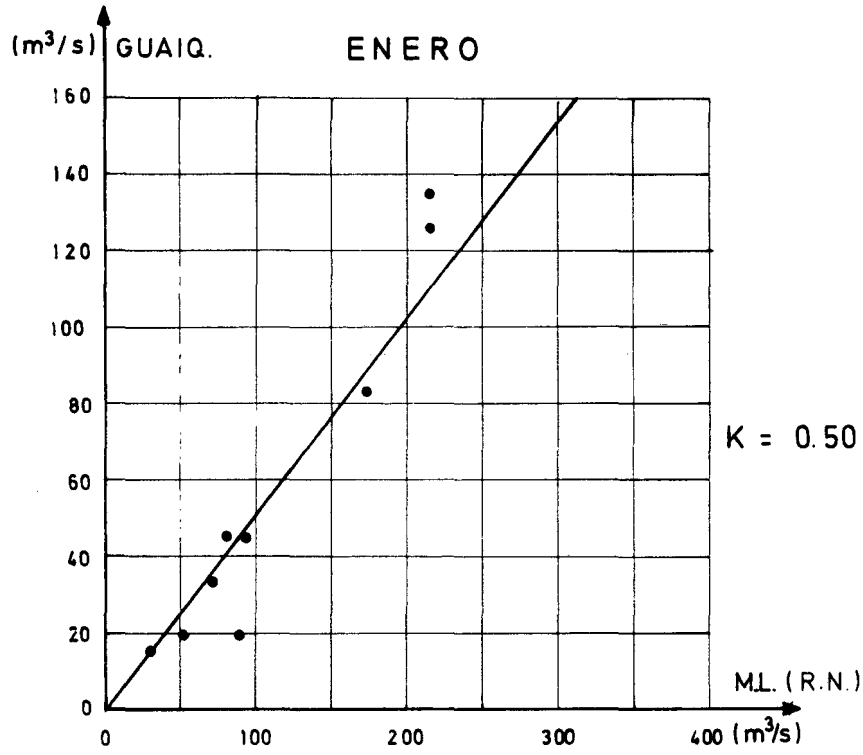


FIGURA Nº IV.C. 2-1-11

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO VS. MELADO EN LA LANCHA (RN)



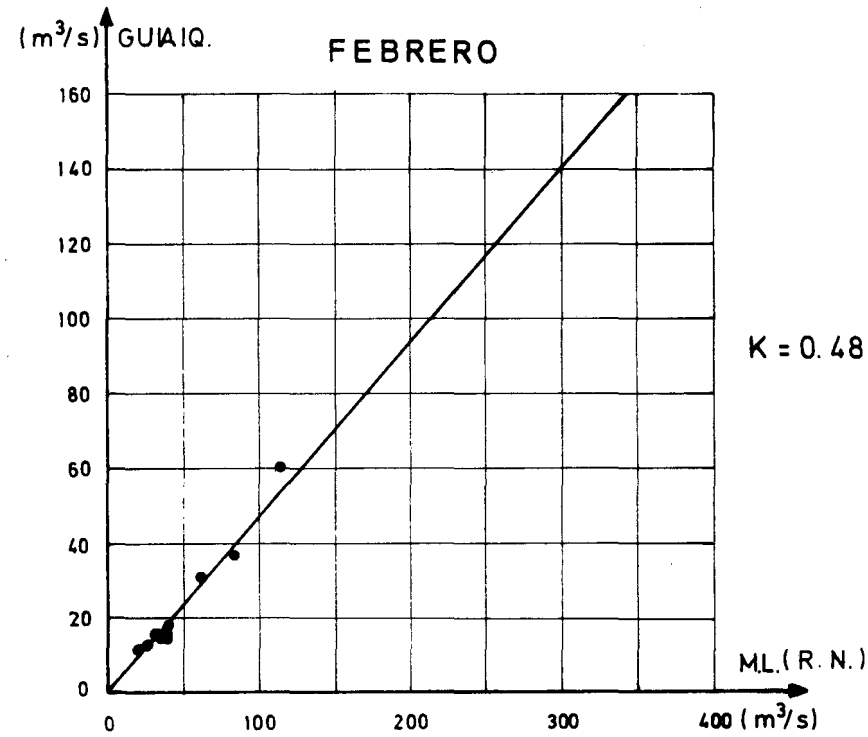
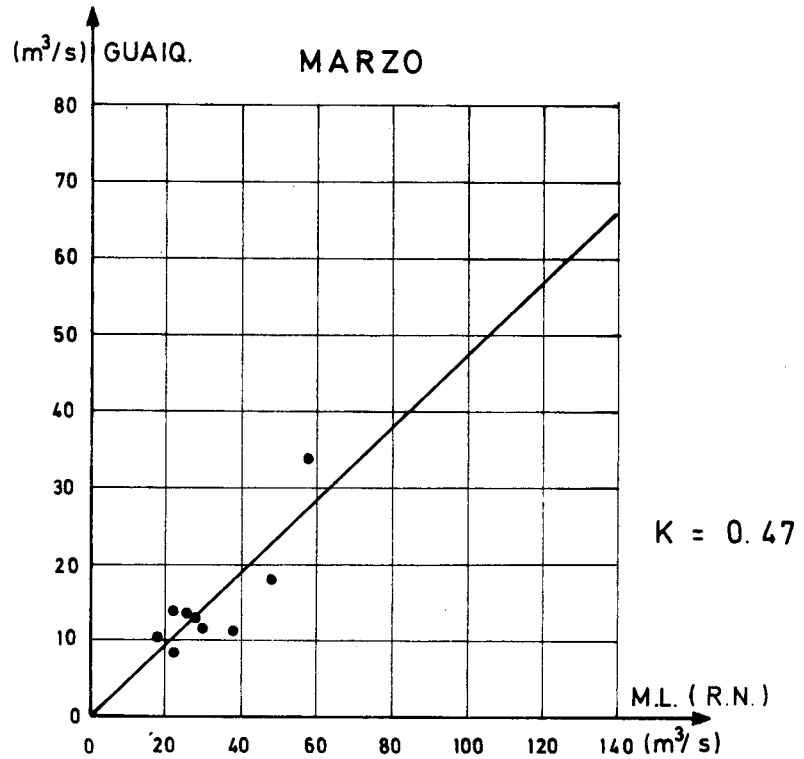


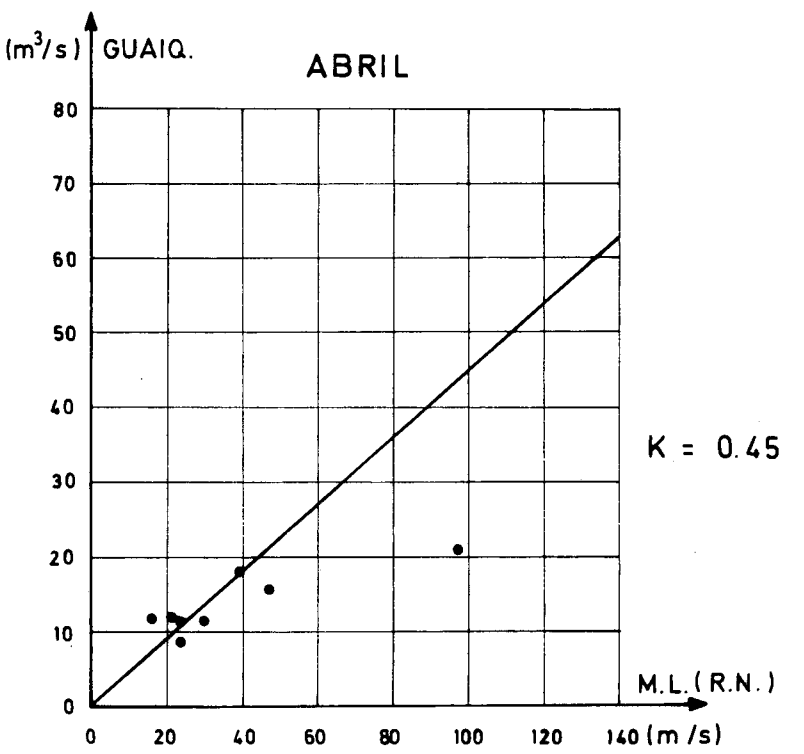
FIGURA Nº IV.C. 2-1-12

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO VS. MELADO EN LA LANCHA (RN)



K = 0.47



K = 0.45

FIGURA Nº IV.C. 2-1-13

CAUDALES MEDIOS ANUALES

GUAIQUIVILO EN GUAIQUIVILO VS. MELADO EN LA LANCHA (RN)

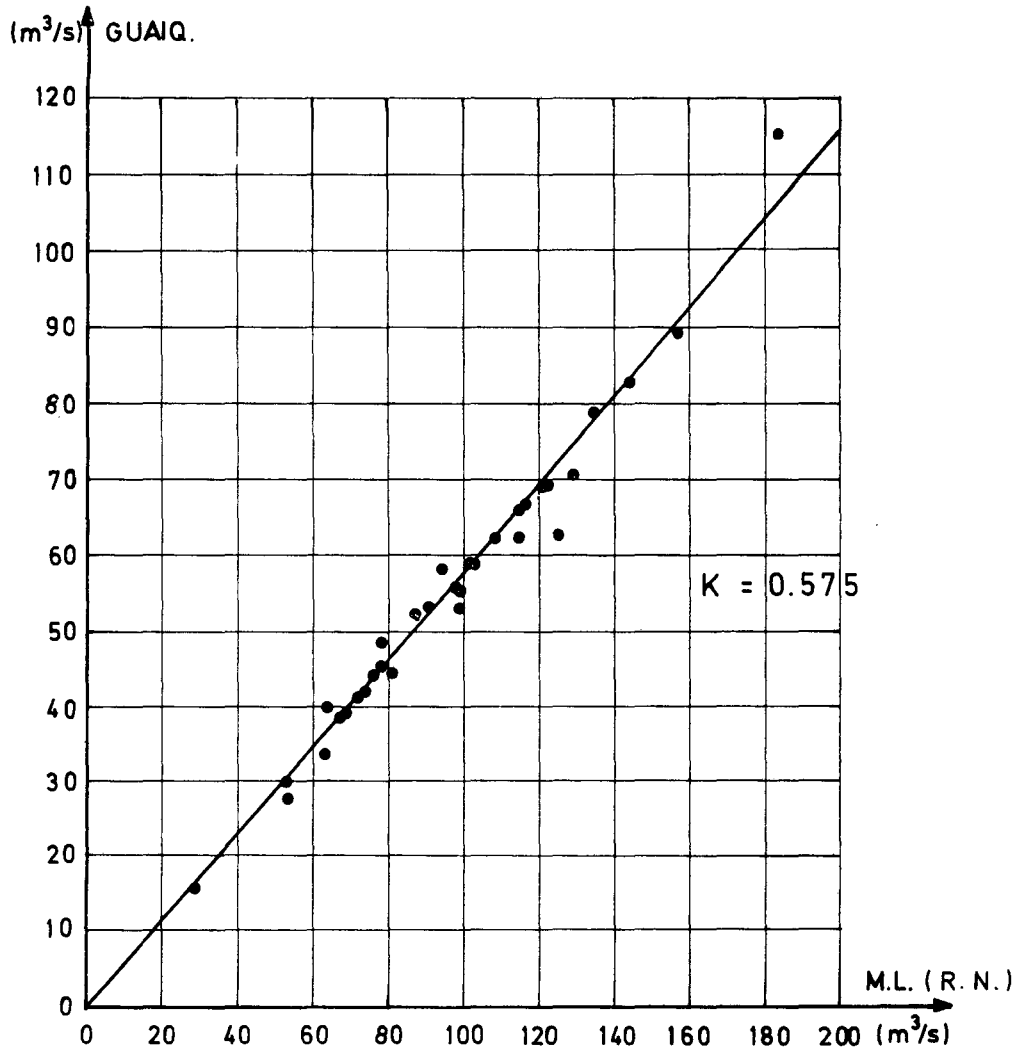
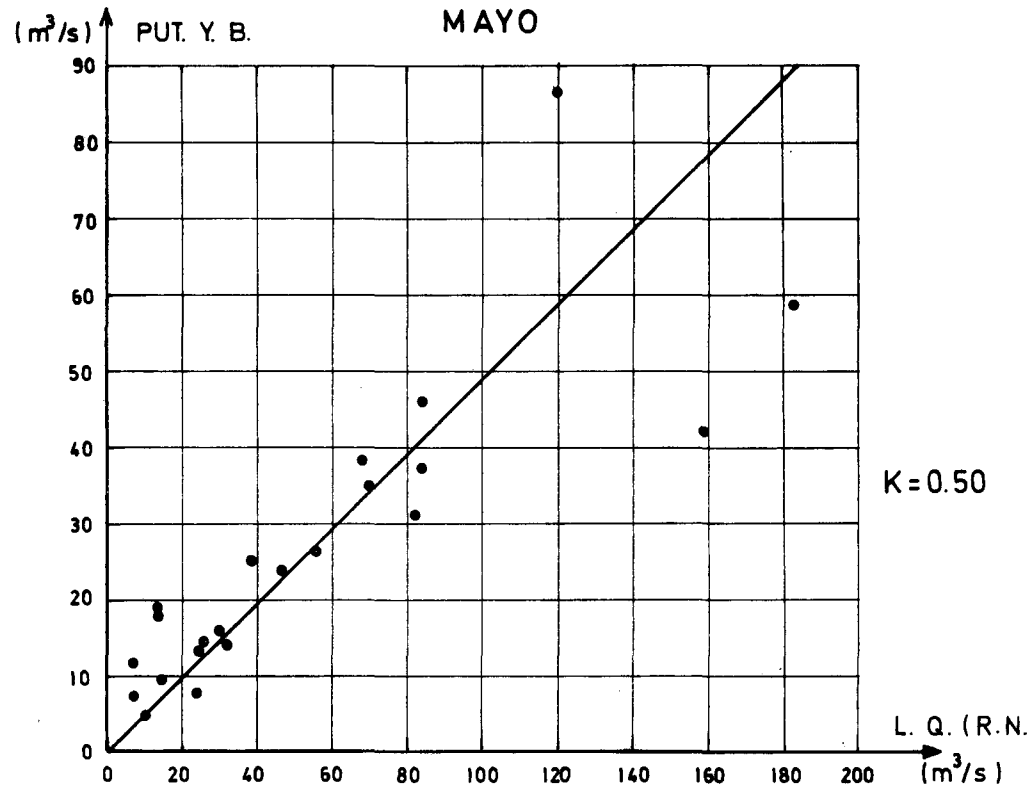


FIGURA Nº IV.C. 2-1-14

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



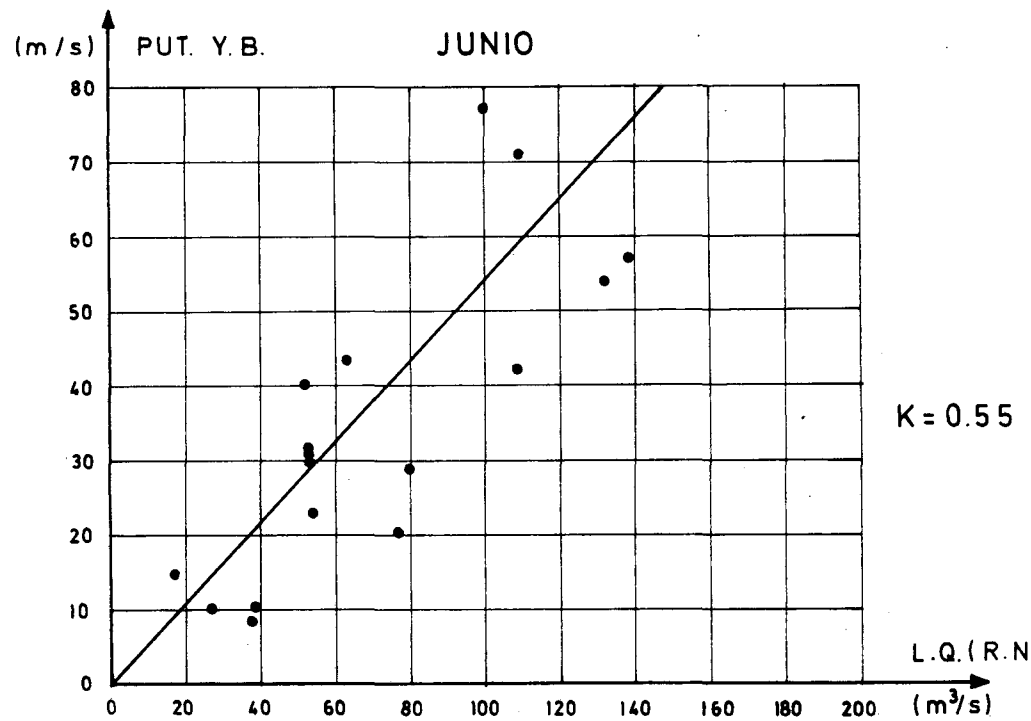
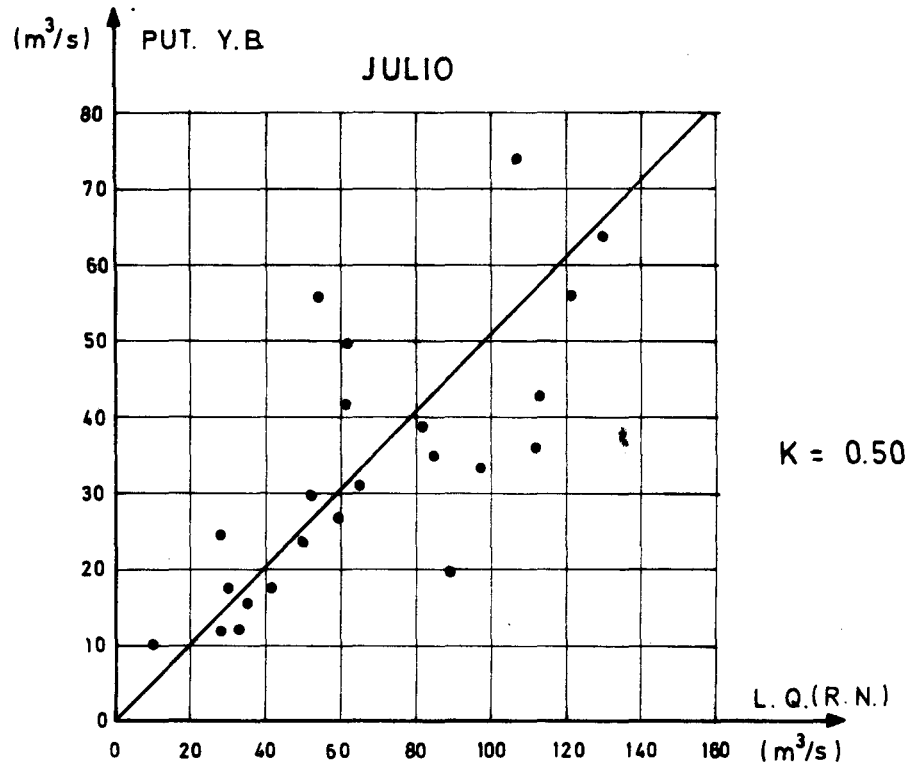
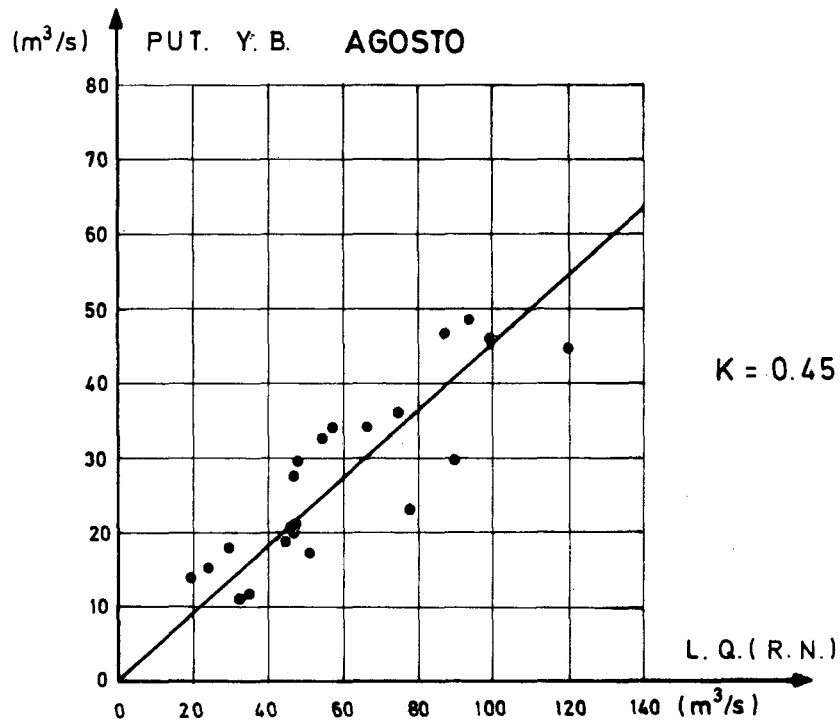


FIGURA Nº IV.C. 2 - 1 - 15

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



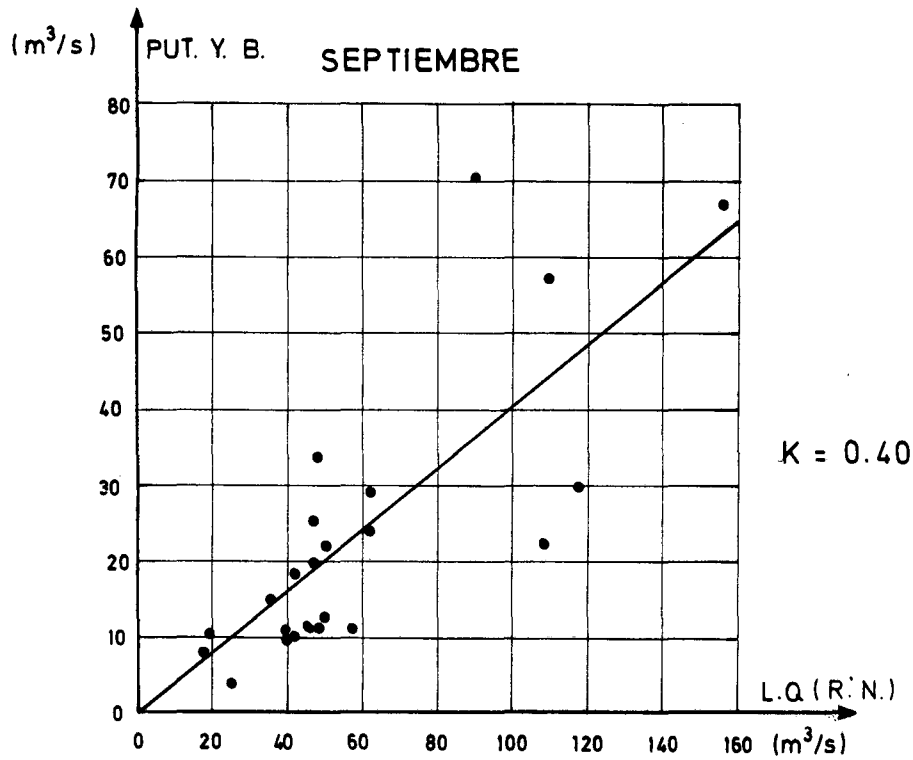
K = 0.50



K = 0.45

FIGURA Nº IV.C. 2-1-16

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



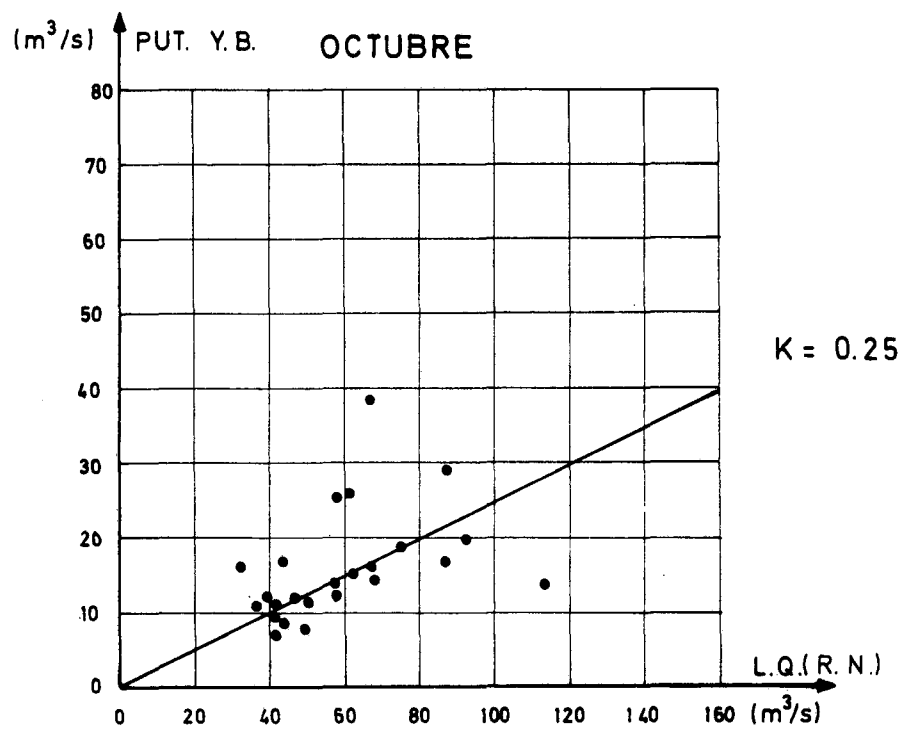
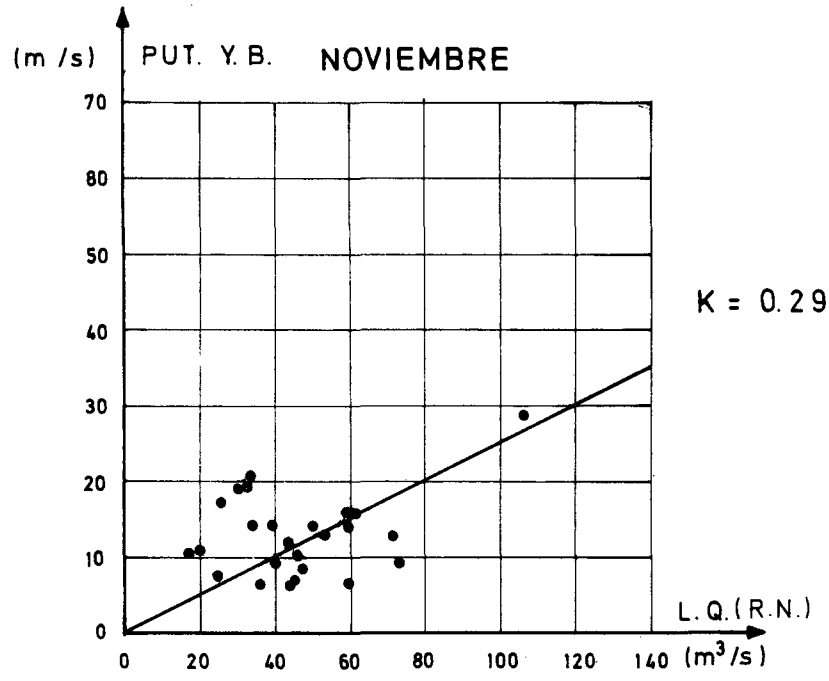


FIGURA Nº IV.C. 2-1-17

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



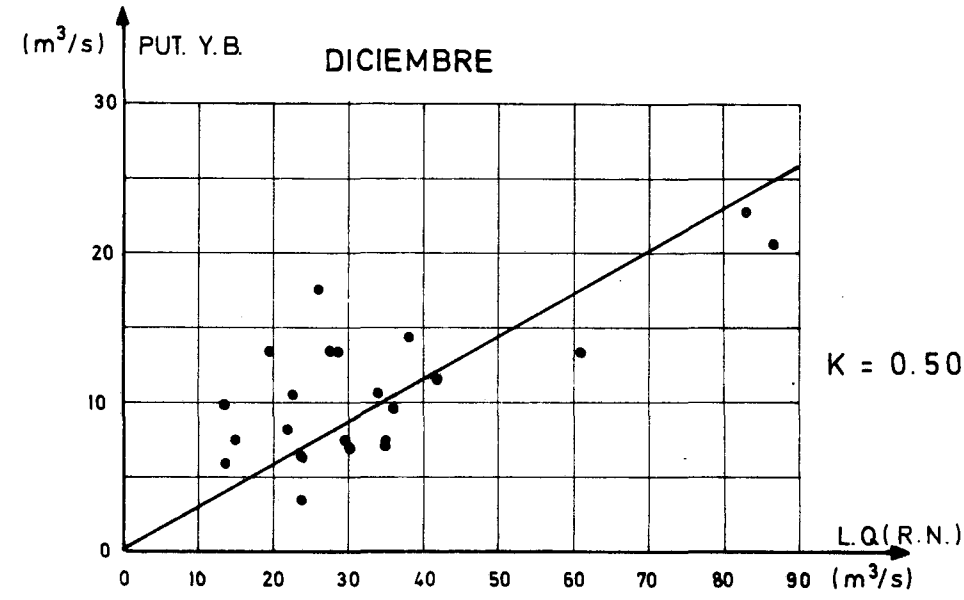
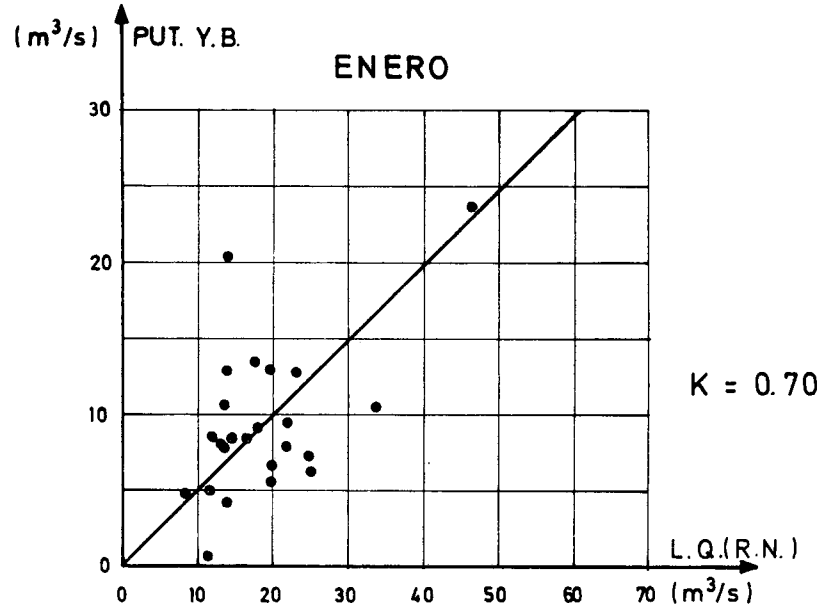


FIGURA Nº IV.C. 2-1-18

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



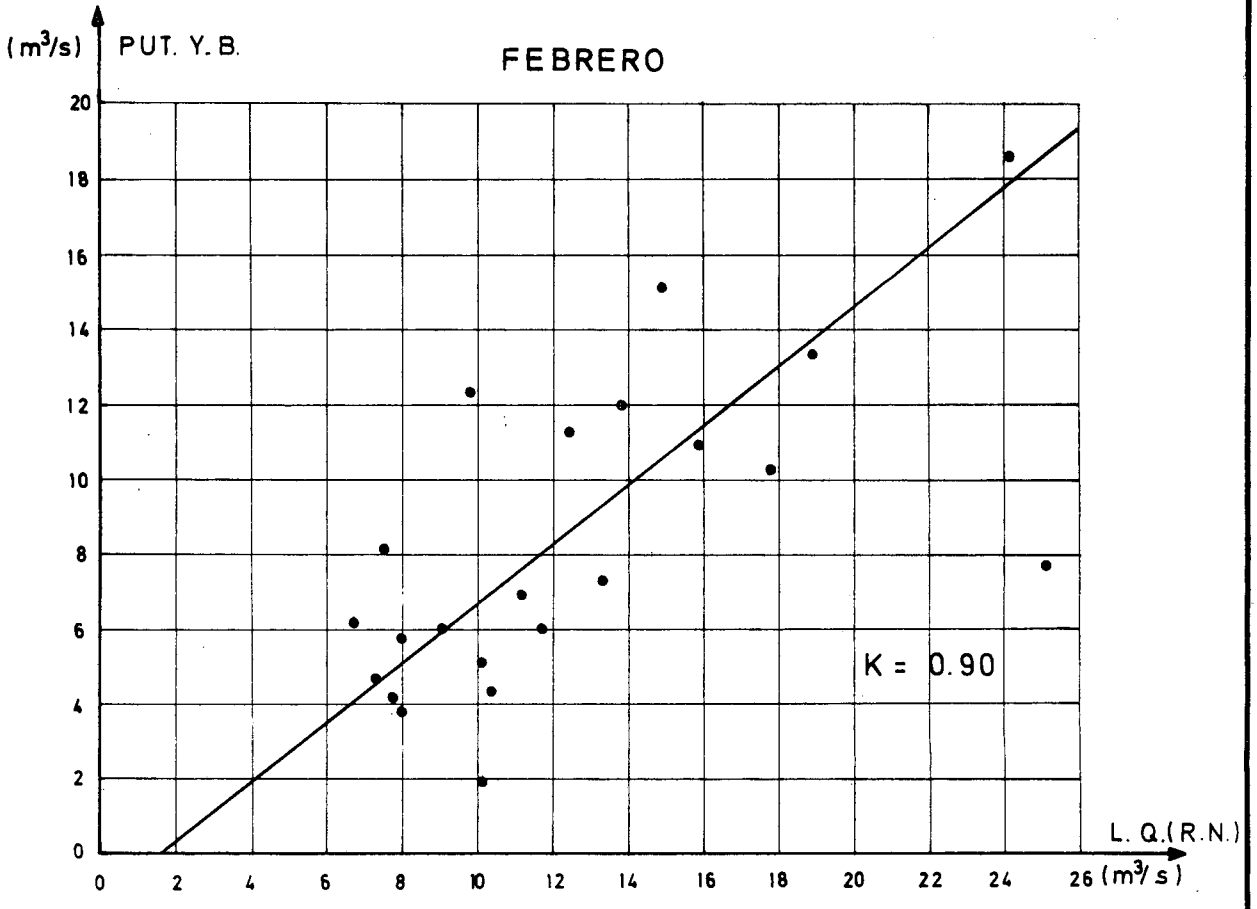


FIGURA Nº IV.C. 2-1-19

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)

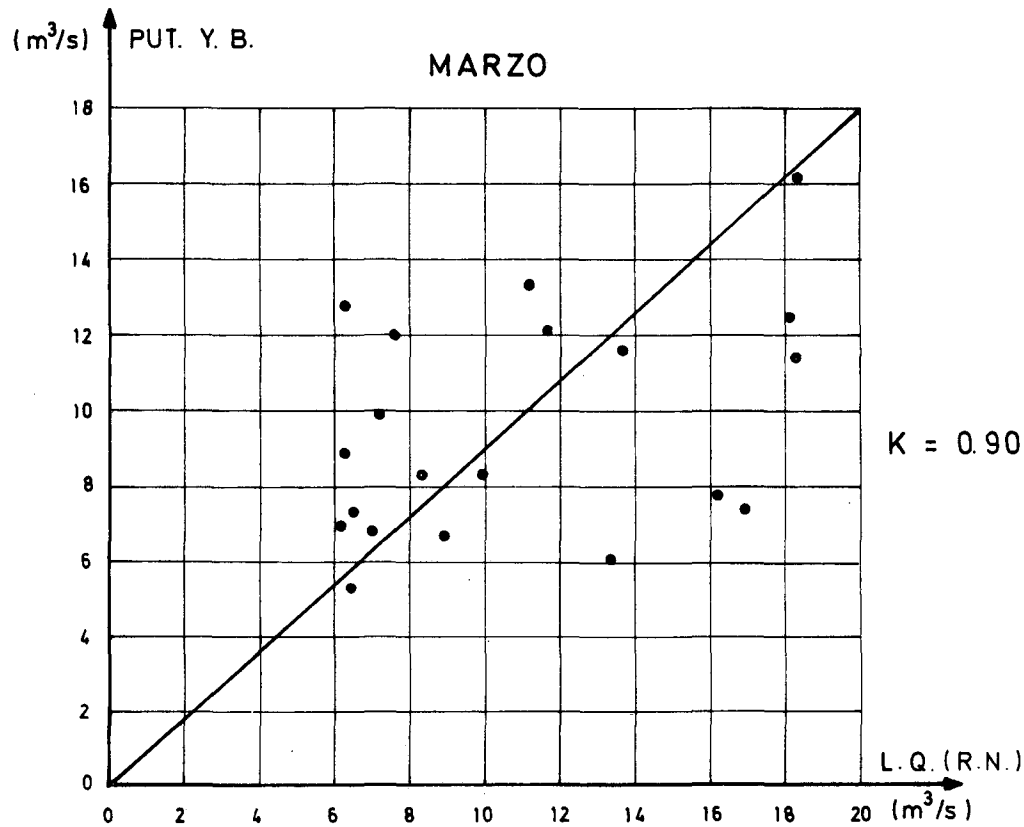


FIGURA Nº IV.C. 2-1-20

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)

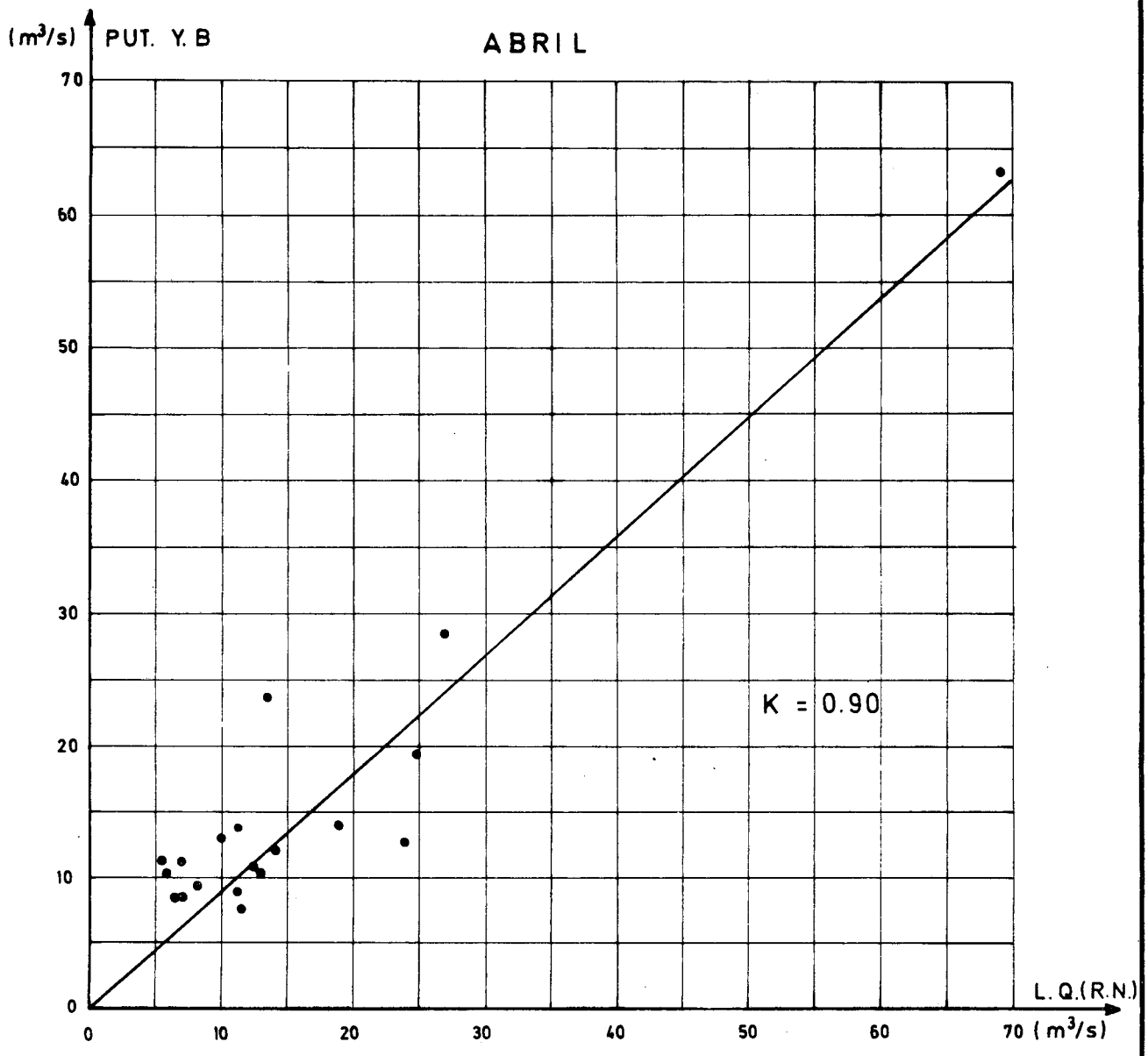


FIGURA Nº IV.C. 2-1-21

CAUDALES MEDIOS ANUALES

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)

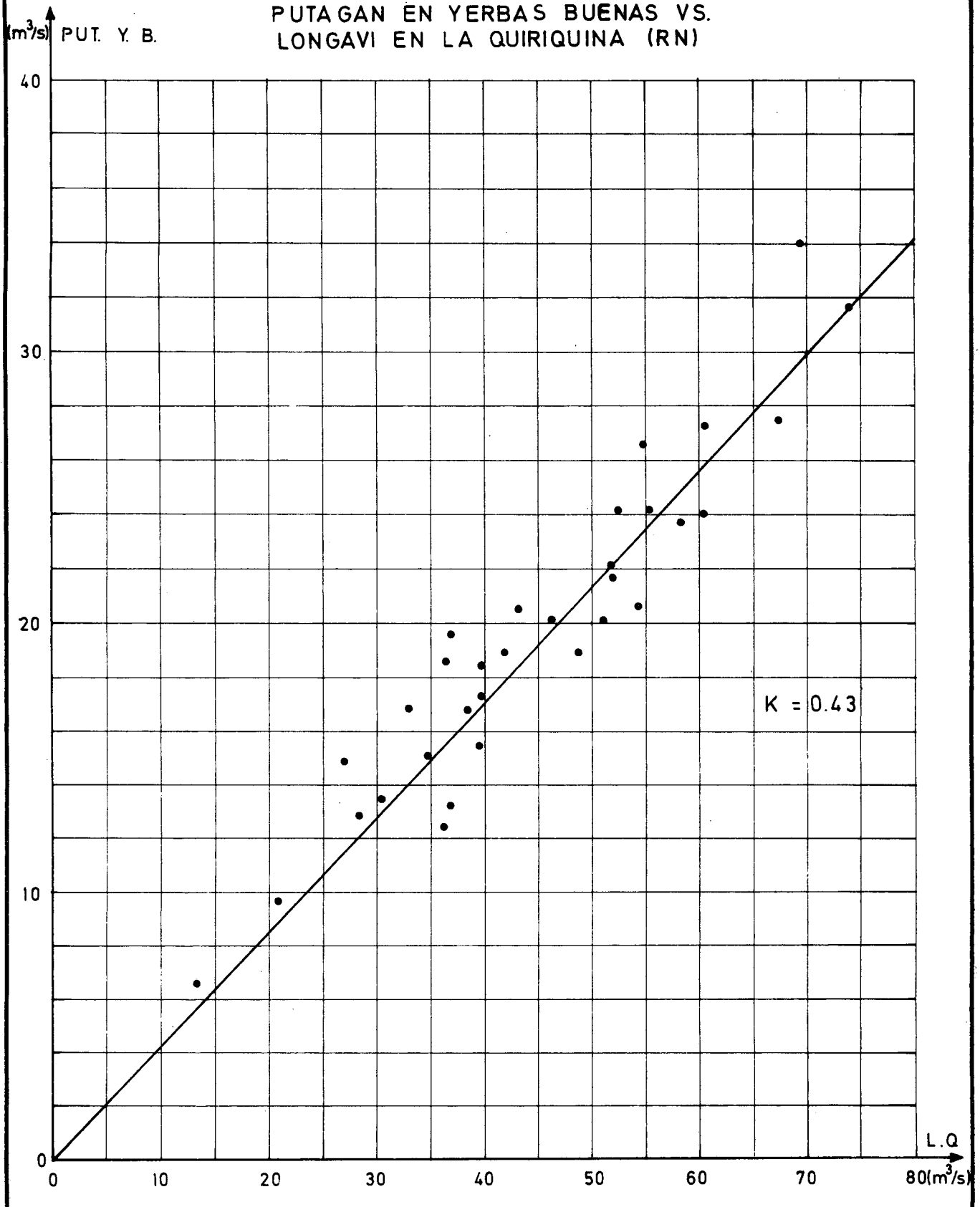
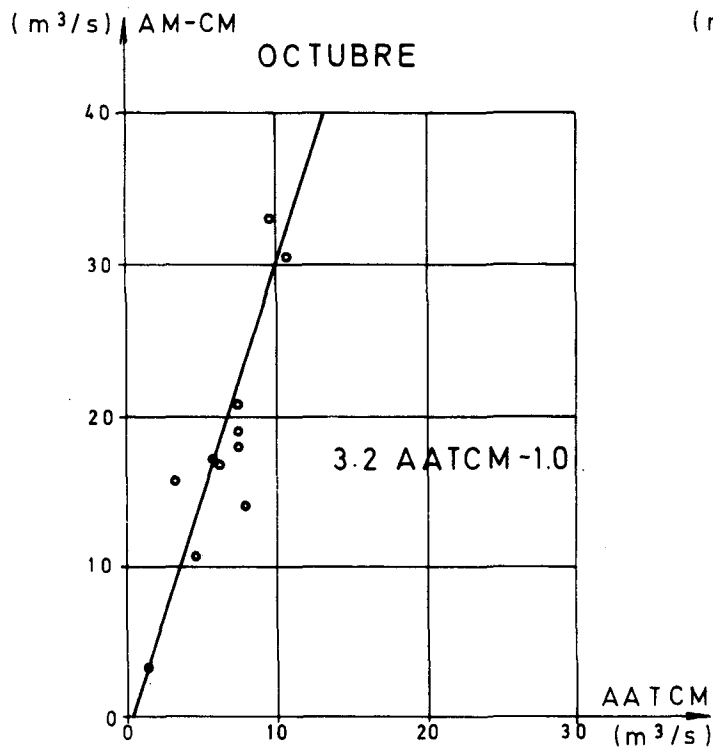
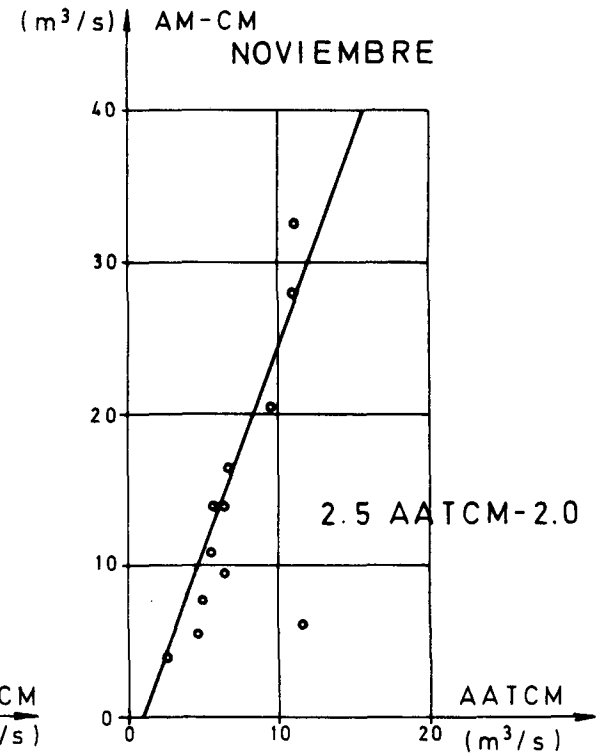
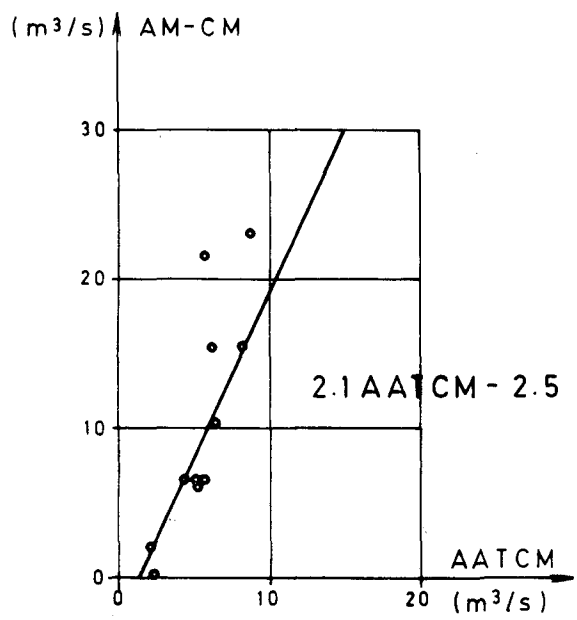


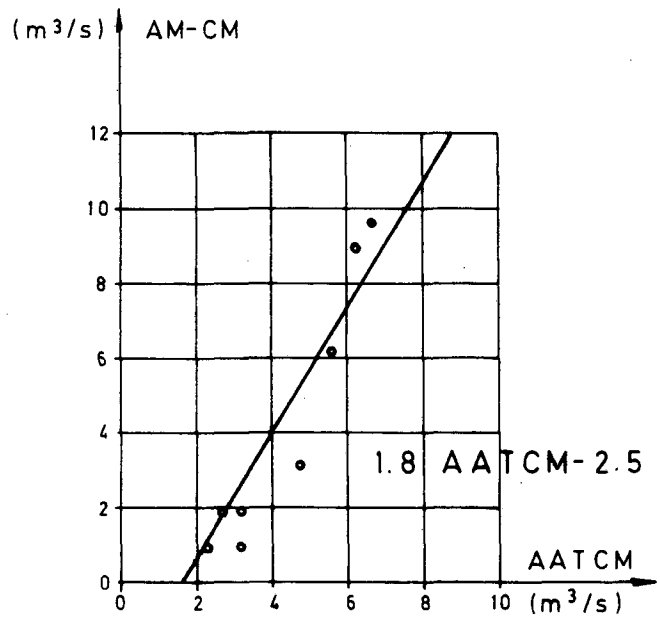
FIGURA Nº IV.C. 2-1-22

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA EN EL MORRO - CANAL MELADO
VS. ANCOA A.T. CANAL MELADO



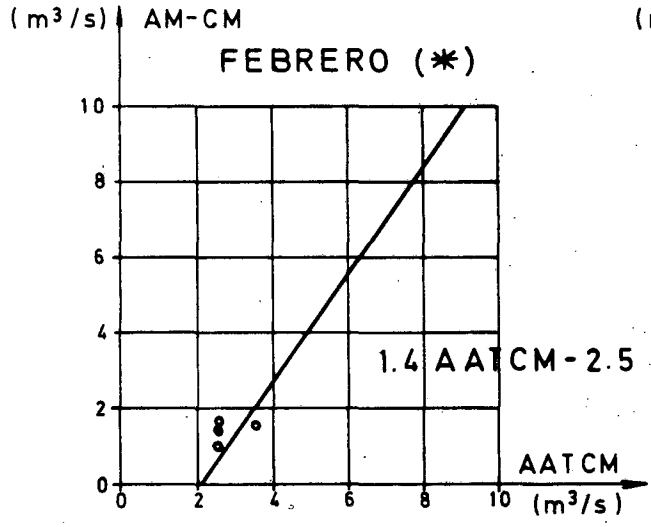


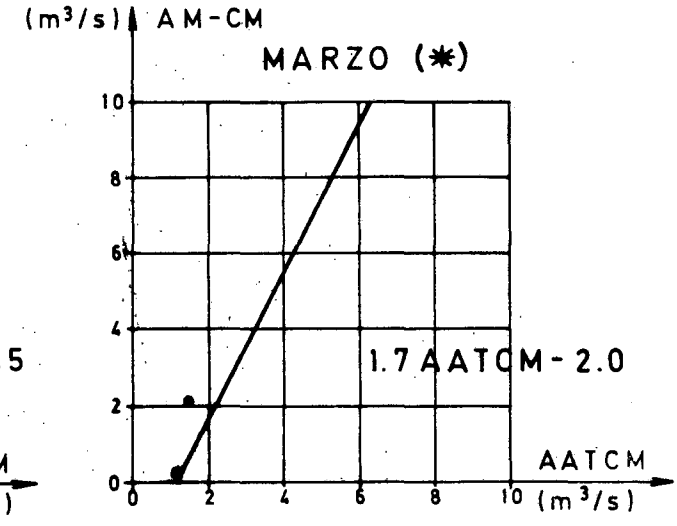


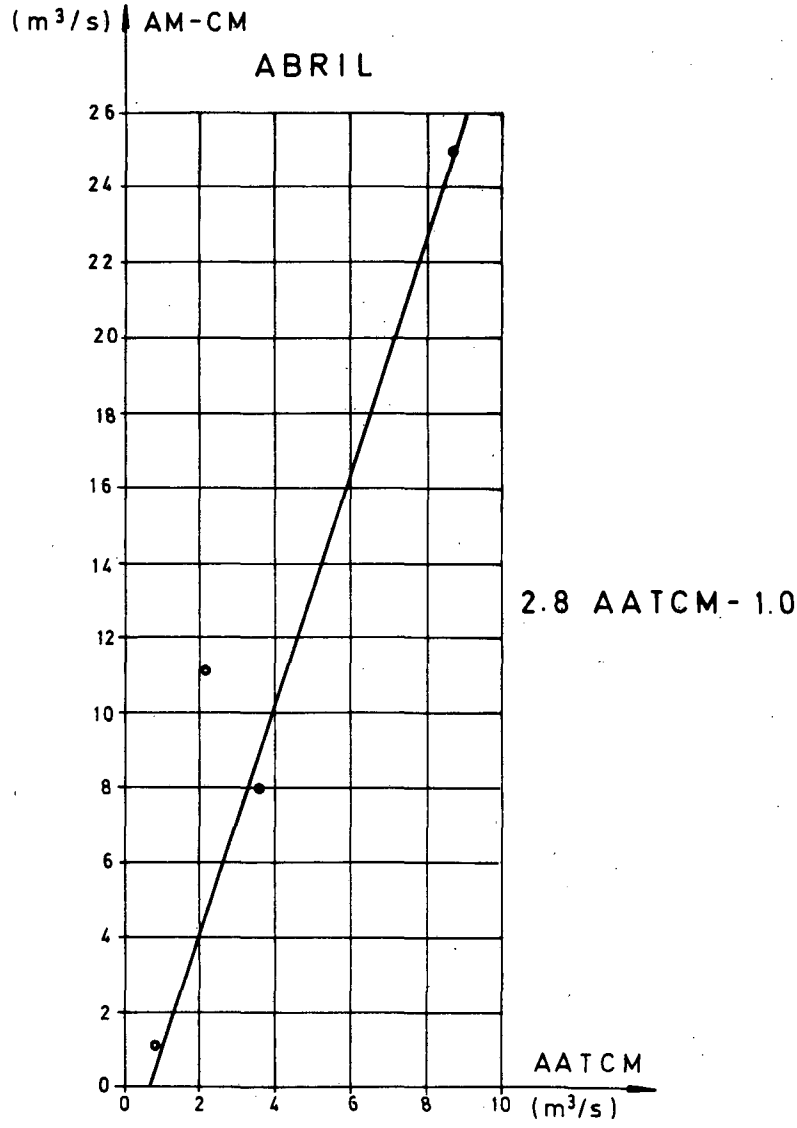


CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA EN EL MORRO - CANAL MELADO
VS. ANCOA A.T. CANAL MELADO

FIGURA Nº IV.C.2-1-23



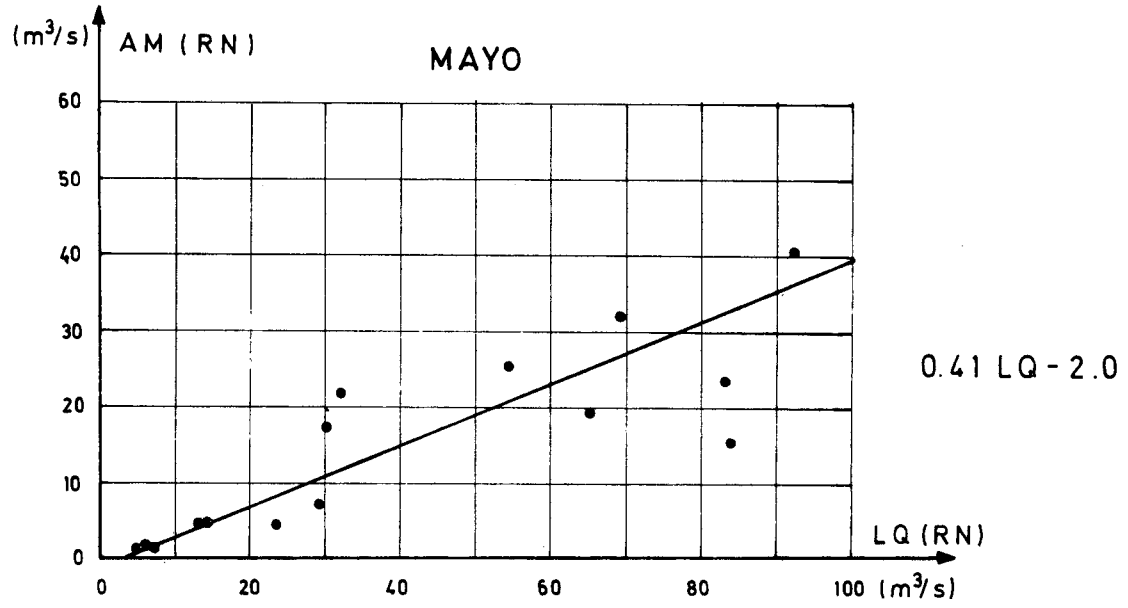




(*) CORRELACION OBTENIDA POR INTERPOLACION, SUPONIENDO VARIACION GRADUAL ENTRE ENERO y ABRIL

FIGURA Nº IV.C. 2 - 1-24

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA EN EL MORRO (RN) VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



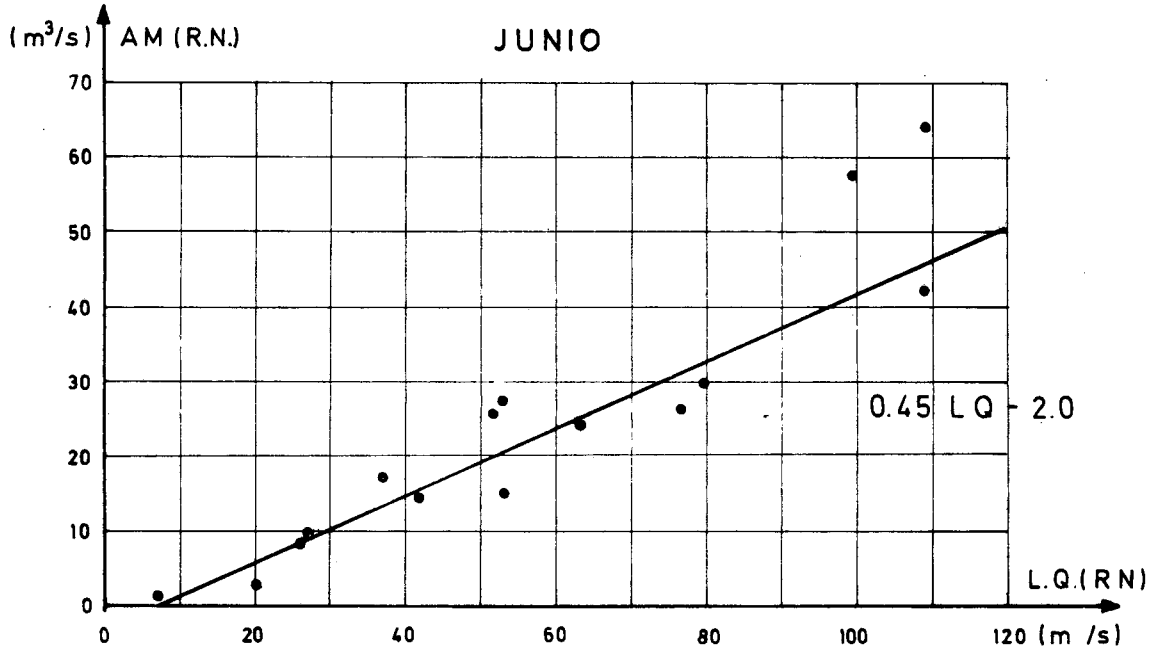
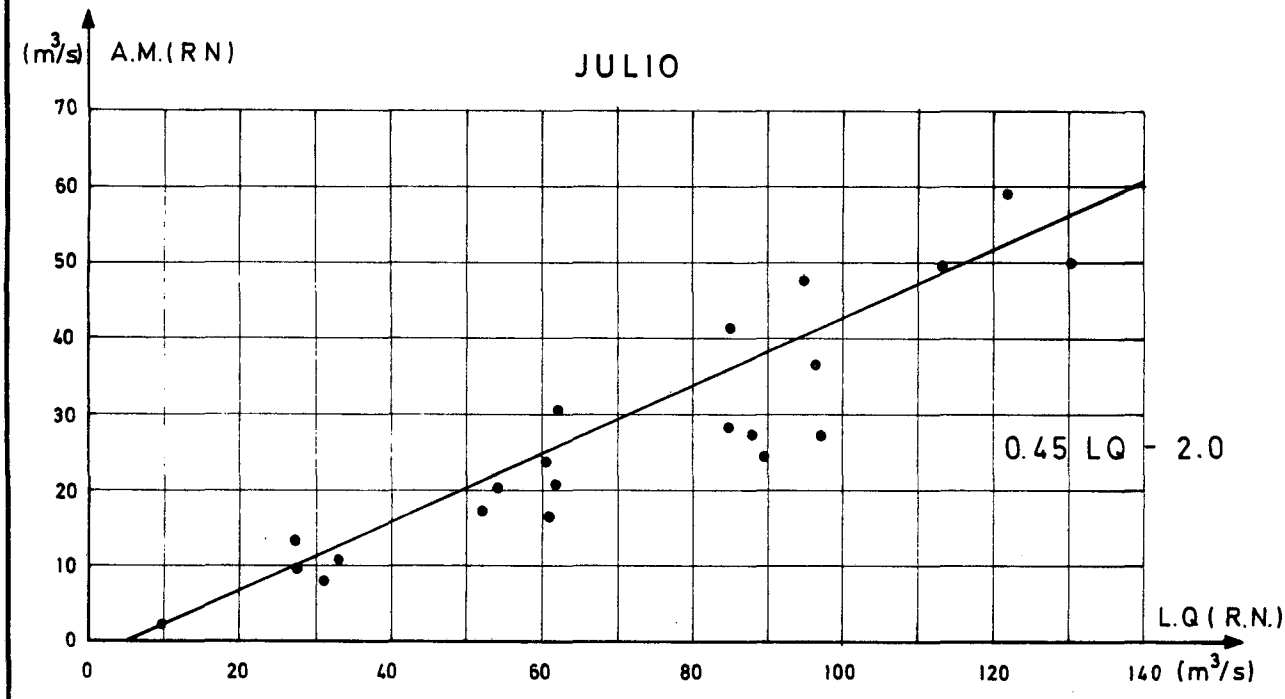


FIGURA Nº IV.C. 2-1-25

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA EN EL MORRO (RN) VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



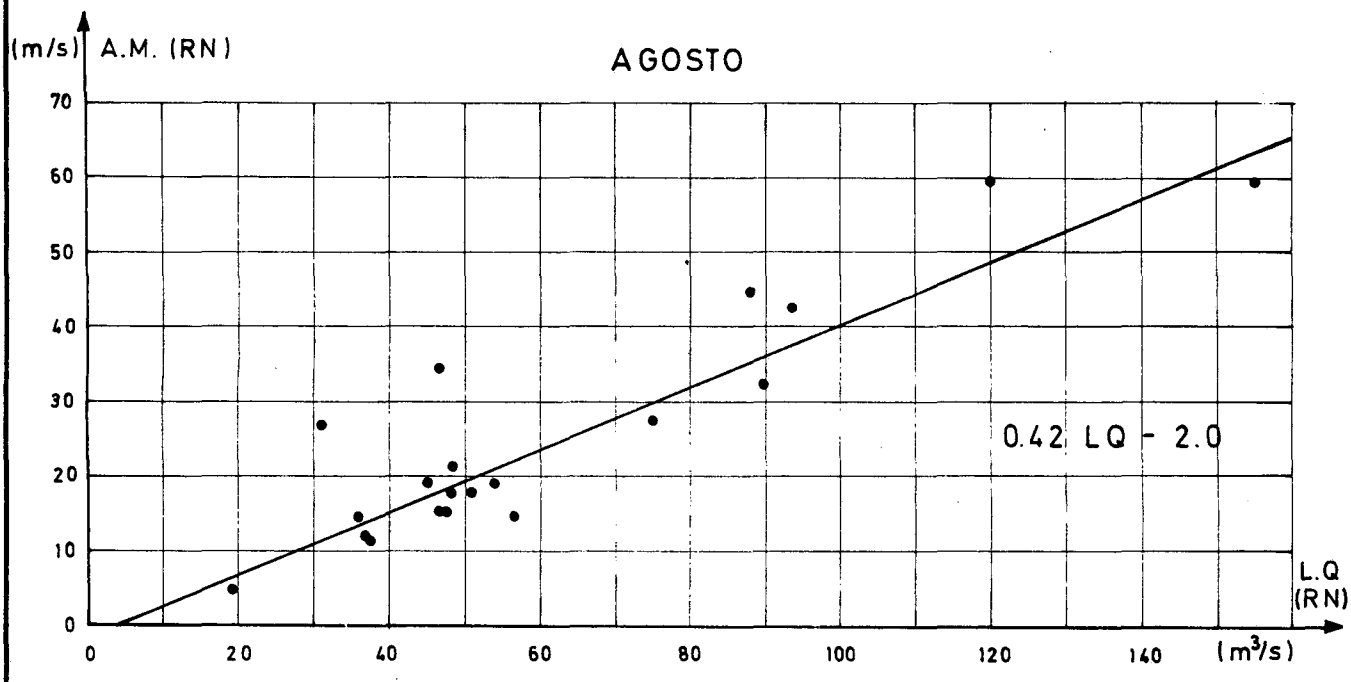
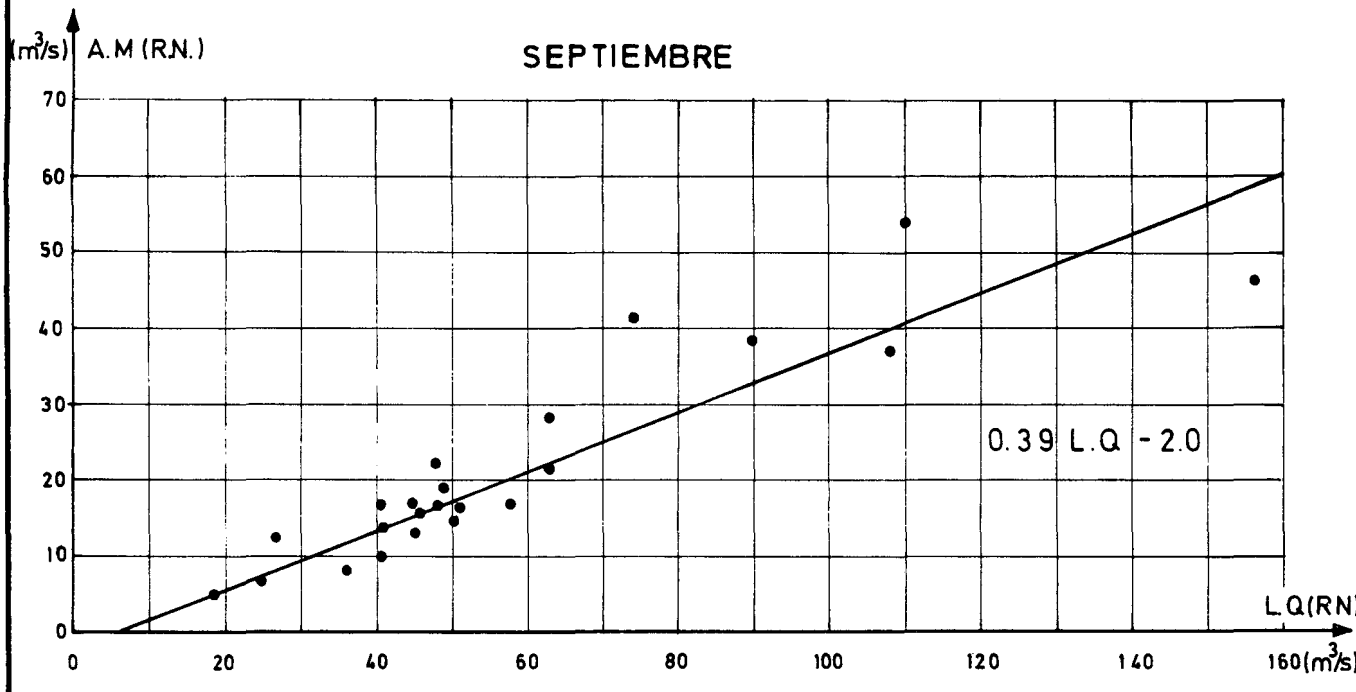


FIGURA Nº IV.C.2-1-26

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA EN EL MORRO (RN) VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



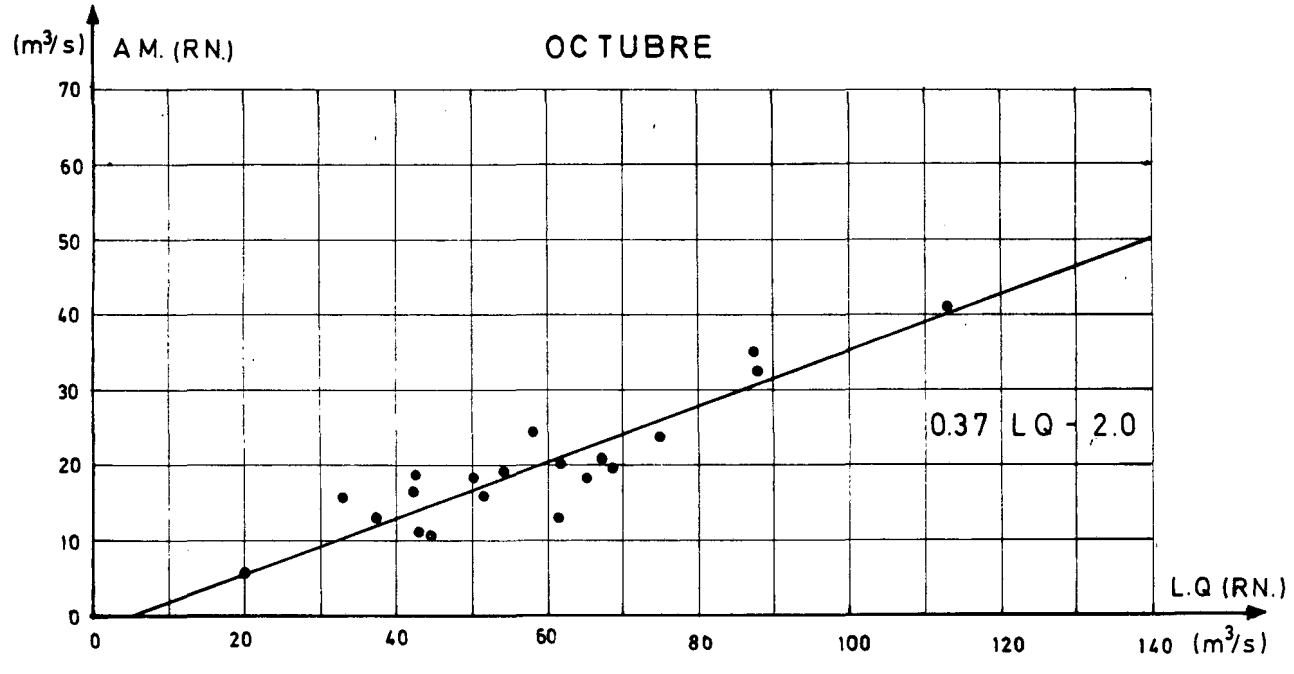
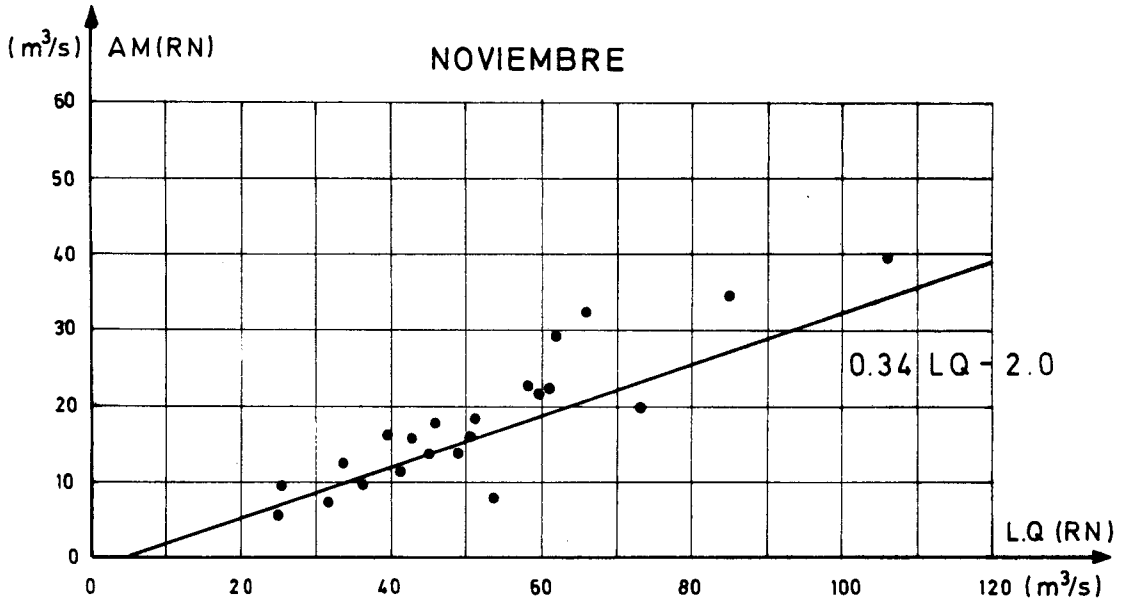


FIGURA Nº IV.C.2-1-27

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA EN EL MORRO (RN) VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



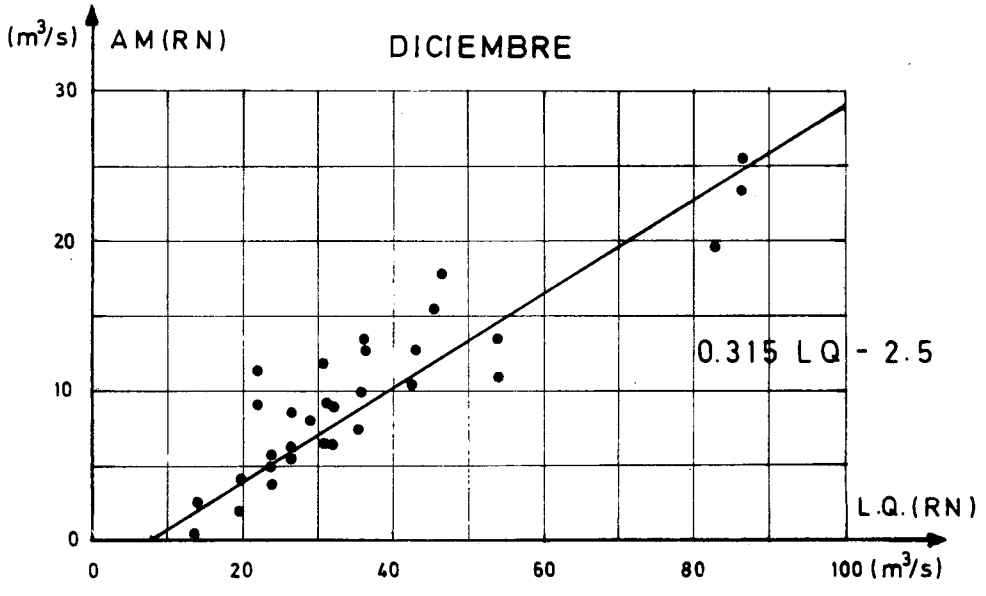
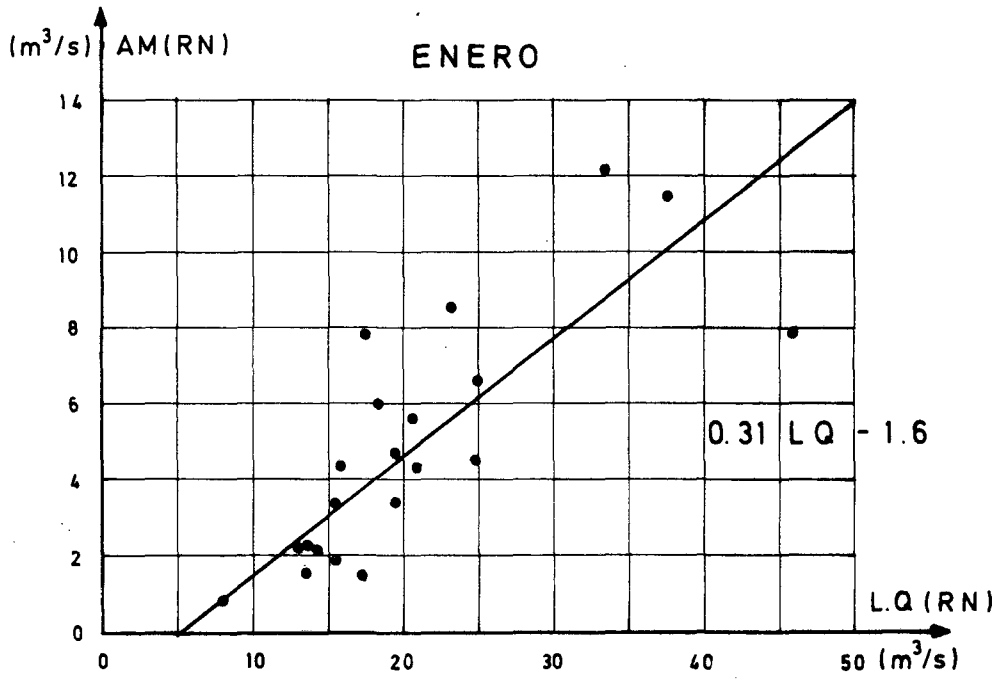


FIGURA Nº IV.C. 2 -1-28

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA EN EL MORRO (RN) V S.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)



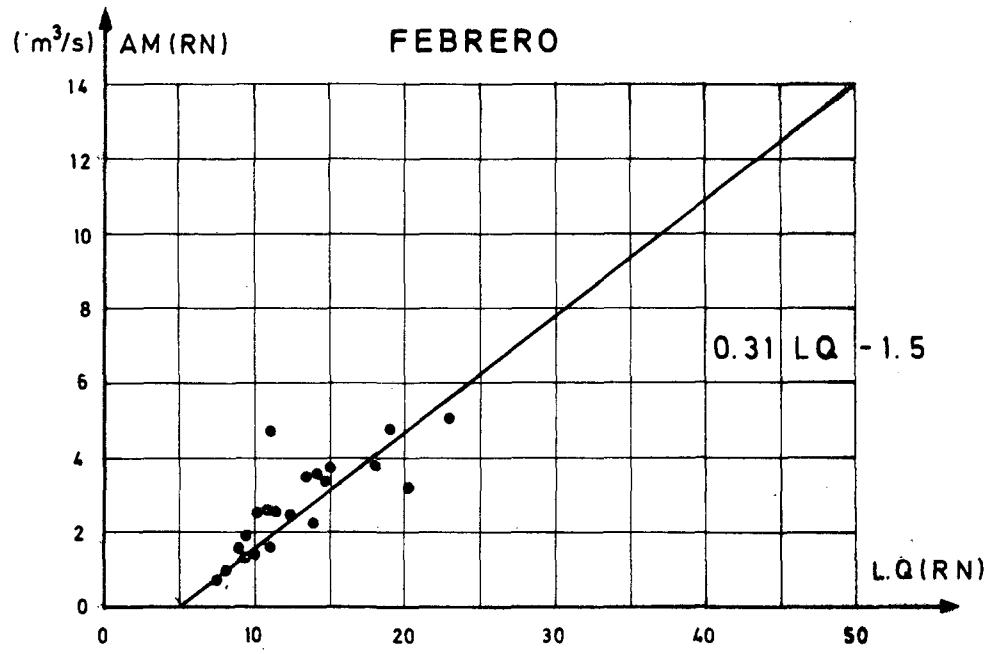
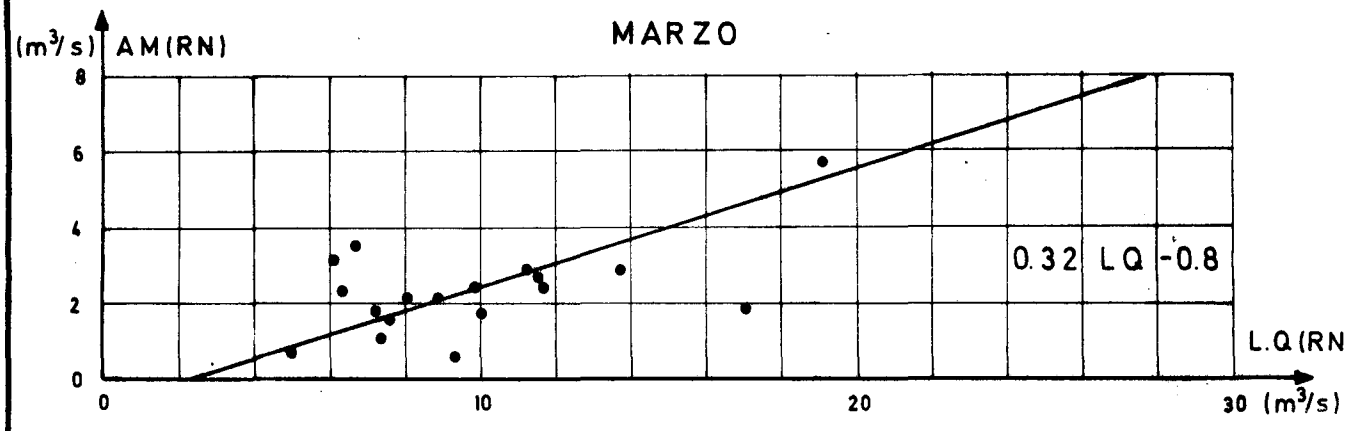


FIGURA Nº IV.C. 2-1-29

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

ANCOA EN EL MORRO (RN) VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)

MARZO



ABRIL

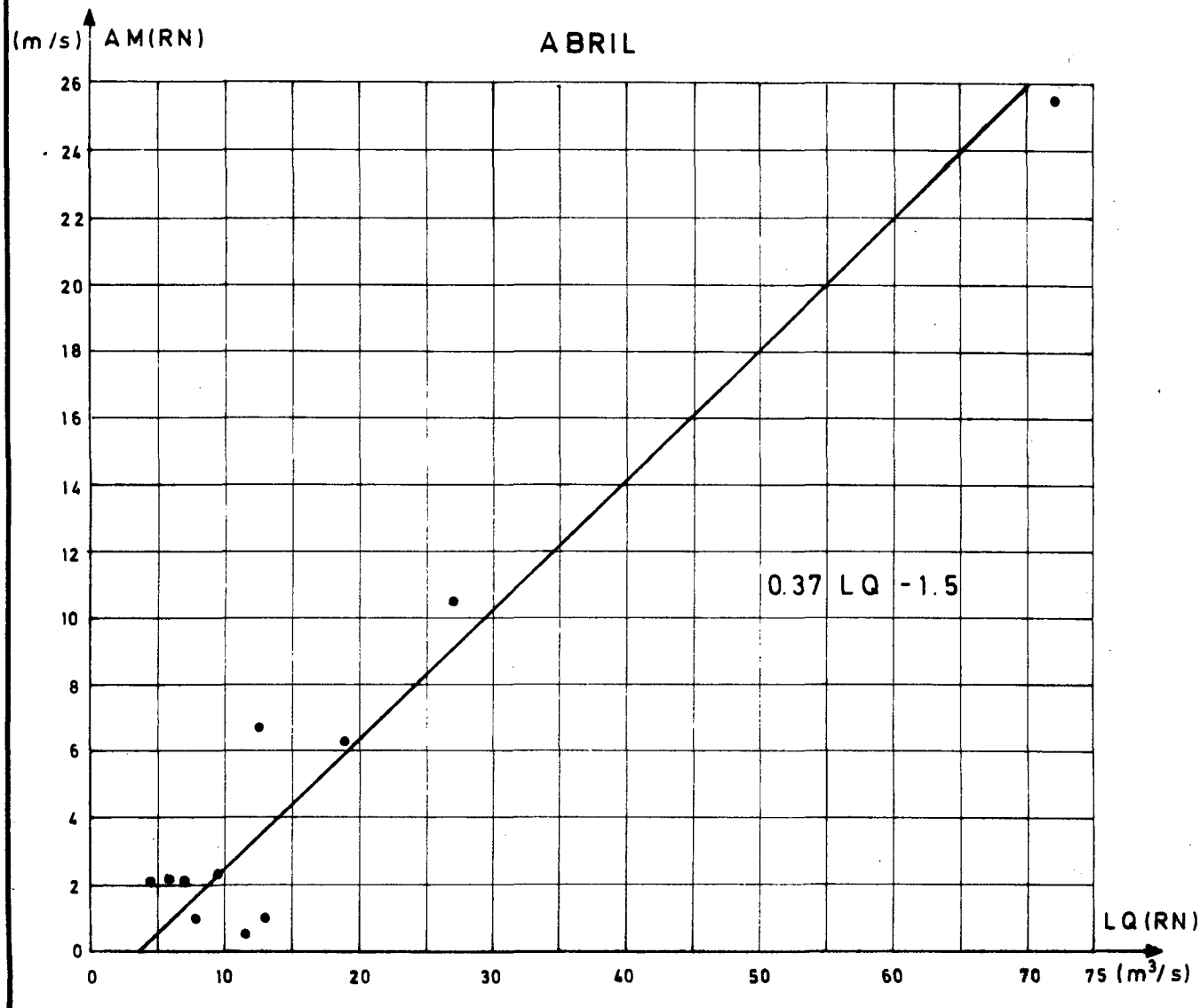


FIGURA Nº IV.C. 2-1-30

CAUDALES MEDIOS ANUALES

ANCOA EN EL MORRO (RN) VS LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (RN)

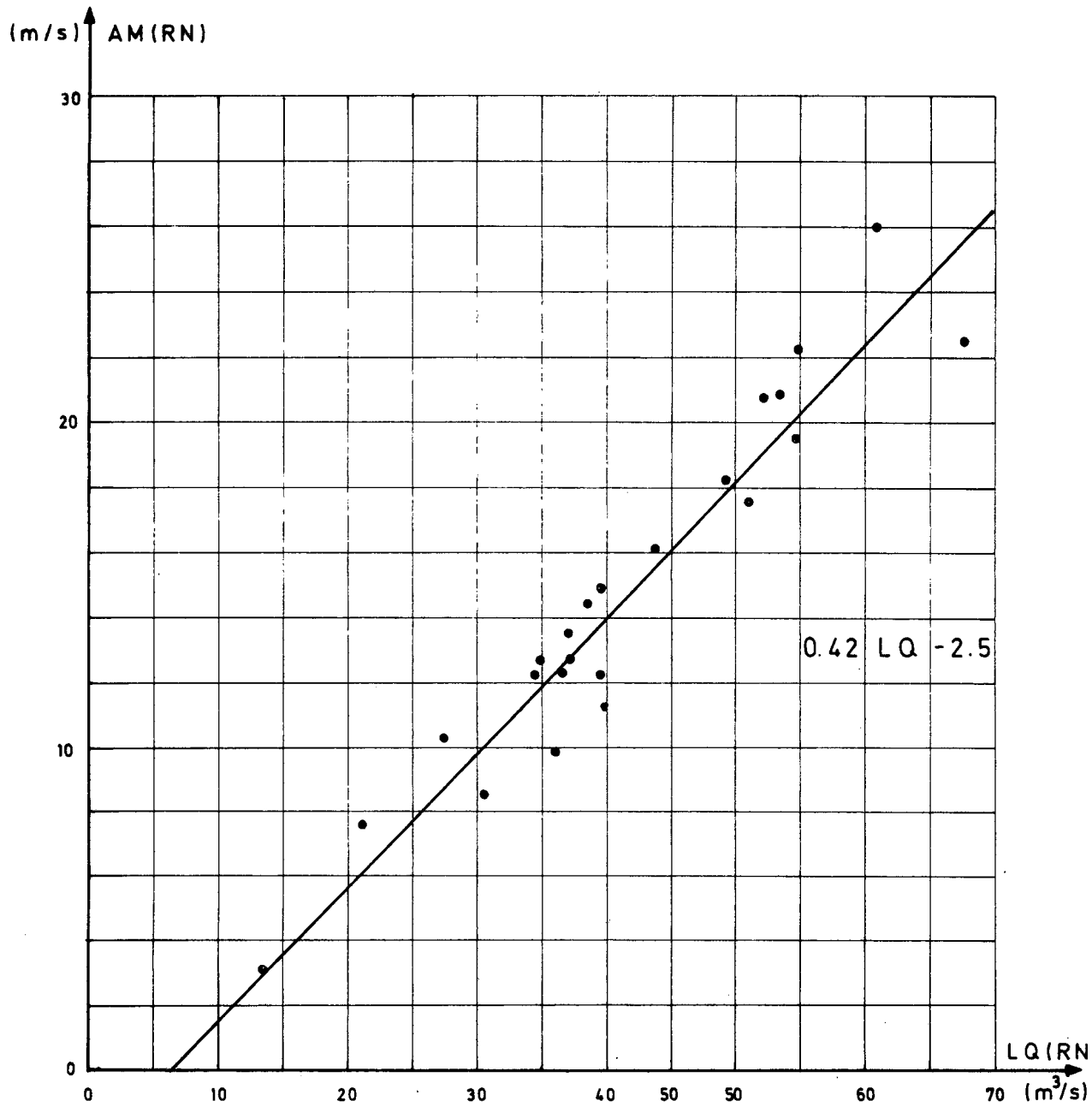
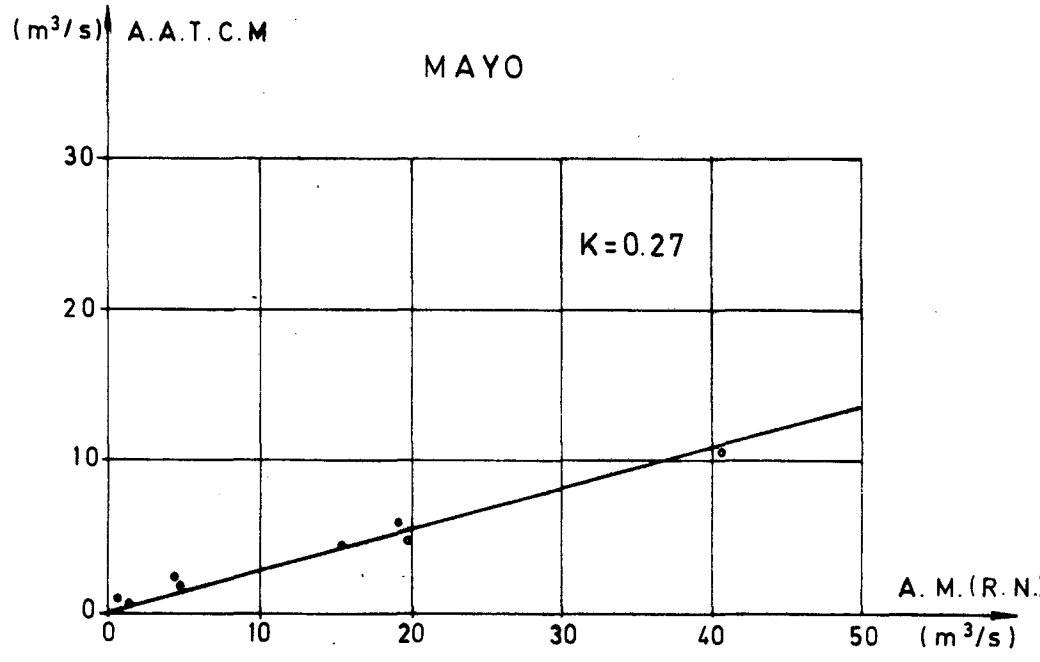


FIGURA Nº IV.C.2-1-31

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA A.T.CANAL MELADO VS. ANCOA EN EL MORRO (R.N.)



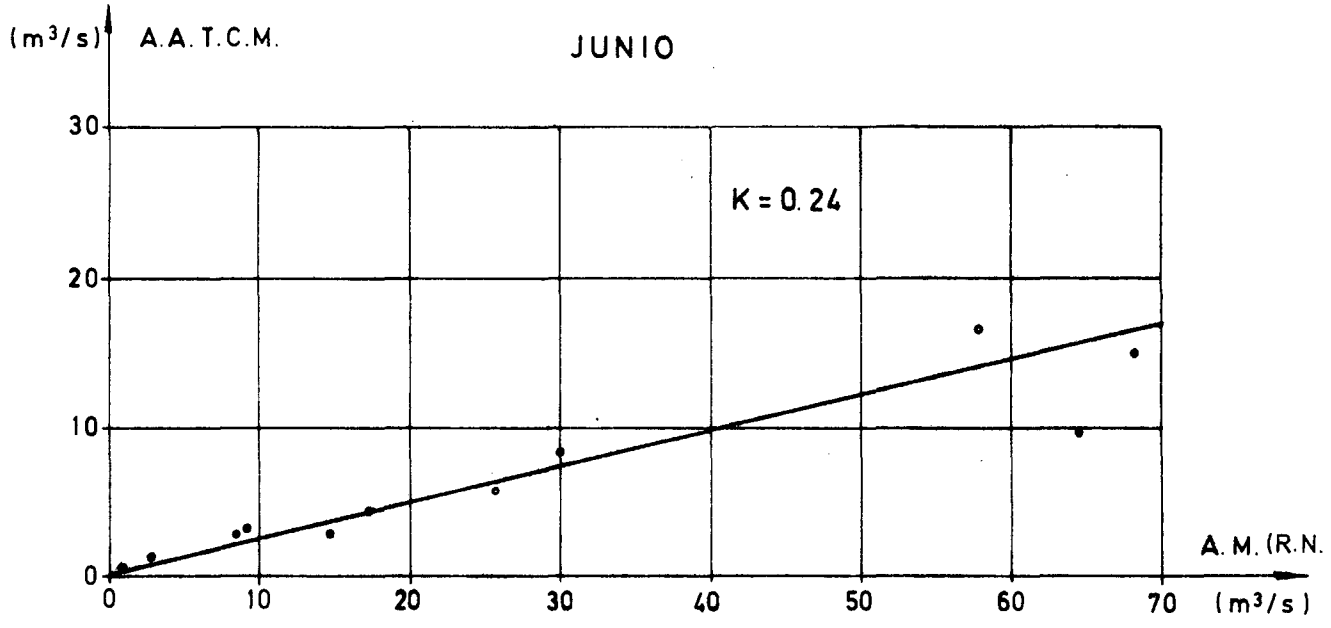
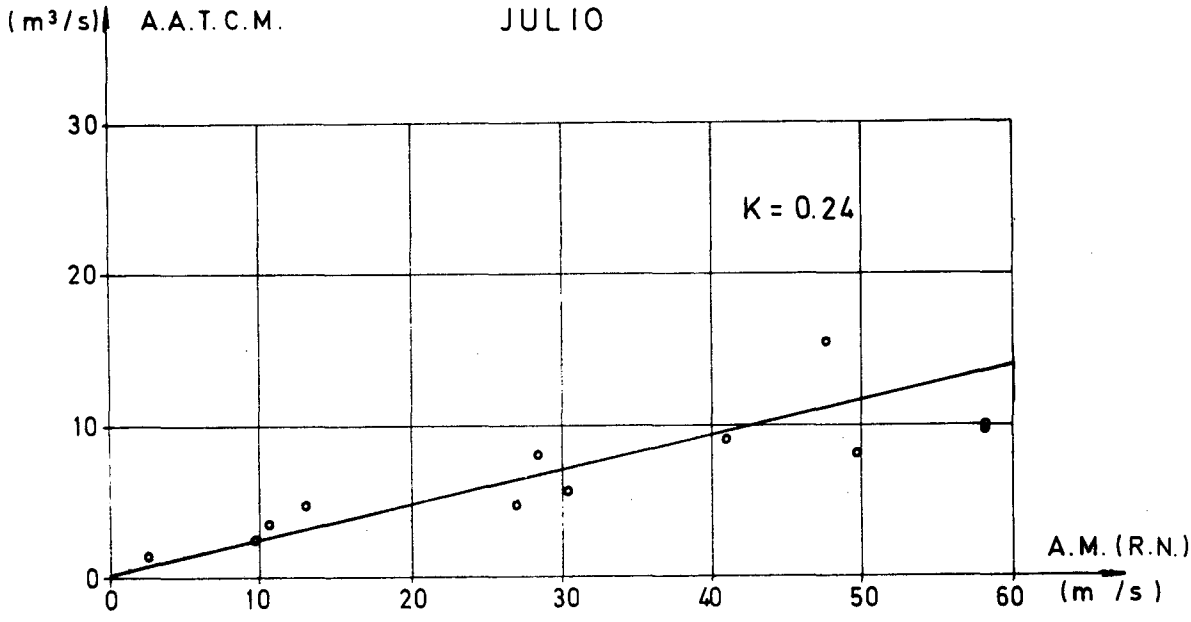


FIGURA Nº IV.C.2-1-32

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA A.T. CANAL MELADO V S.
ANCOA EN EL MORRO (R.N.)



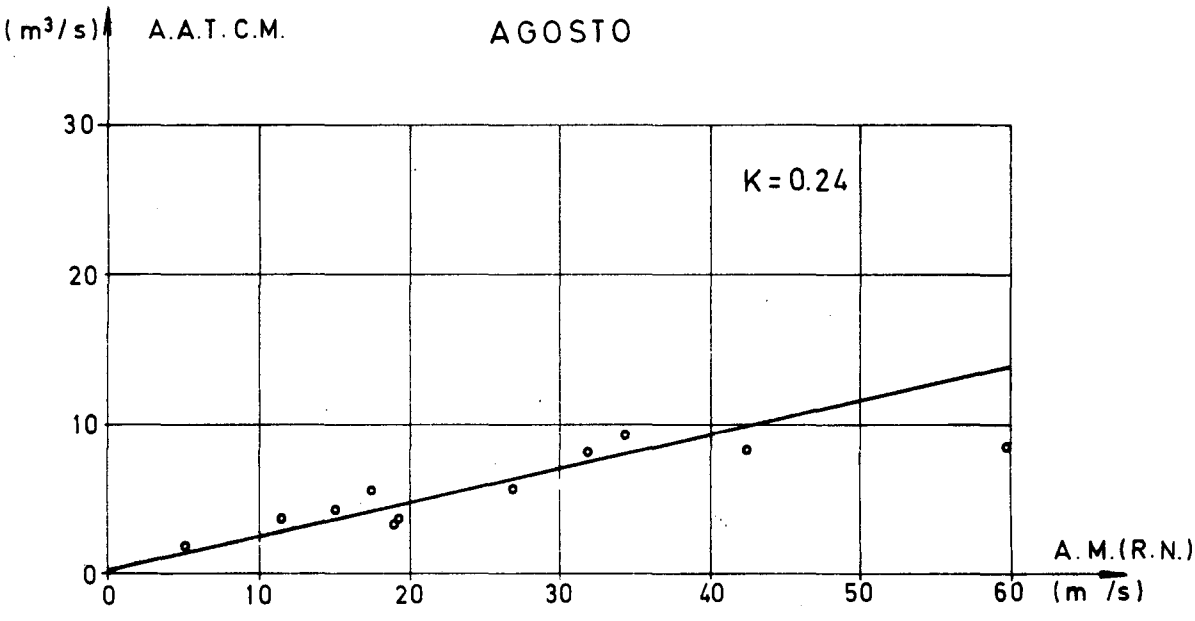
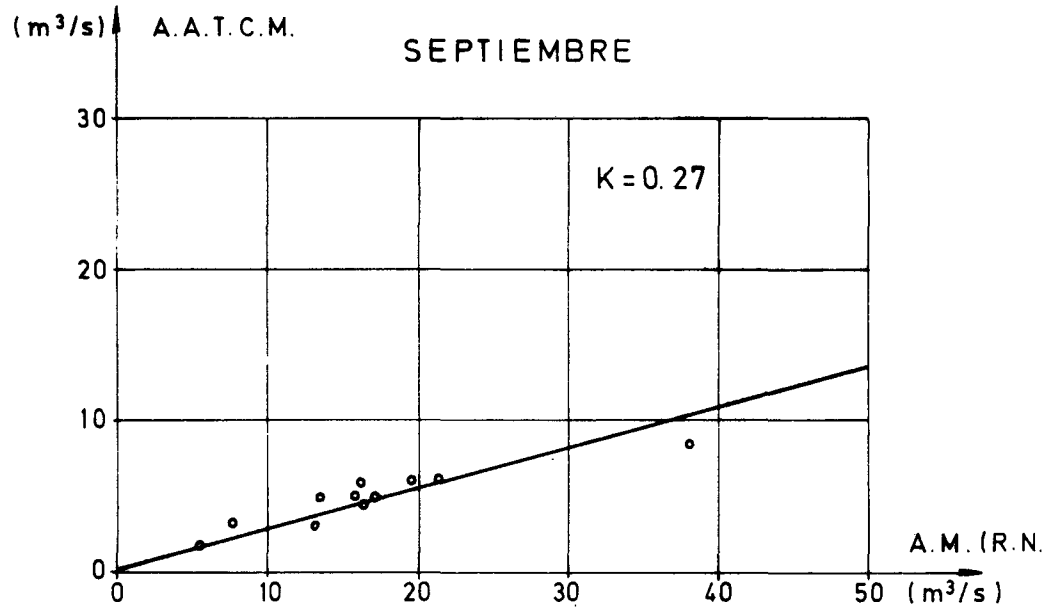


FIGURA Nº IV.C.2-1-33

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA A.T.CANAL MELADO VS.
ANCOA EN EL MORRO (R.N.)



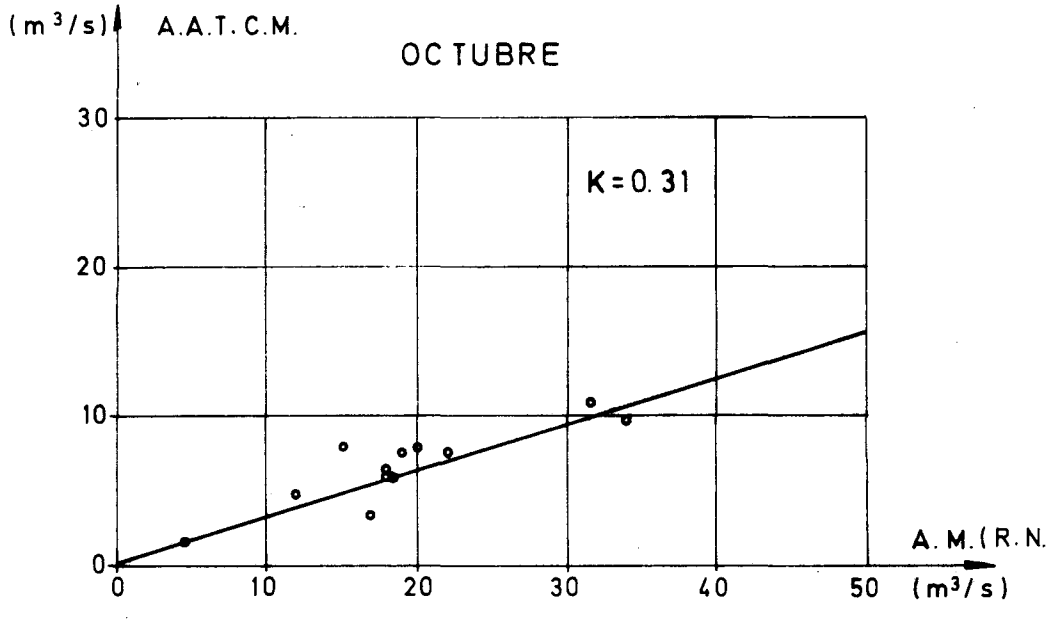
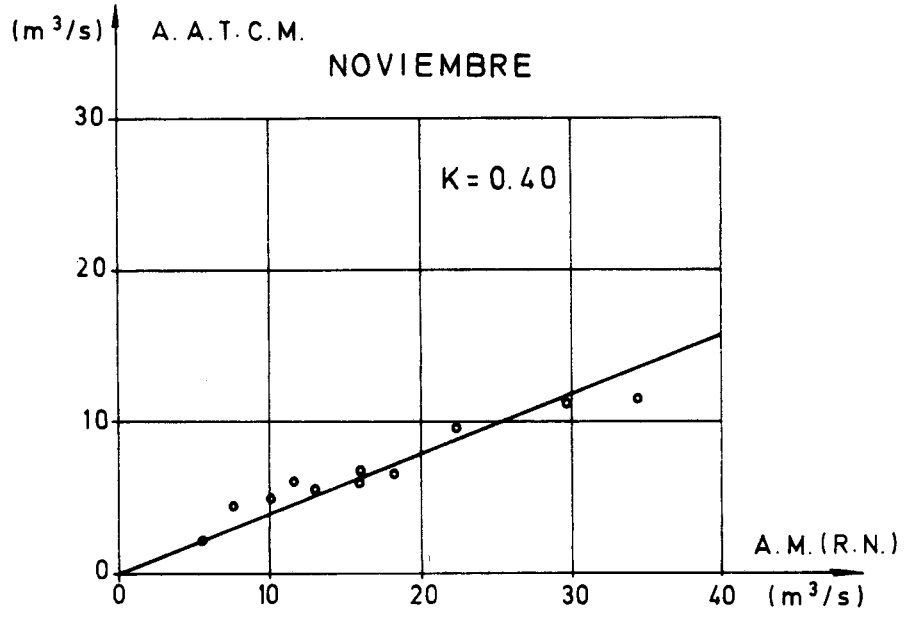


FIGURA Nº IV.C. 2-1-34

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA A.T.CANAL MELADO VS.
ANCOA EN EL MORRO (R.N.)



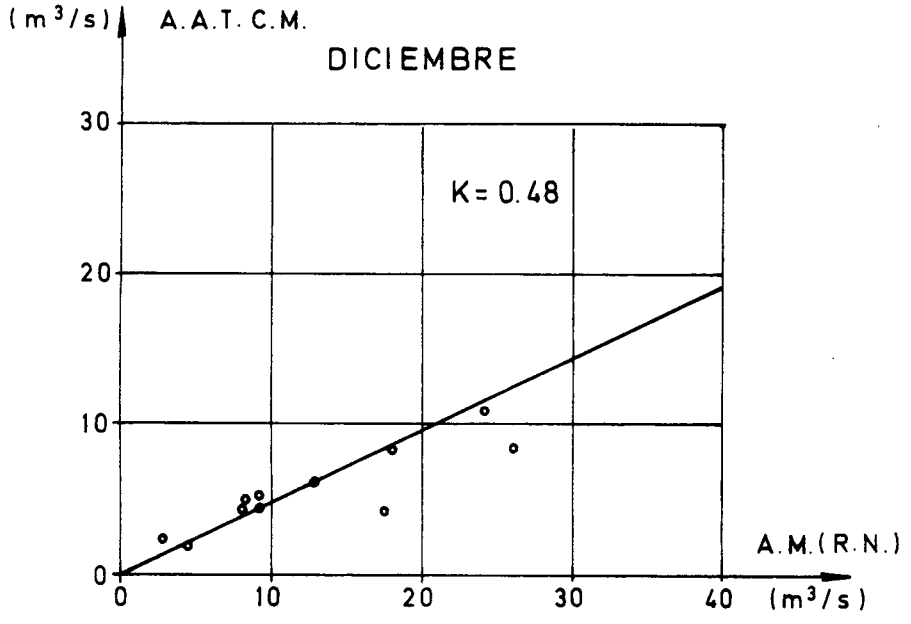
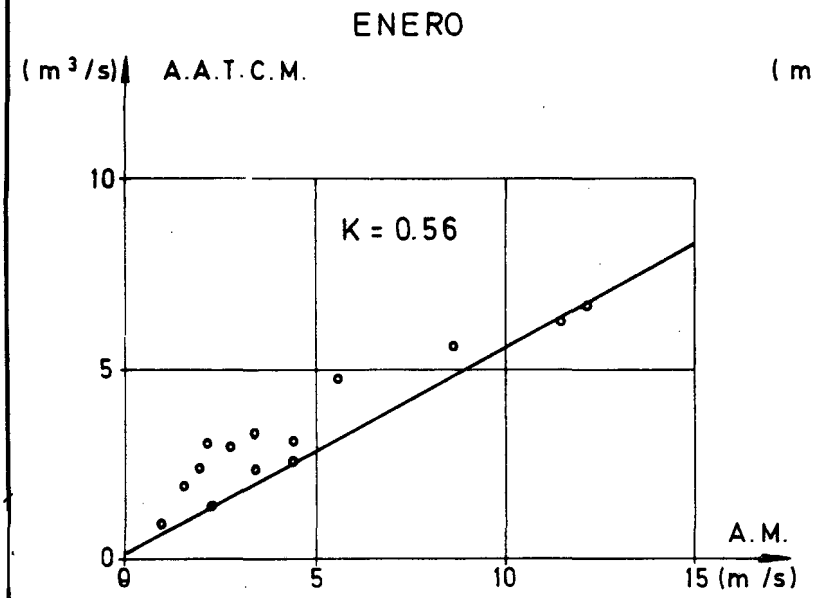
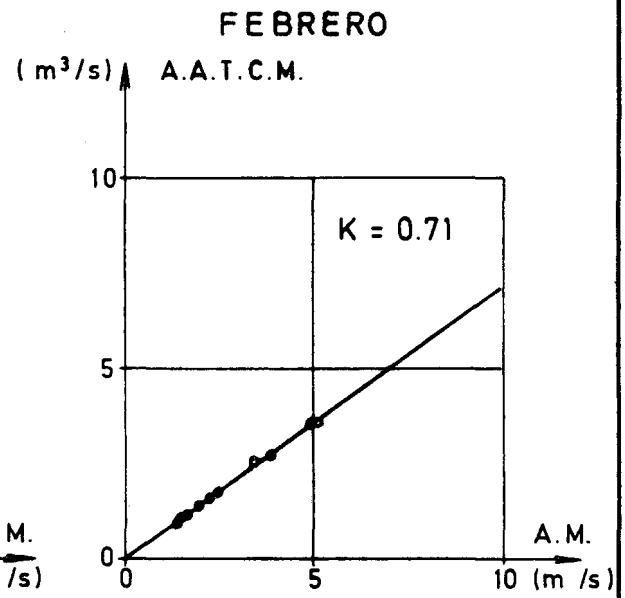
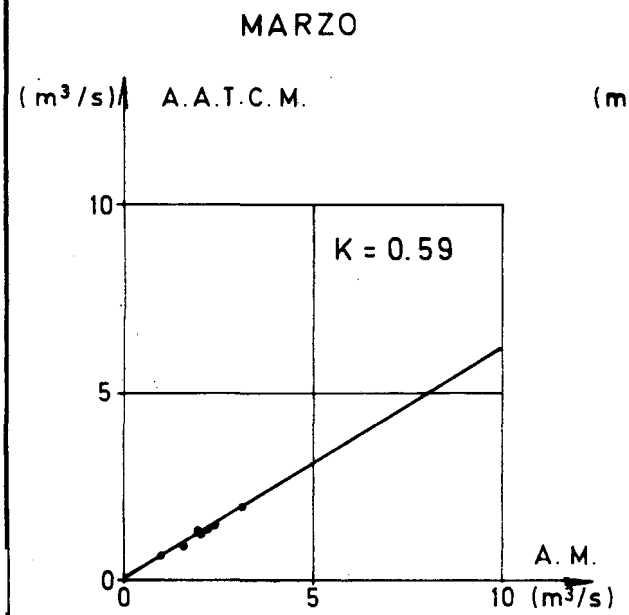


FIGURA Nº IV.C. 2-1-35

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ANCOA A.T. CANAL MELADO VS.
ANCOA EN EL MORRO (R.N.)







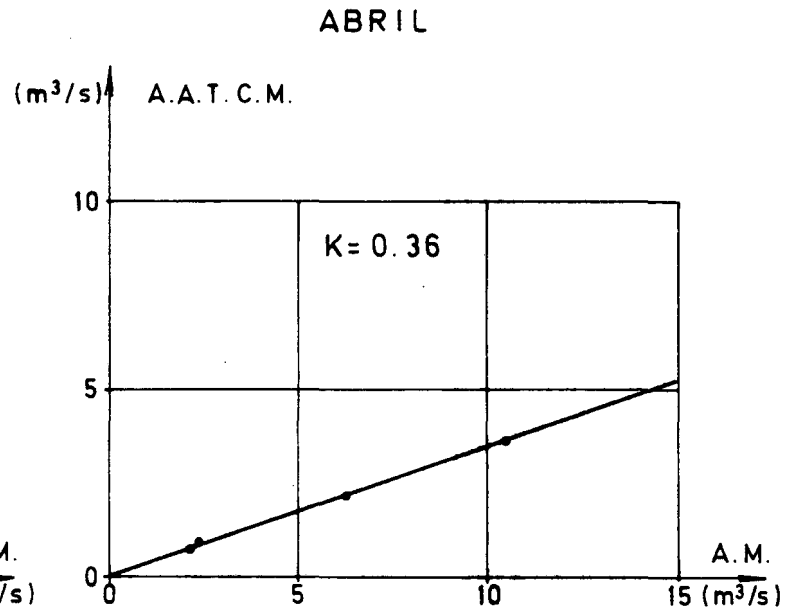
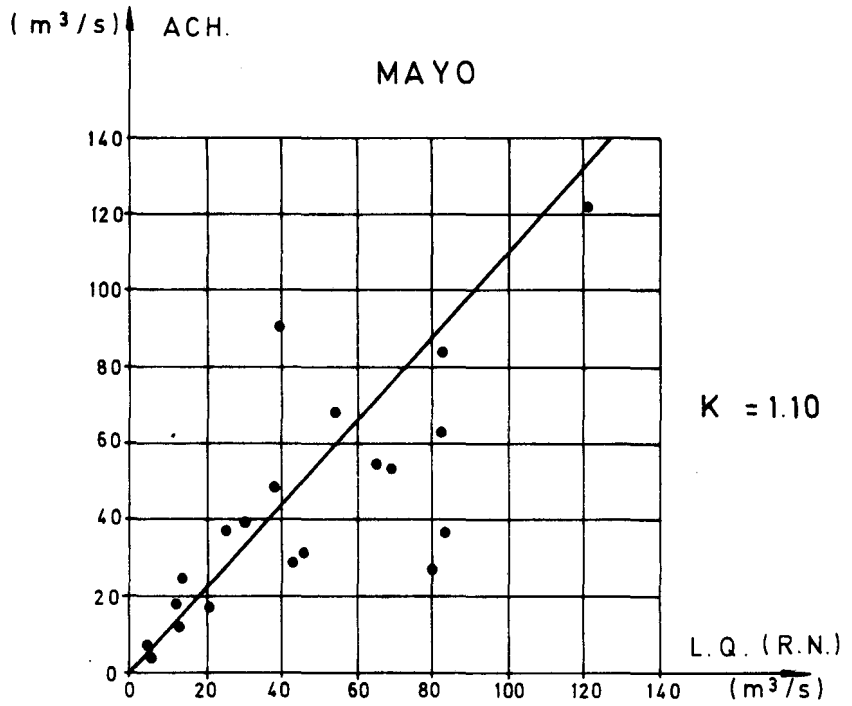


FIGURA Nº IV.C. 2-1-36

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



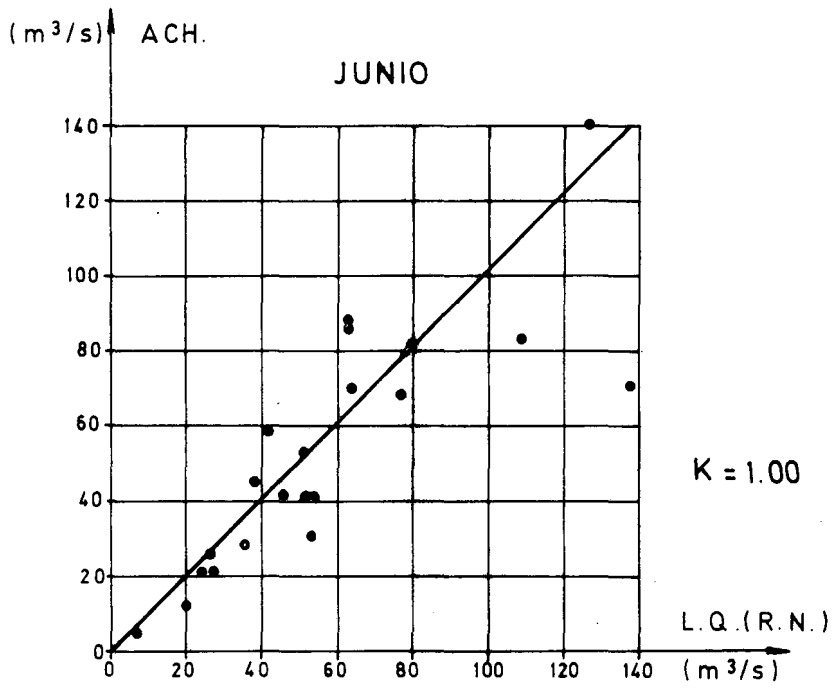
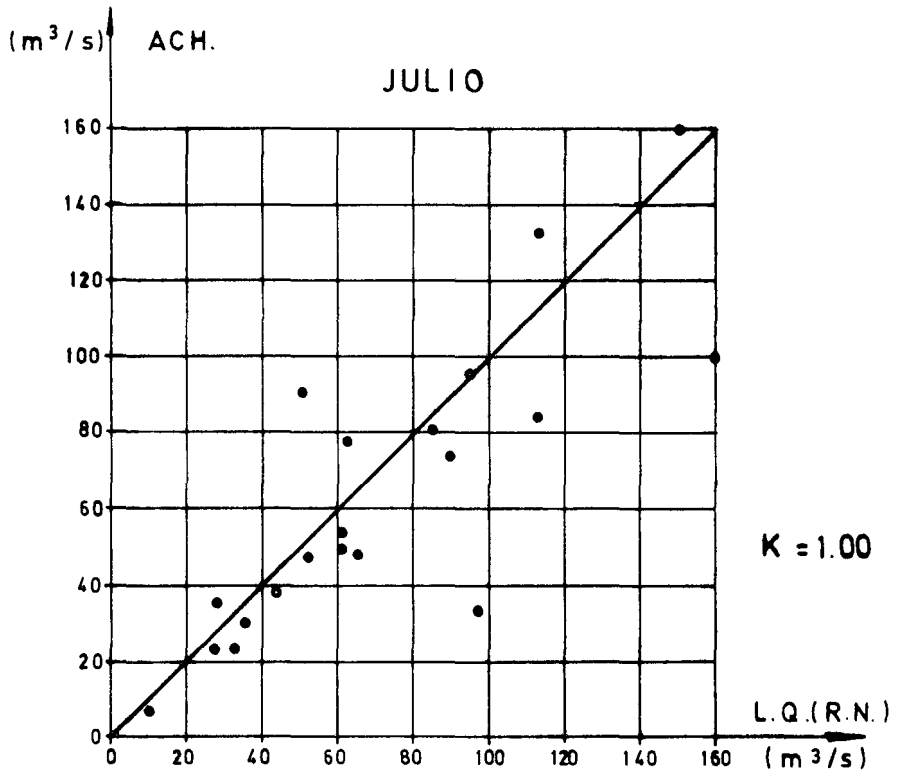


FIGURA Nº IV.C. 2 - 1-37

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



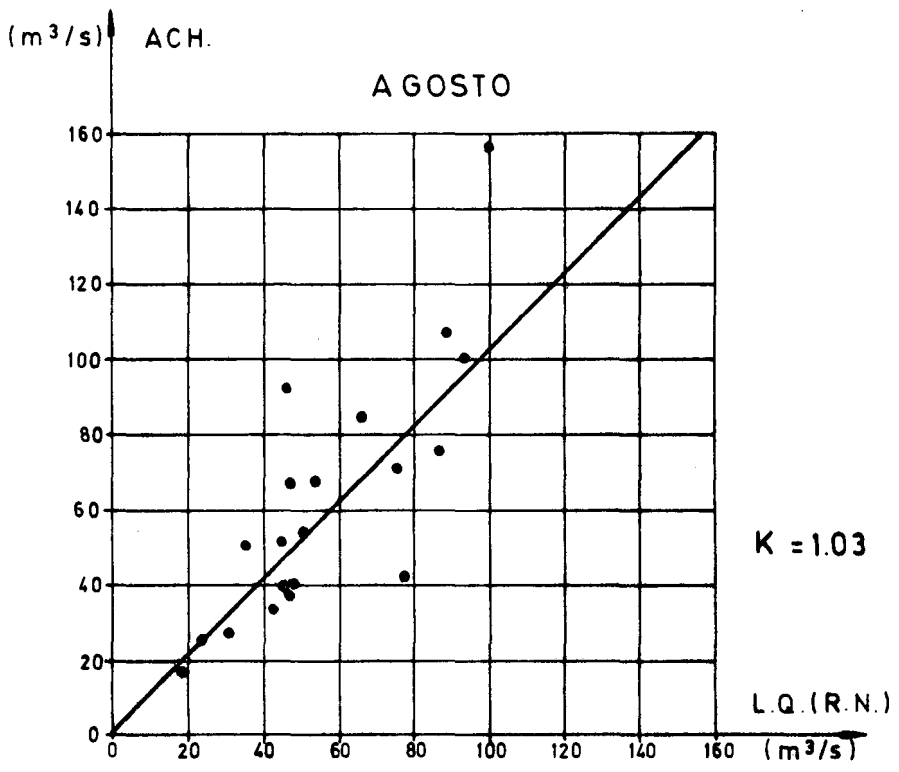
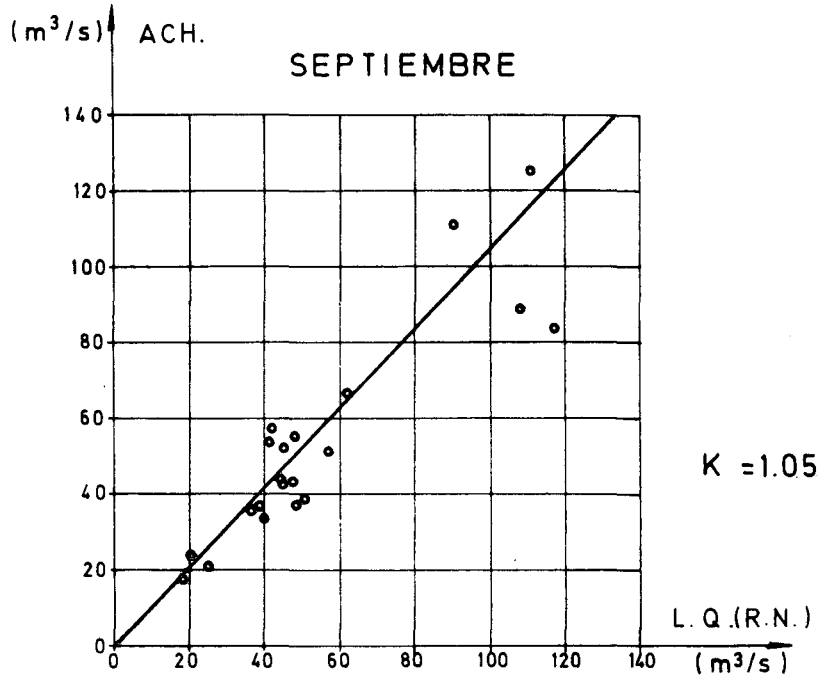
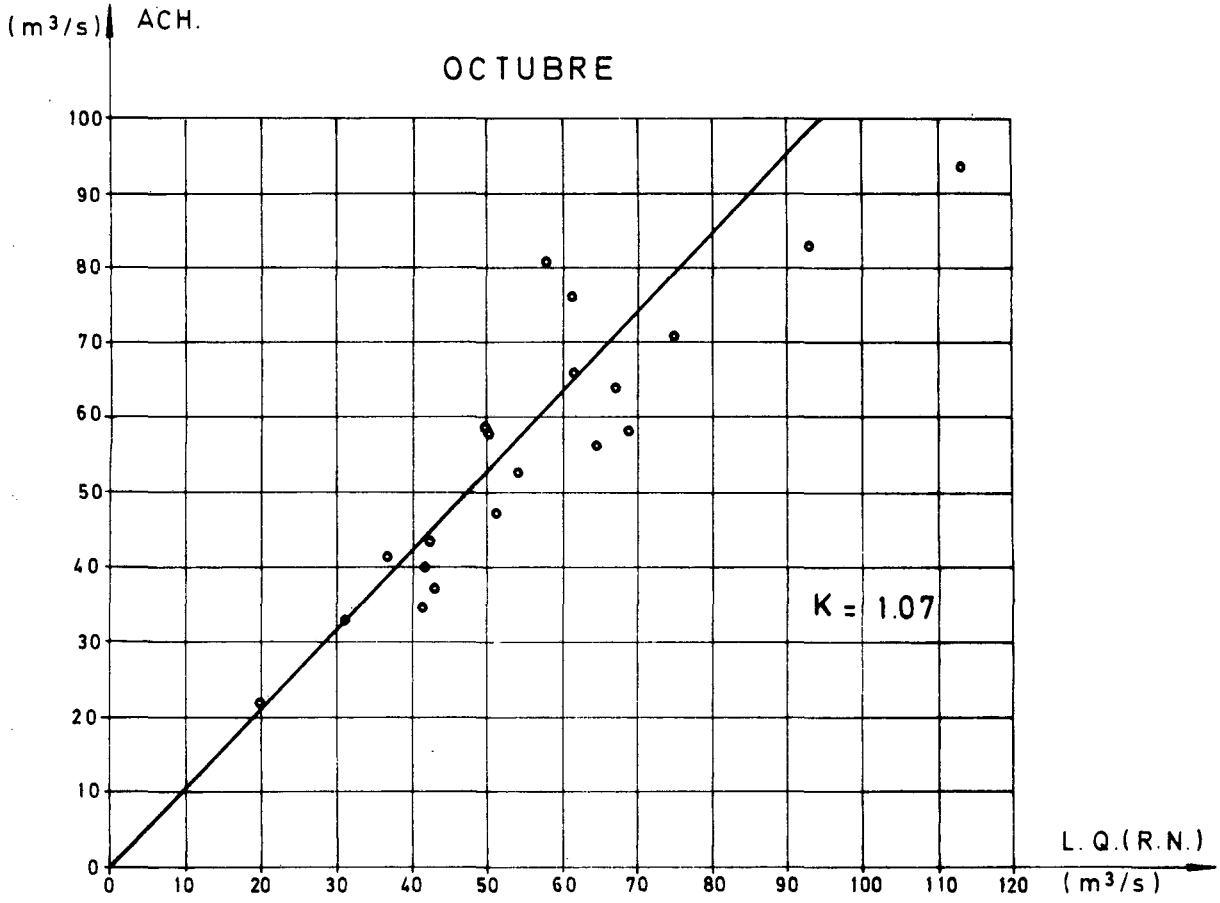
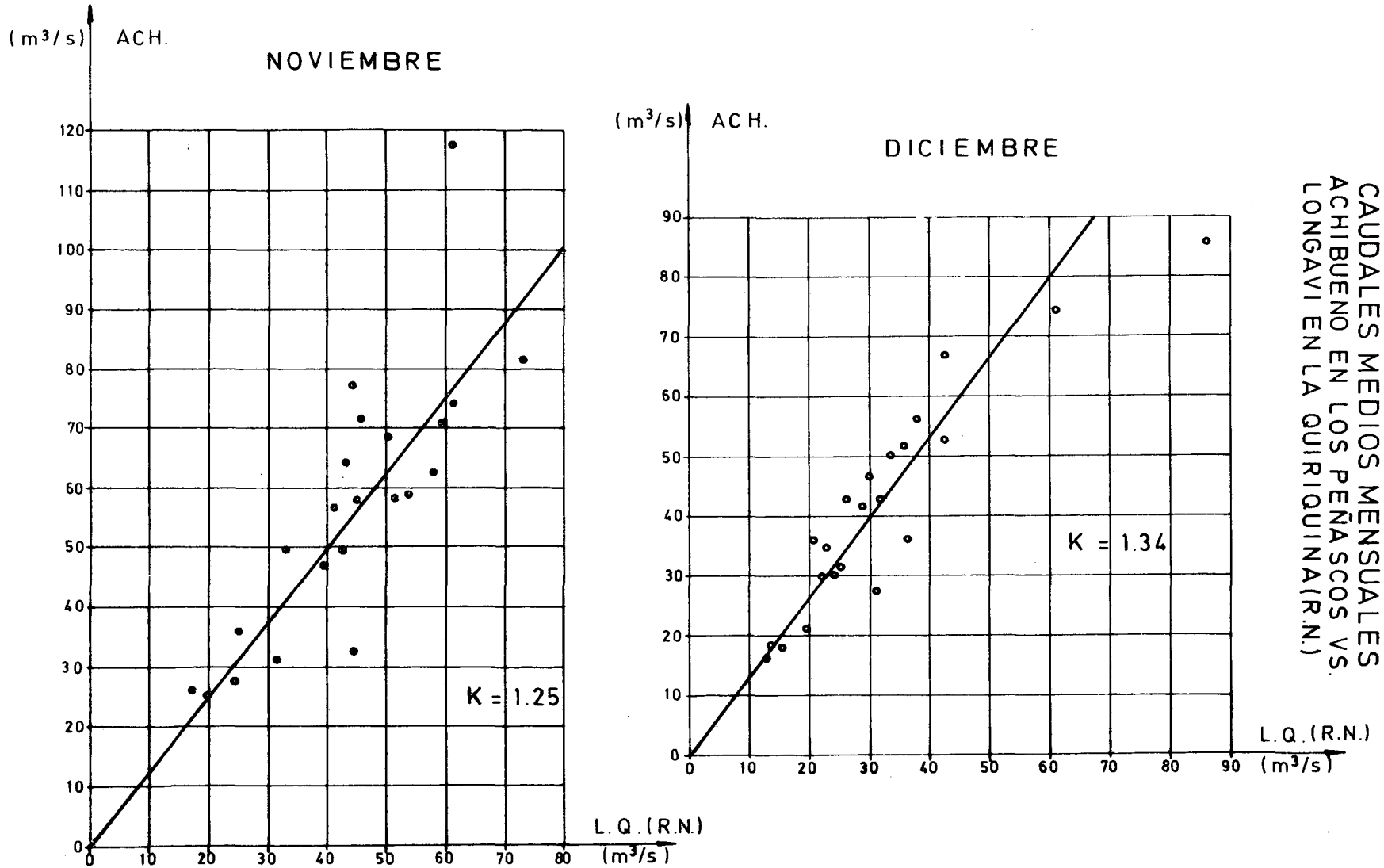


FIGURA Nº IV.C. 2-1-38

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)





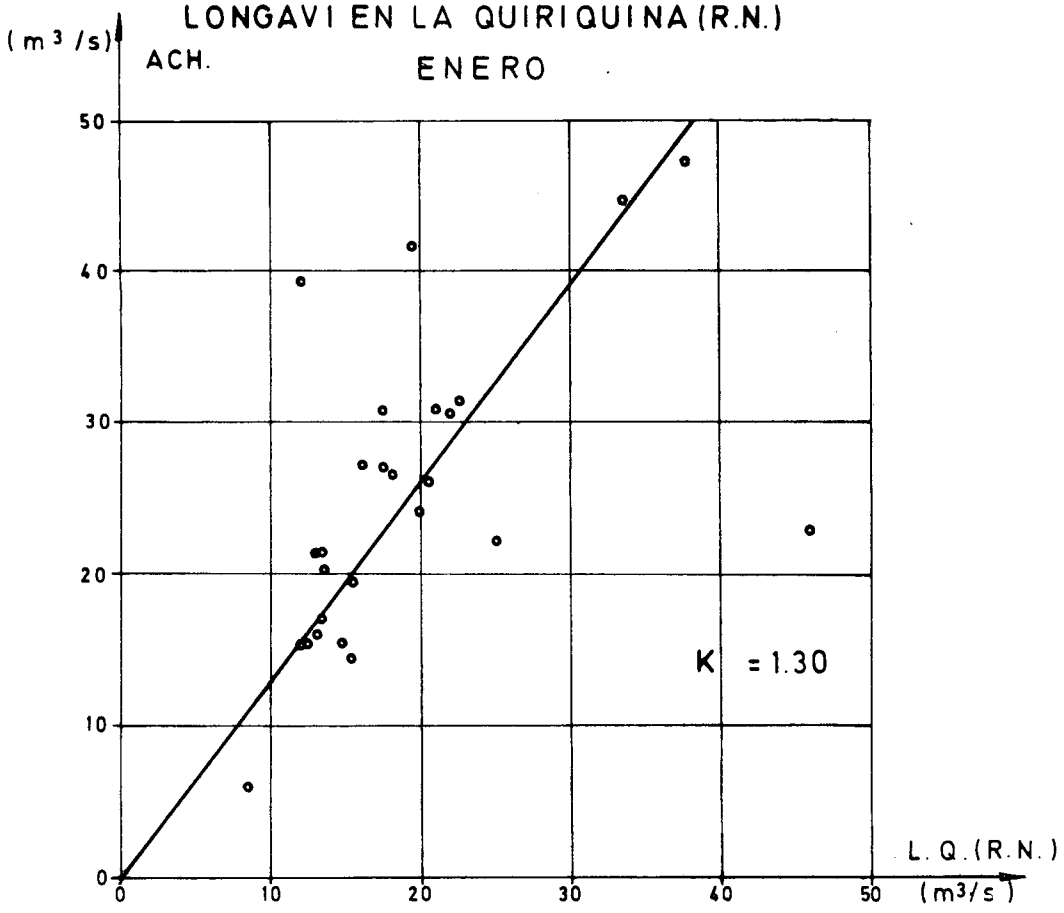


CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

FIGURA Nº IV.C.2-1-39

FIGURA Nº IV.C. 2-1-40

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



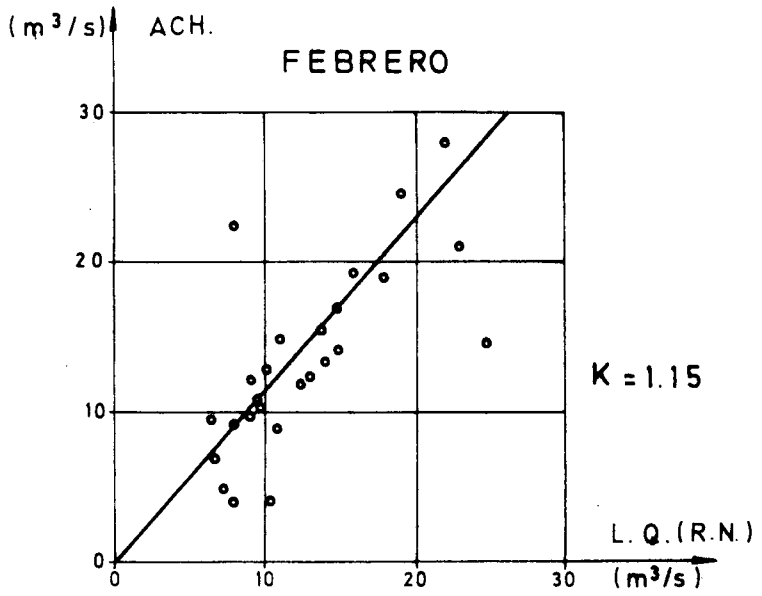
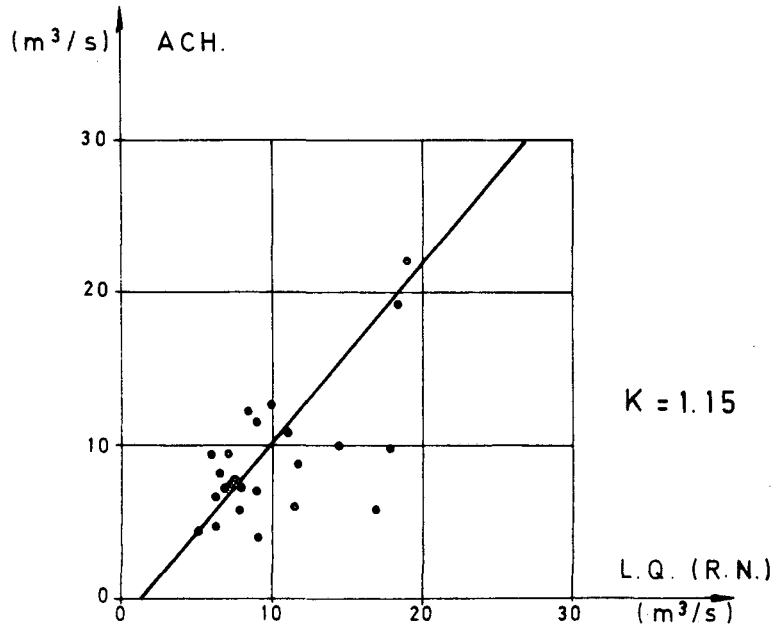


FIGURA Nº IV.C. 2-1-41

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

MARZO



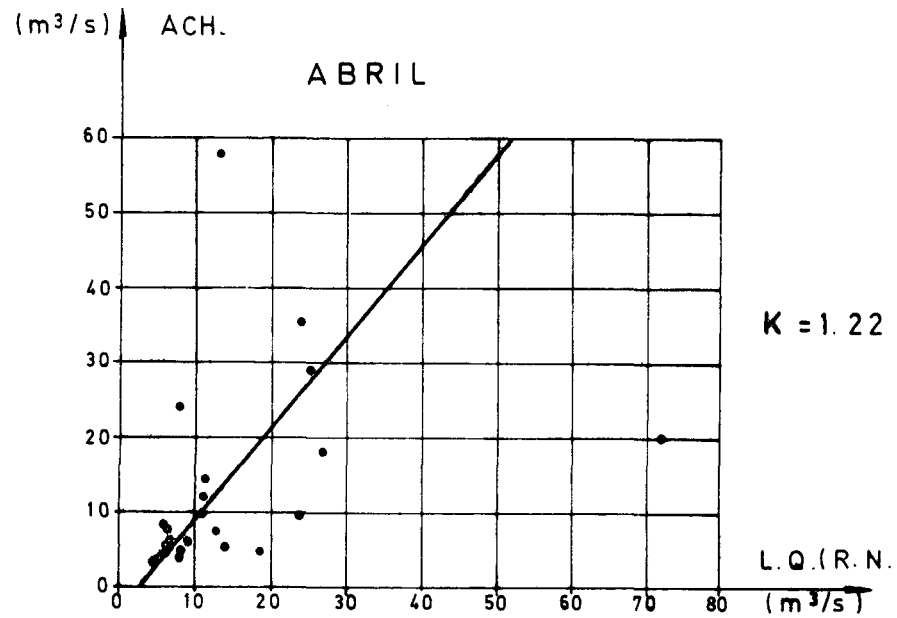


FIGURA Nº IV.C. 2-1-42

CAUDALES MEDIOS ANUALES
ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

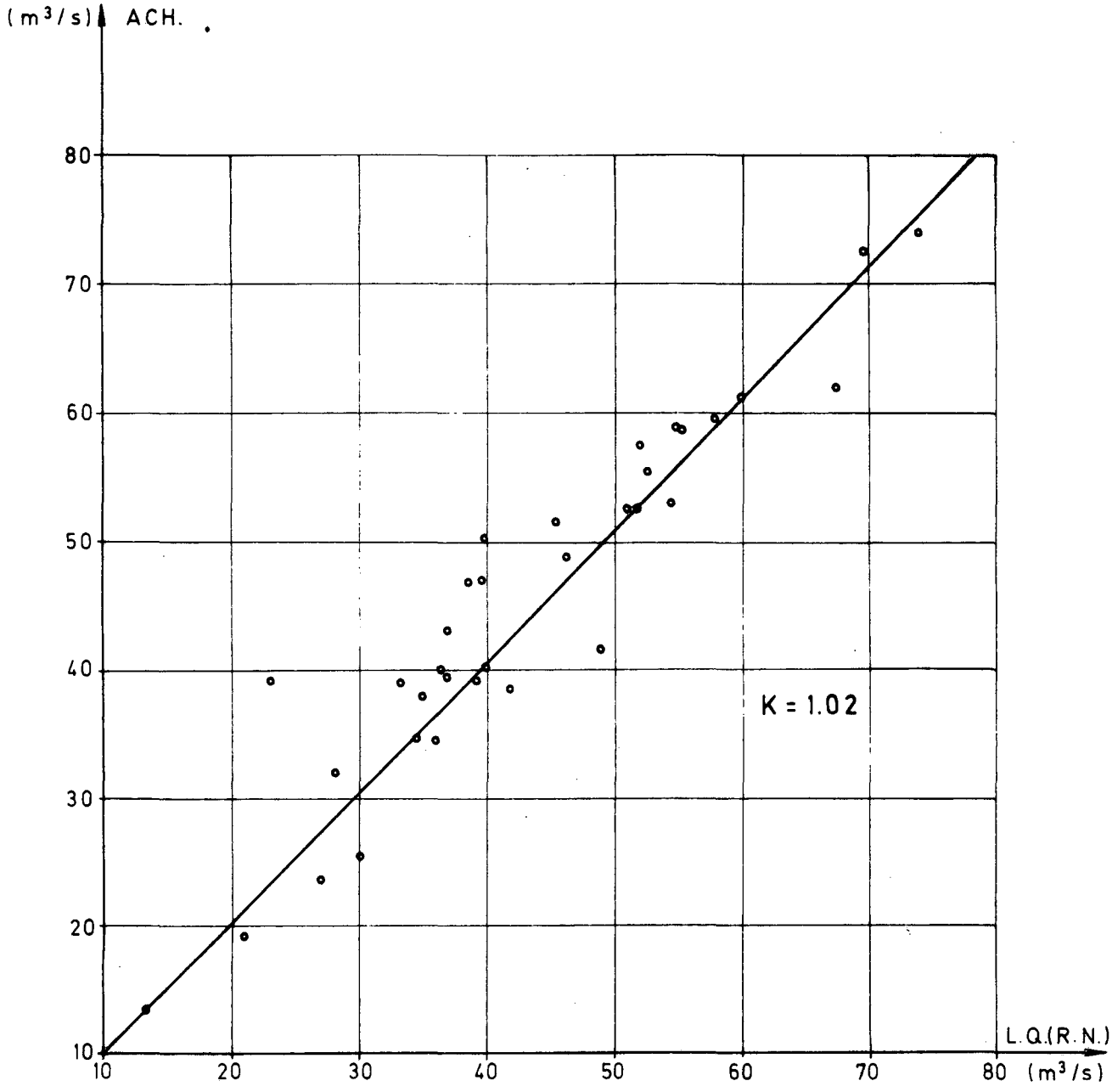
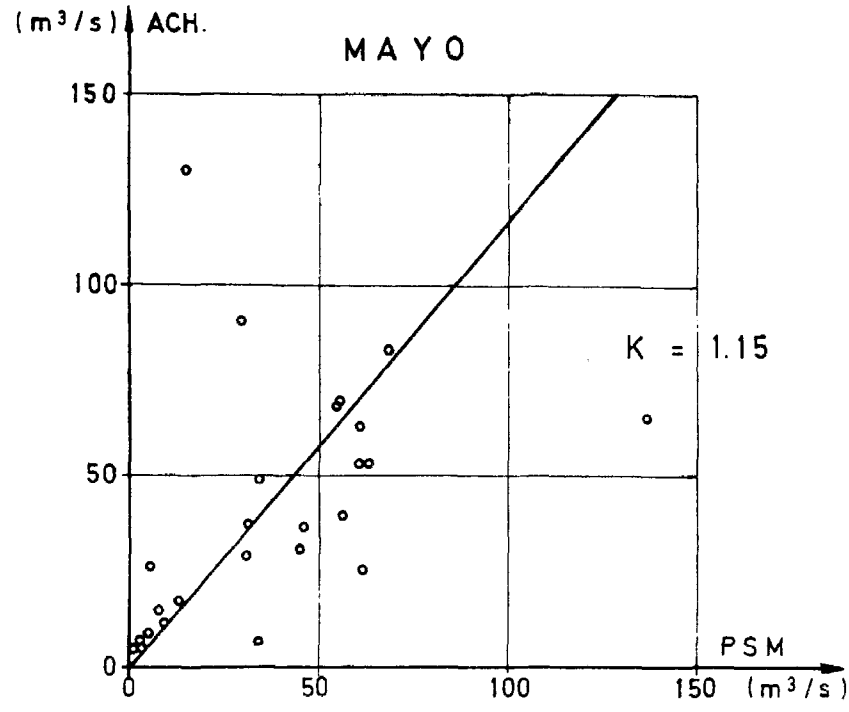


FIGURA Nº IV.C. 2-1-43

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL



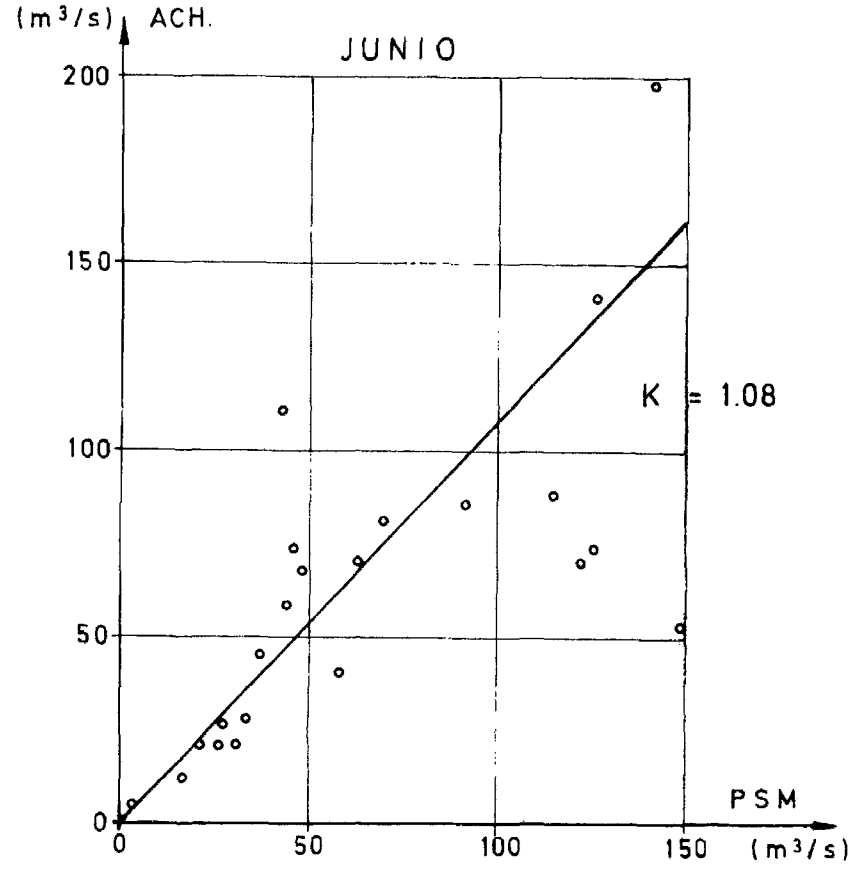
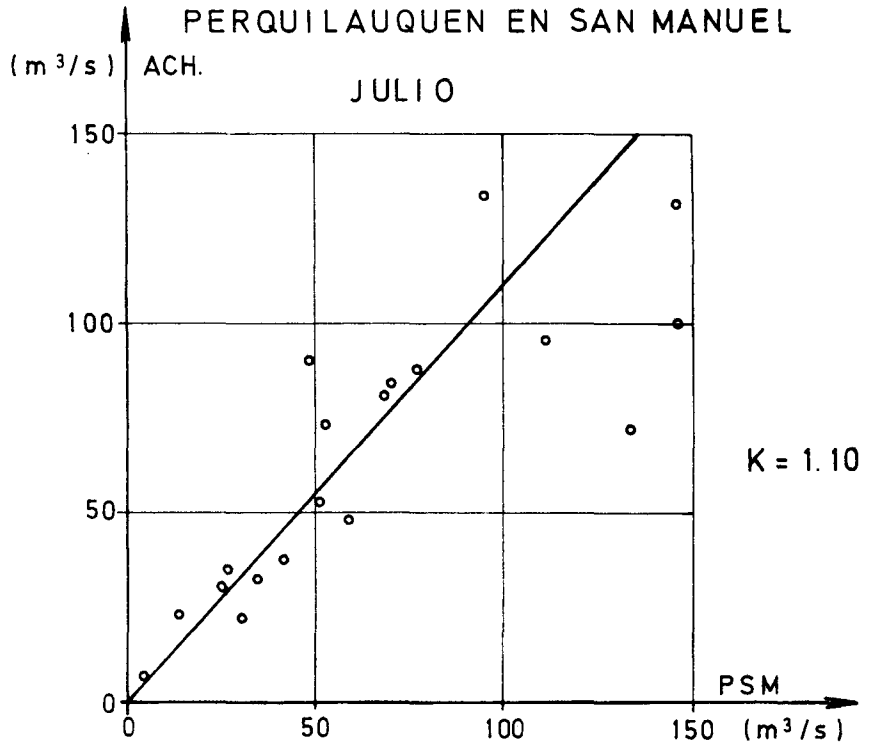


FIGURA Nº IV.C.2-1-44

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL



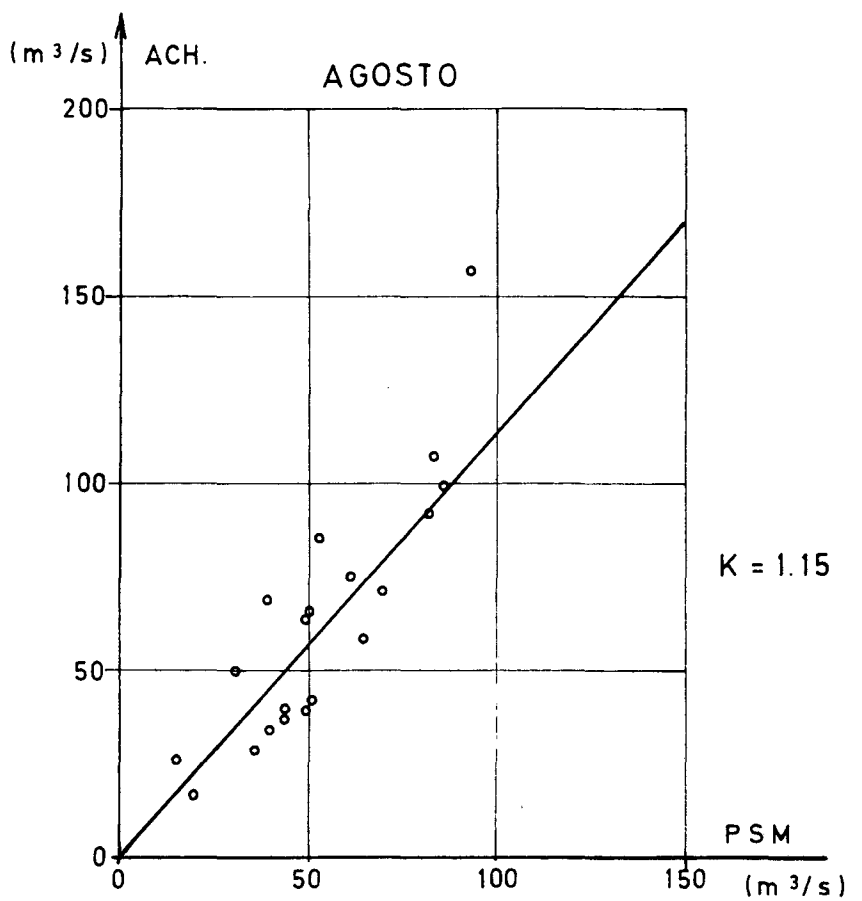
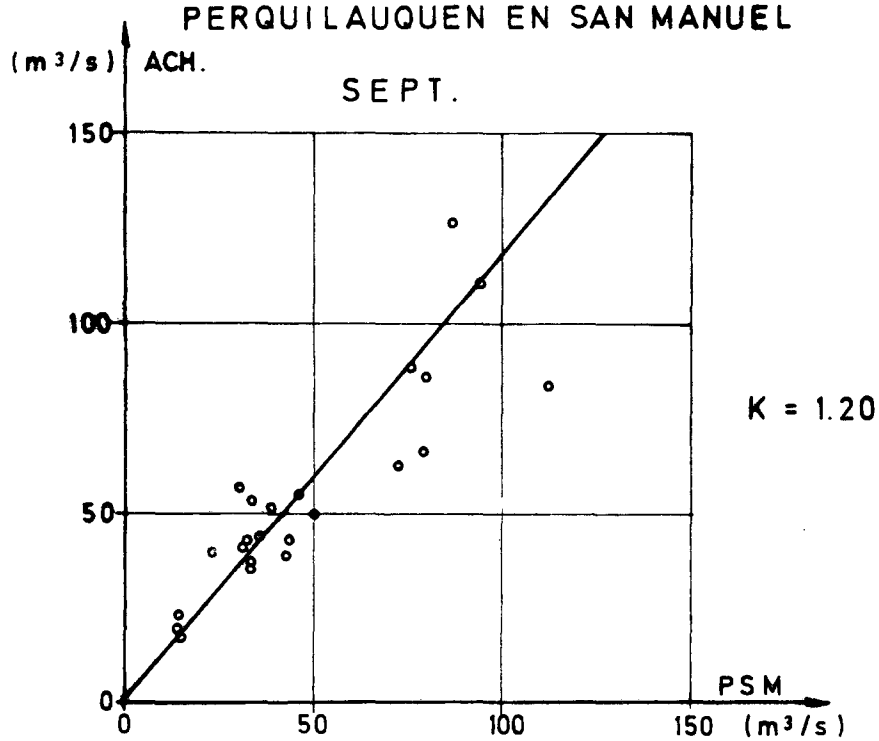


FIGURA Nº IV.C. 2-1-45

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL



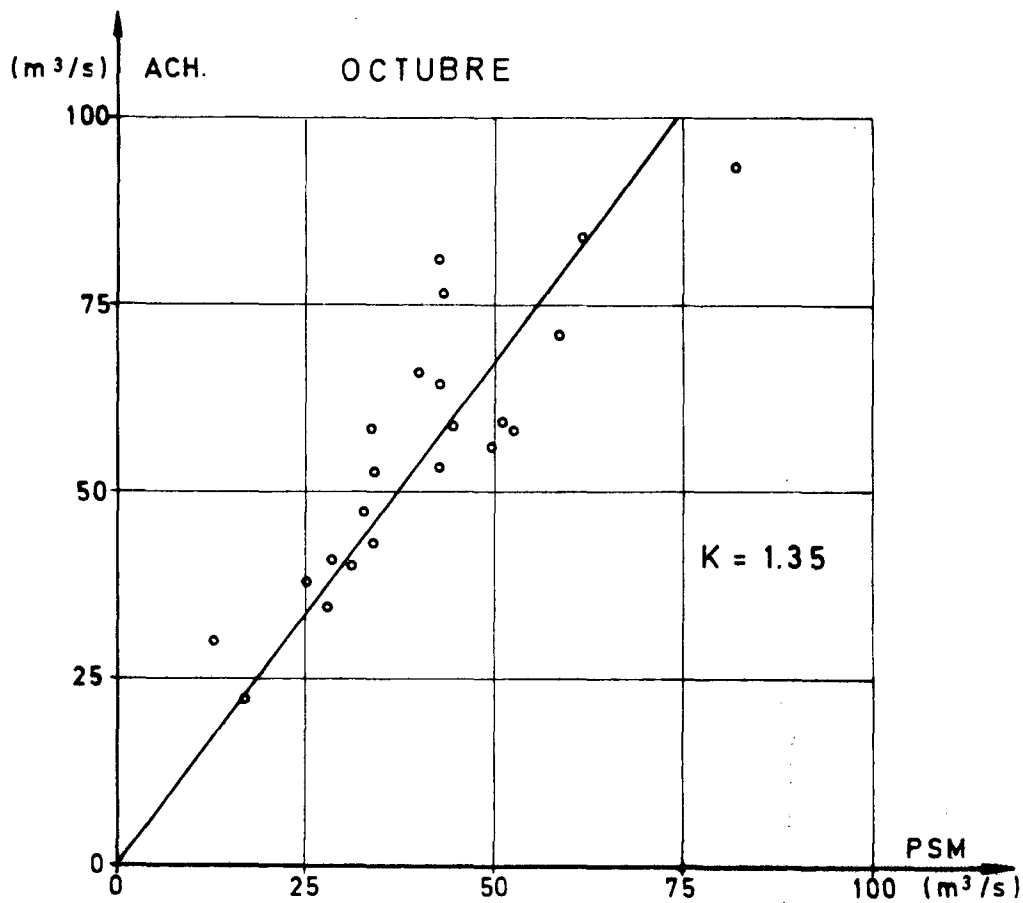
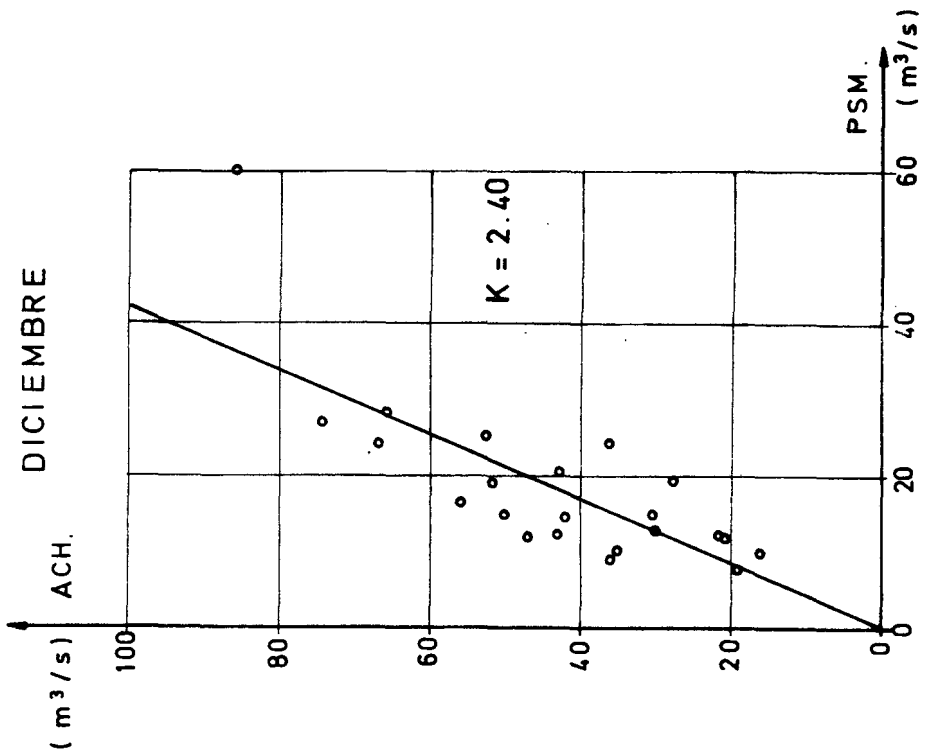


FIGURA Nº IV.C. 2-1-46

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL



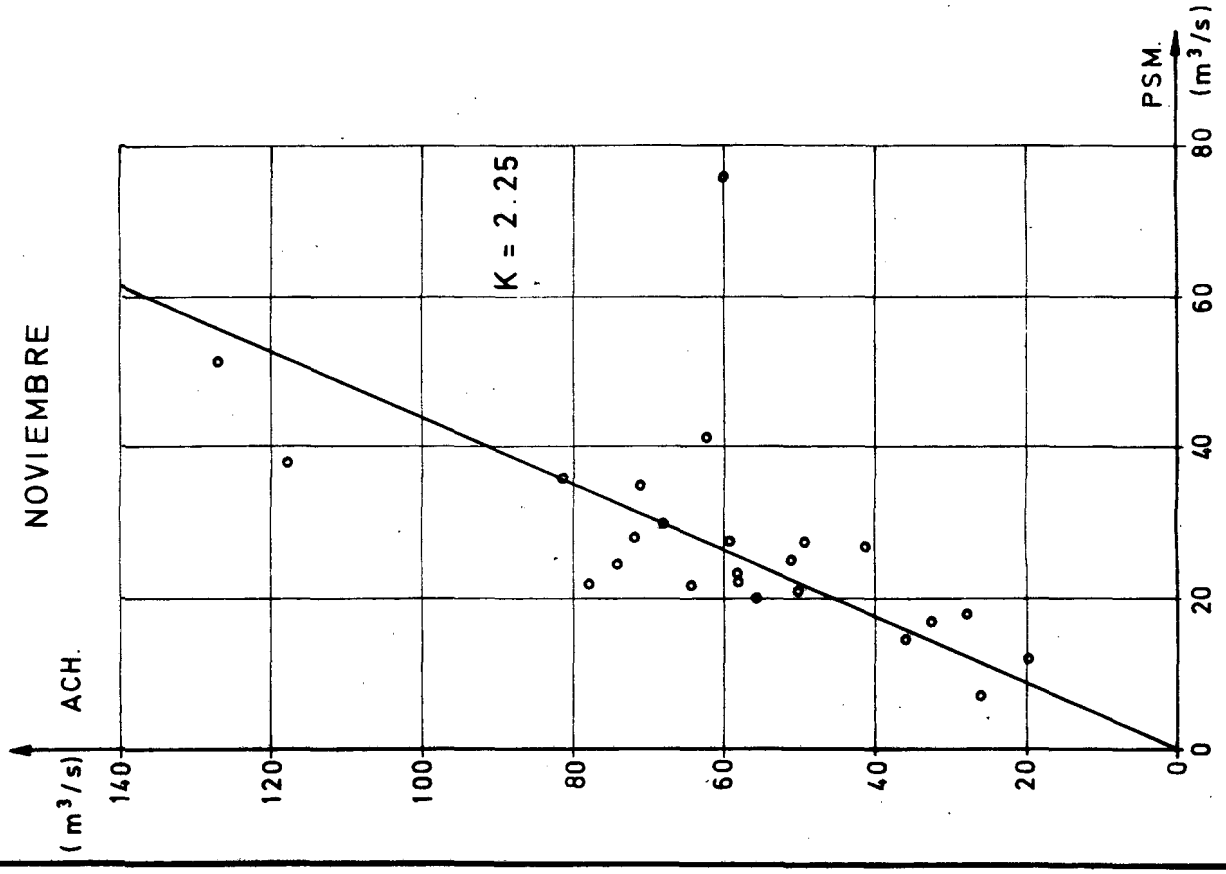
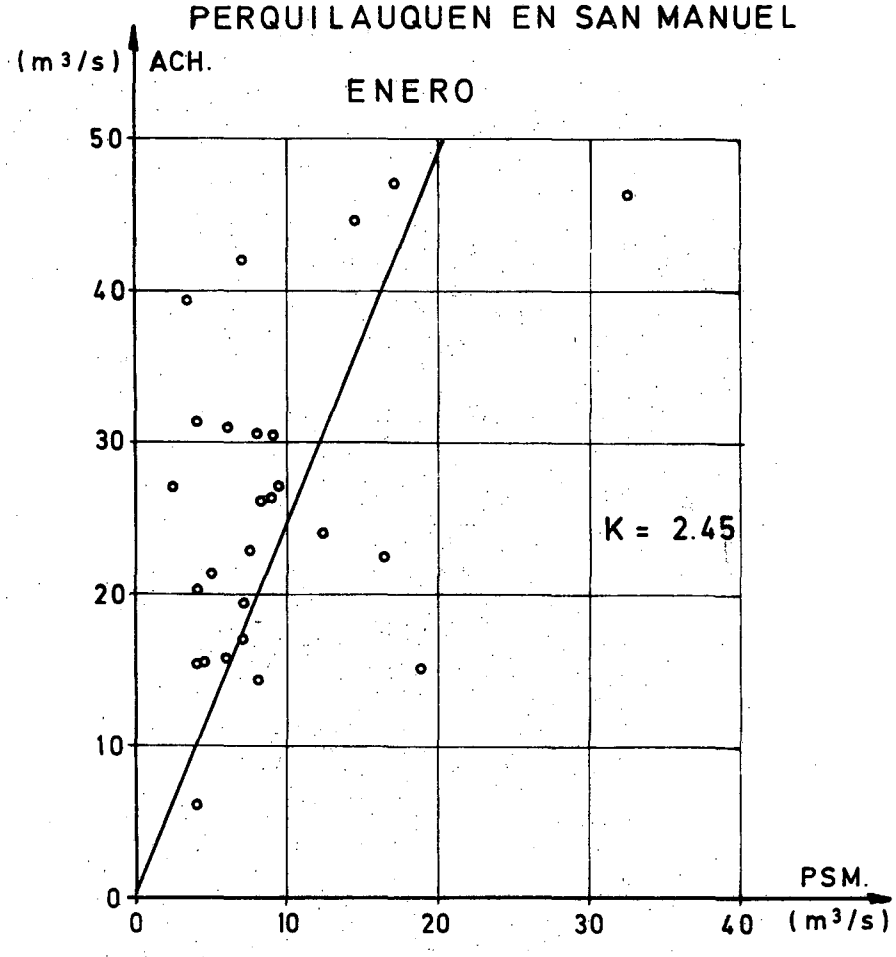


FIGURA Nº IV.C. 2-1-47

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL



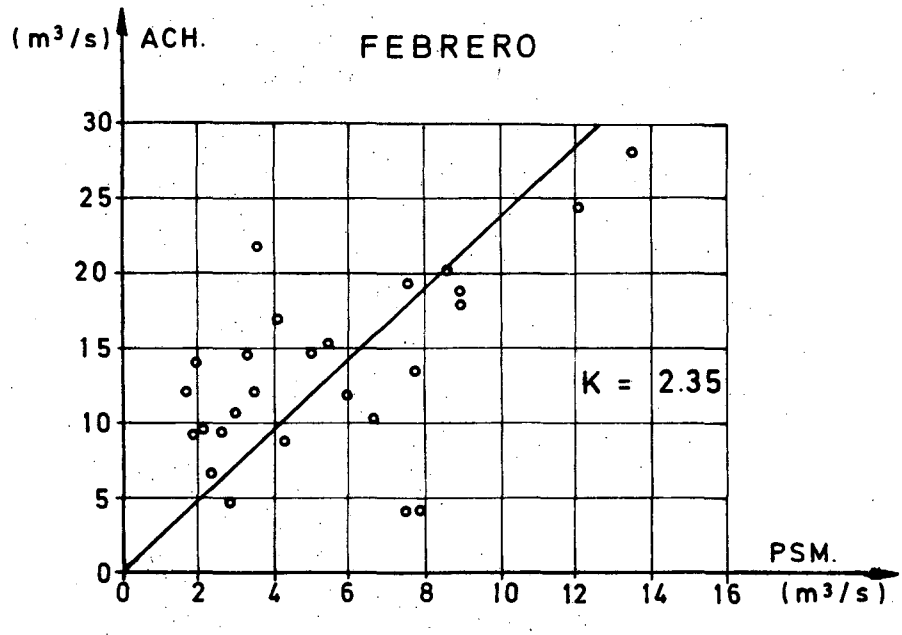
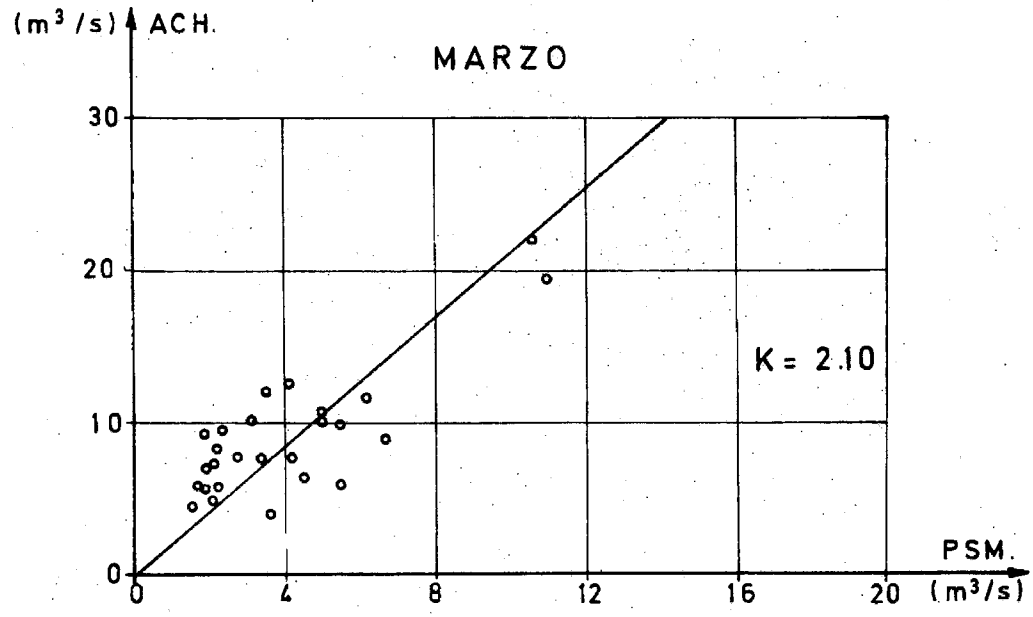


FIGURA Nº IV.C. 2-1-48

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL



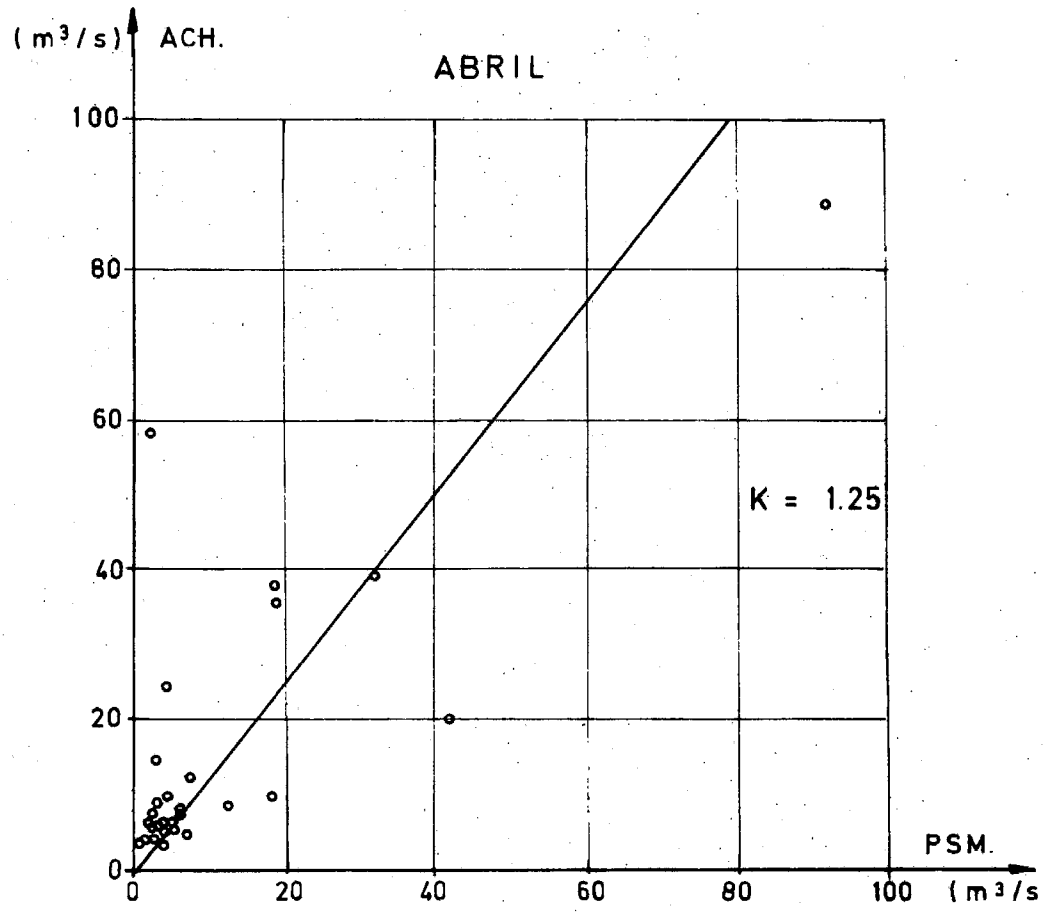


FIGURA Nº IV.C. 2-1-49

CAUDALES MEDIOS ANUALES
ACHIBUENO EN LOS PEÑASCOS VS. PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL

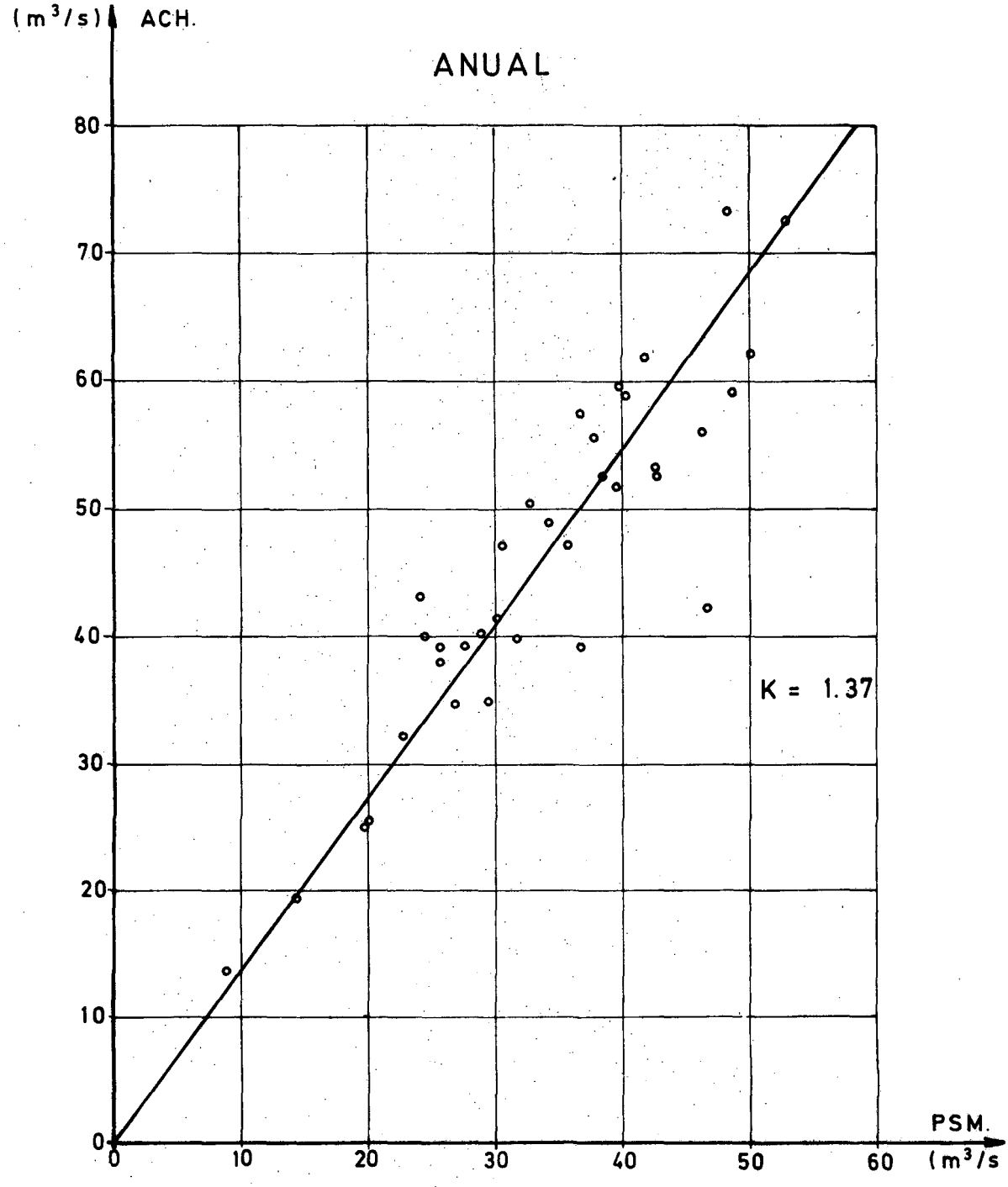
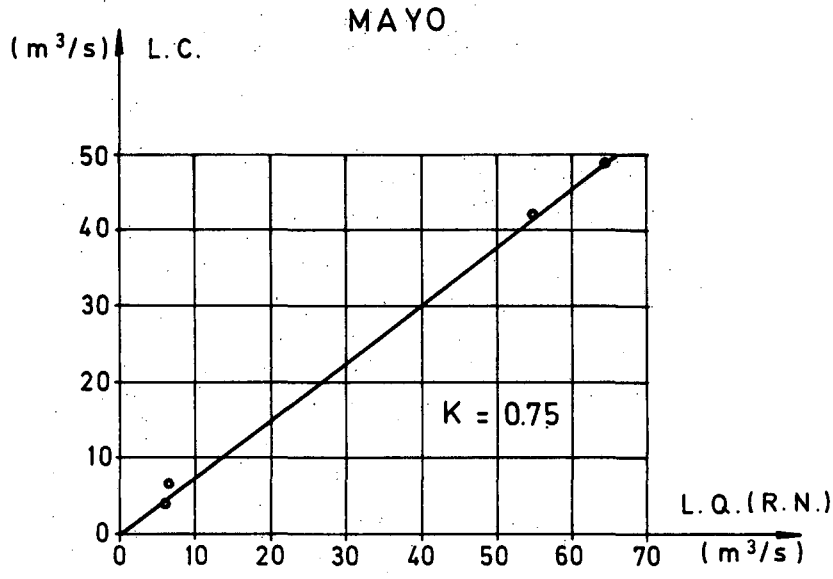


FIGURA Nº IV.C.2-1-50

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LONGAVI EN EL CASTILLO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



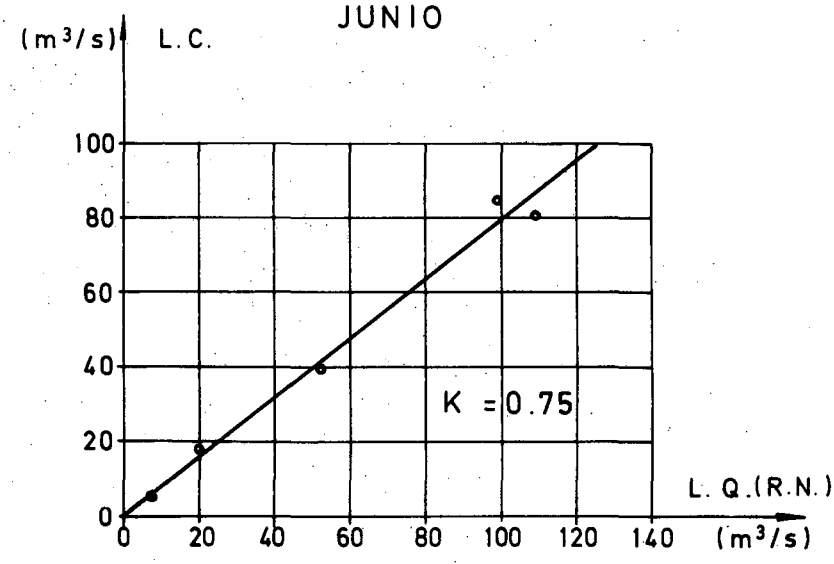
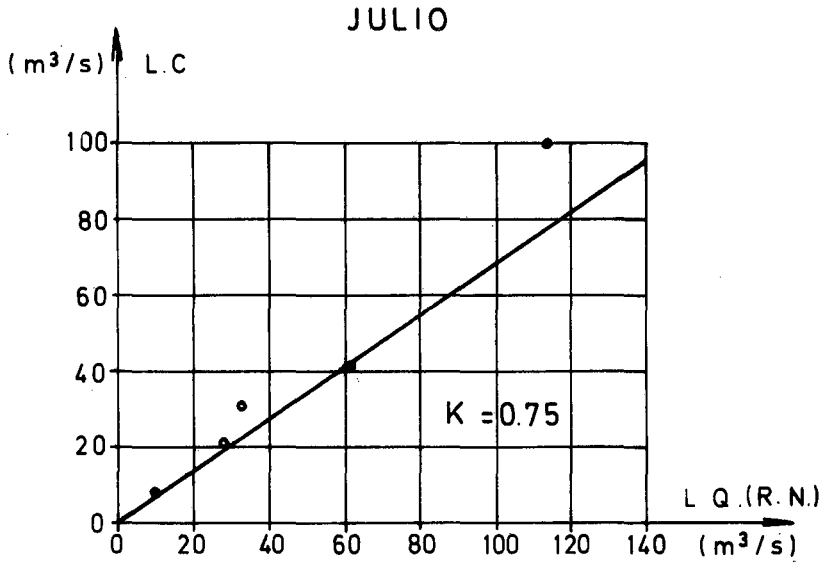


FIGURA Nº IV.C.2-1-51

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LONGAVI EN EL CASTILLO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



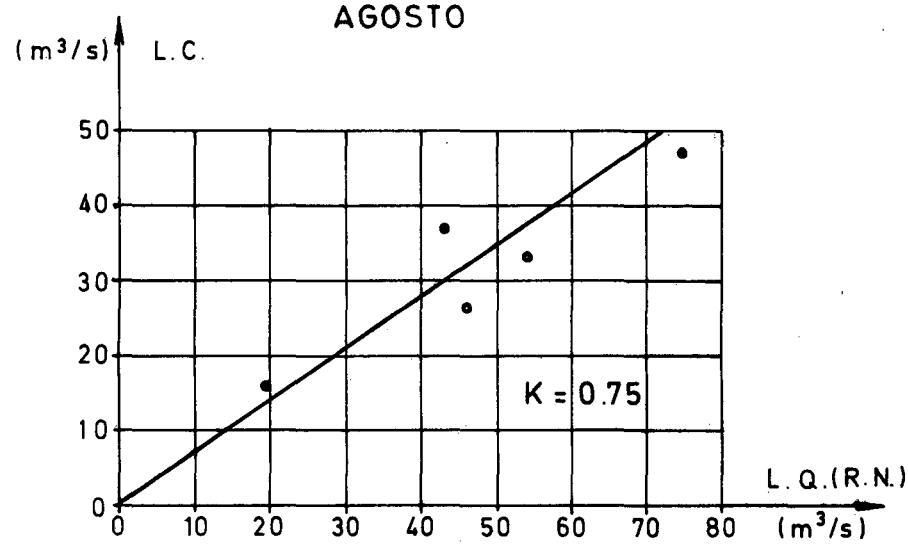
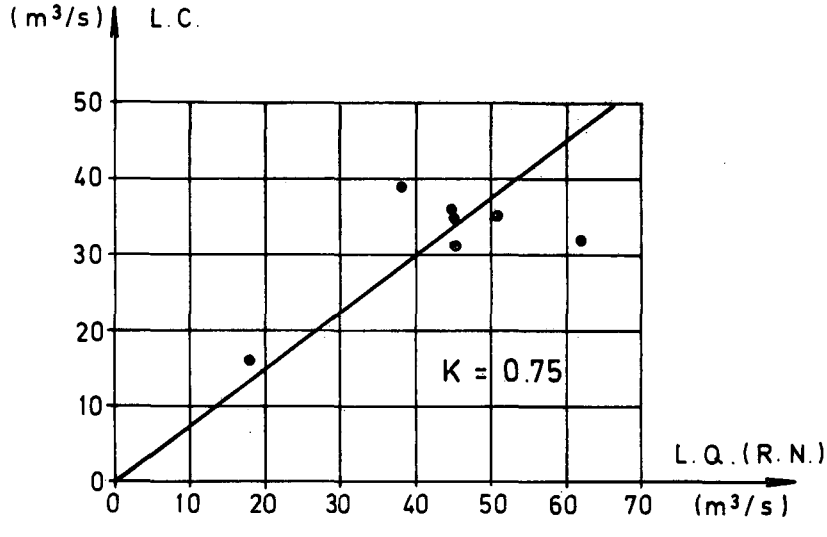


FIGURA Nº IV.C. 2 -1-52

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LONGAVI EN EL CASTILLO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

SEPTIEMBRE



OCTUBRE

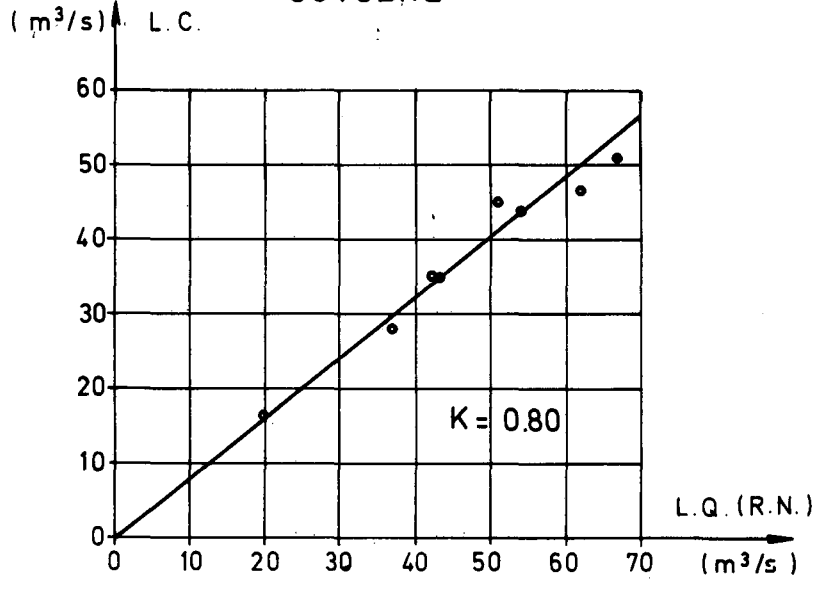
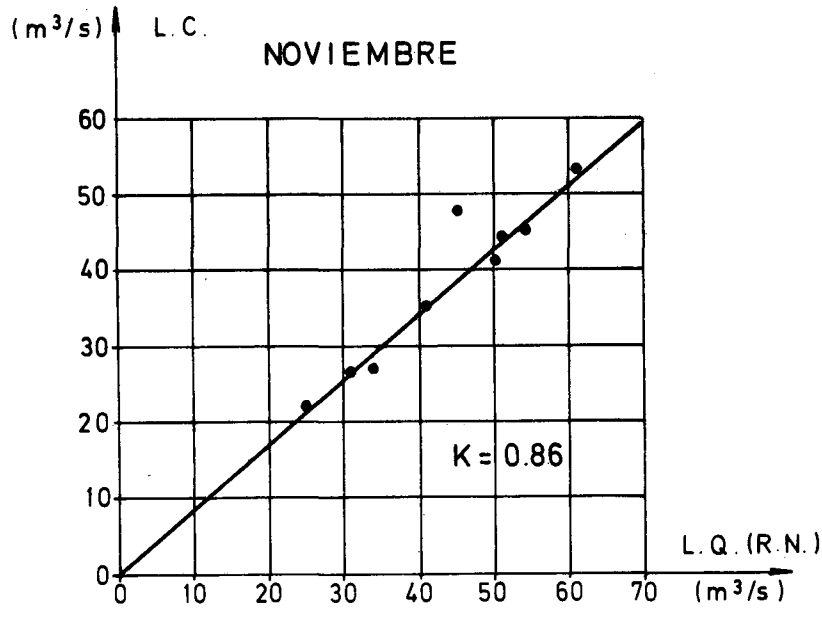


FIGURA Nº IV.C. 2-1-53

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LONGAVI EN EL CASTILLO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



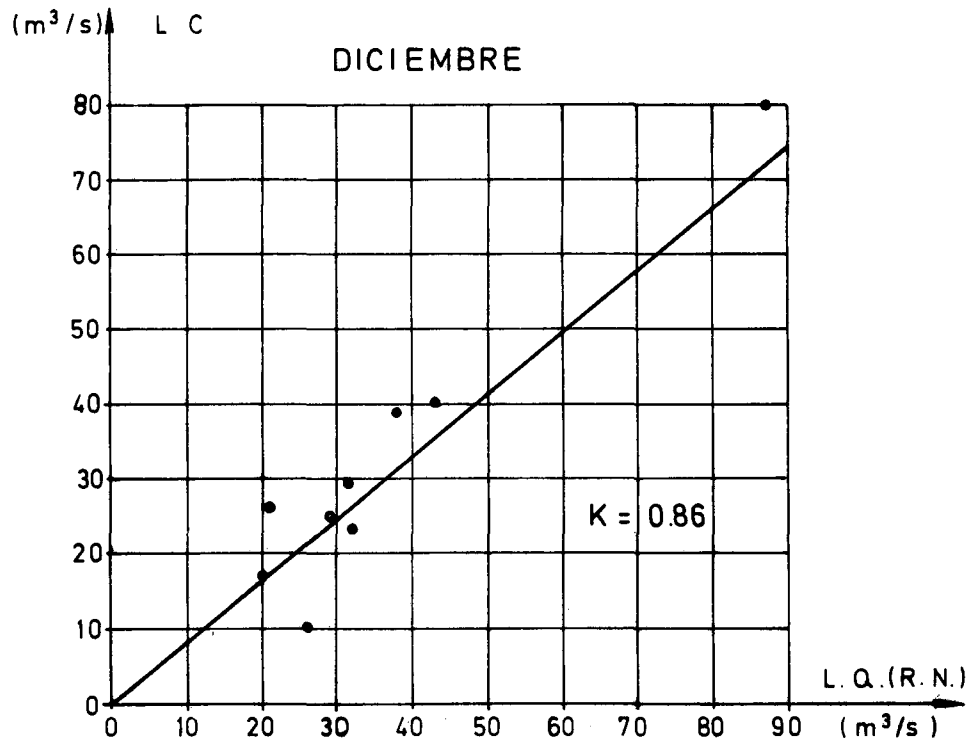
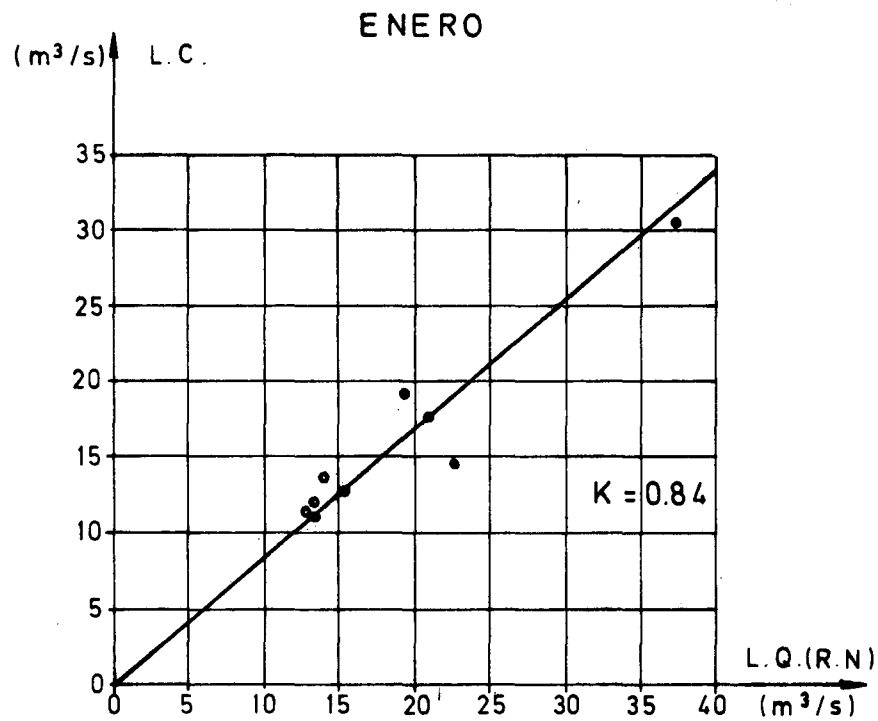


FIGURA Nº IV.C.2-1-54

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LONGAVI EN EL CASTILLO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



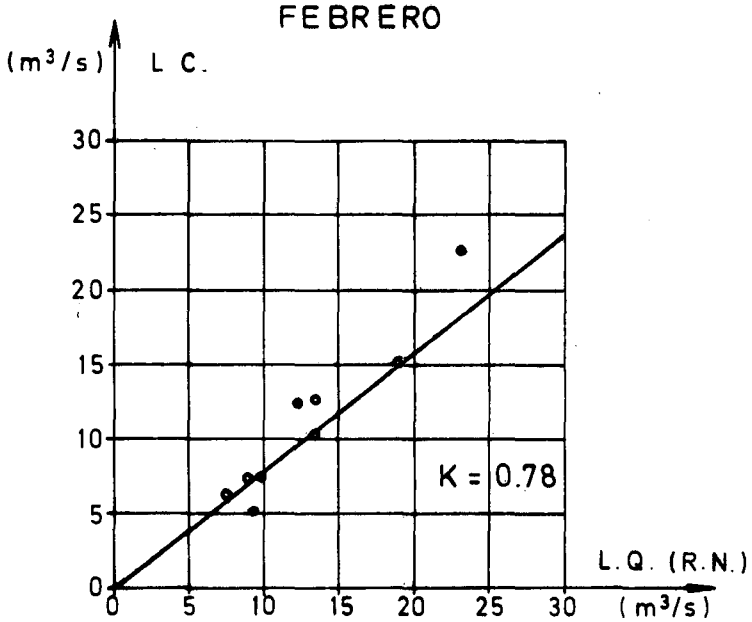
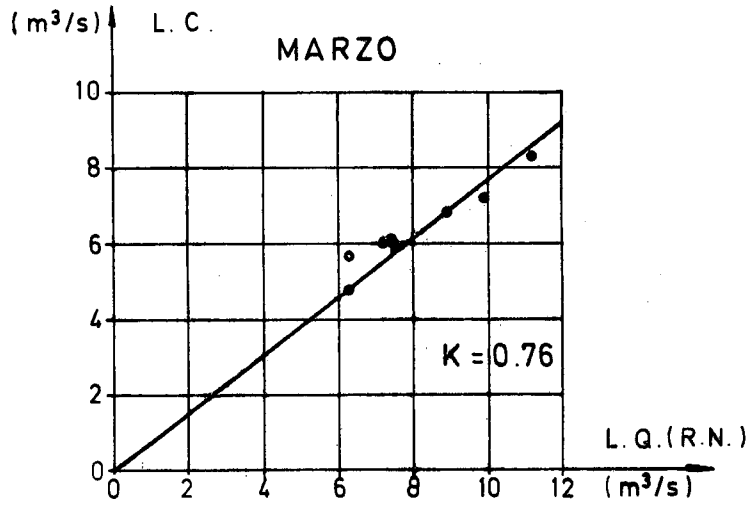


FIGURA Nº IV.C. 2-1-55

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LONGAVI EN EL CASTILLO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



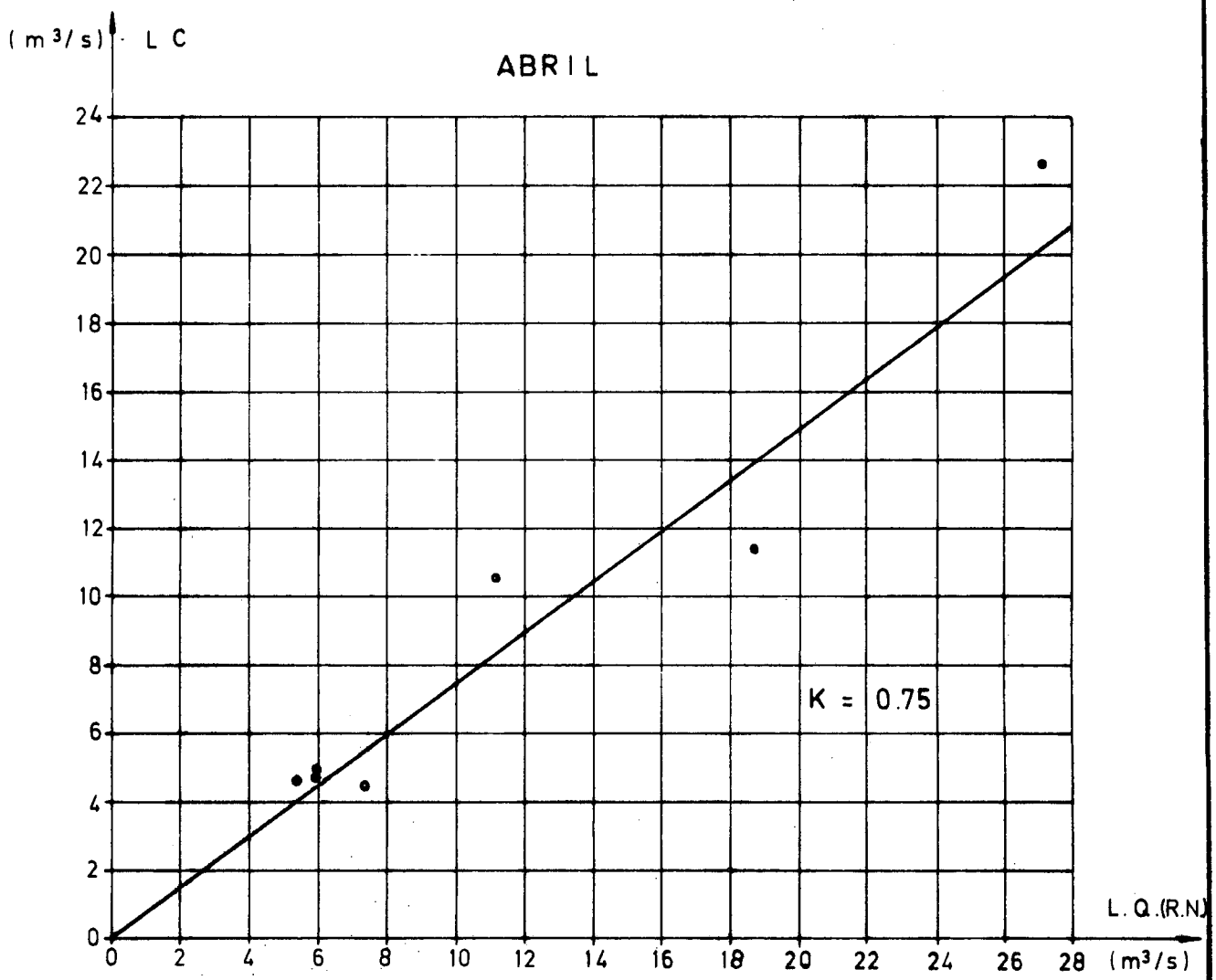


FIGURA Nº IV.C.2-1-56

CAUDALES MEDIOS ANUALES
LONGAVI EN EL CASTILLO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N)

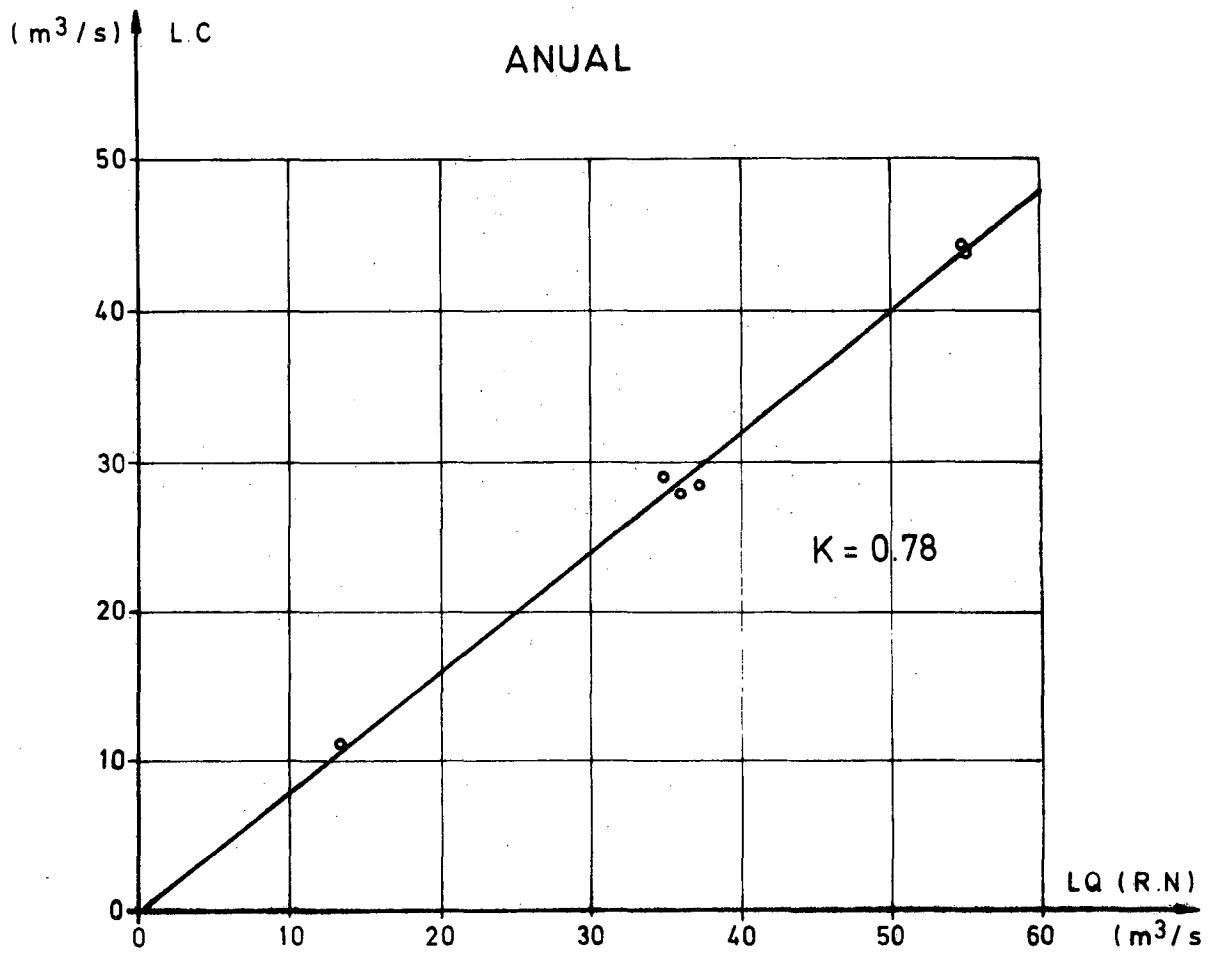
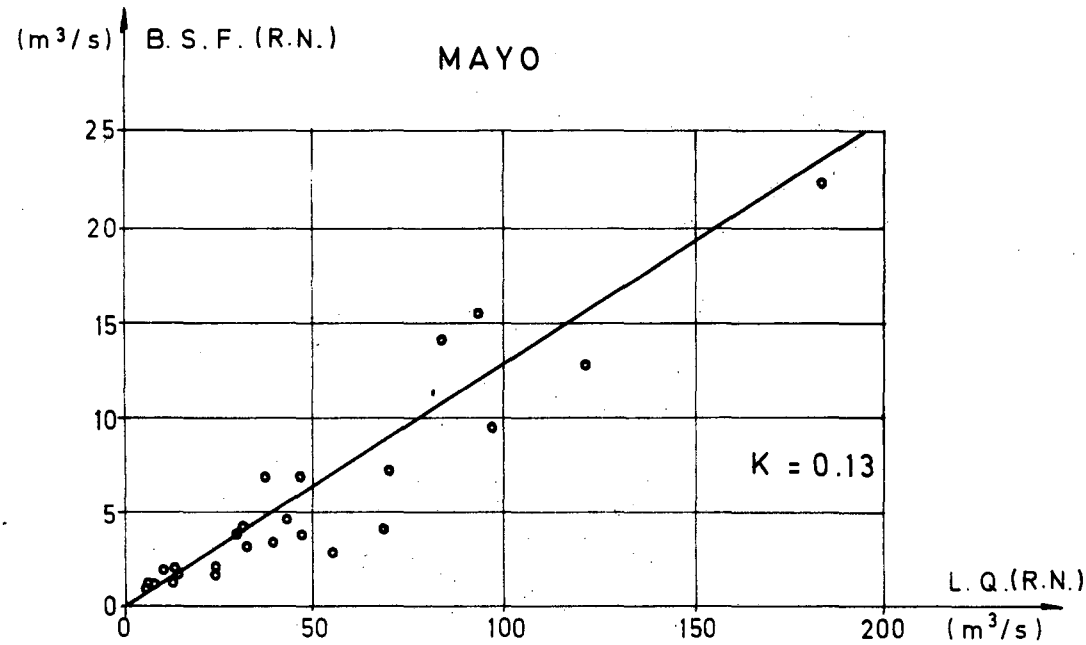


FIGURA Nº IV.C. 2 -1-57

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



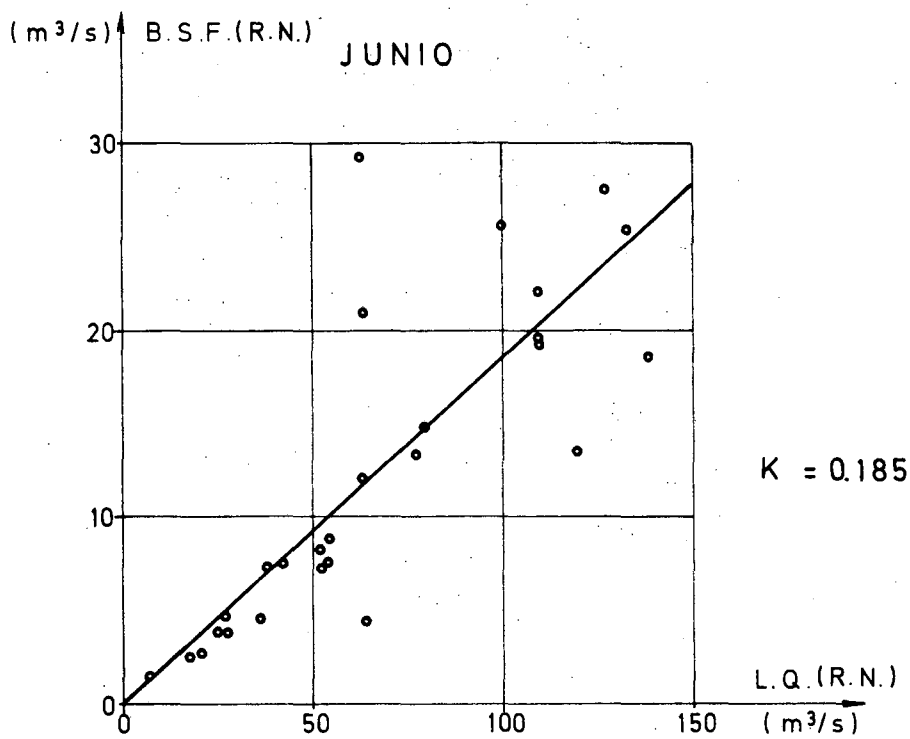
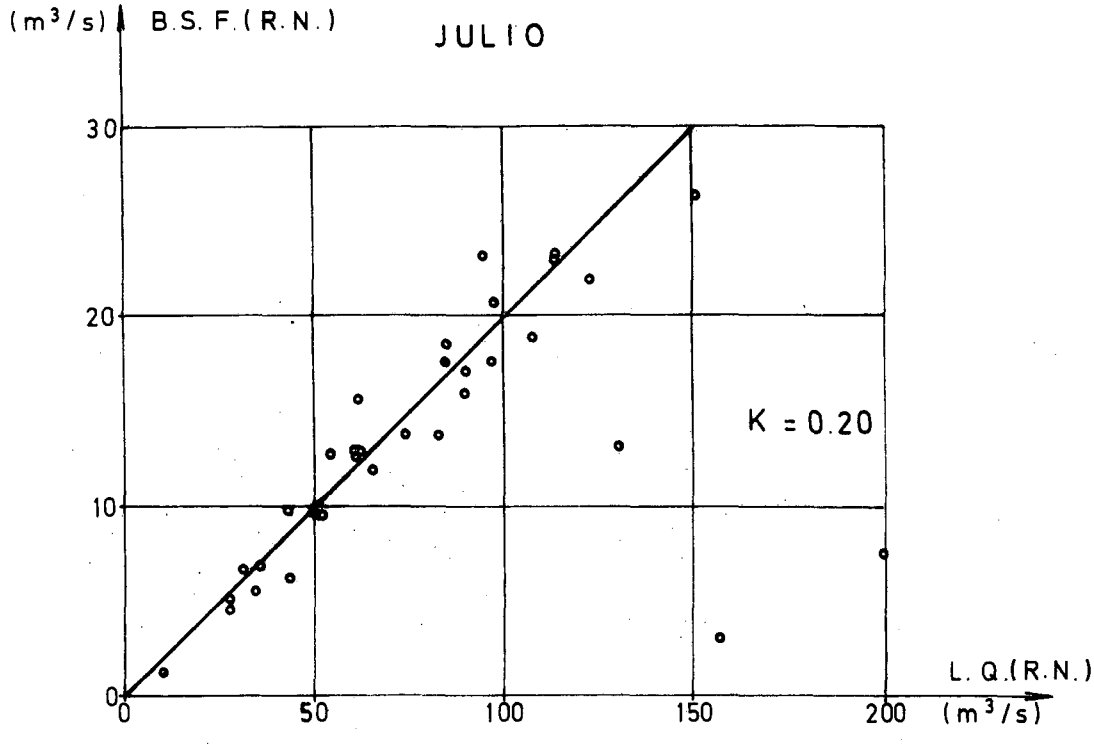


FIGURA Nº IV.C. 2-1-58

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



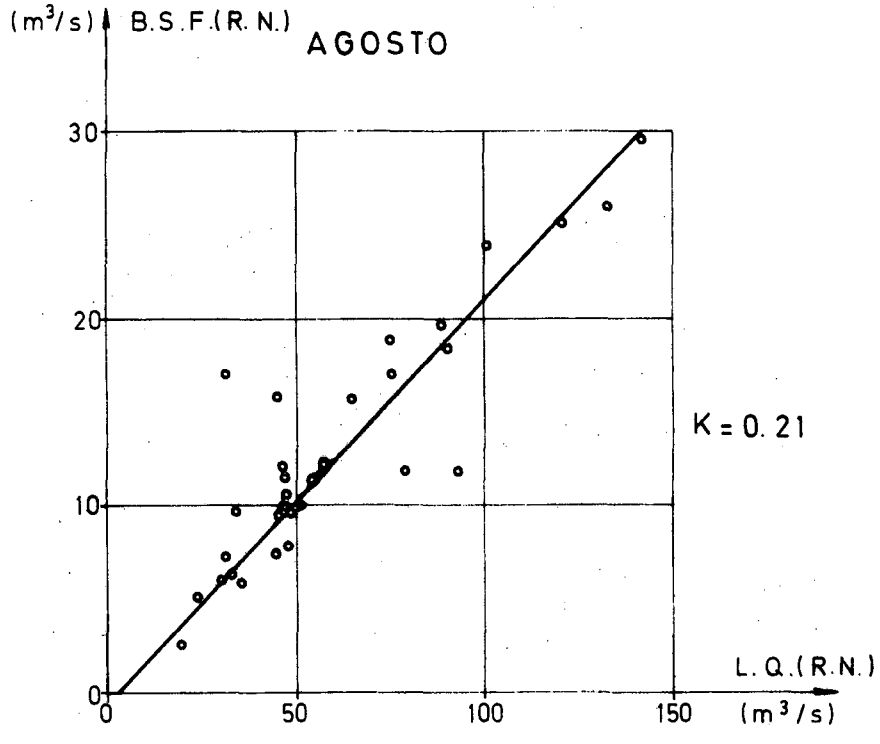
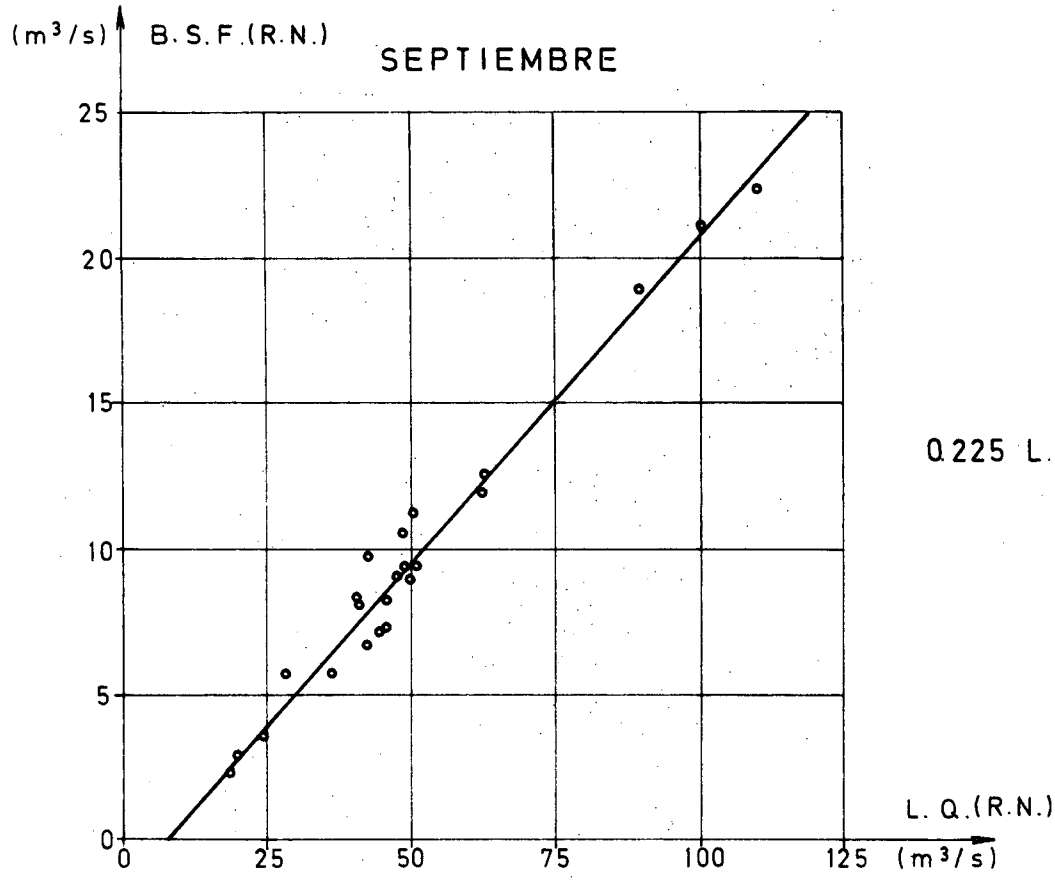


FIGURA Nº IV.C.2-1-59

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



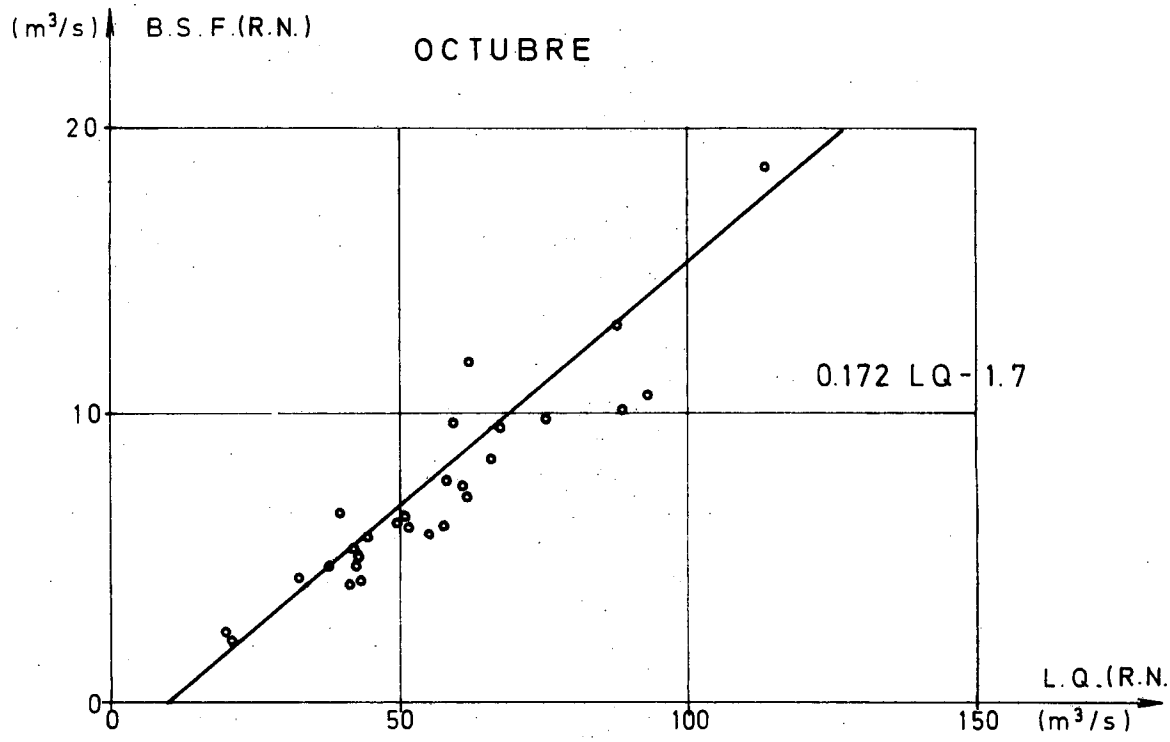
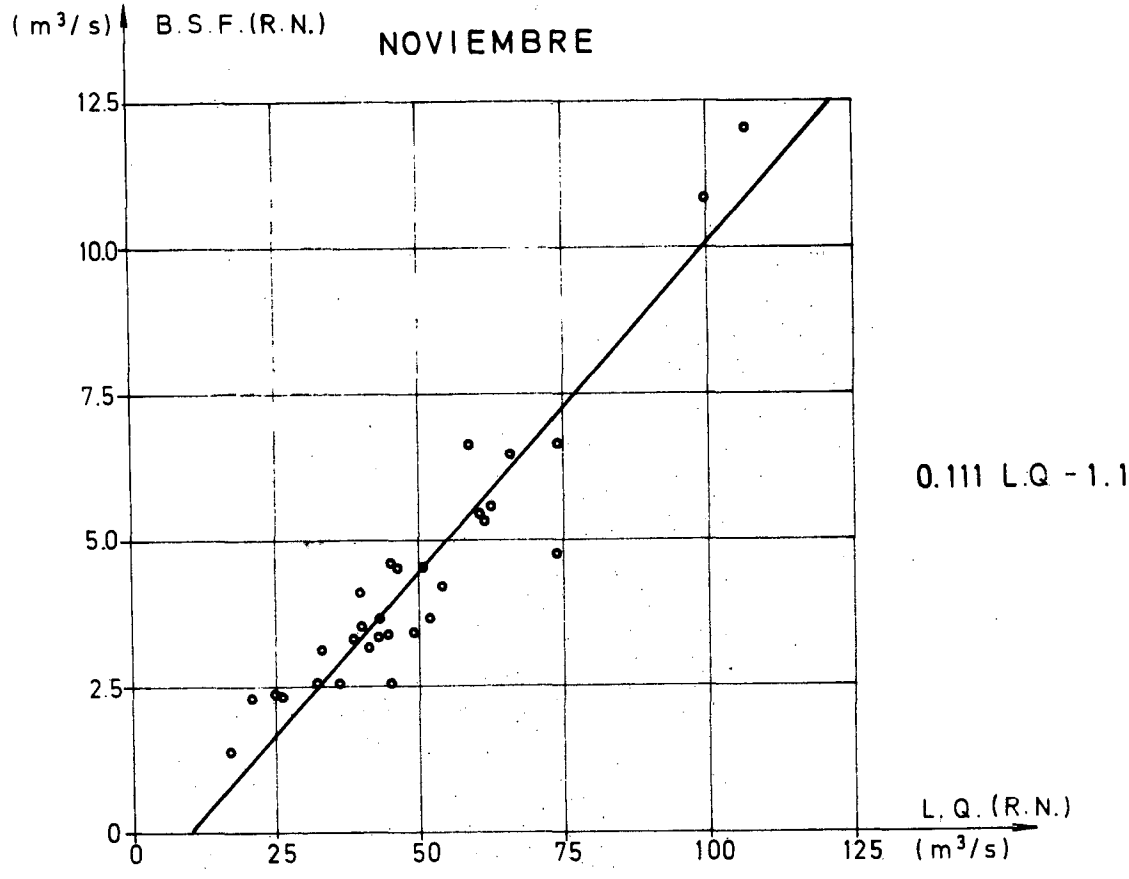


FIGURA Nº IV.C. 2-1-60

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.) VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



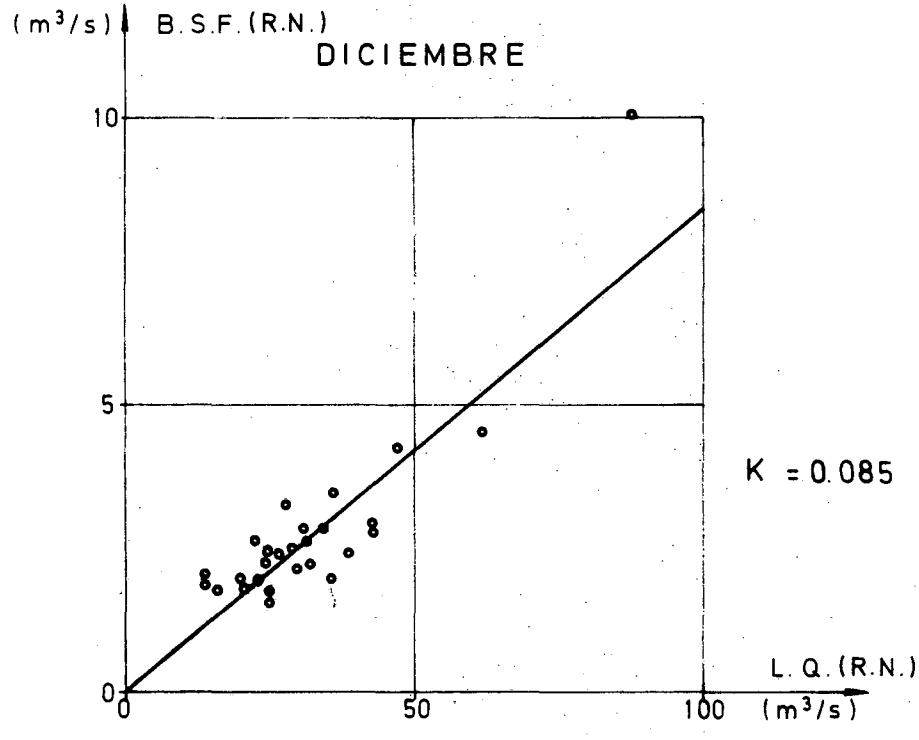
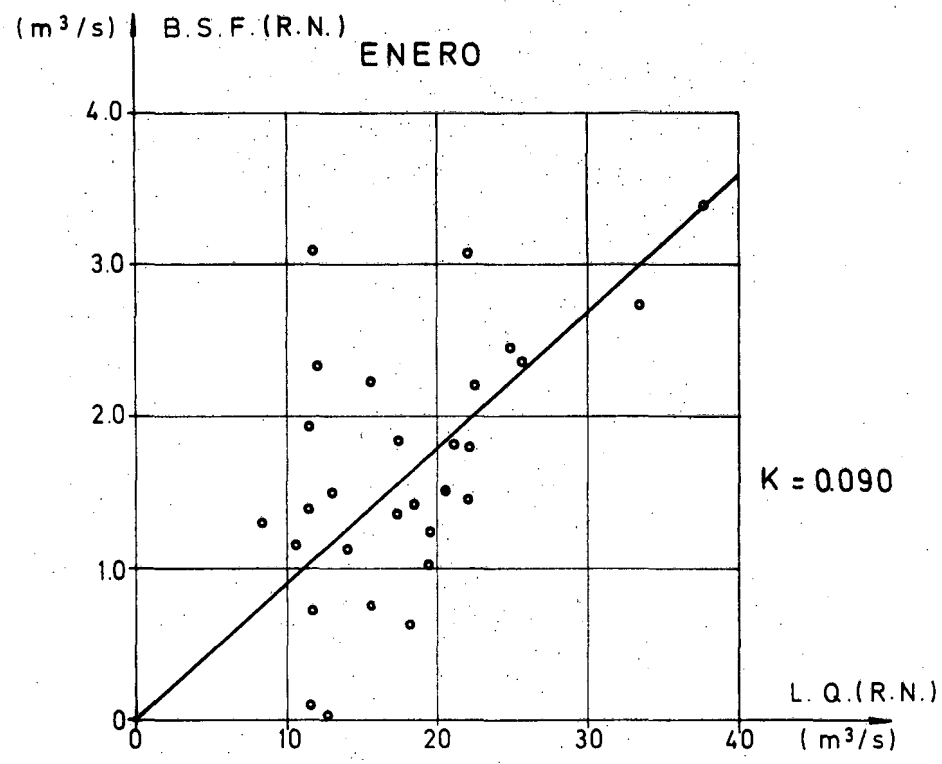


FIGURA Nº IV.C. 2-1-61

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



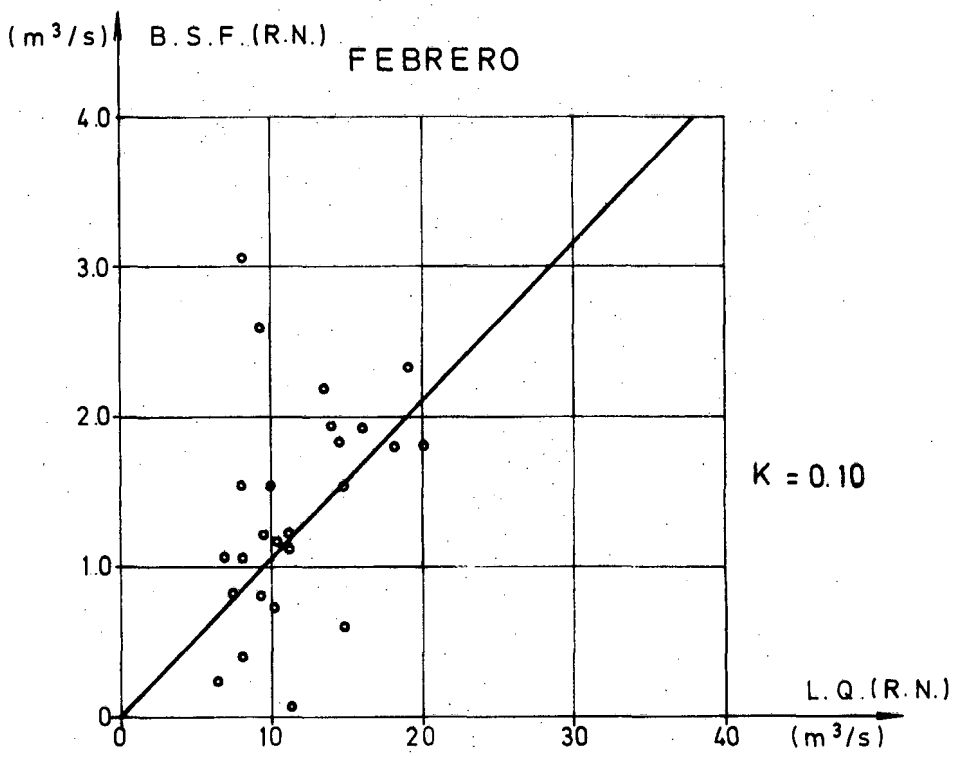
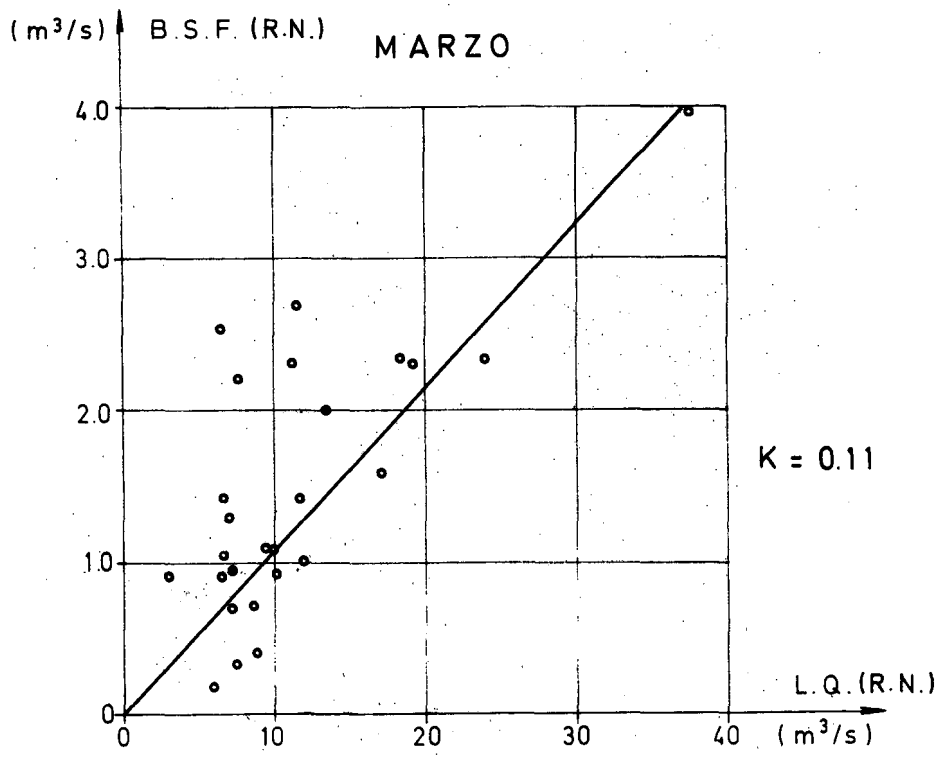


FIGURA Nº IV.C. 2-1-62

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.)
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



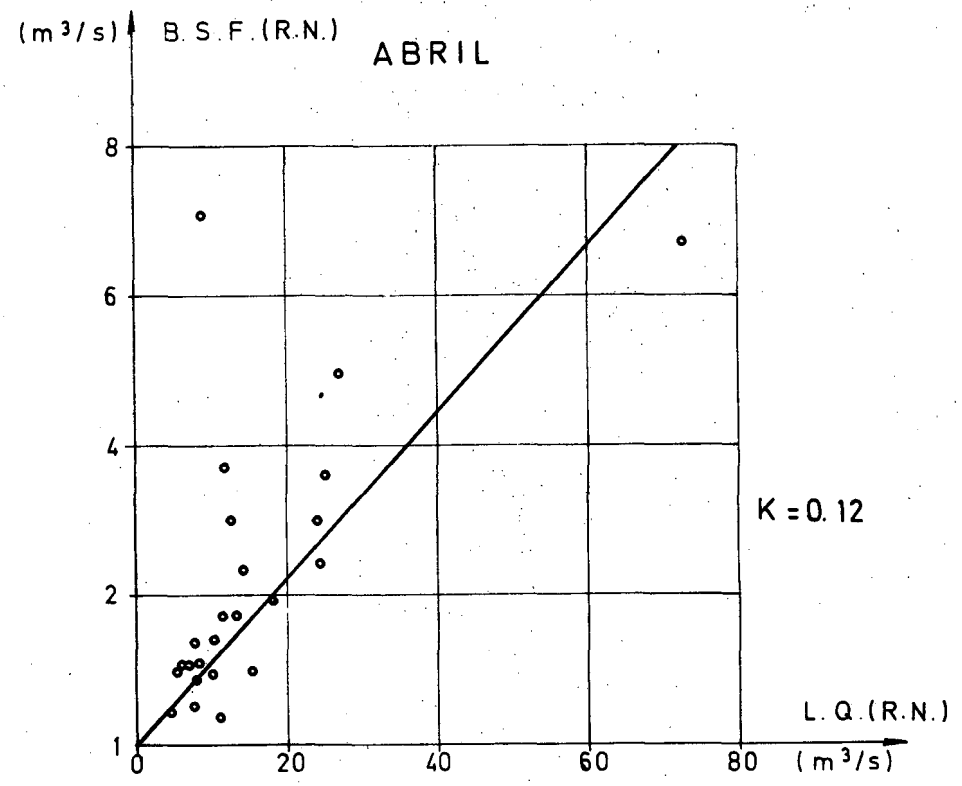


FIGURA Nº IV.C.2-1-63

CAUDALES MEDIOS ANUALES

BULLILEO EN STA. FILOMENA (R.N.) VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

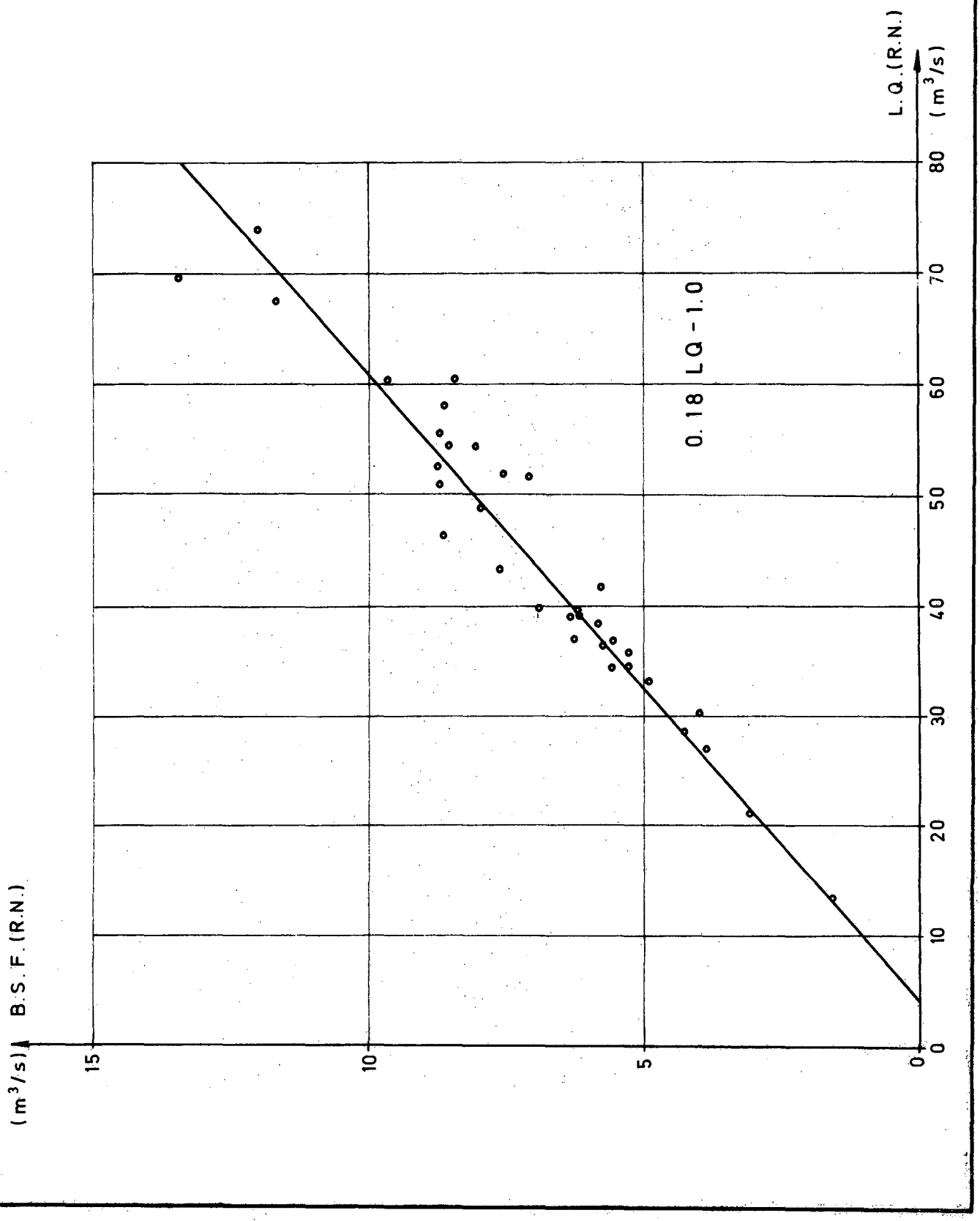
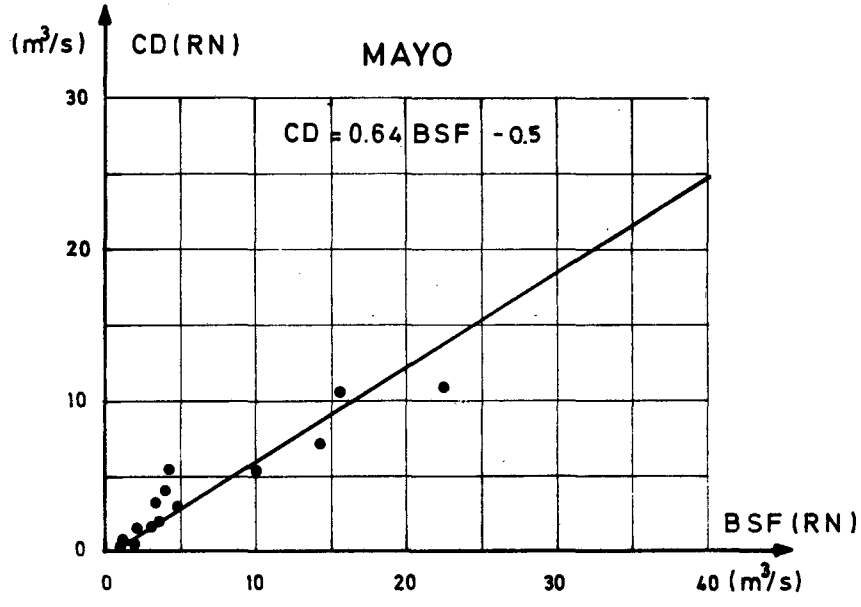


FIGURA Nº IV.C. 2-1-64

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CATO EN DIGUA (RN) VS
BULLILEO EN SANTA FILOMENA (RN)



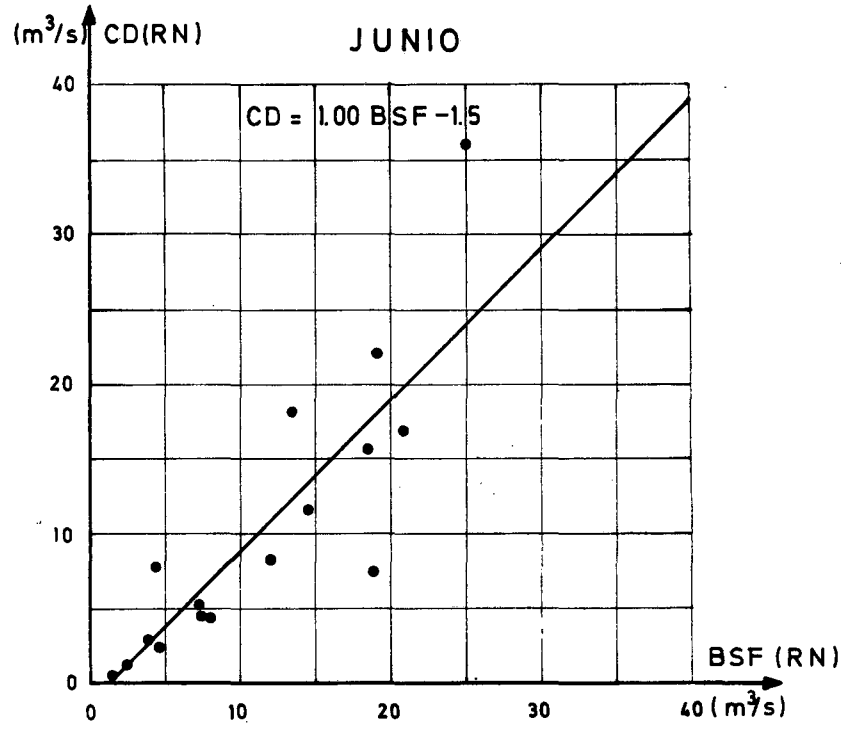
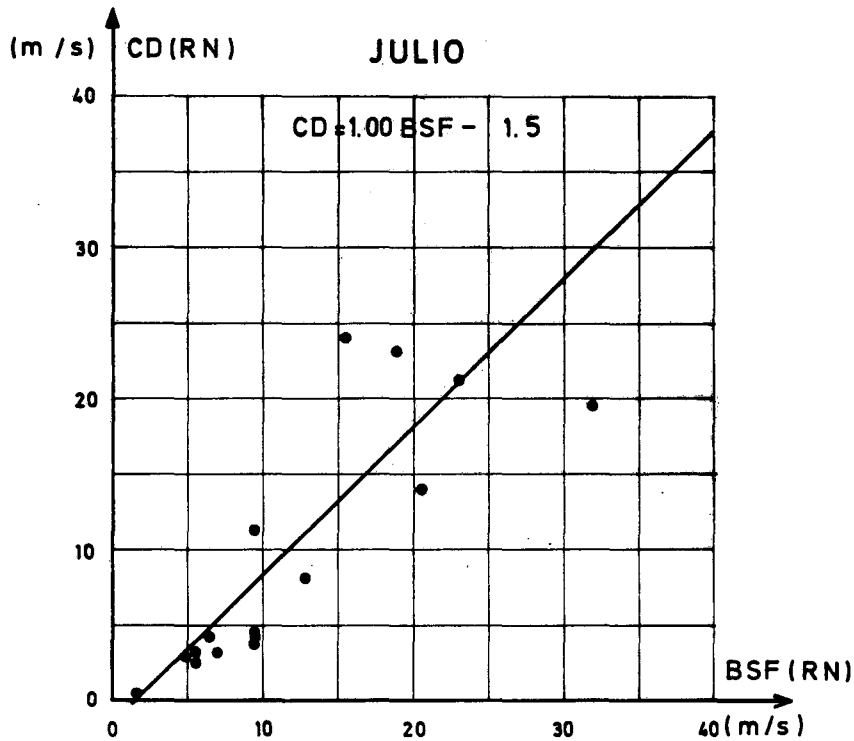


FIGURA Nº IV.C. 2-1-65

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CATO EN DIGUA (RN) VS
BULLILEO EN SANTA FILOMENA (RN)



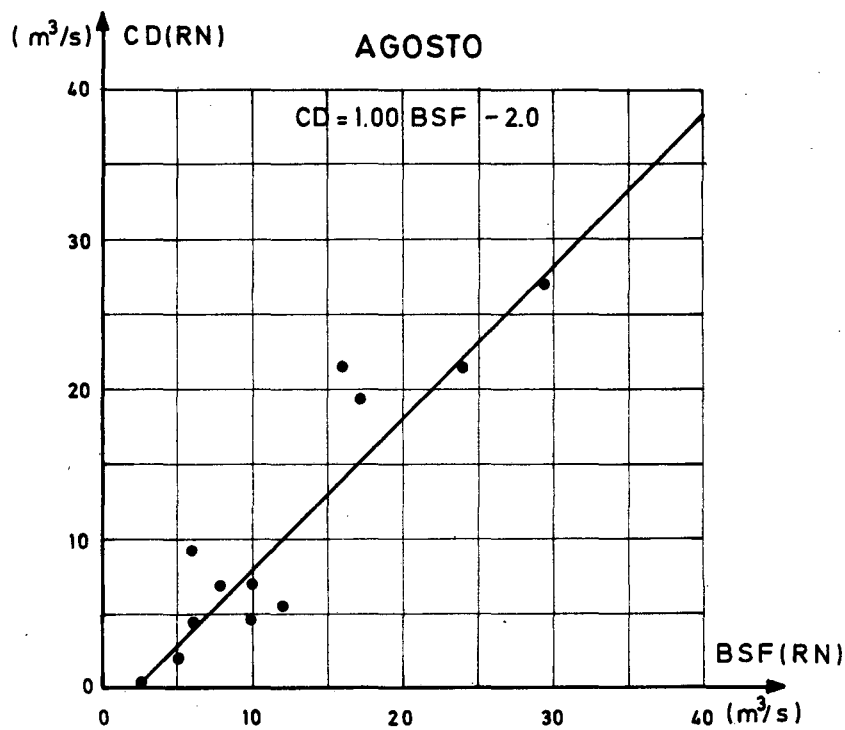
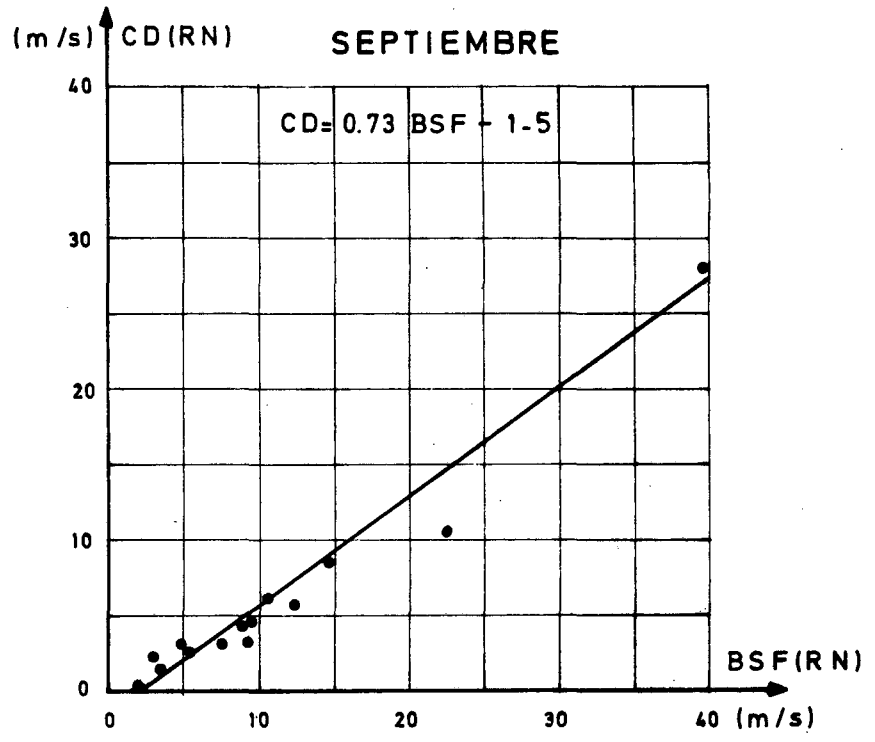


FIGURA Nº IV.C. 2-1-66

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CATO EN DIGUA (RN) VS
BULLILEO EN SANTA FILOMENA (RN)



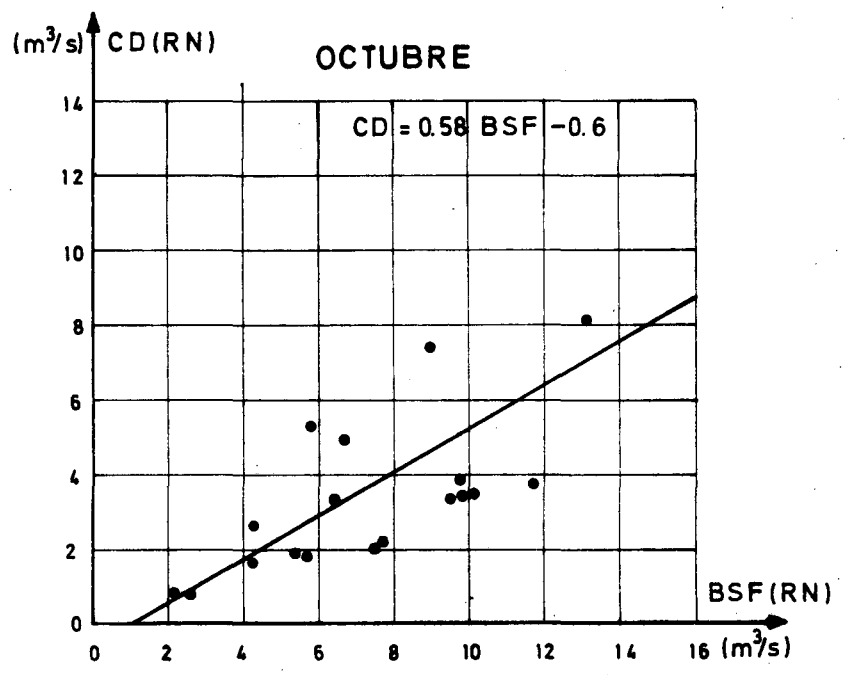
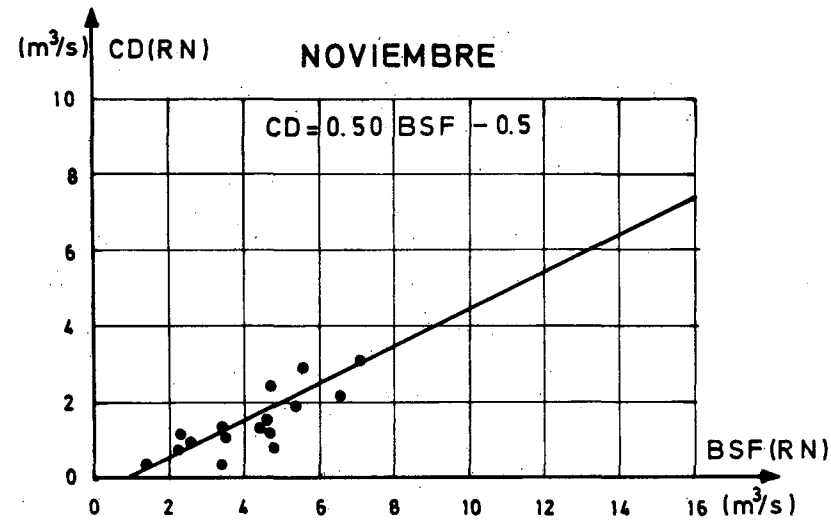


FIGURA Nº IV.C 2-1-67

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CATO EN DIGUA (RN) VS
BULLILEO EN SANTA FILOMENA (RN)



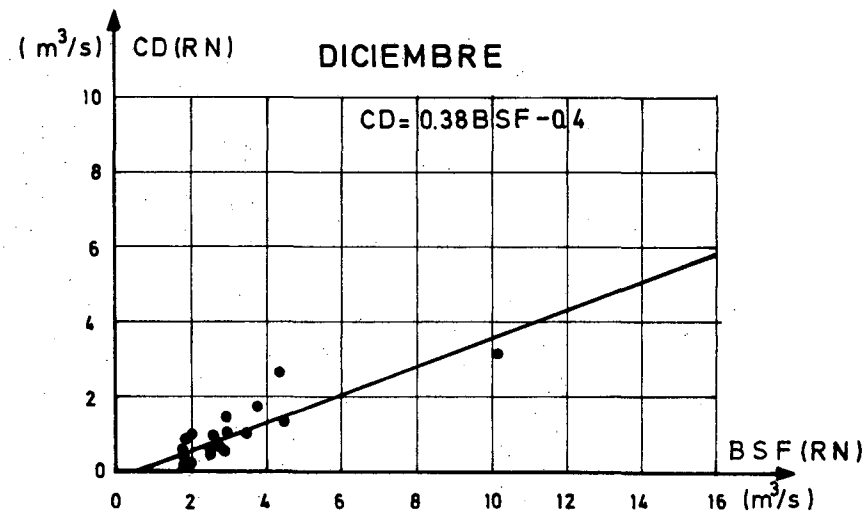
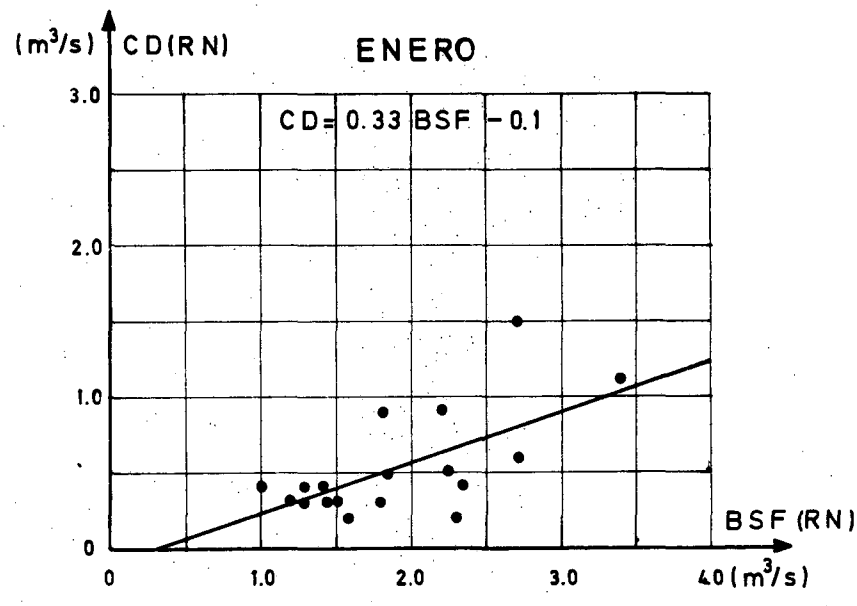


FIGURA Nº IV.C 2-1-68

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CATO EN DIGUA (RN) VS
BULLILEO EN SANTA FILOMENA (RN)



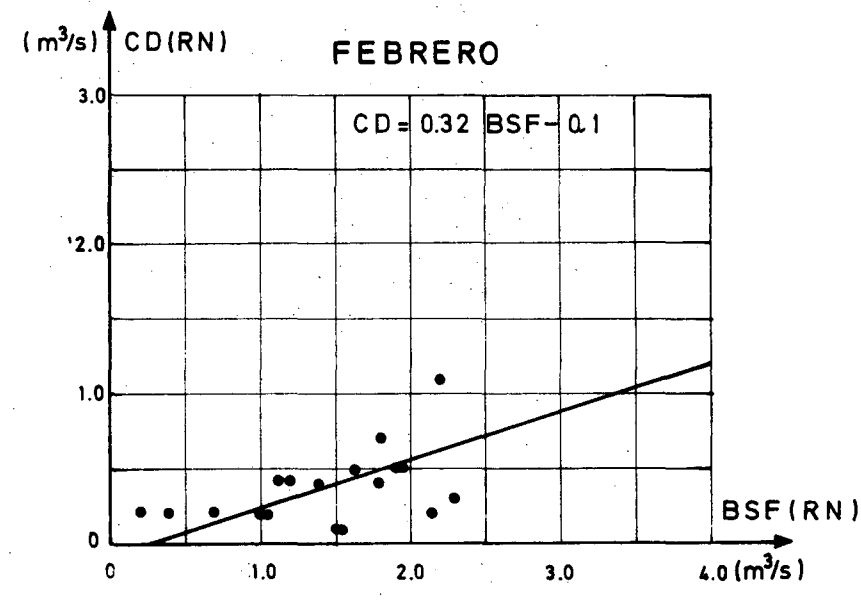
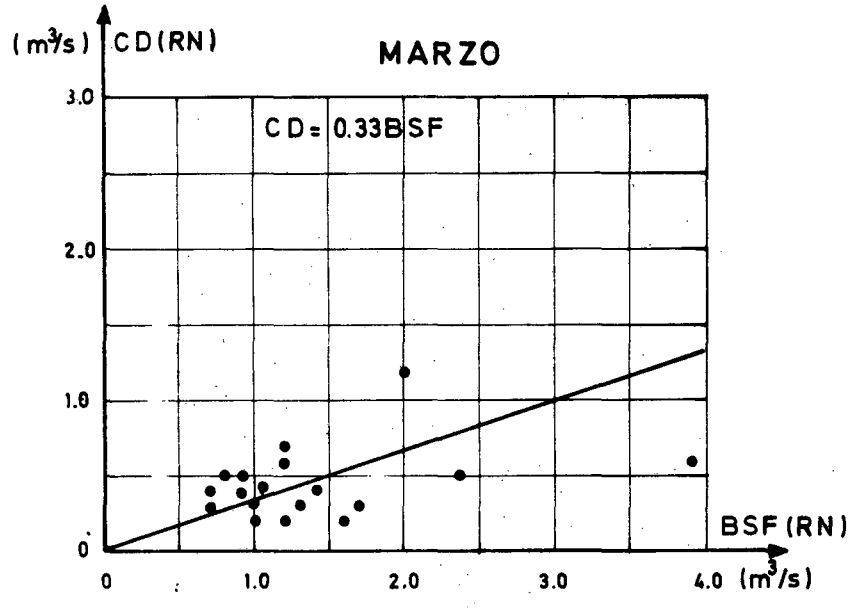


FIGURA Nº IV.C. 2-1-69

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CATO EN DIGUA (RN) VS
BULLILEO EN SANTA FILOMENA (RN)



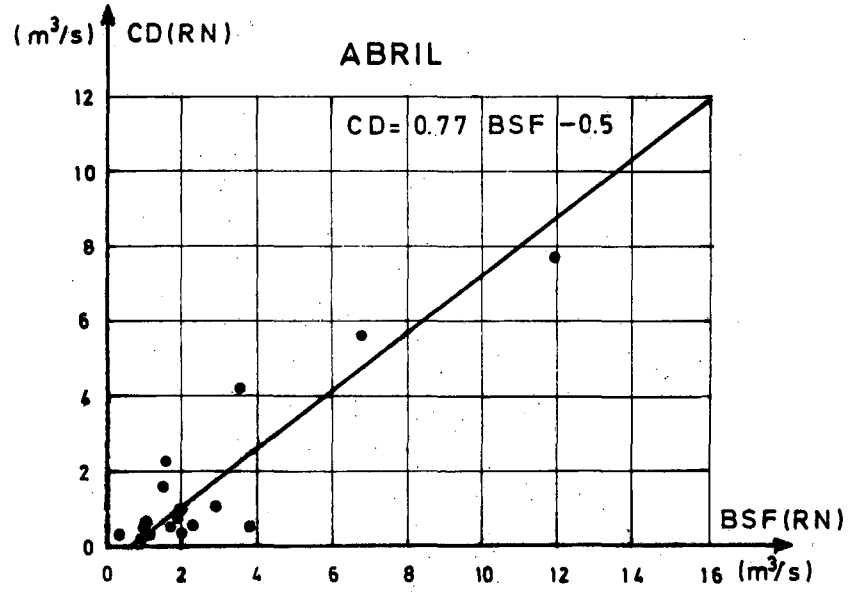


FIGURA Nº IV.C. 2-1-70

CAUDALES MEDIOS ANUALES
CATO EN DIGUA (RN) VS
BULLILEO EN SANTA FILOMENA (RN)

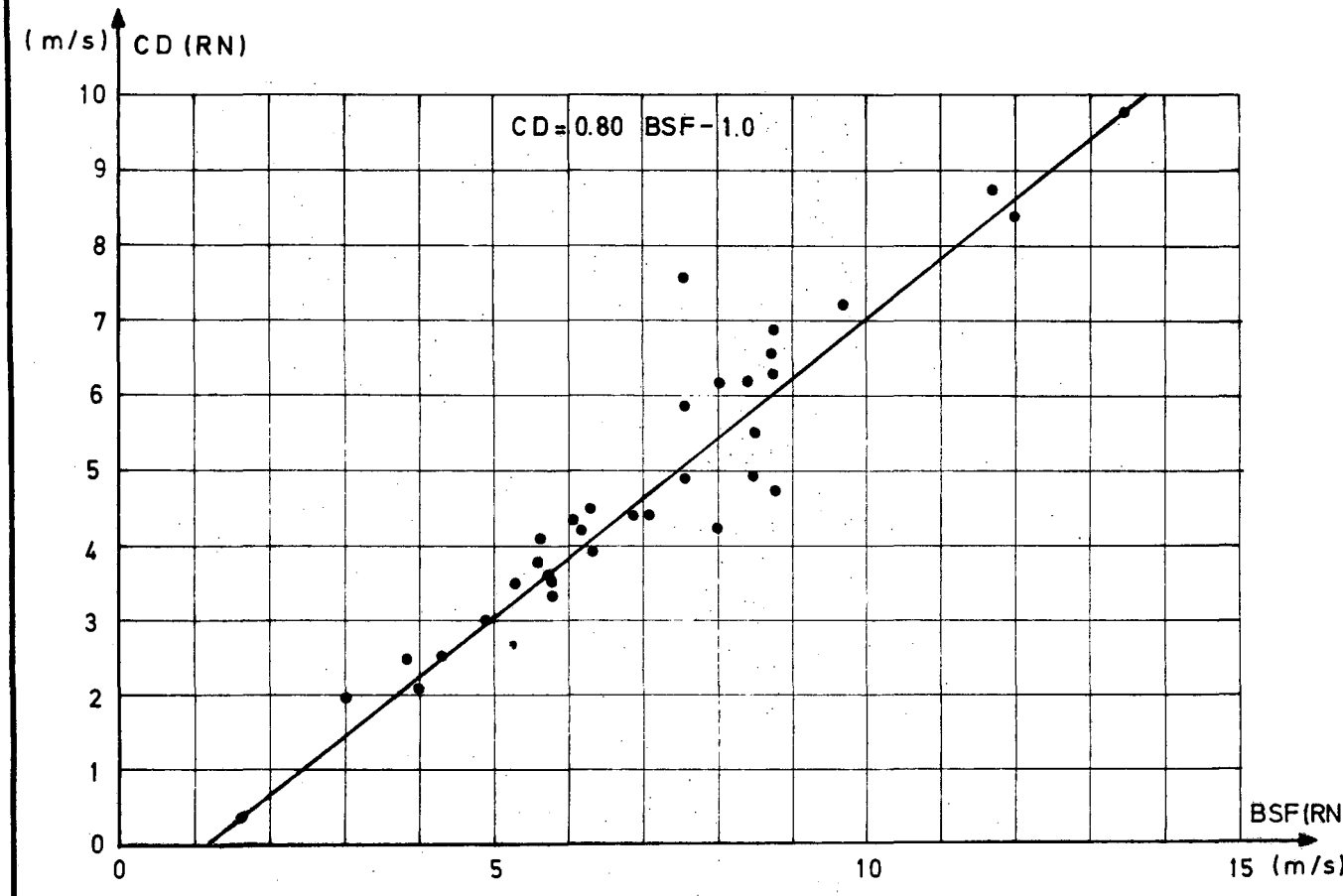
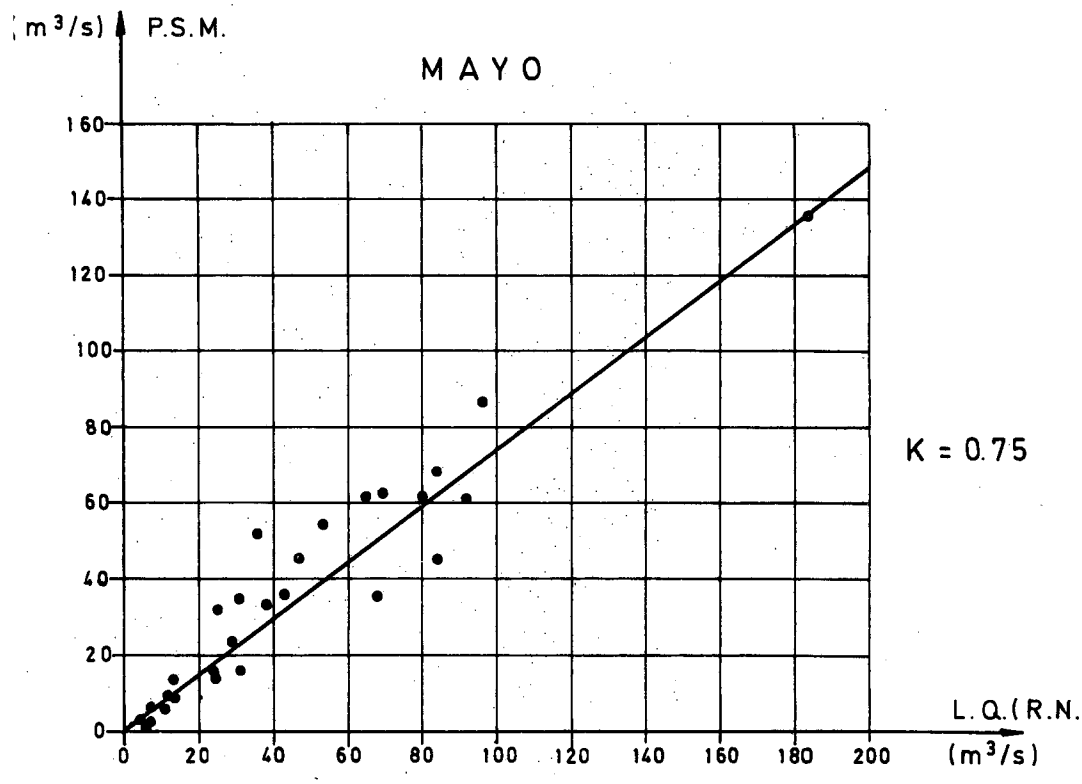


FIGURA Nº IV.C. 2-1-71

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



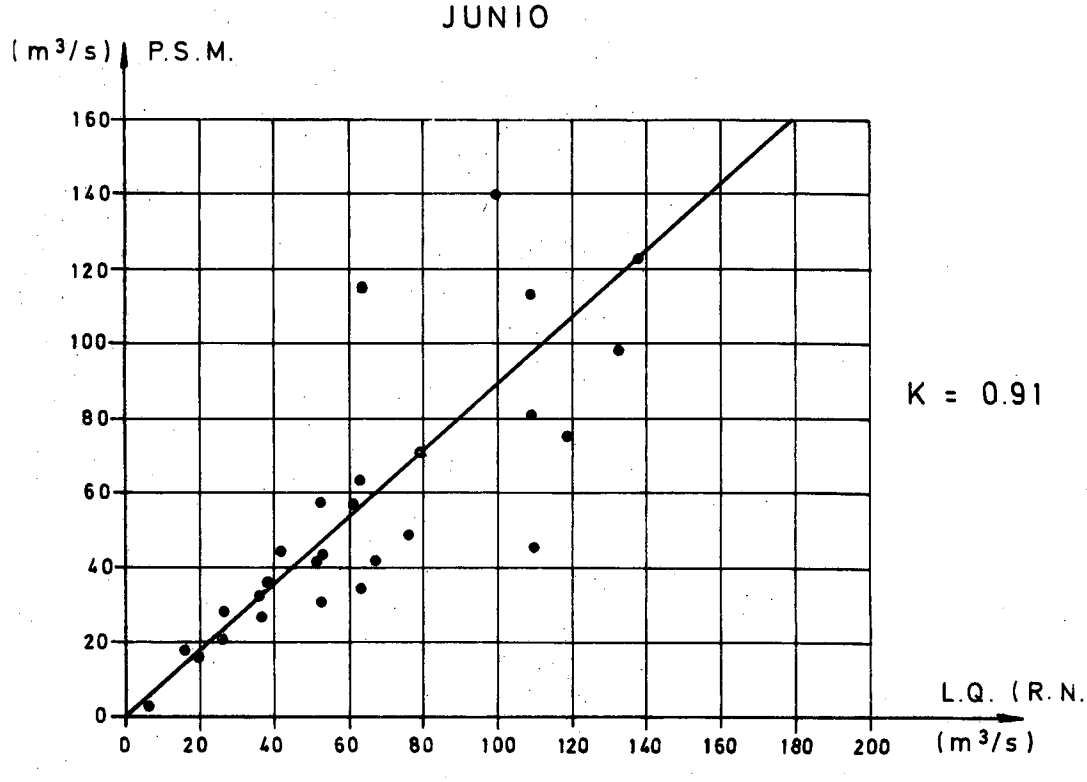
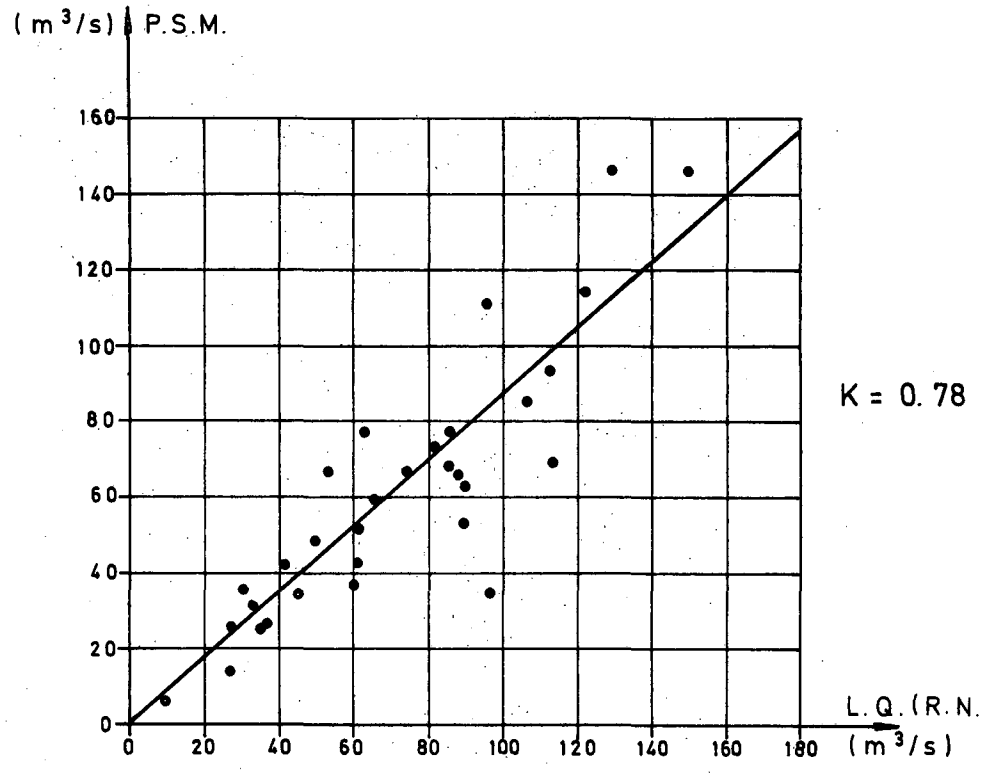


FIGURA Nº IV.C. 2-1-72

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

JULIO



AGOSTO

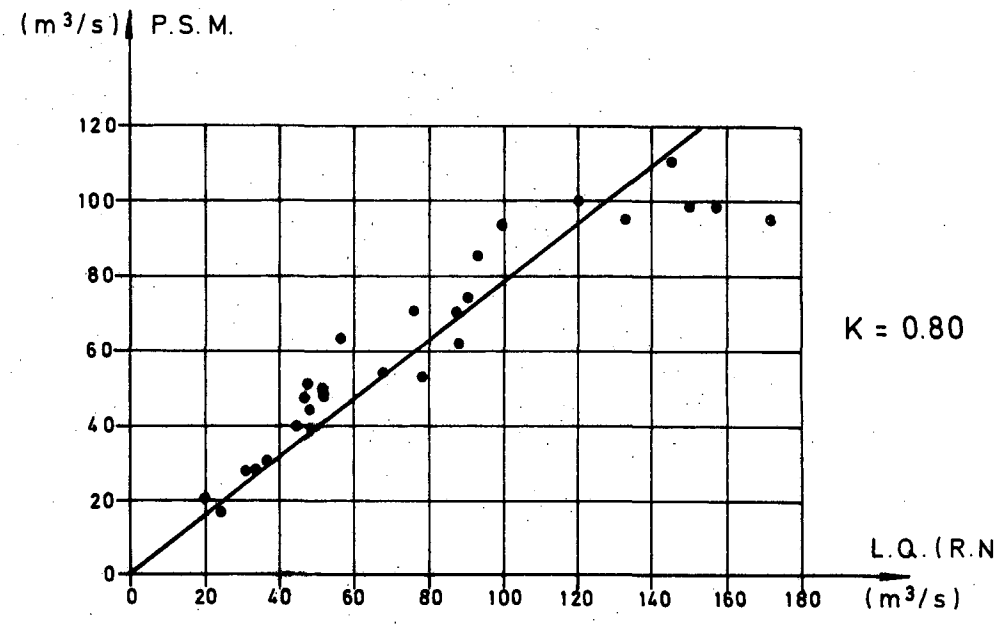
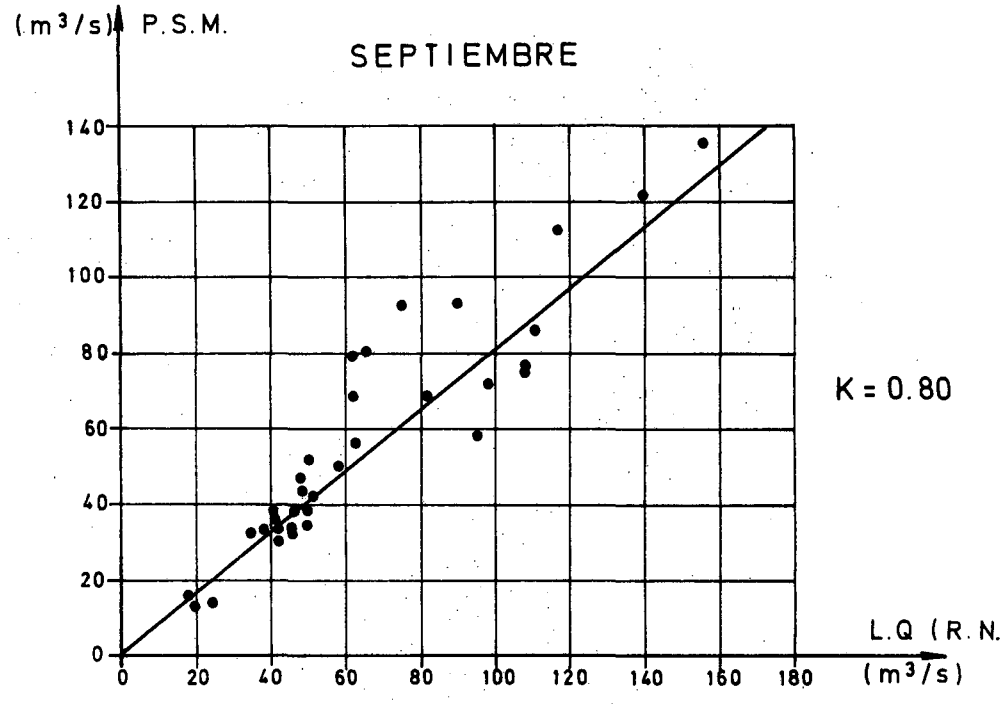


FIGURA Nº IV.C. 2-1-73

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



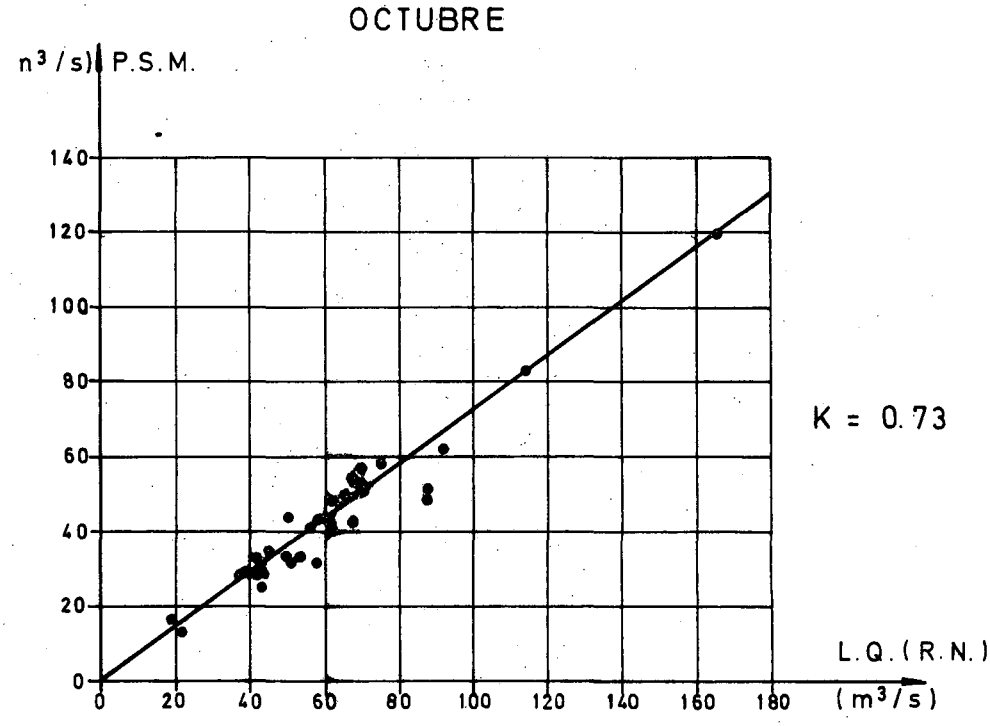
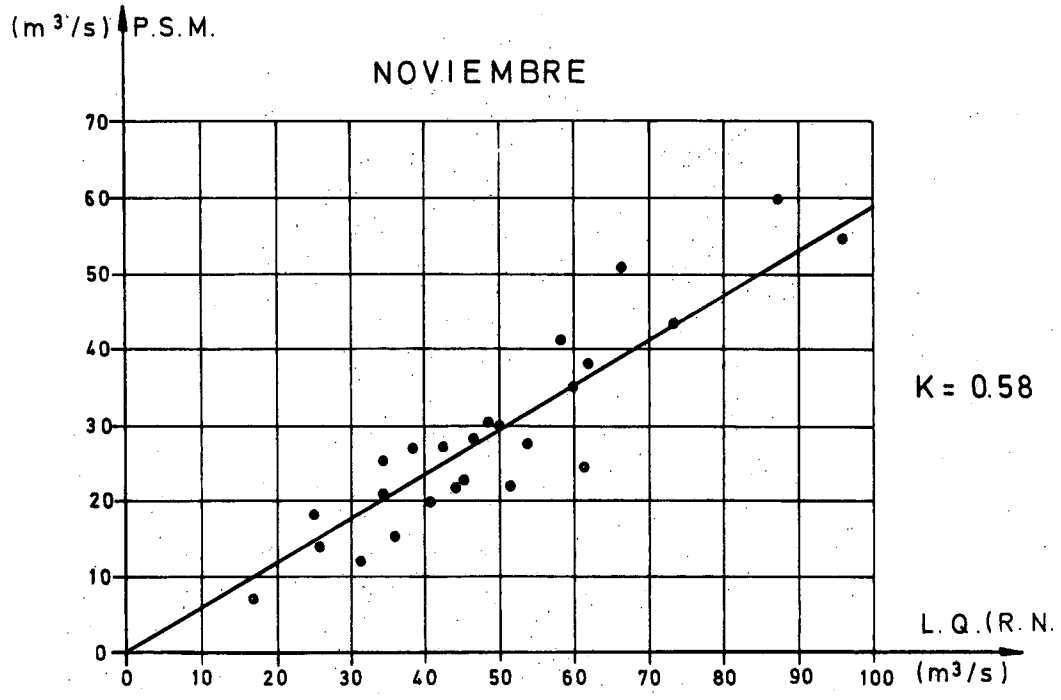


FIGURA Nº IV.C.2-1-74

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



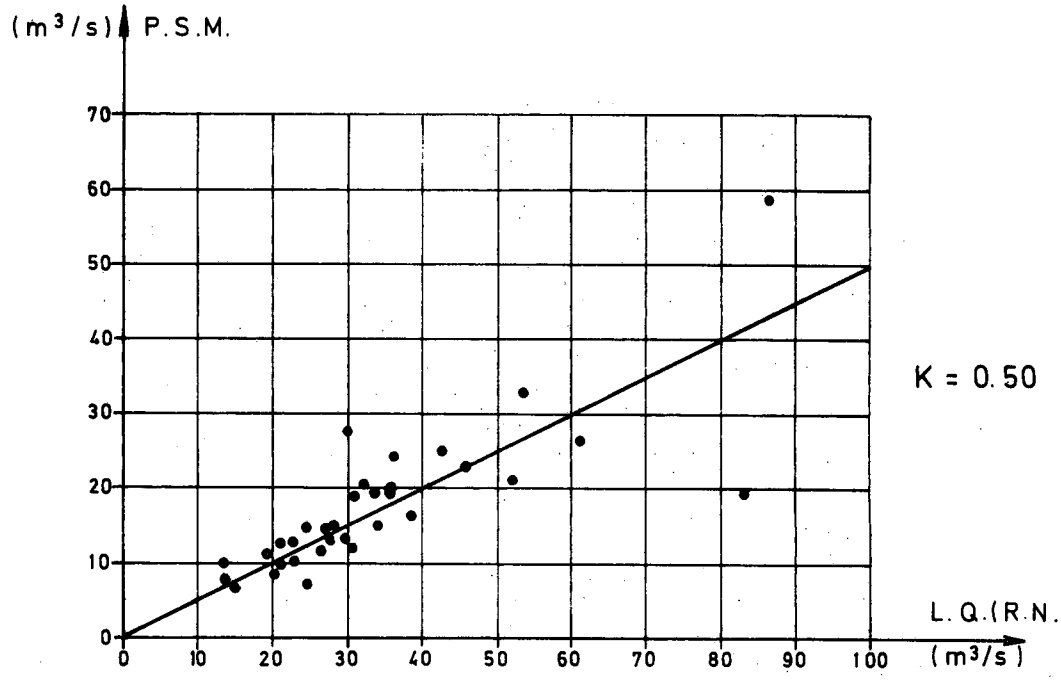
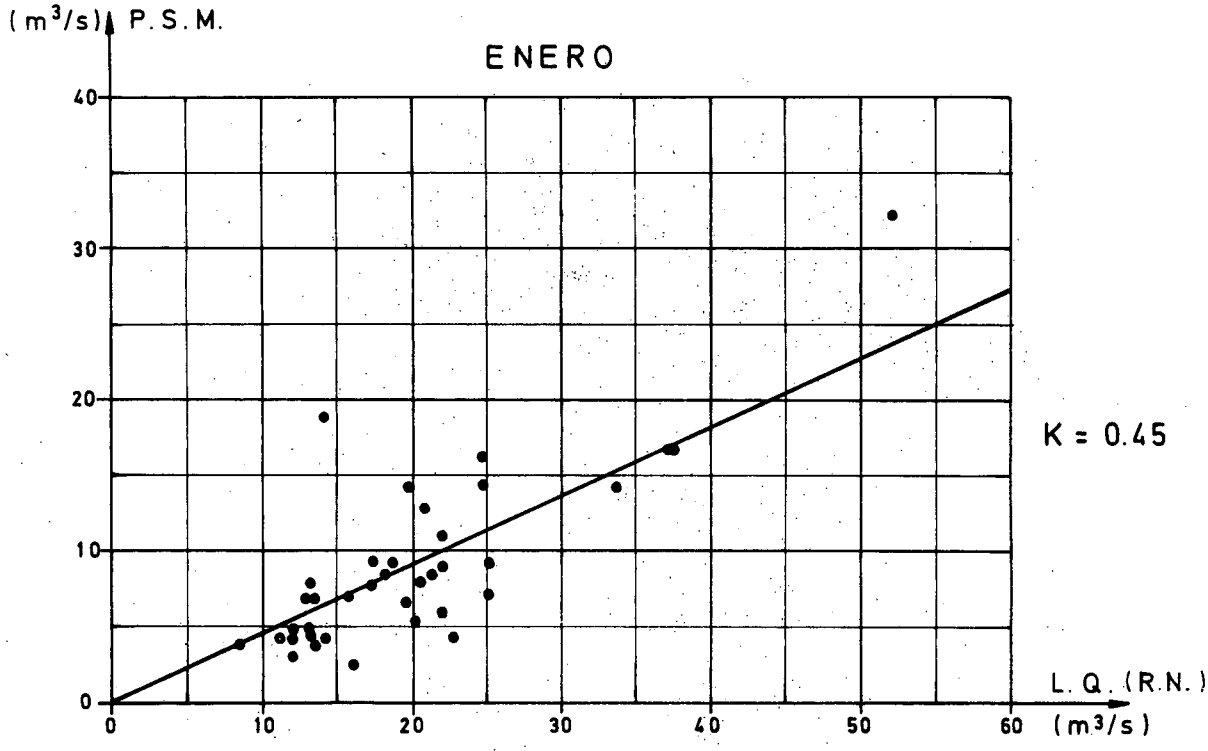


FIGURA Nº IV.C.2-1-75

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



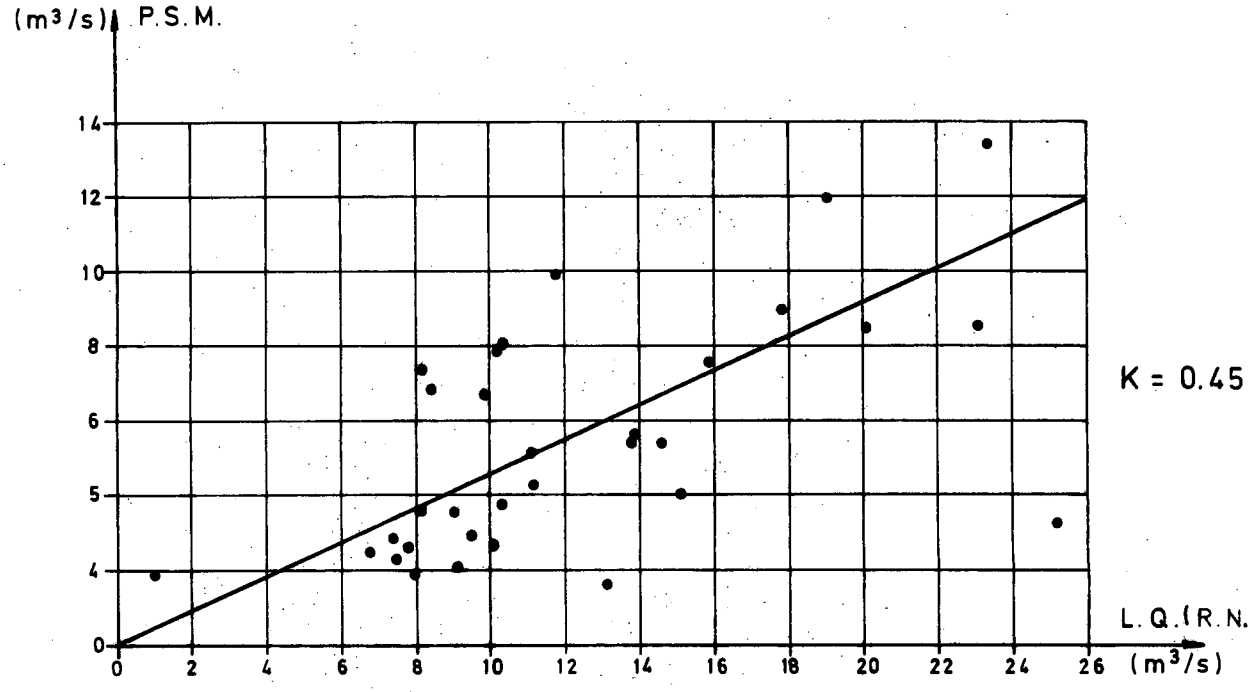
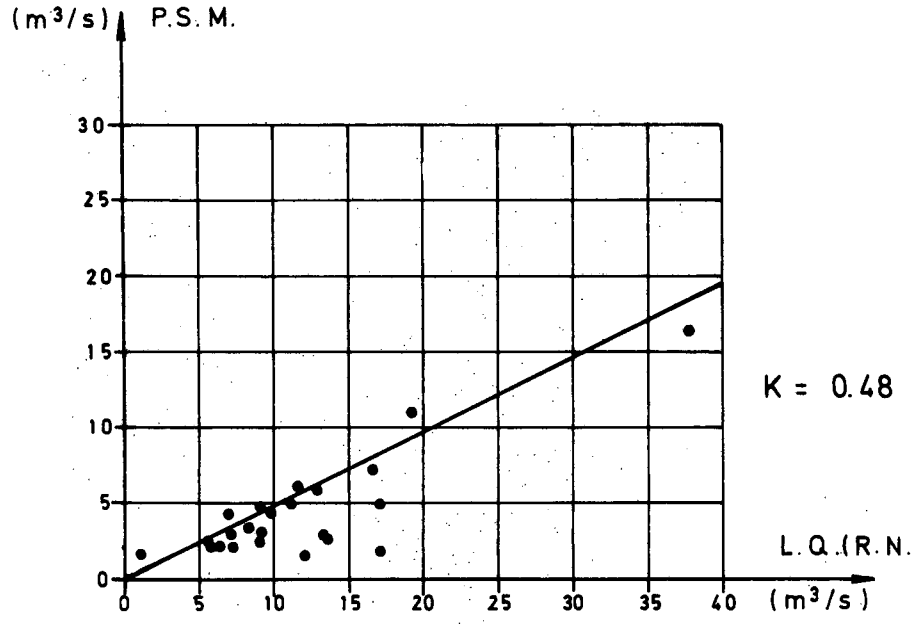


FIGURA Nº IV.C.2-1-76

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

MARZO



ABRIL

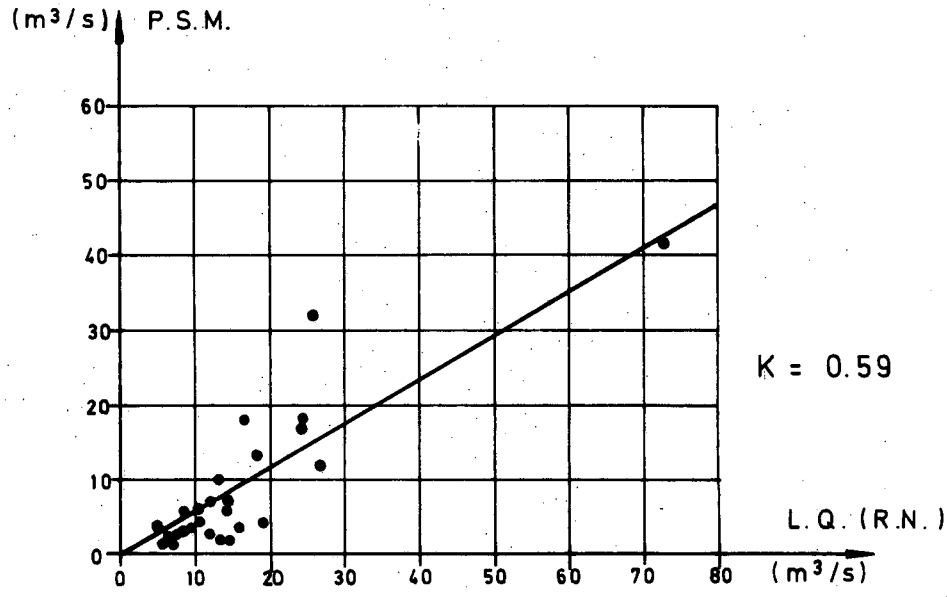


FIGURA Nº IV.C. 2-1-77

CAUDALES MEDIOS ANUALES
PERQUILAUQUEN EN SAN MANUEL
VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

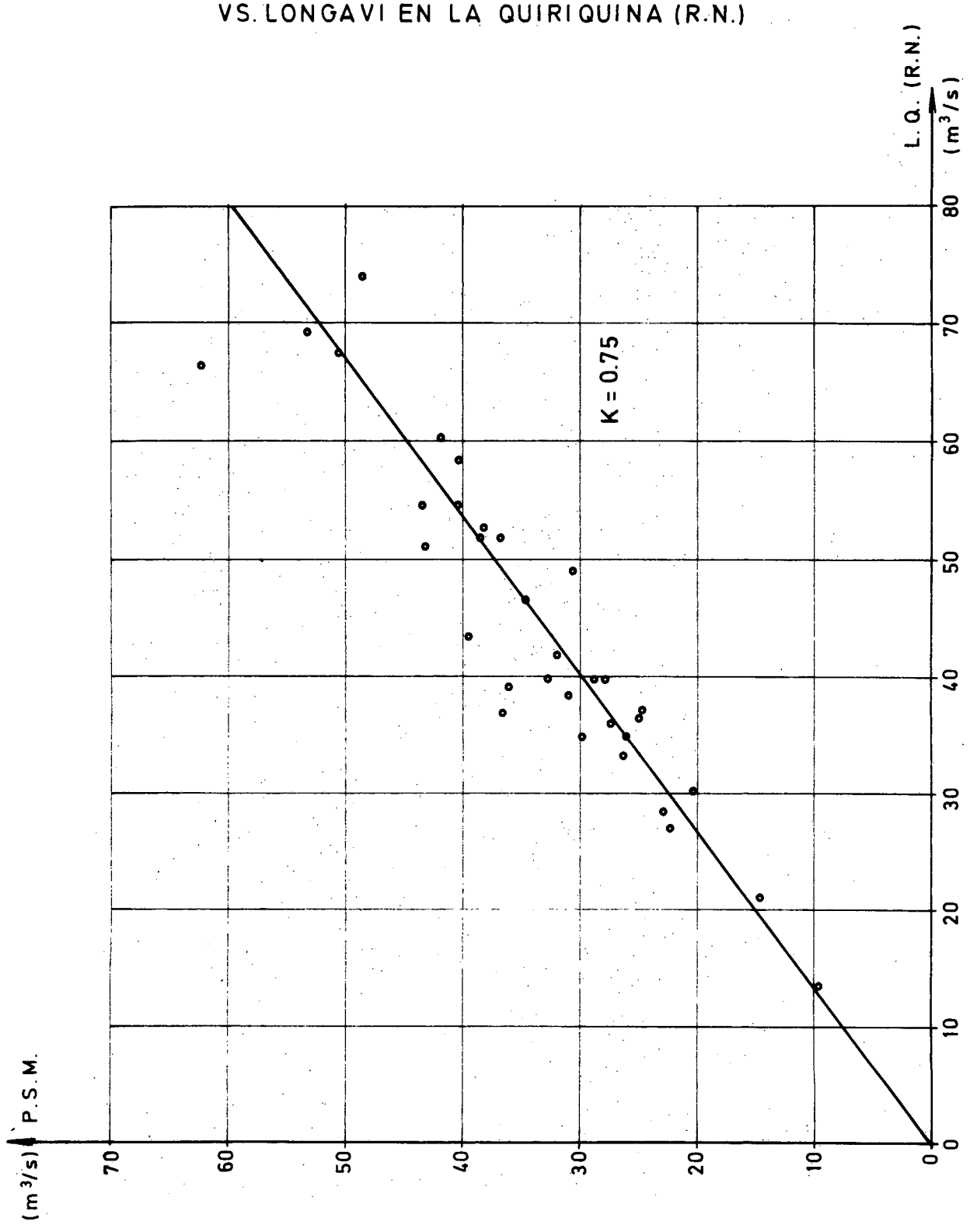
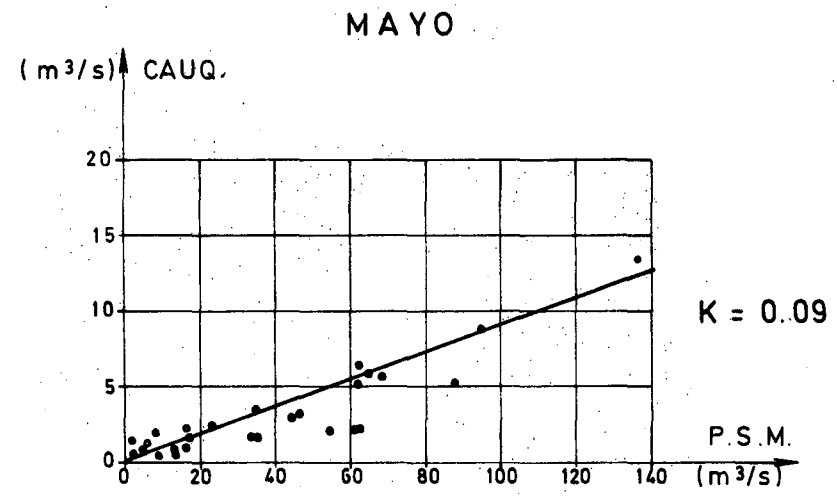


FIGURA Nº IV.C. 2 - 1 - 78

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

CAUQUENES EN EL ARRAYAN VS. PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL



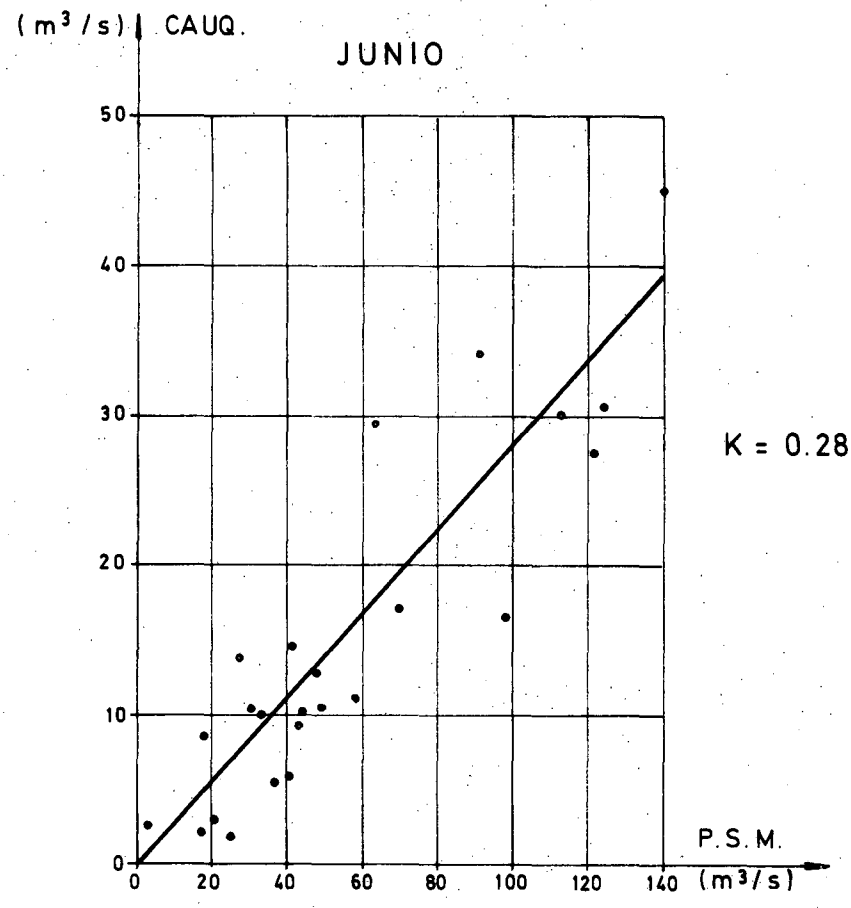
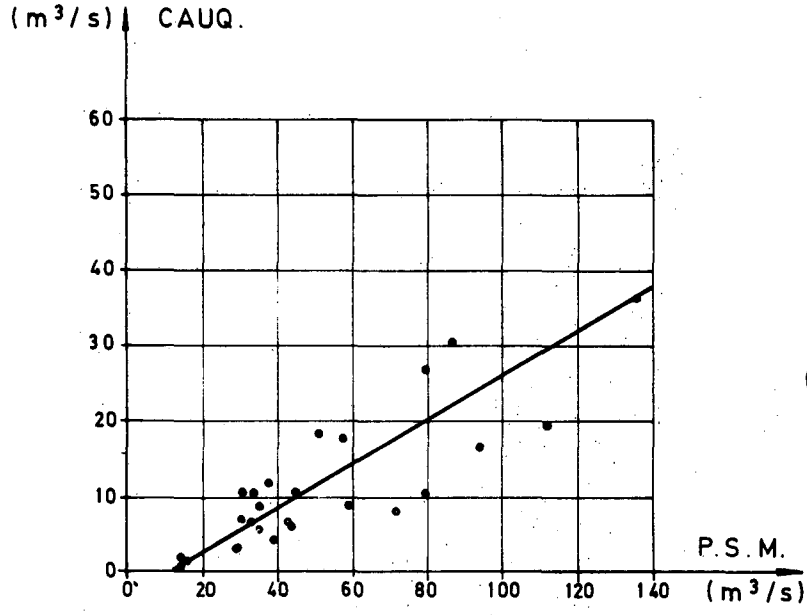


FIGURA Nº IV.C. 2 - 1-80

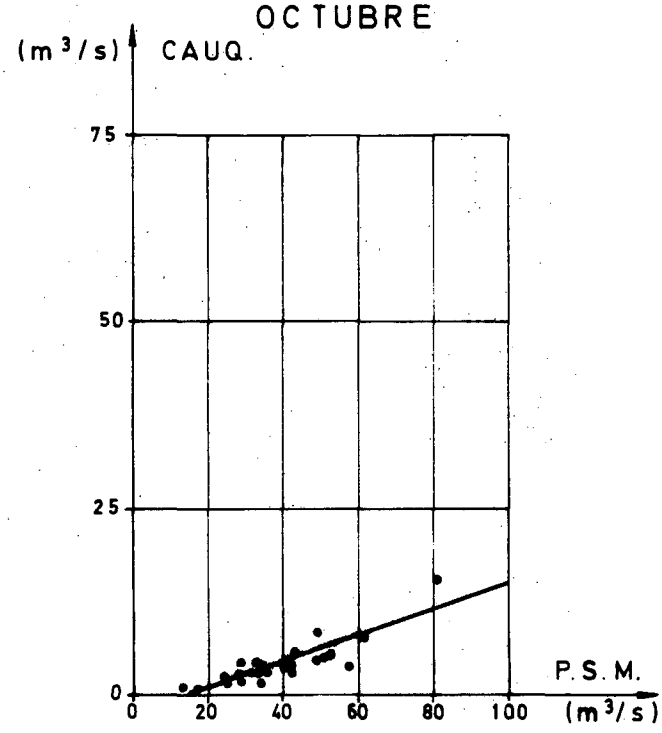
CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CAUQUENES EN EL ARRAYAN VS. PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

SEPTIEMBRE



0.29 P.S.M - 3.0

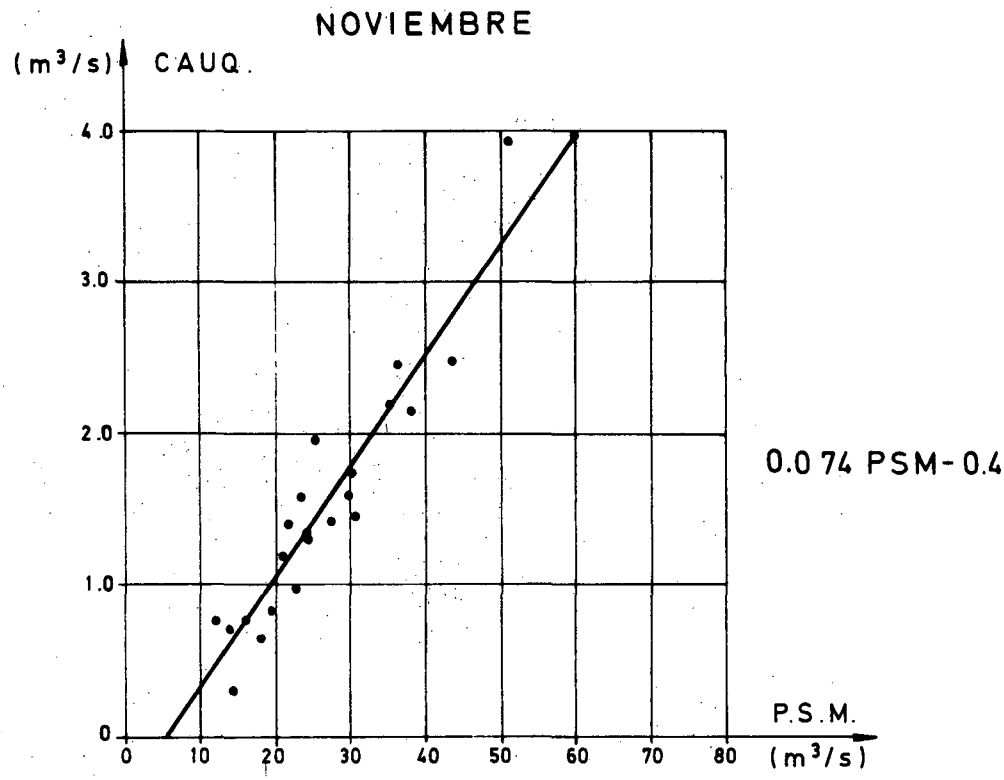
OCTUBRE



0.17 PSM - 2.0

FIGURA Nº IV.C.2-1-81

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CAUQUENES EN EL ARRAYAN VS. PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL



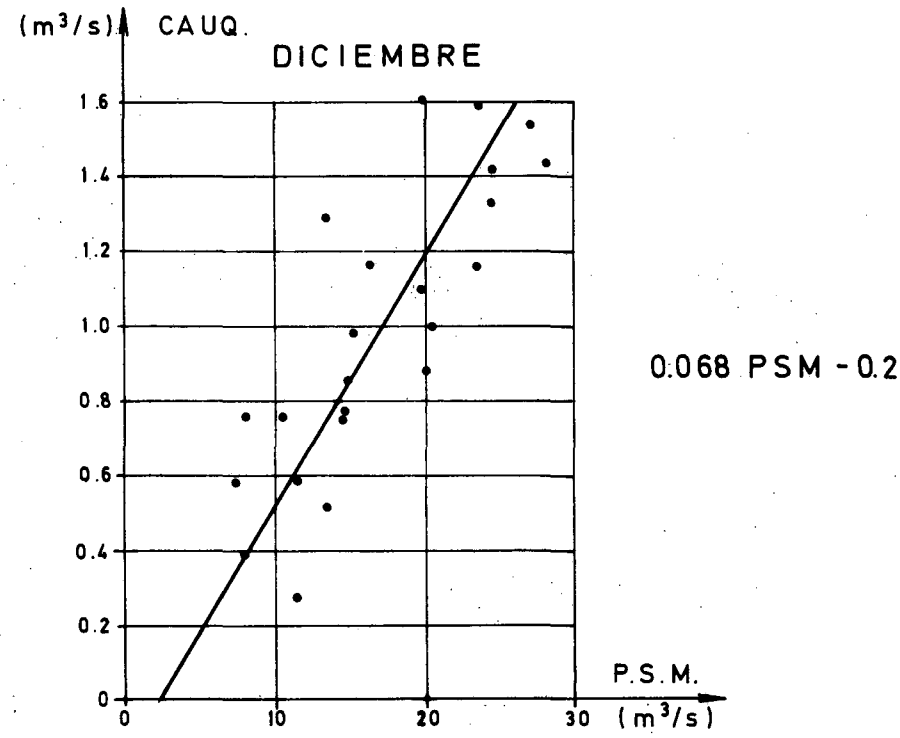
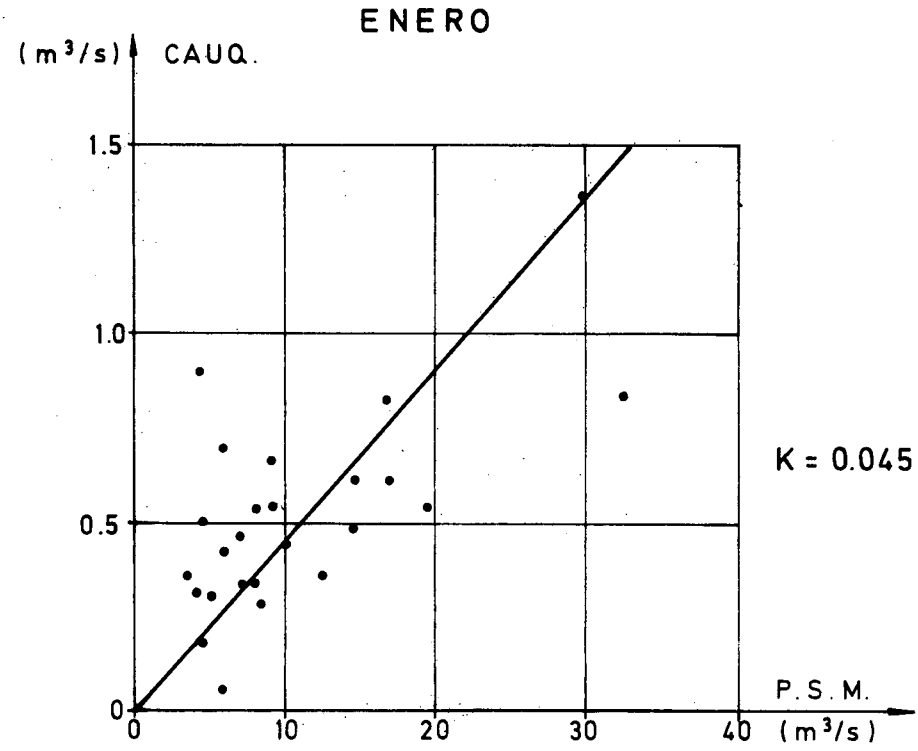


FIGURA Nº IV.C.2 - 1-82

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

CAUQUENES EN EL ARRAYAN VS. PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL



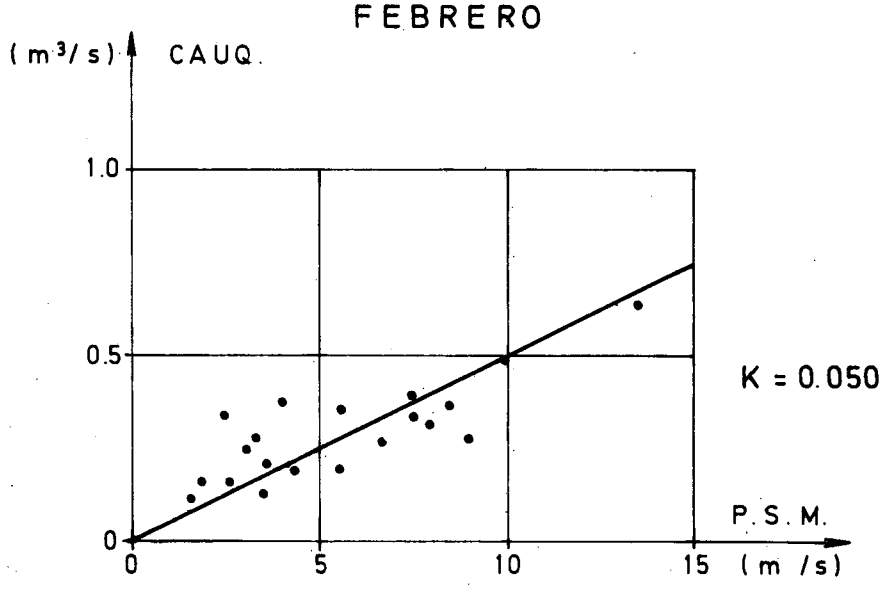
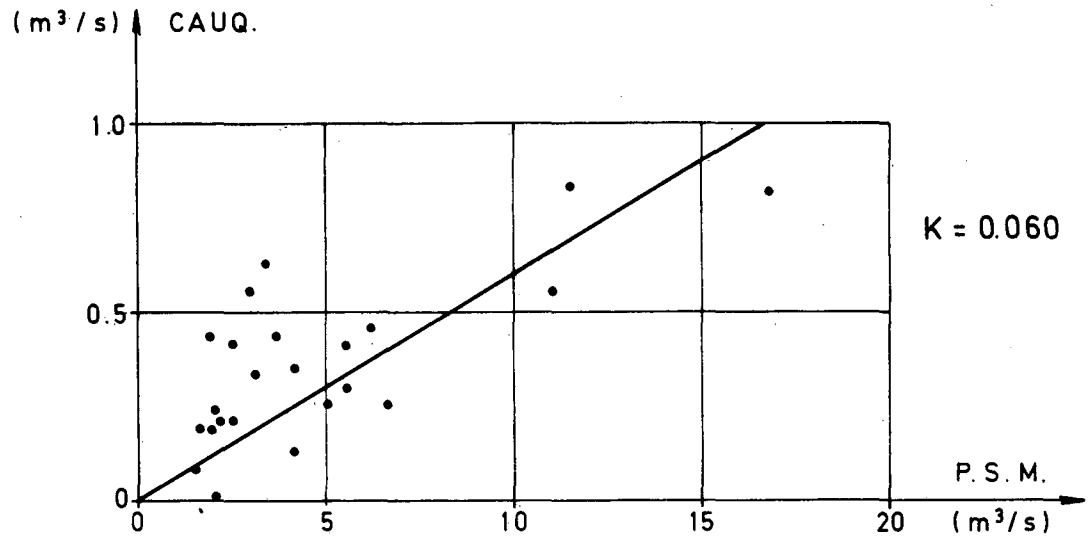


FIGURA Nº IV.C. 2-1-83

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CAUQUENES EN EL ARRAYAN VS. PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

MARZO



ABRIL

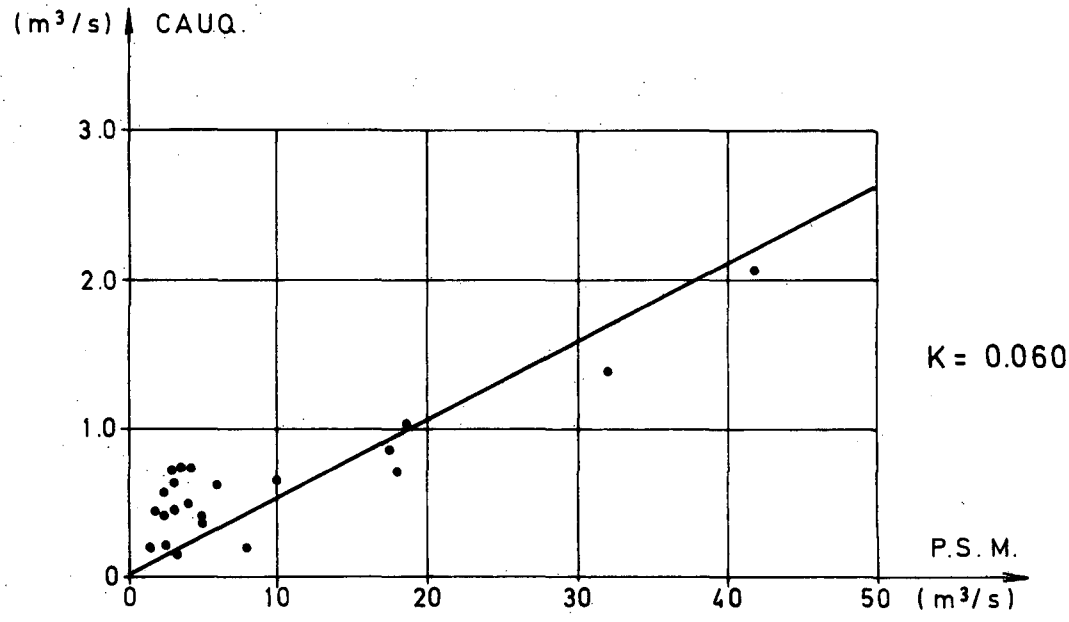
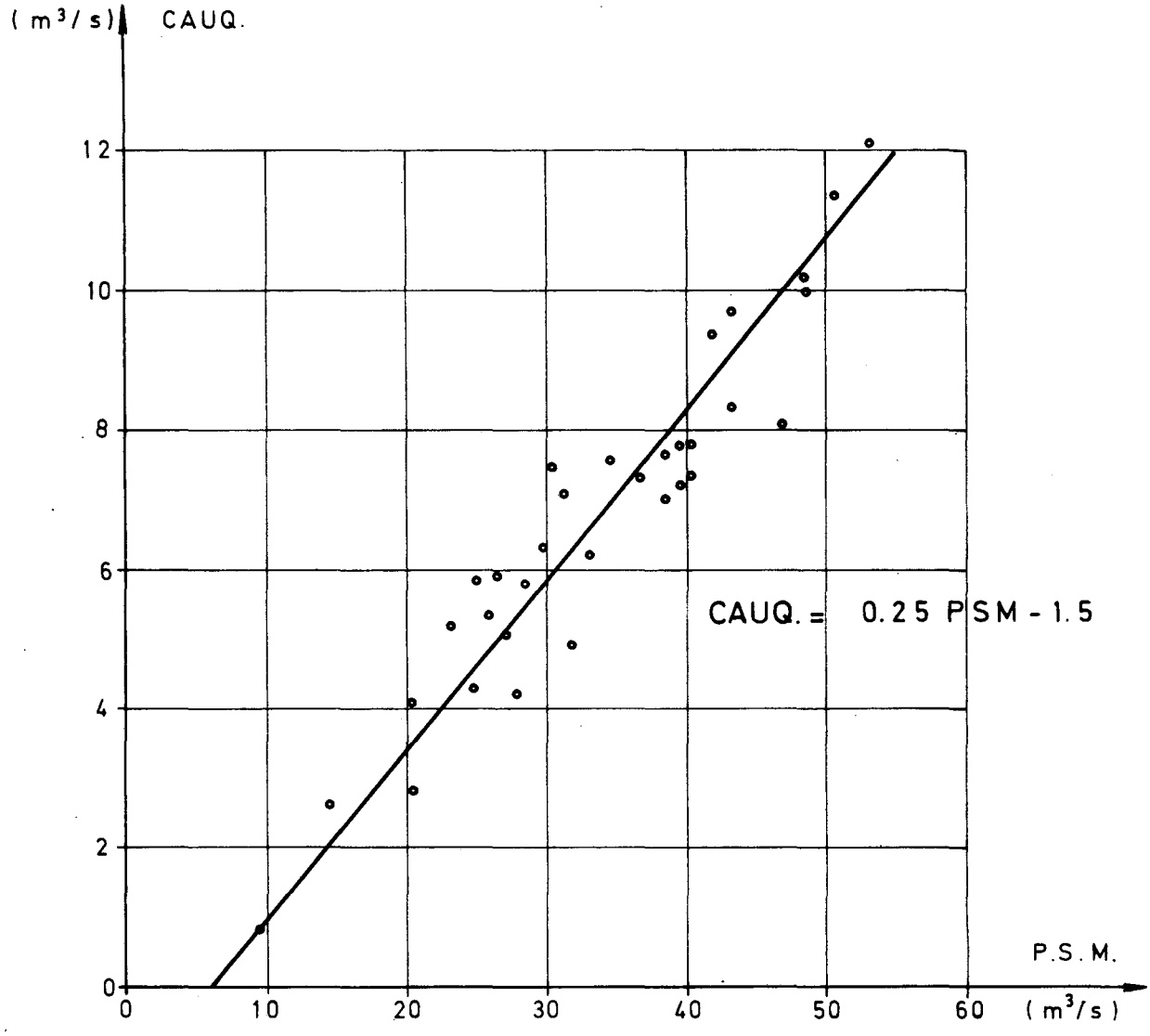


FIGURA Nº IV.C.2-1-84

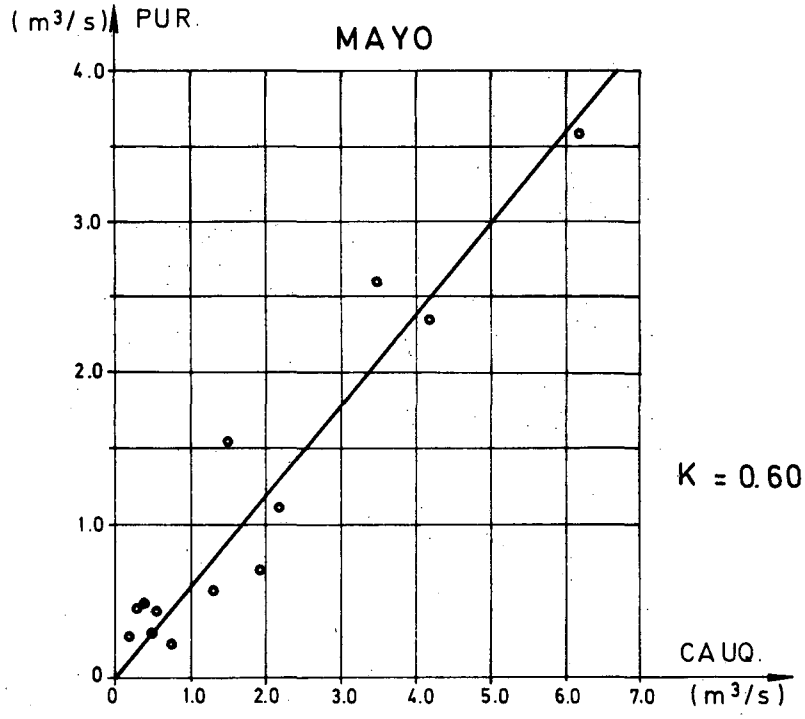
CAUDAL MEDIO ANUAL
CAUQUENES EN EL ARRAYAN VS. PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL



CAUDALES MEDIOS MENSUALES

FIGURA N°IV.C.2-1-85

PURAPEL EN NIRIVILO VS. CAUQUENES EN EL ARRAYAN



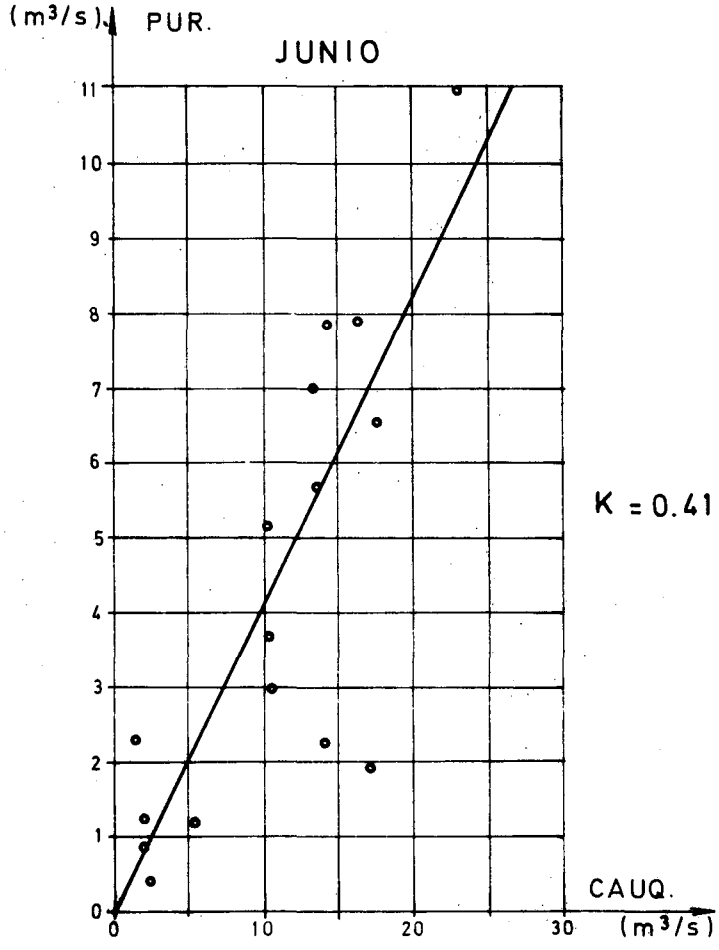
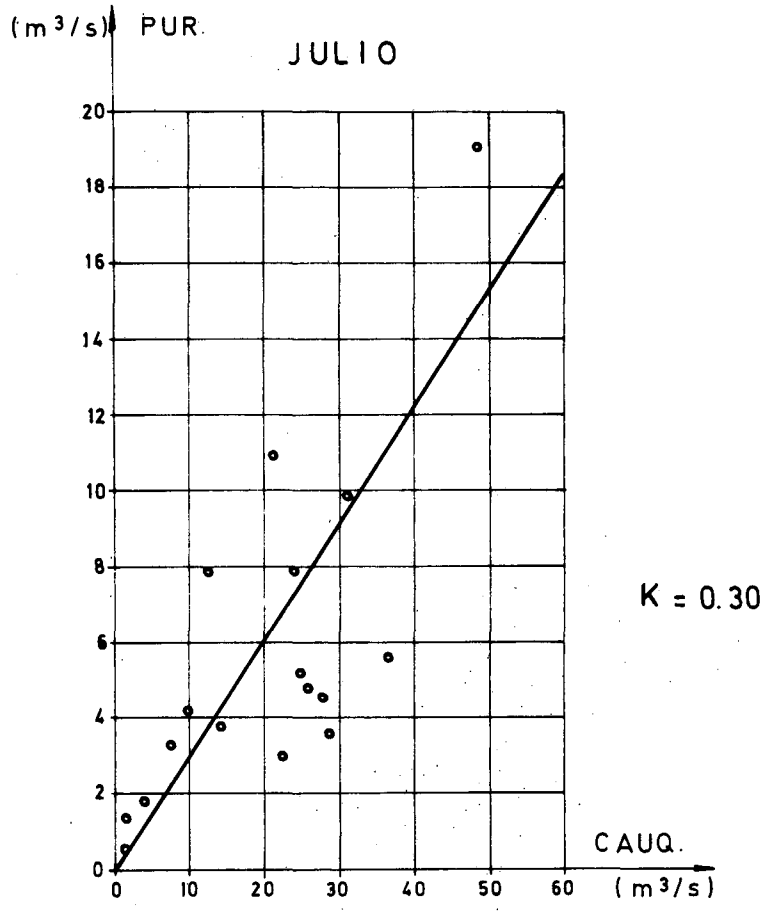


FIGURA Nº IV.C. 2-1-86

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PURAPEL EN NIRIVILO VS. CAUQUENES EN EL ARRAYAN



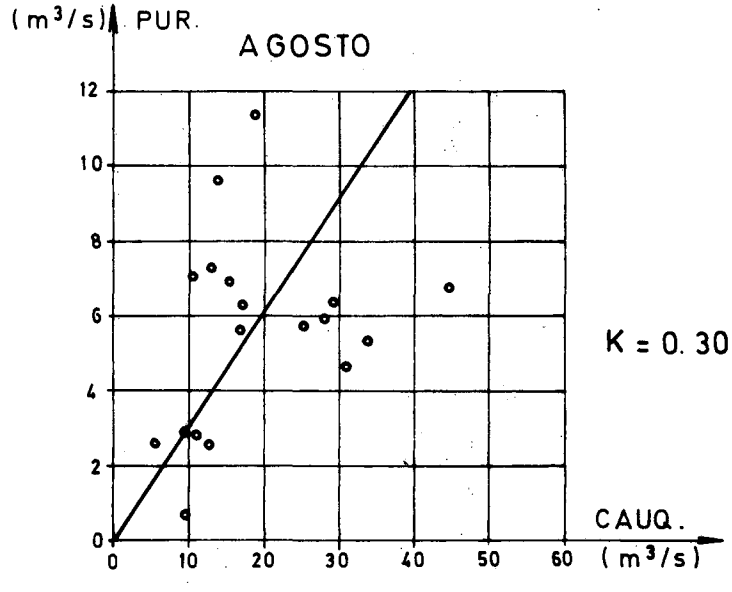
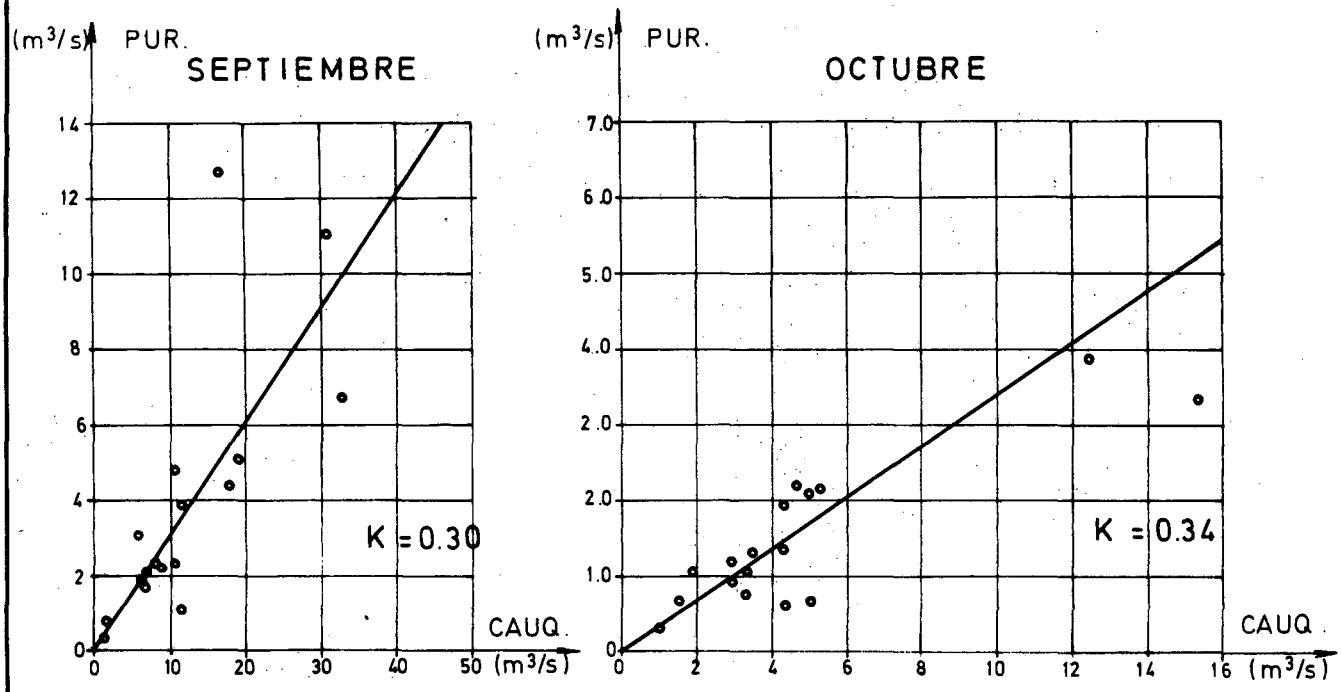


FIGURA Nº M.C. 2-1-87

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

PURAPEL EN NIRIVILO VS. CAUQUENES EN EL ARRAYAN



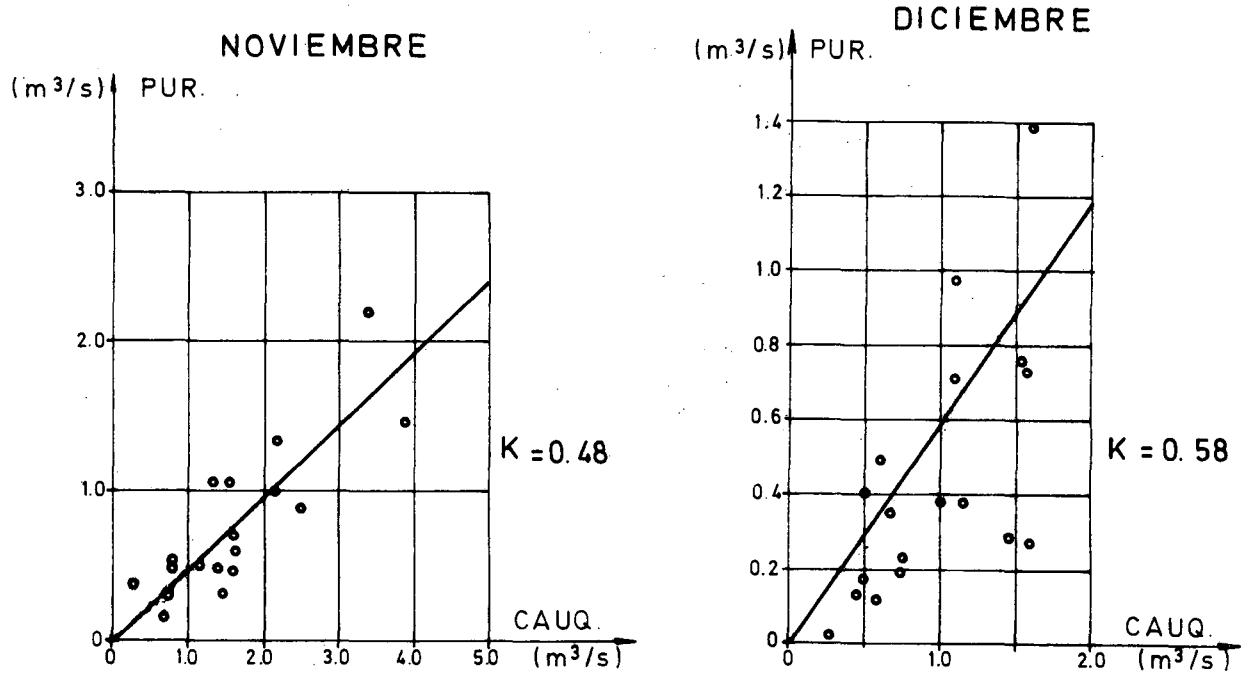
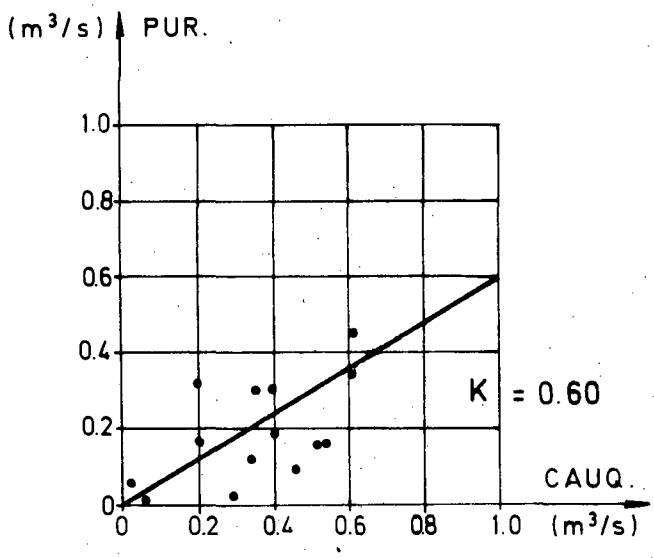


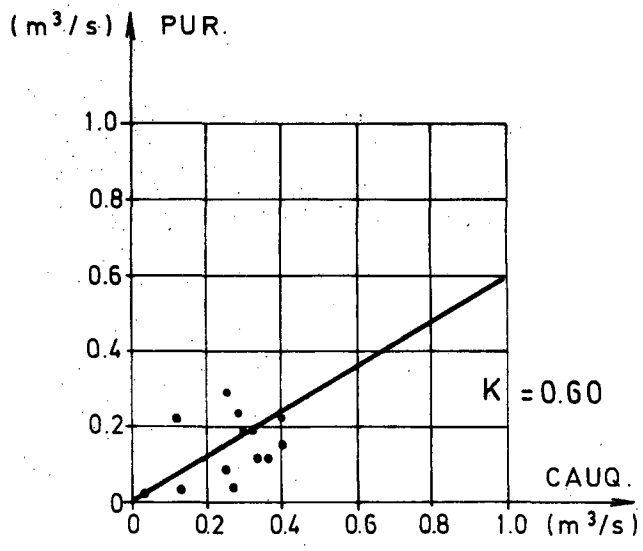
FIGURA Nº IV.C. 2-1-88

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PURAPEL EN NIRIVILO VS. CAUQUENES EN EL ARRAYAN

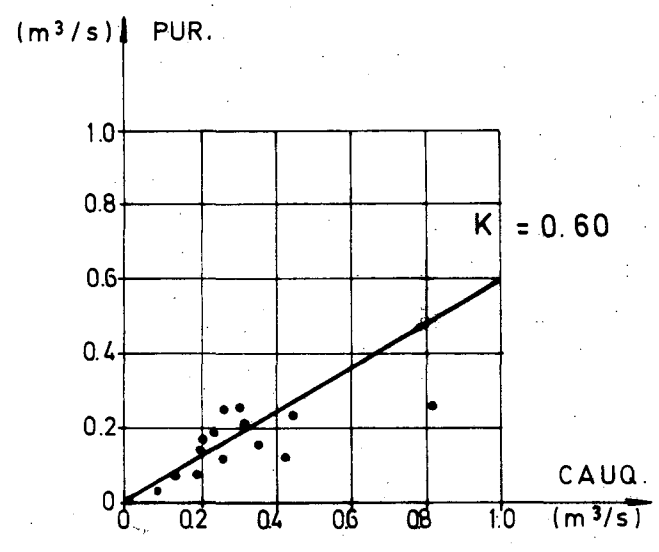
ENERO



FEBRERO



MARZO



ABRIL

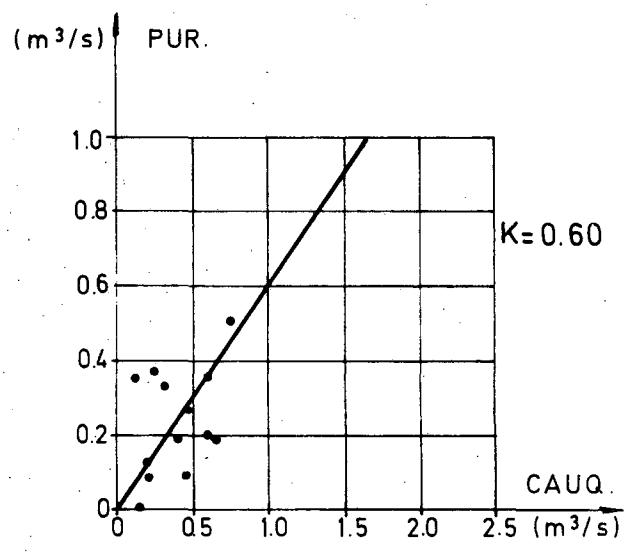


FIGURA Nº IV.C.2-1-89

CAUDALES MEDIOS ANUALES
PURAPEL EN NIRIVILO VS. CAUQUENES EN EL ARRAYAN

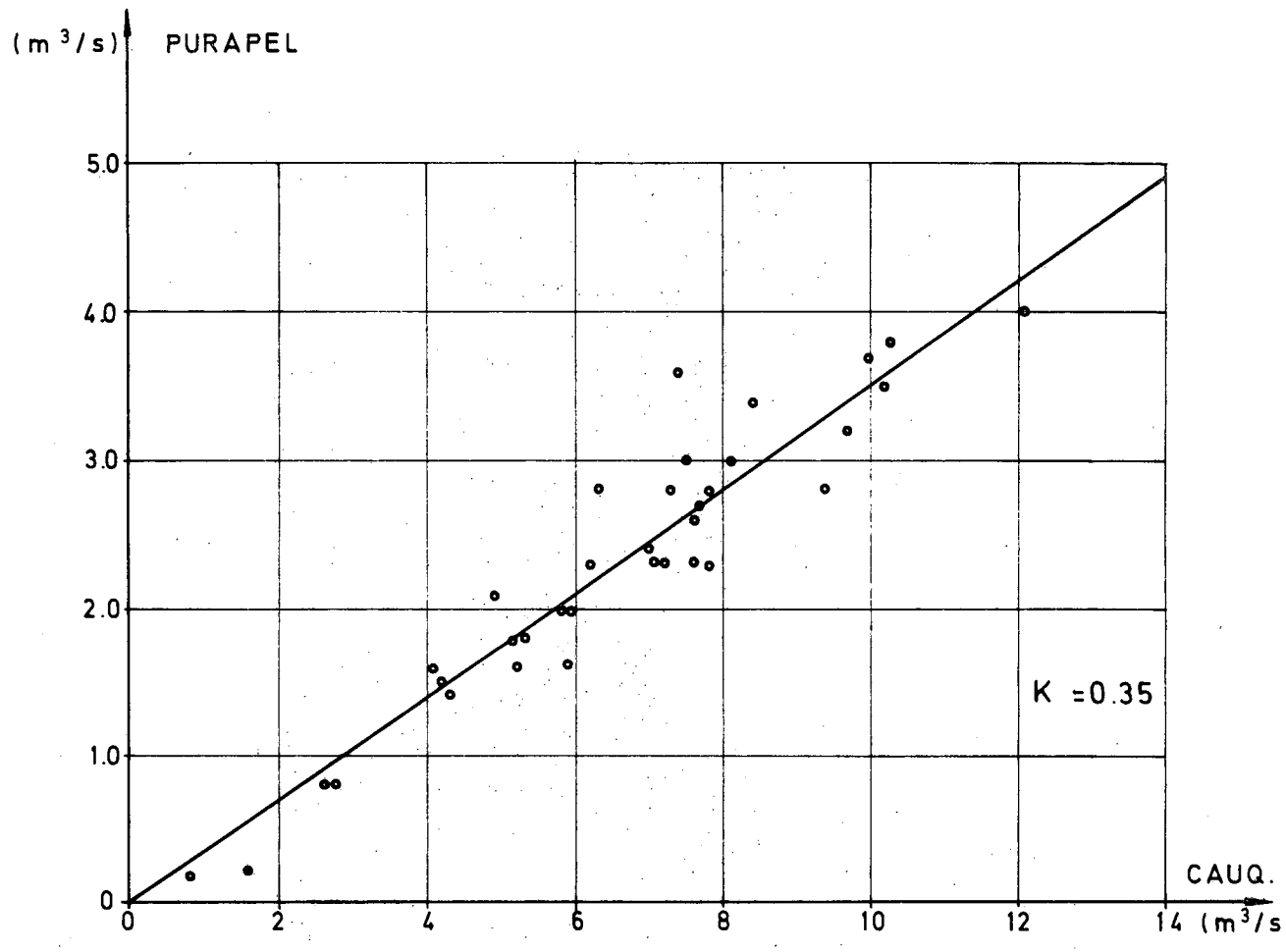
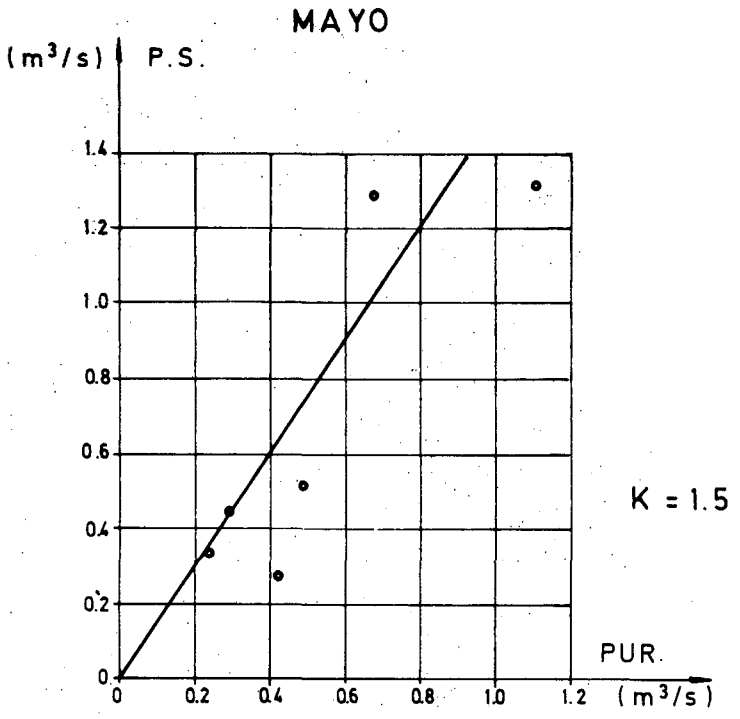


FIGURA Nº IV.C. 2 - 1 - 90

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PURAPEL EN SAUZAL VS.
PURAPEL EN NIRIVILO



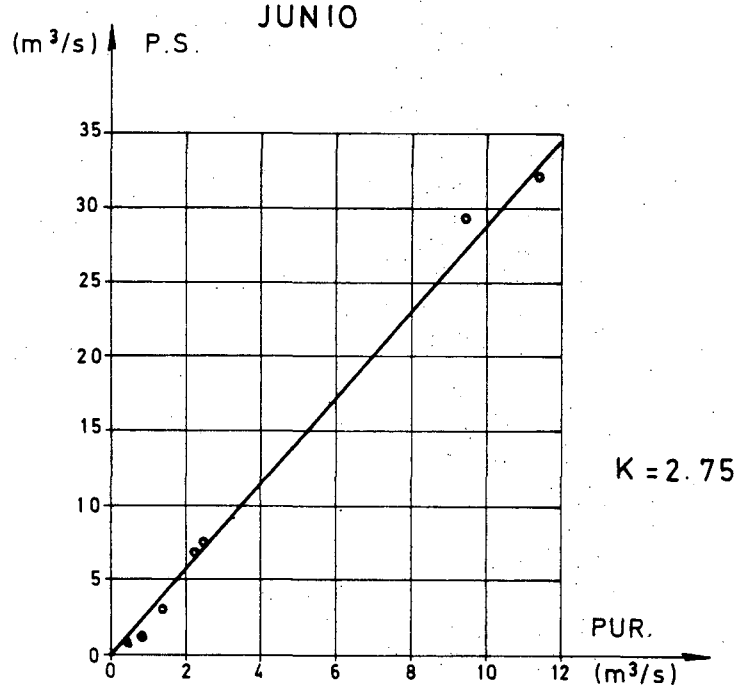
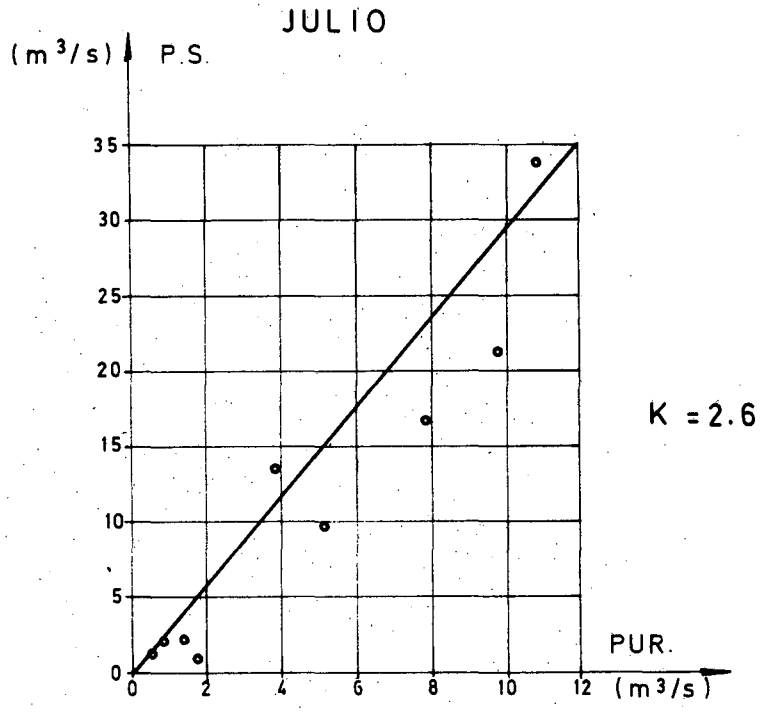


FIGURA Nº IV.C.2-1-91

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PURAPEL EN SAUZAL VS.
PURAPEL EN NIRIVILO



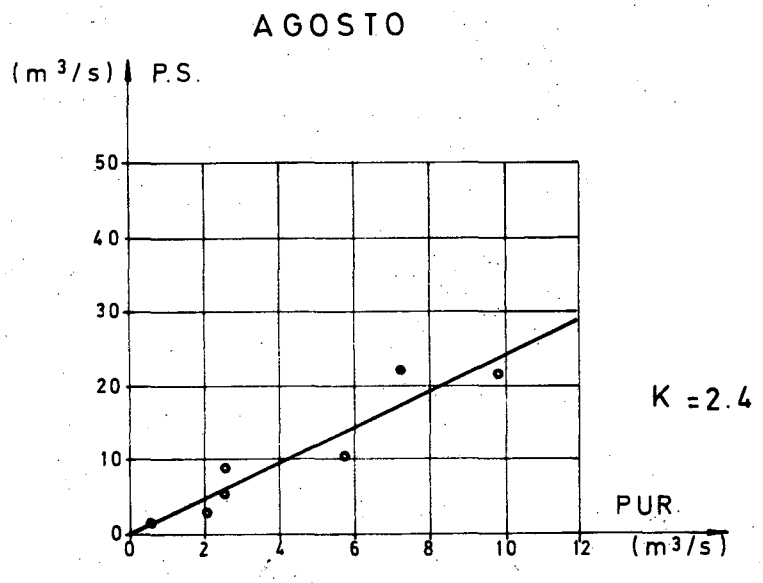
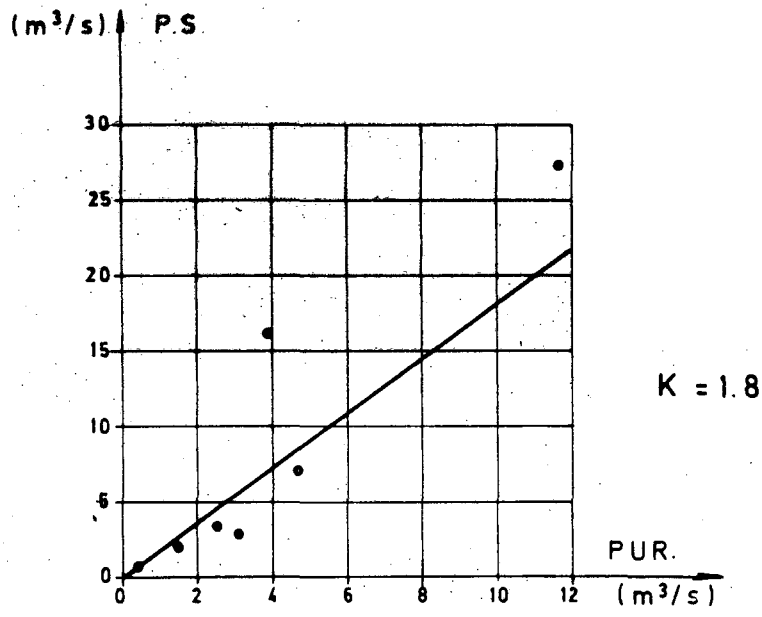


FIGURA Nº IV.C.2 -1-92

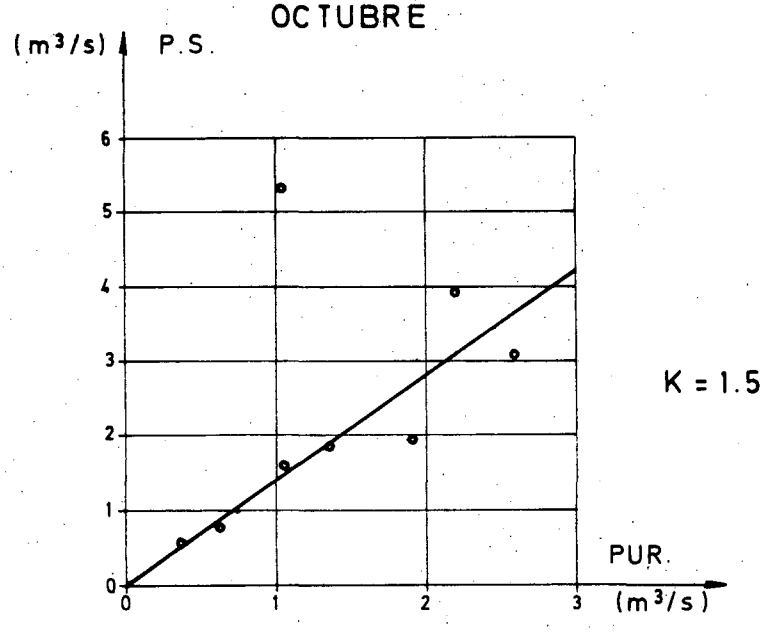
CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PURAPEL EN SAUZAL VS.
PURAPEL EN NIRIVILO

SEPTIEMBRE



K = 1.8

OCTUBRE

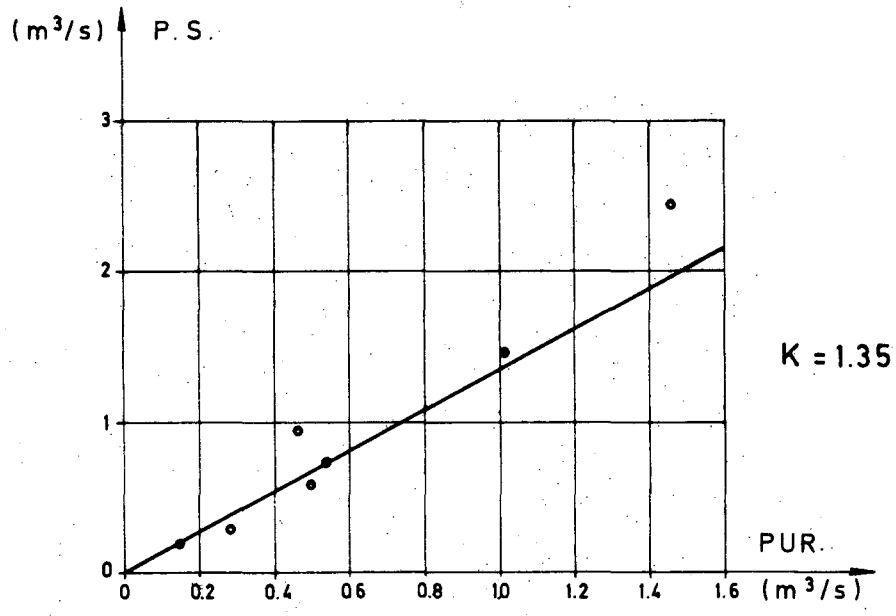


K = 1.5

FIGURA Nº IV.C.2-1-93

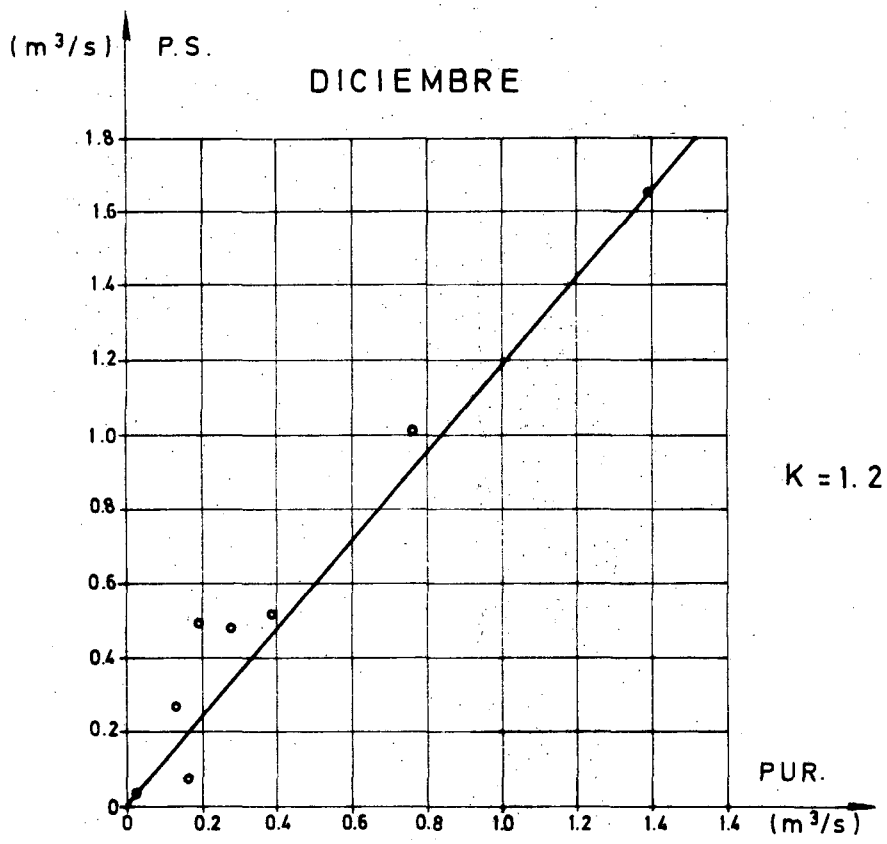
CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PURAPEL EN SAUZAL VS.
PURAPEL EN NIRIVILO

NOVIEMBRE



K = 1.35

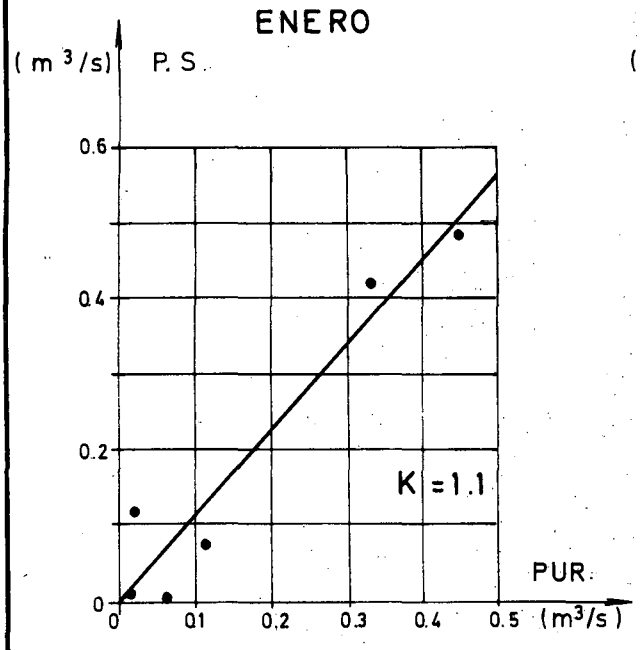
DICIEMBRE

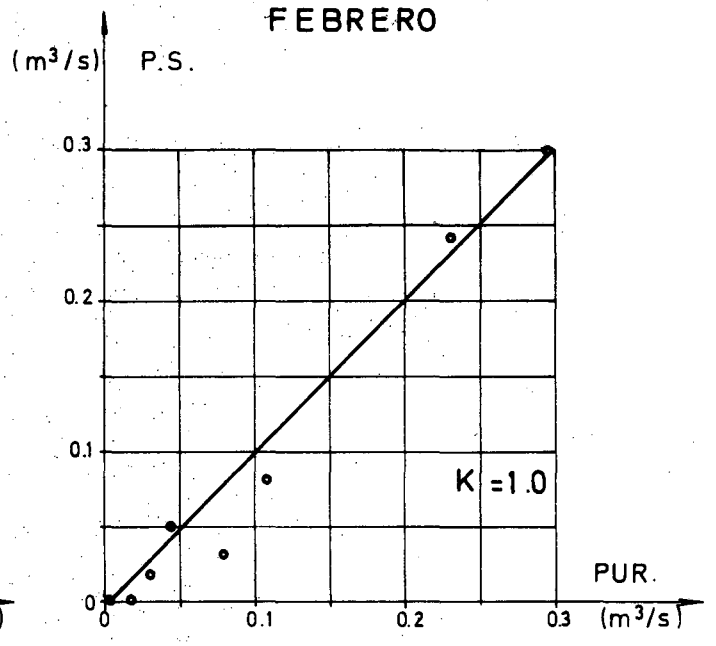


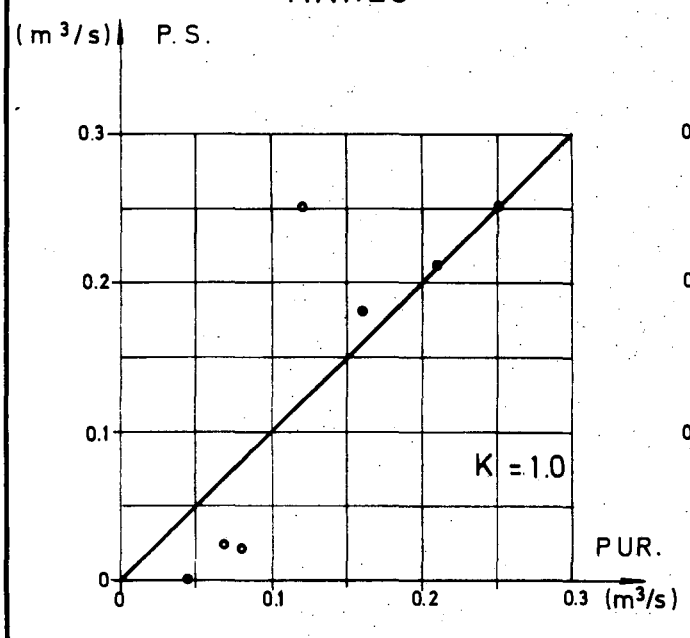
K = 1.2

FIGURA Nº IV.C.2 -1-94

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PURAPEL EN SAUZAL VS.
PURAPEL EN NIRIVILO







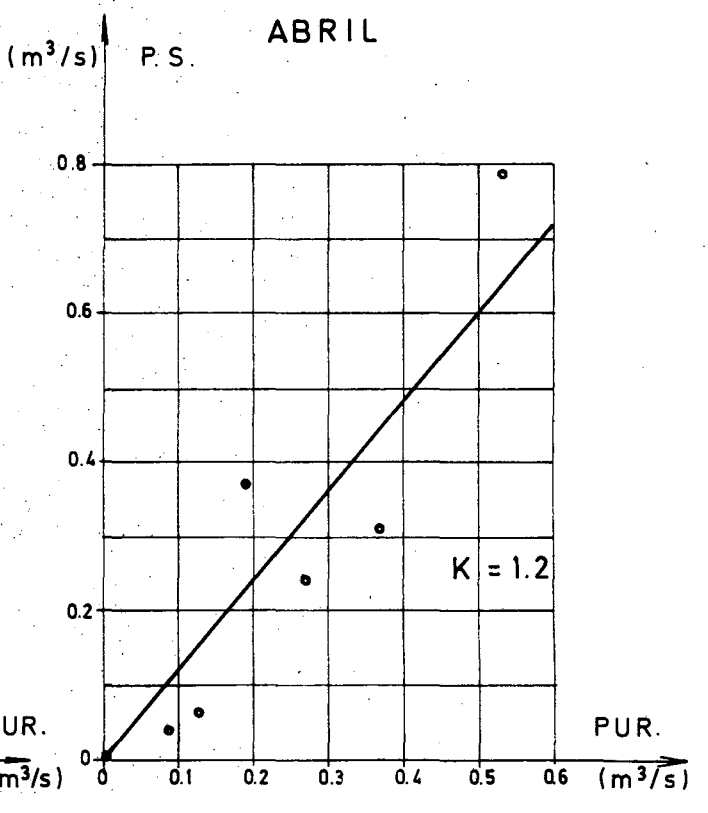


FIGURA N°IV.C.2-1-95

CAUDALES MEDIOS ANUALES
PURAPEL EN SAUZAL VS.
PURAPEL EN NIRIVILO

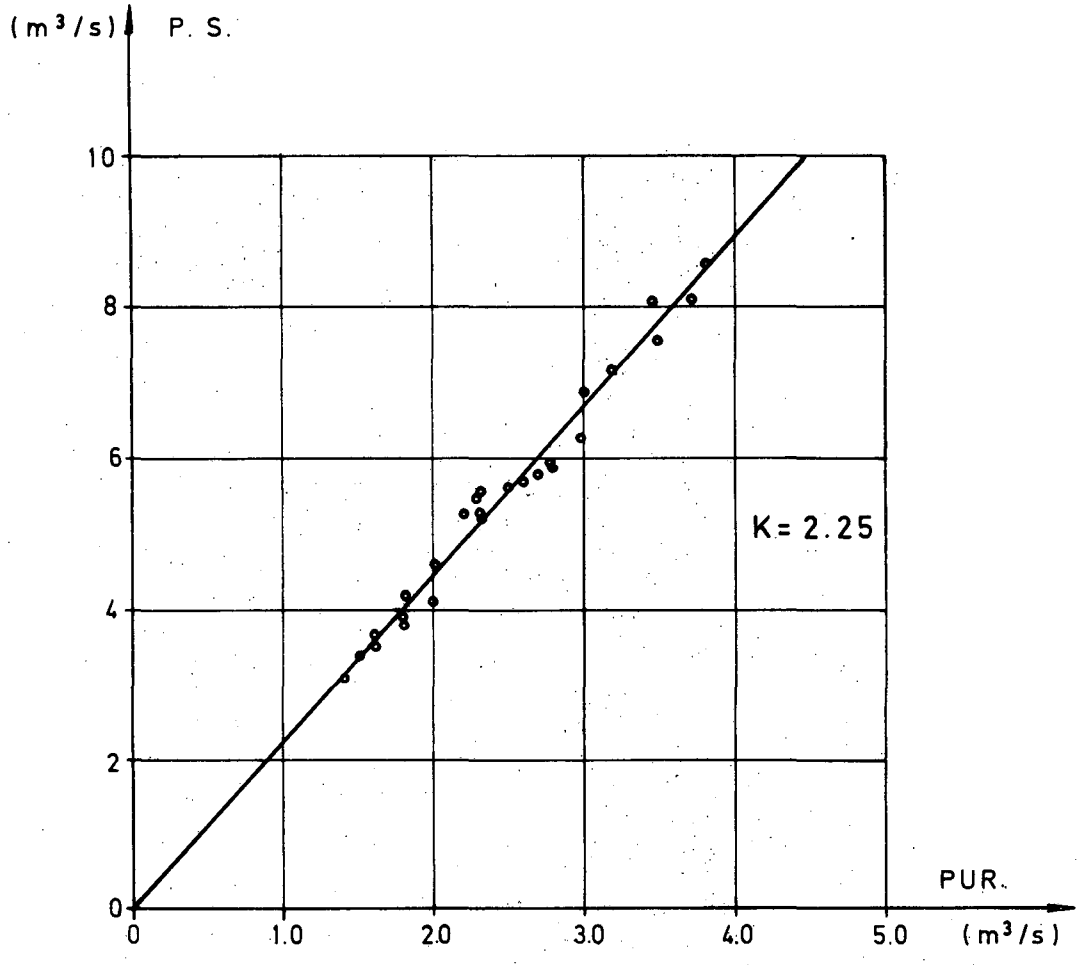
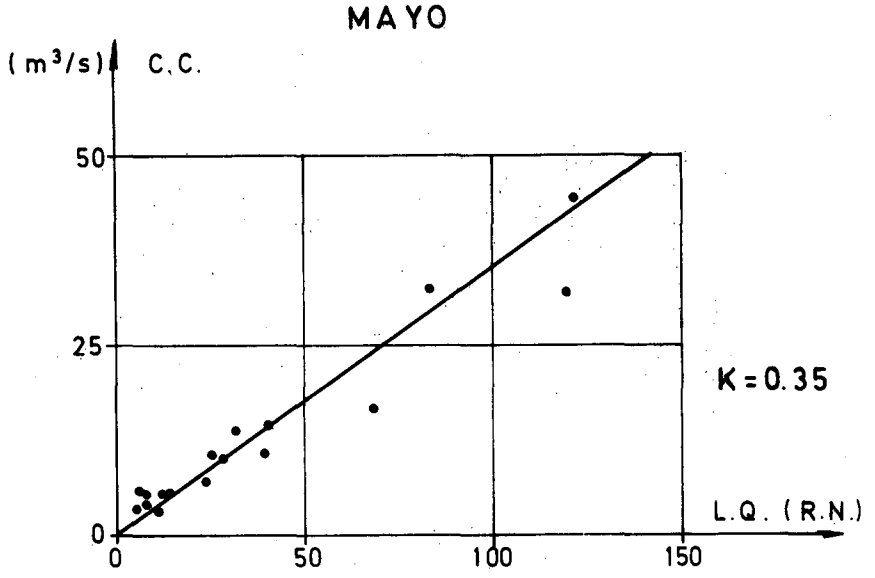


FIGURA Nº IV.C.2-1-96

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CLARO EN CAMARICO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



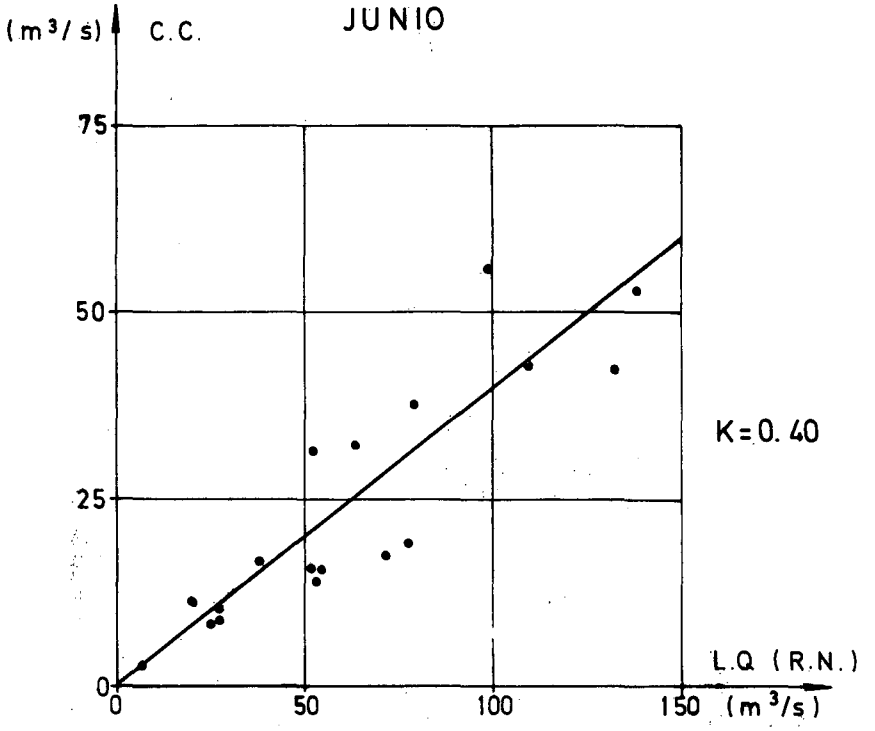
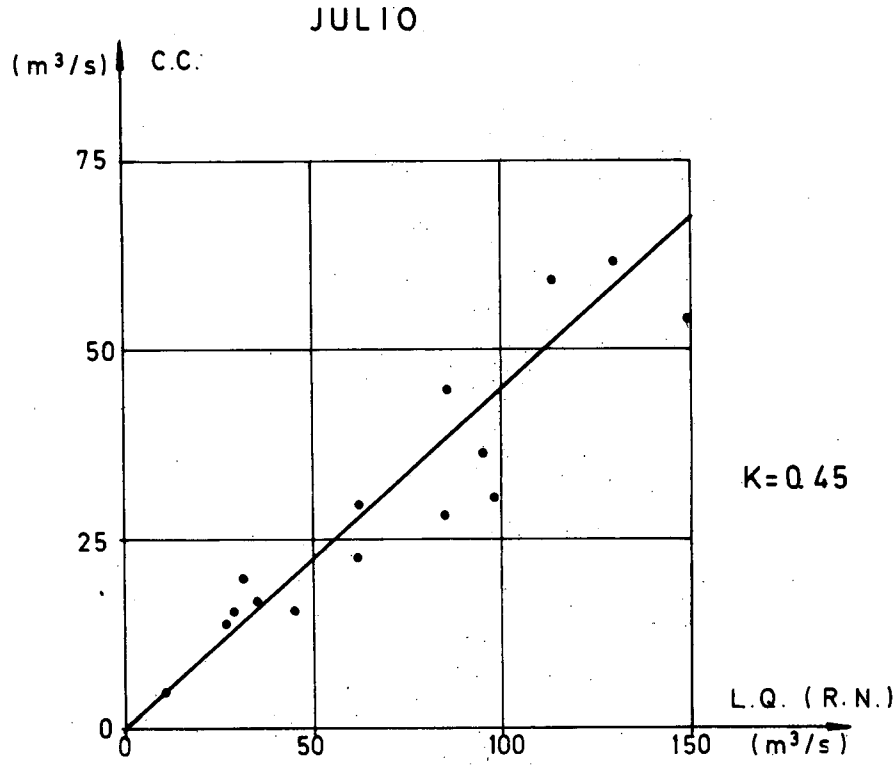


FIGURA Nº IV.C.2-1-97

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

CLARO EN CAMARICO VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



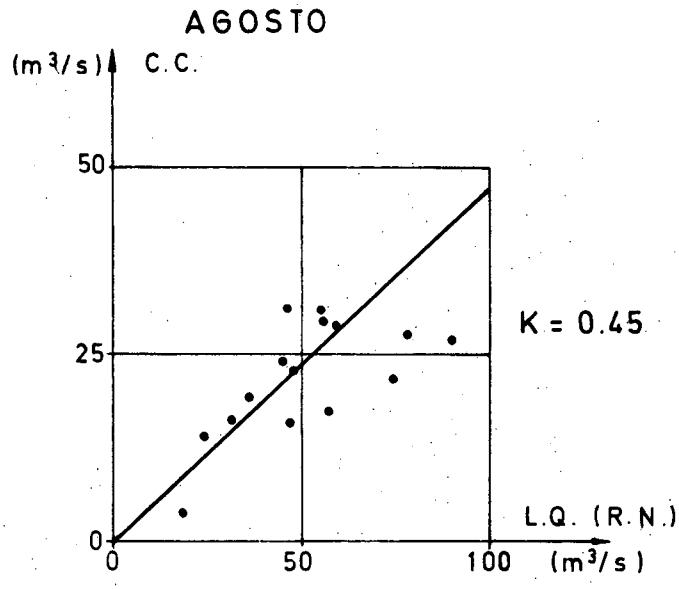
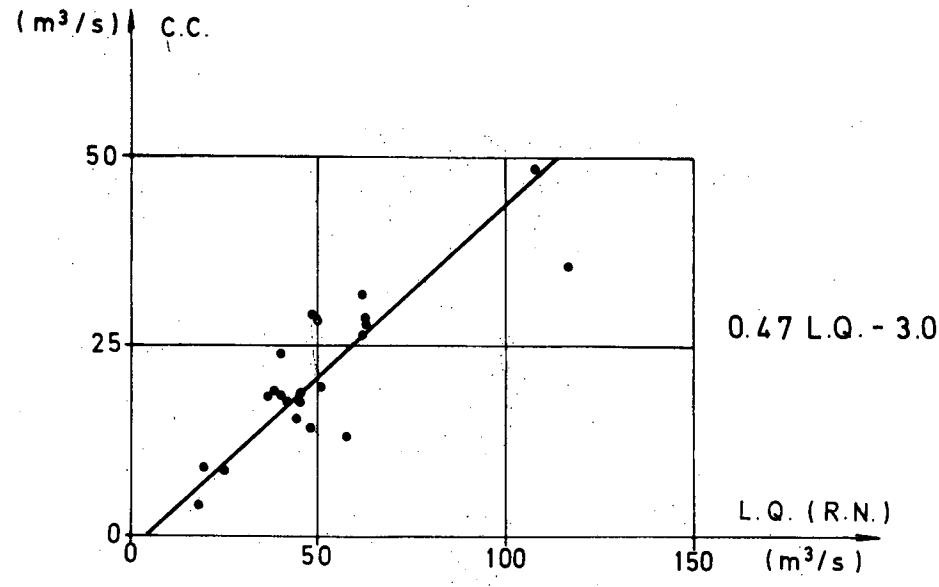


FIGURA N°IV.C.2-1-98

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CLARO EN CAMARICO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

SEPTIEMBRE



OCTUBRE

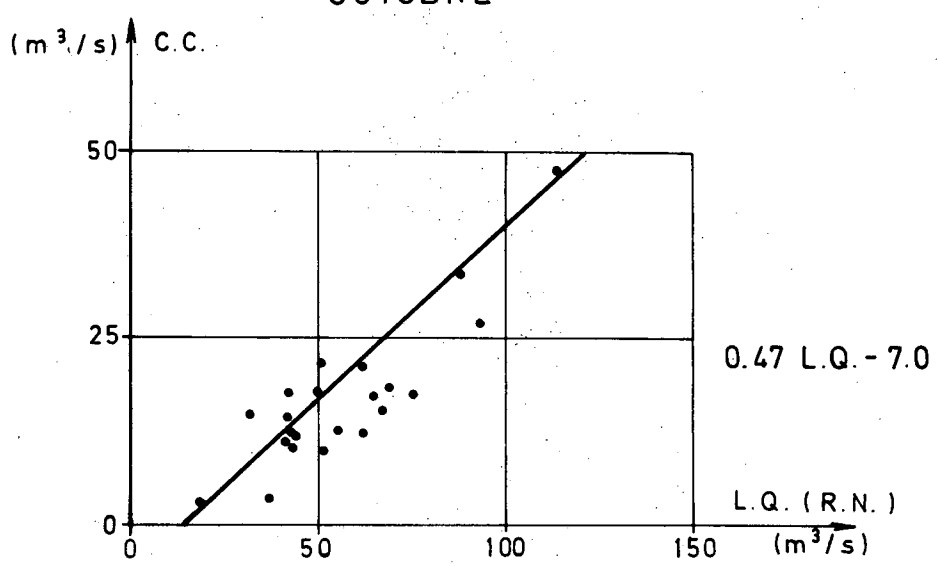
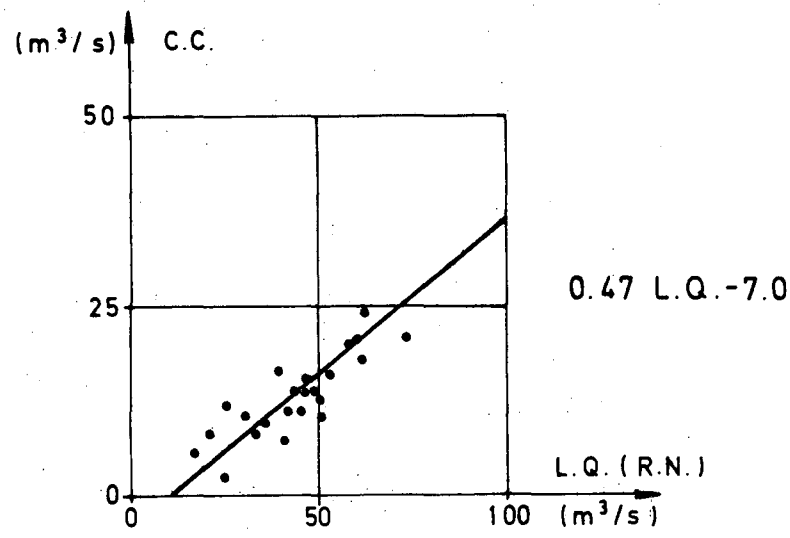


FIGURA Nº IV.C.2-1-99

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CLARO EN CAMARICO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

NOVIEMBRE



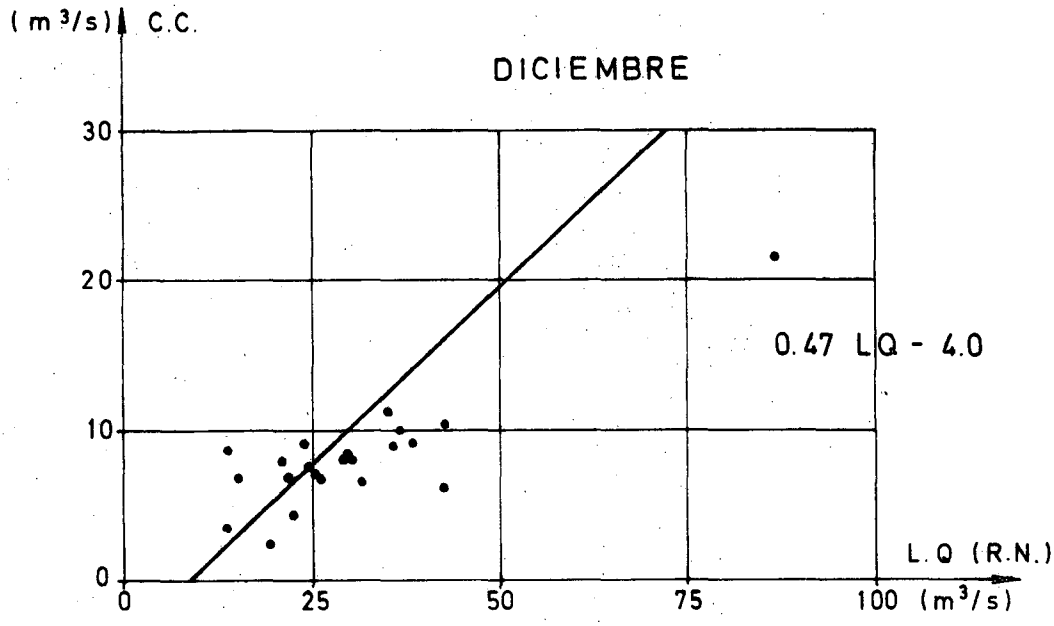
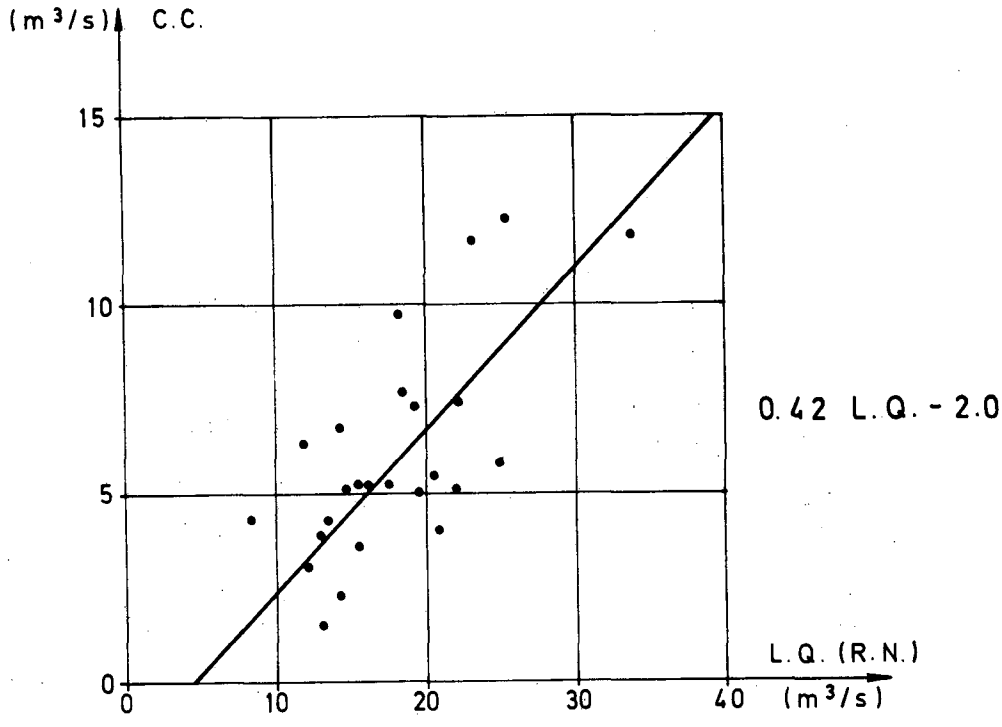


FIGURA Nº IV.C.2-1-100

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
CLARO EN CAMARICO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

ENERO



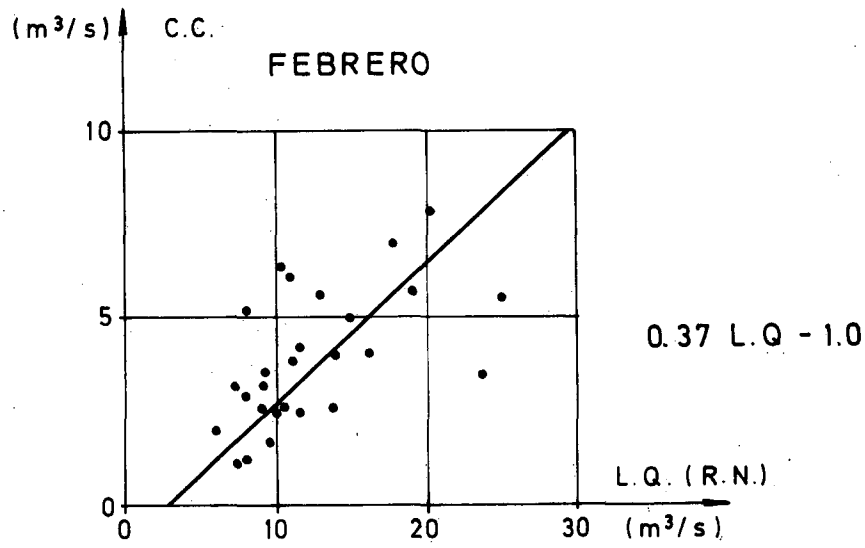
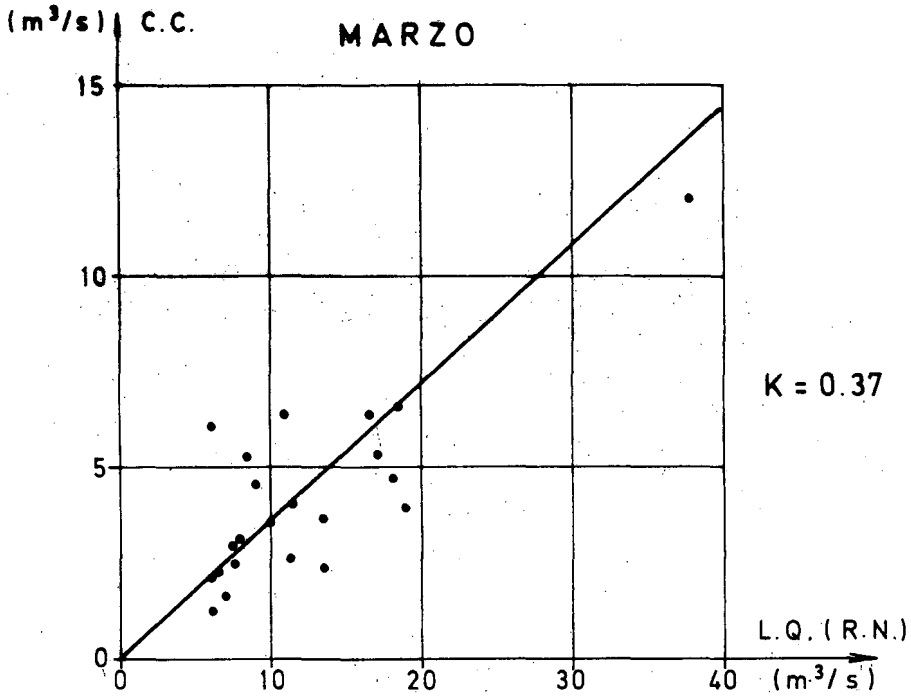


FIGURA Nº 1V.C.2-1-101

CAUDALES MEDIOS MENSUALES

CLARO EN CAMARICO VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)



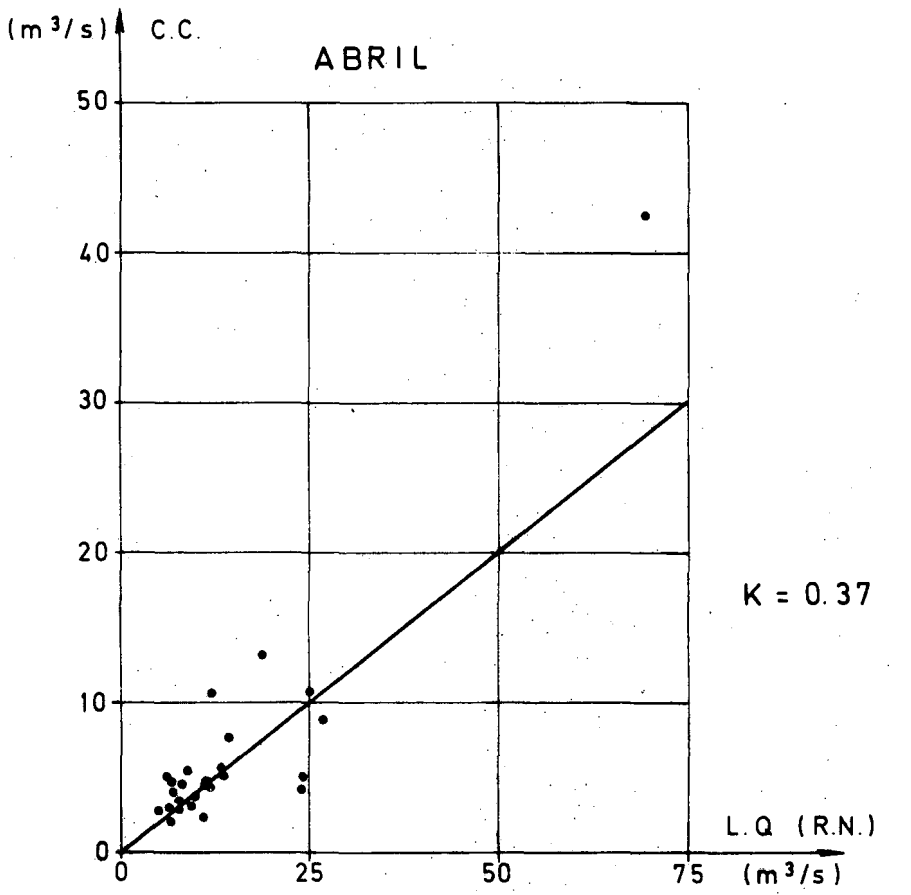


FIGURA Nº IV.C.2-1-102

CAUDALES MEDIOS ANUALES
CLARO EN CAMARICO VS.
LONGAVI EN LA QUIRIQUINA (R.N.)

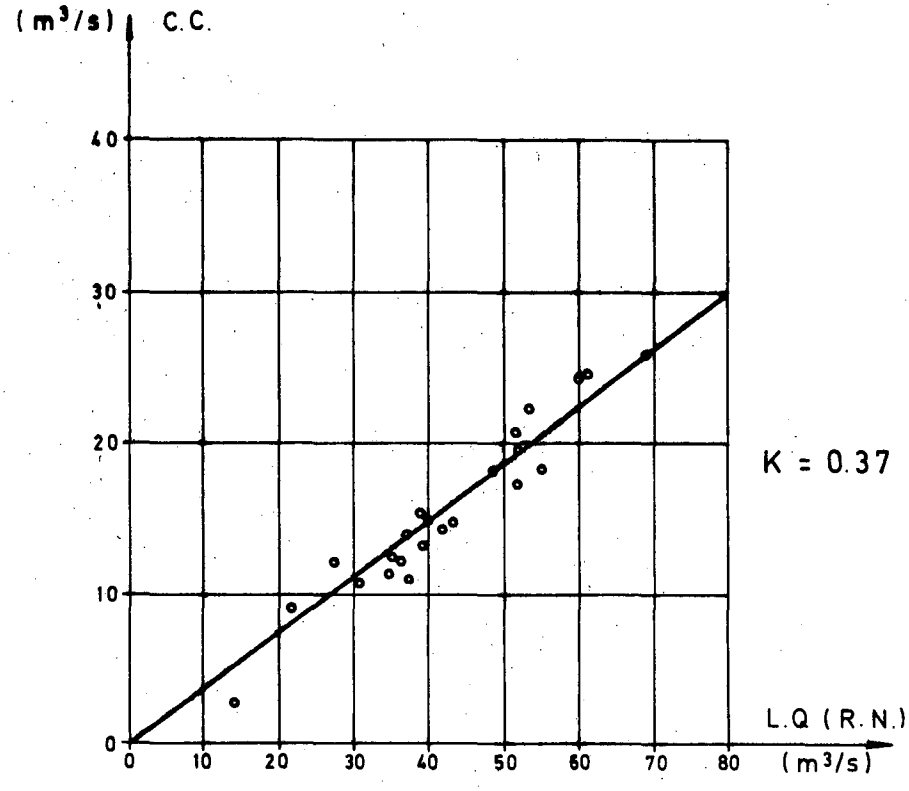
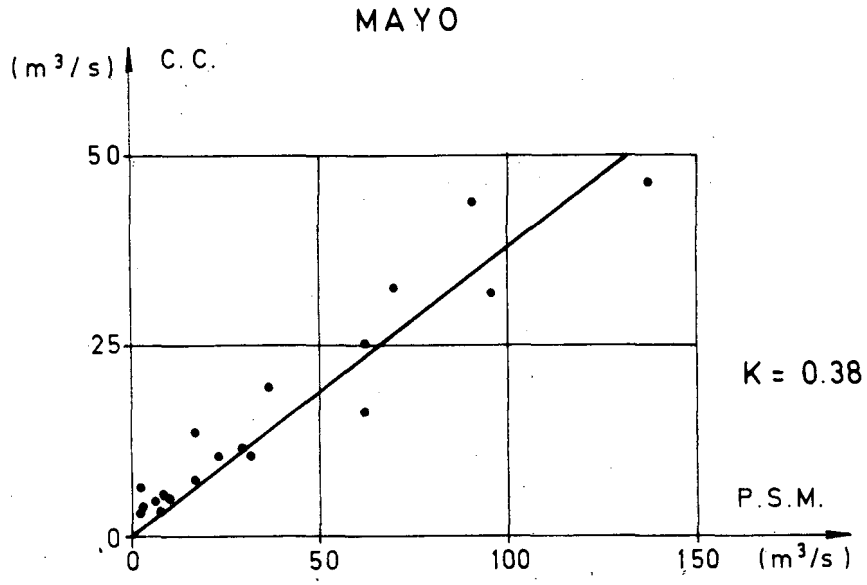


FIGURA Nº IV.C.2-1-103

CAUDAL MEDIO MENSUAL
CLARO EN CAMARICO VS.
PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL



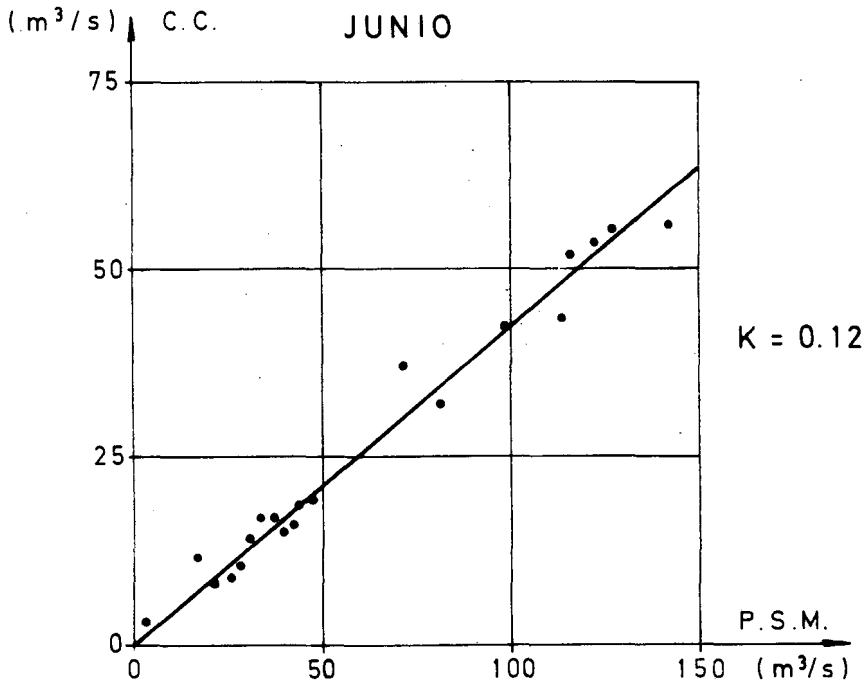


FIGURA Nº IV.C. 2-1-104

CAUDAL MEDIO MENSUAL
CLARO EN CAMARICO VS.
PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

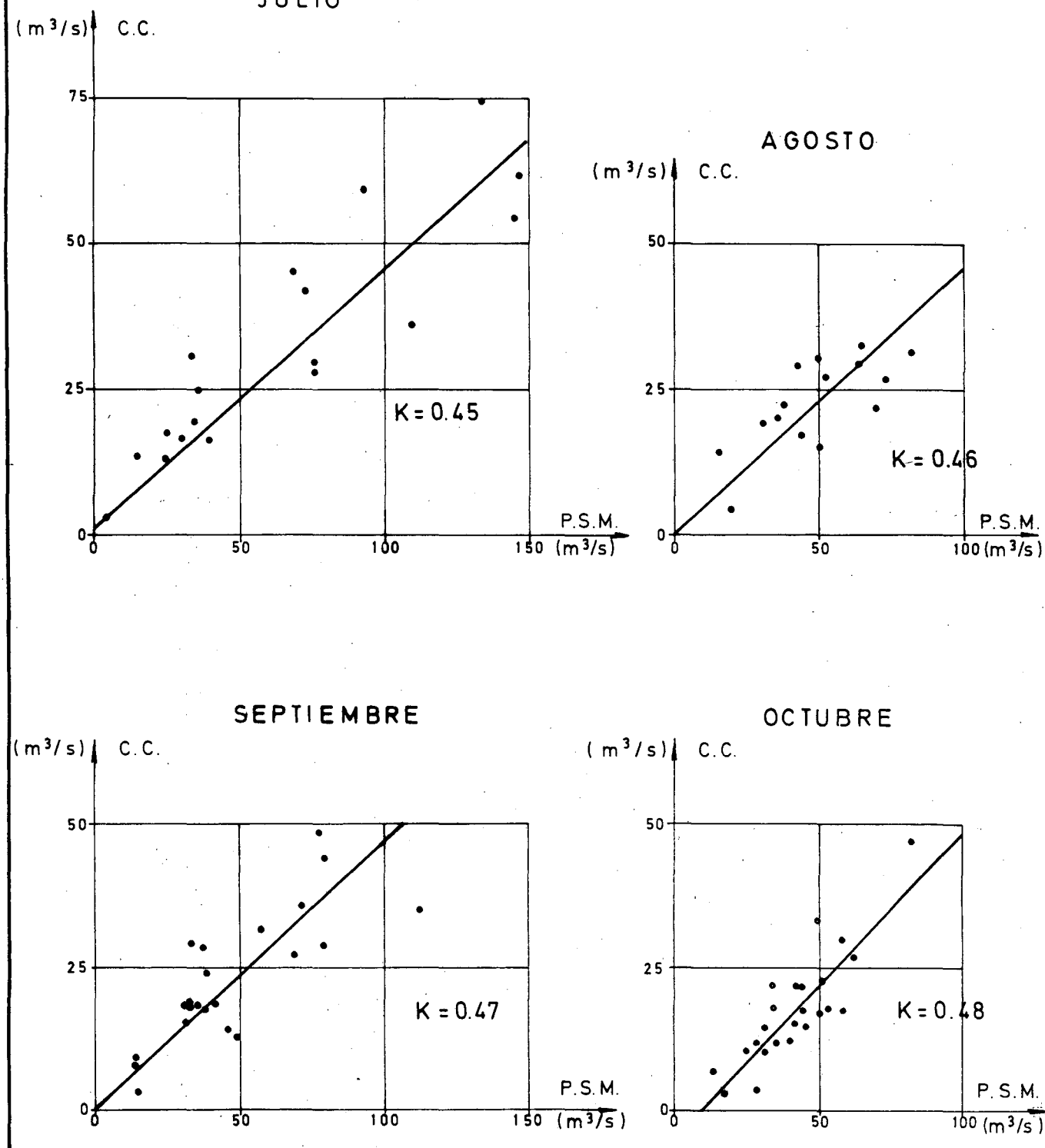


FIGURA Nº IV.C. 2-1-105

CAUDAL MEDIO MENSUAL
CLARO EN CAMARICO VS.
PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

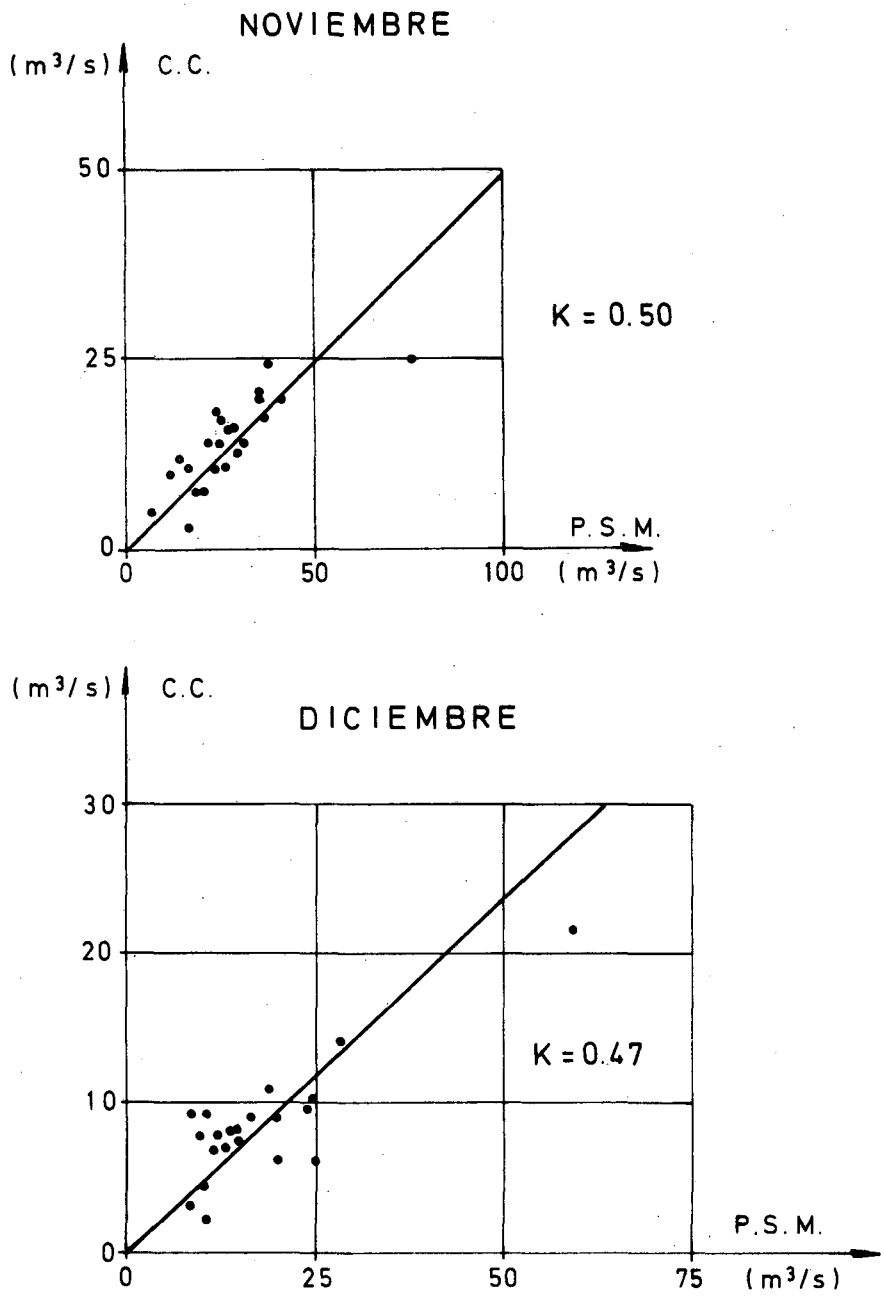
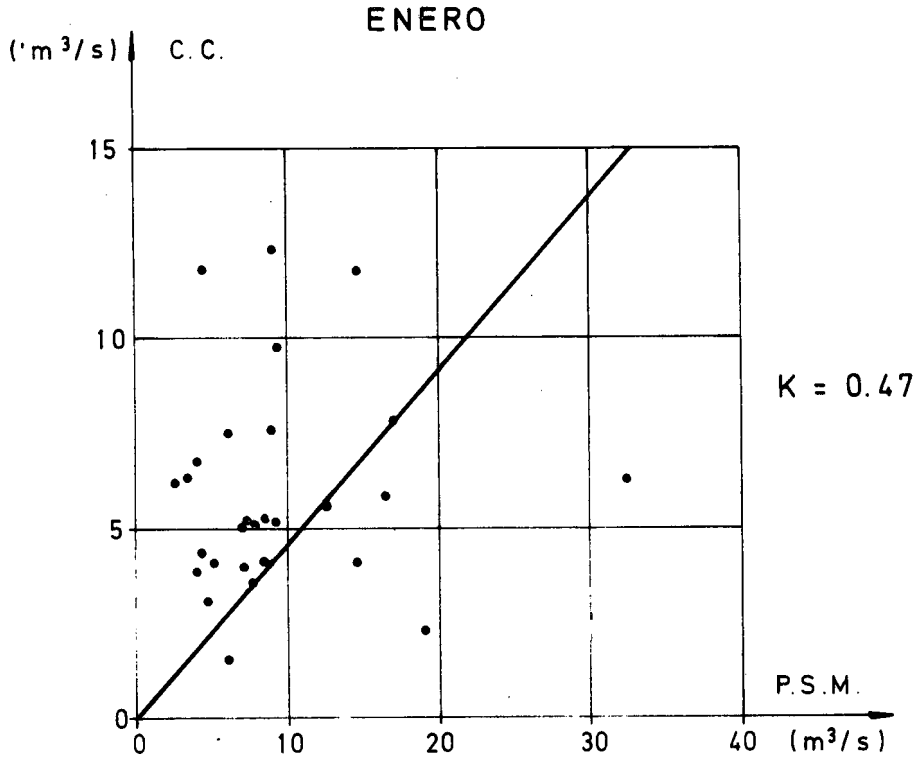


FIGURA Nº IV.C. 2-1-106

CAUDAL MEDIO MENSUAL
CLARO EN CAMARICO VS.
PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL



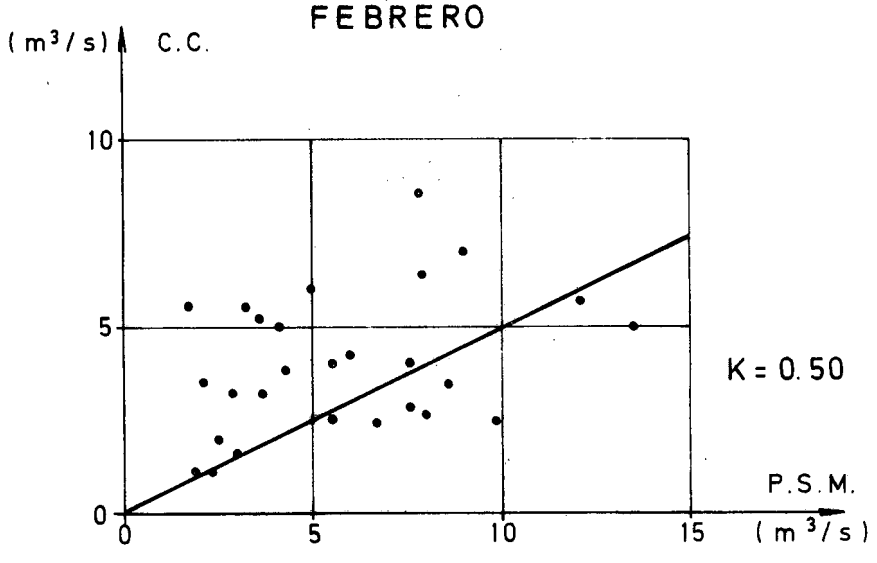
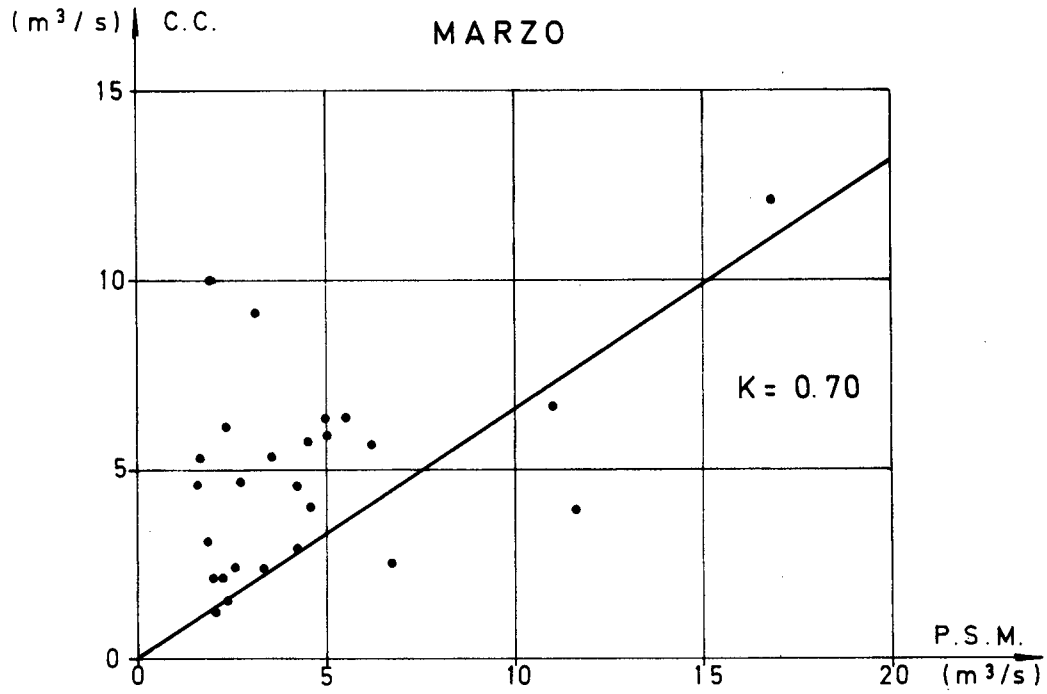


FIGURA Nº IV.C.2-1-107

CAUDAL MEDIO MENSUAL
CLARO EN CAMARICO VS.
PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL



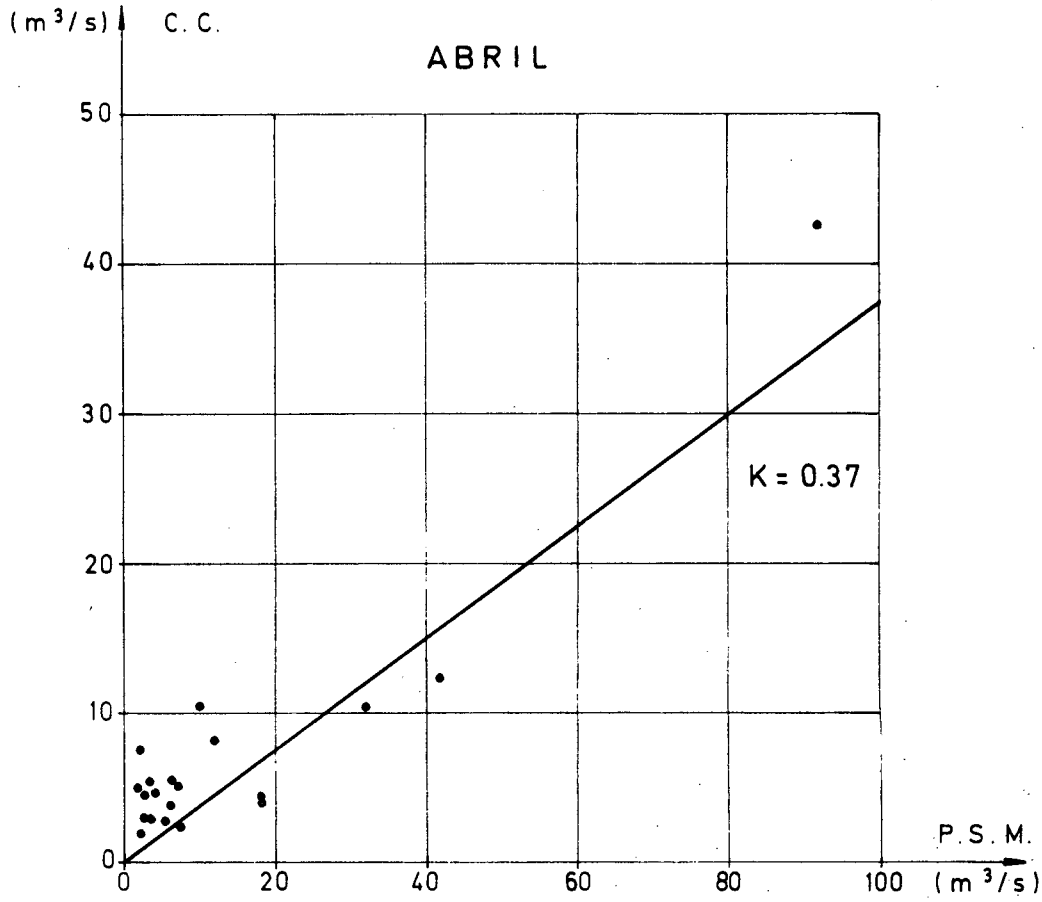


FIGURA Nº IV.C.2-1-108

CAUDALES MEDIOS ANUALES
CLARO EN CAMARICO VS.
PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

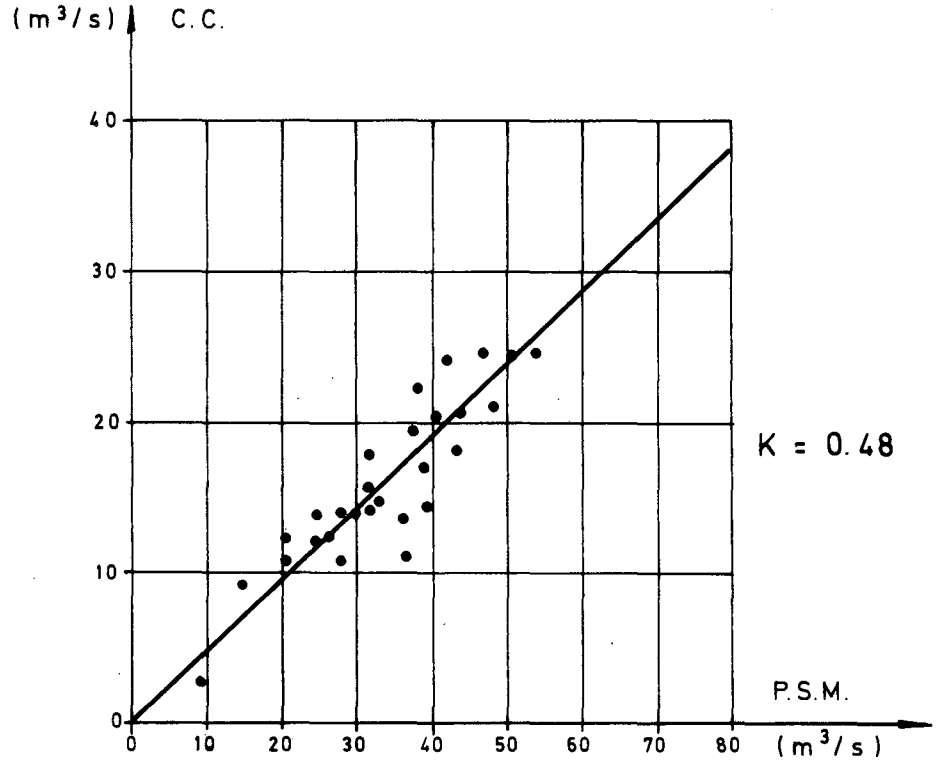


FIGURA Nº IV.C. 2-1-109

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LIRCAY EN LAS RASTRAS
VS. CLARO EN CAMARICO

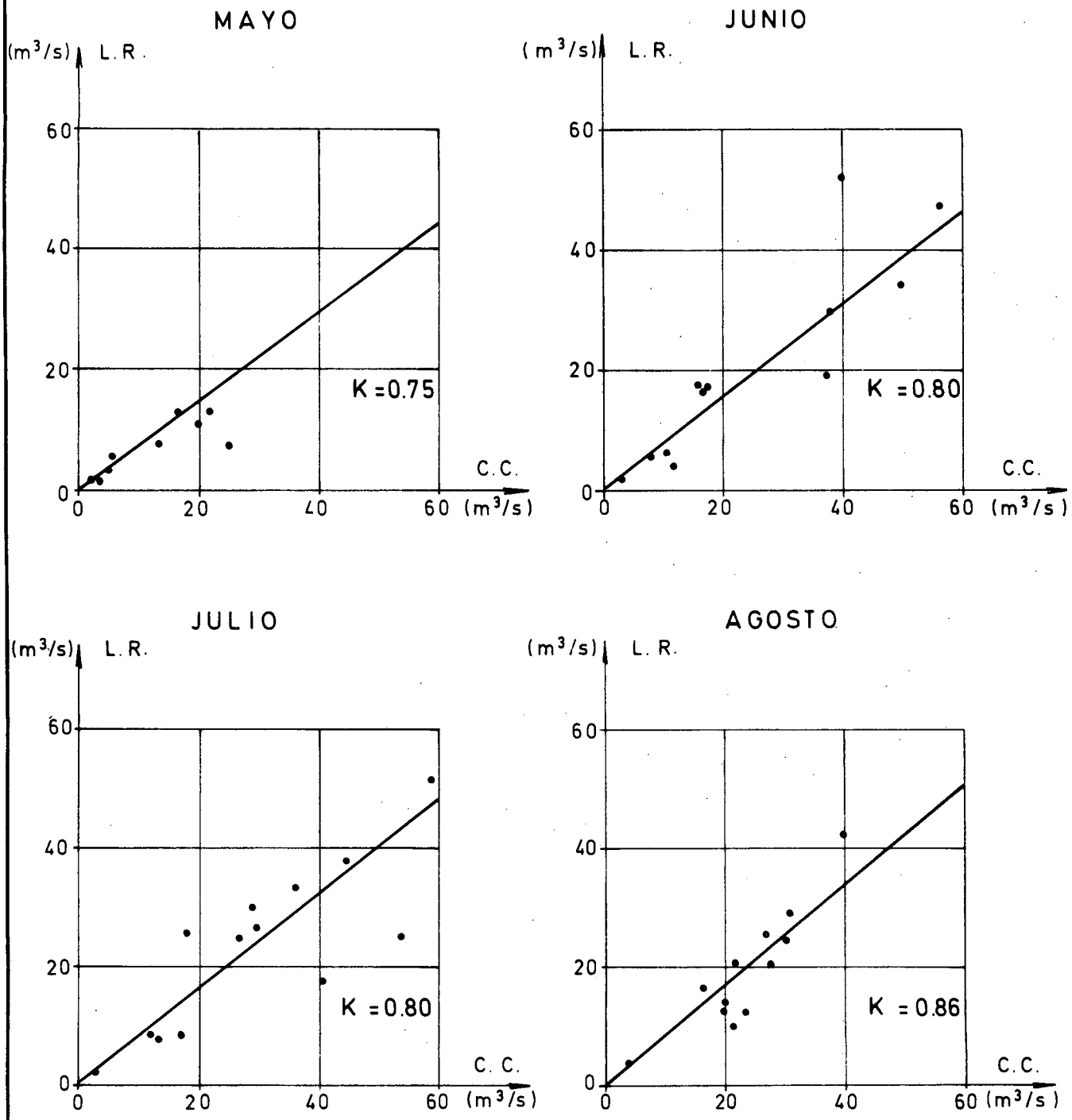
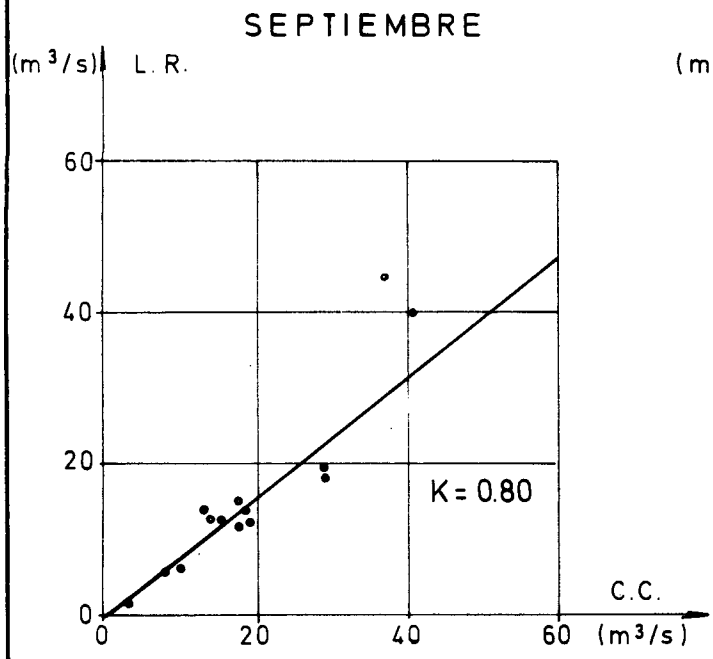
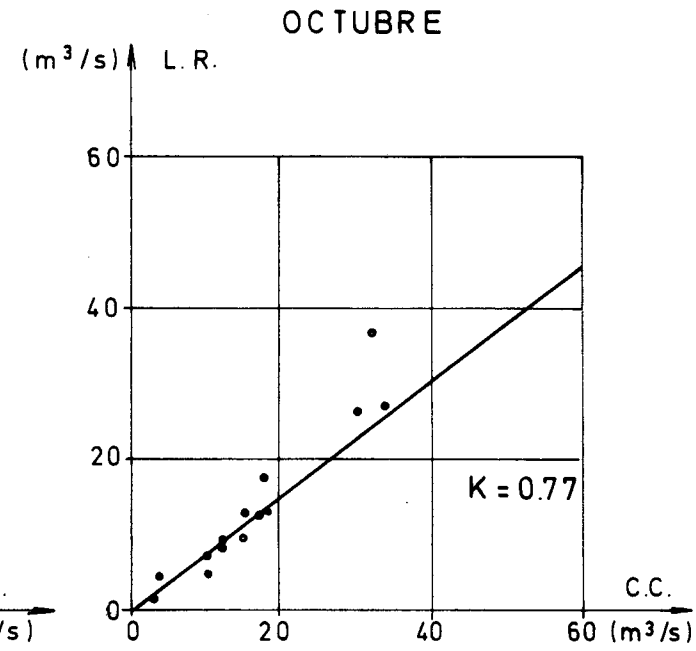
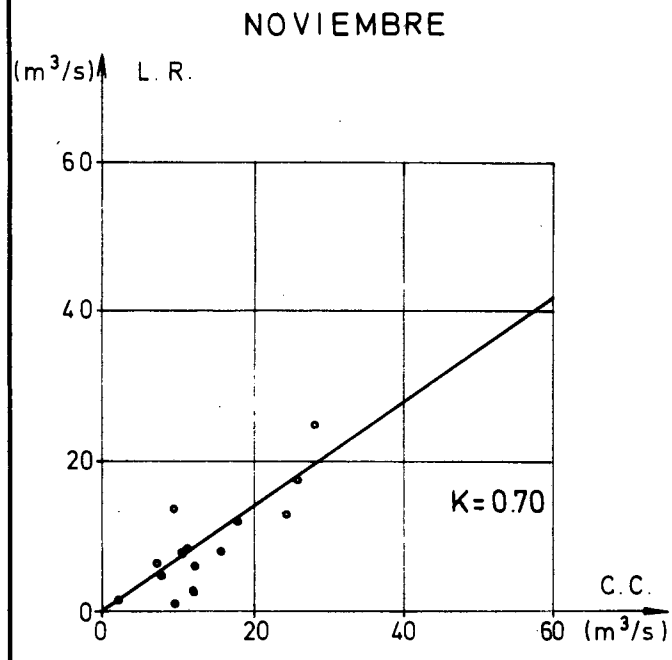


FIGURA Nº IV.C.2-1-110

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LIRCAY EN LAS RASTRAS
VS. CLARO EN CAMARICO







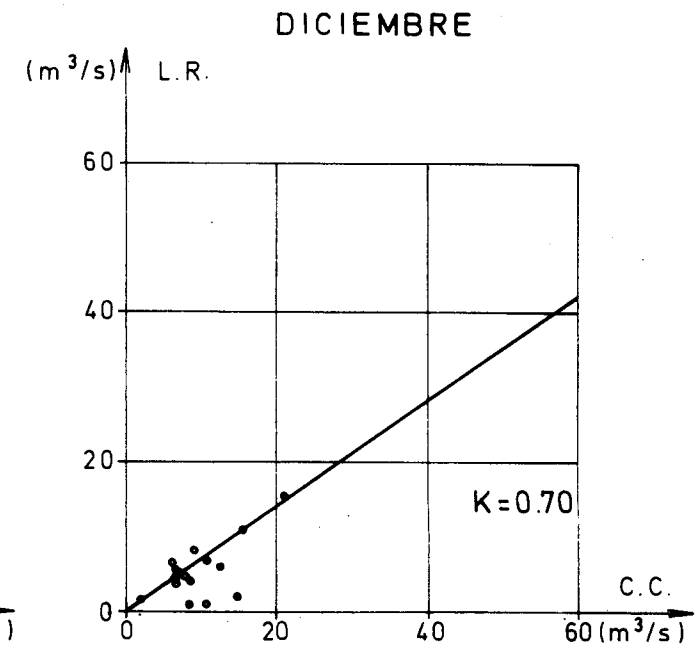
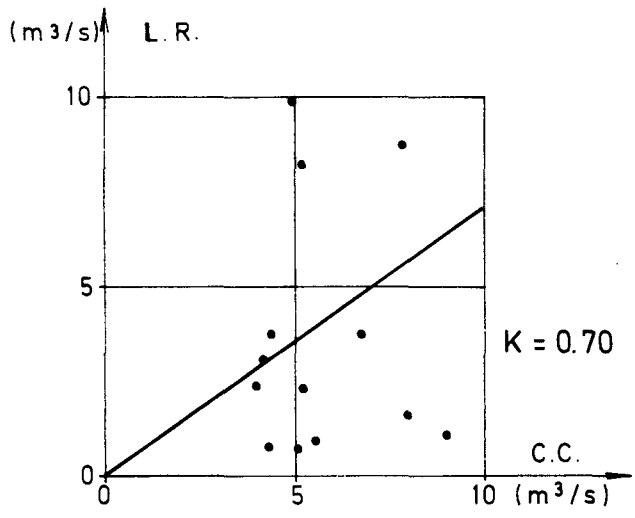


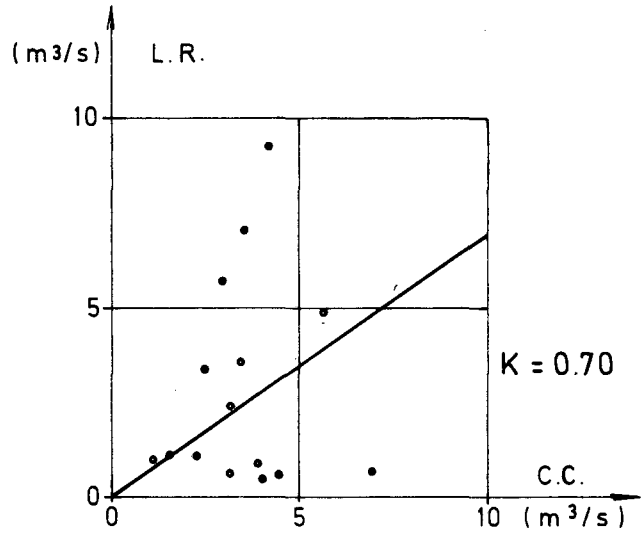
FIGURA Nº IV.C.2-1-111

CAUDALES MEDIOS MENSUALES
LIRCAY EN LAS RASTRAS
VS. CLARO EN CAMARICO

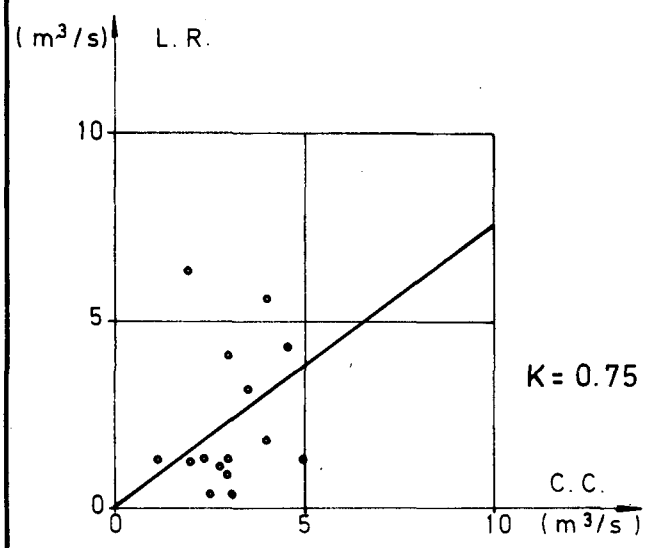
ENERO



FEBRERO



MARZO



ABRIL

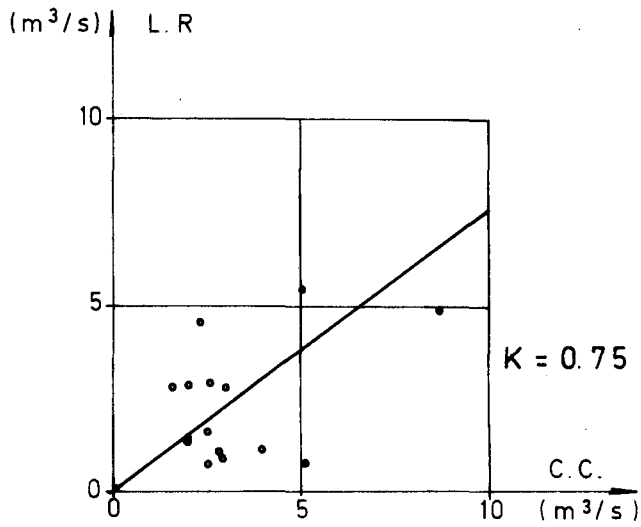


FIGURA Nº IV.C. 2 - 1 - 112

CAUDALES MEDIOS ANUALES

LIRCAY EN LAS RASTRAS VS. CLARO EN CAMARICO

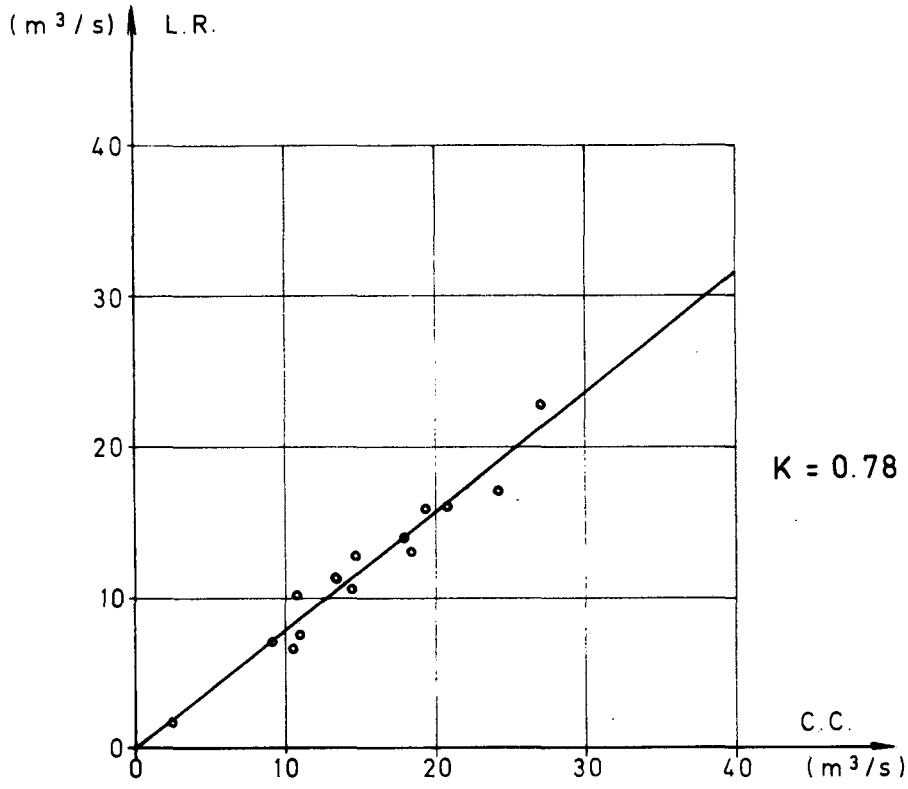


FIGURA Nº IV.C. 2-1-113

CORRELACION DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MAXIMOS ANUALES LONGAVI EN LA QUIRIQUINA VS. PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

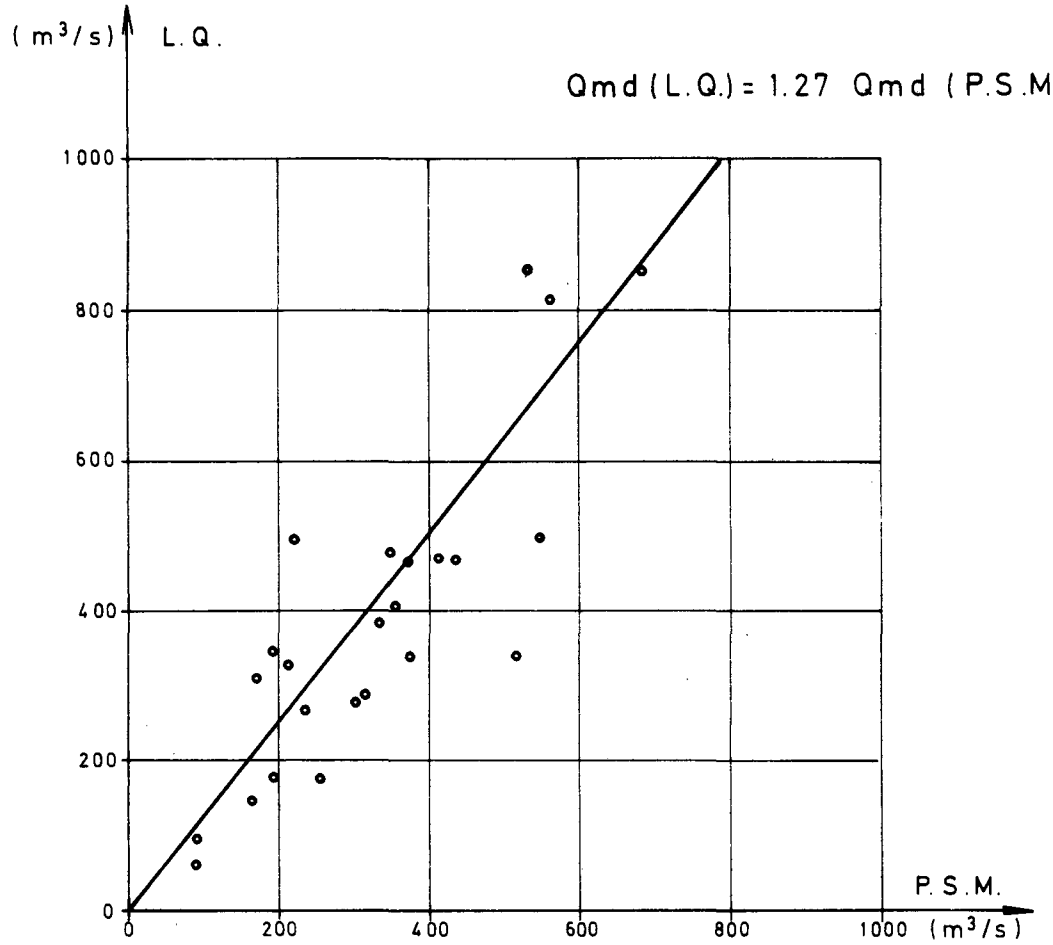


FIGURA Nº IV.C.2-1-114

LONGAVI EN LA QUIRIQUINA

RELACION CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO VS. CAUDAL MEDIO DIARIO

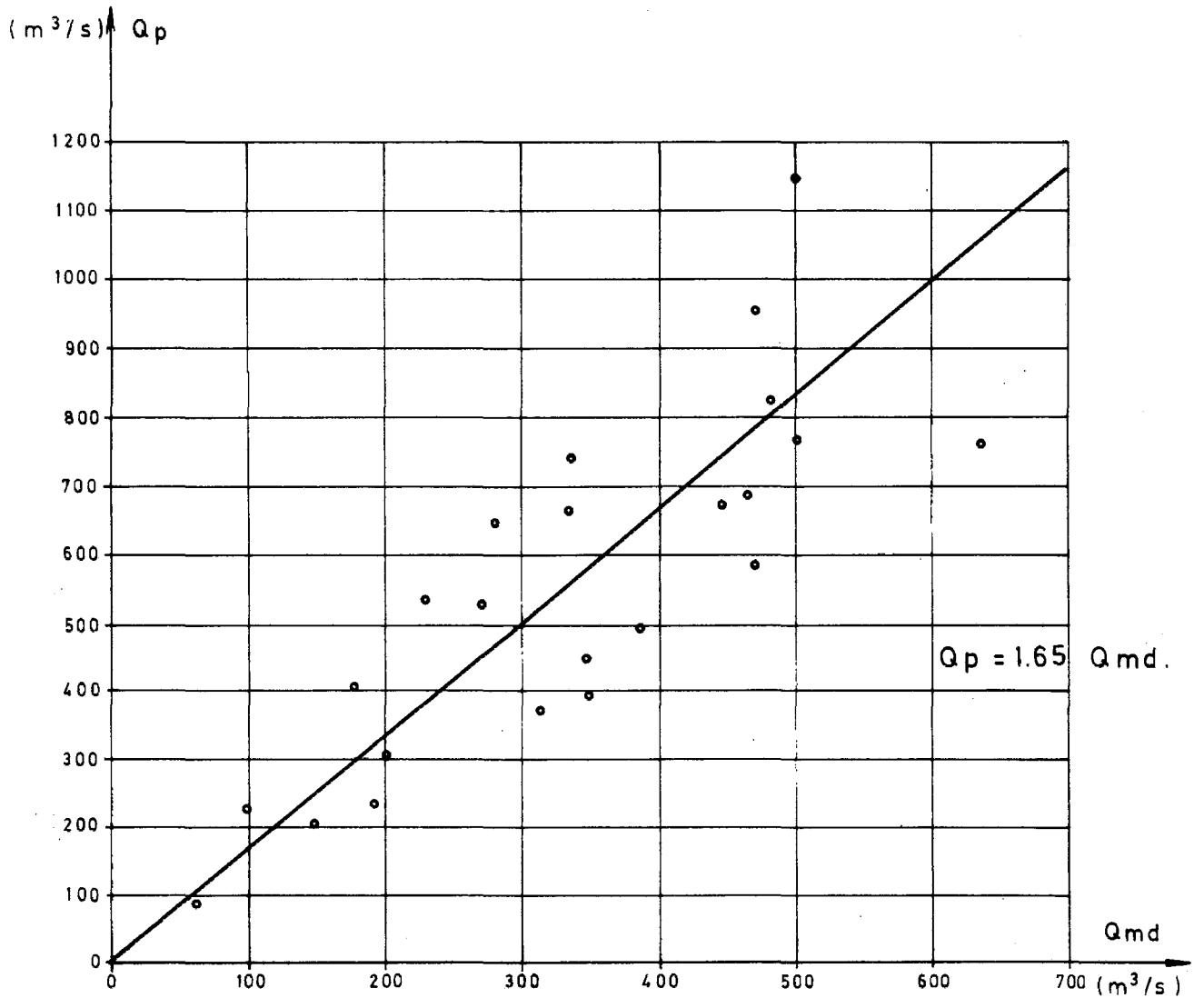


FIGURA Nº IV.C.2-1-115

PERQUILAUQUEN EN SN. MANUEL

RELACION CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO VS. CAUDAL MEDIO DIARIO

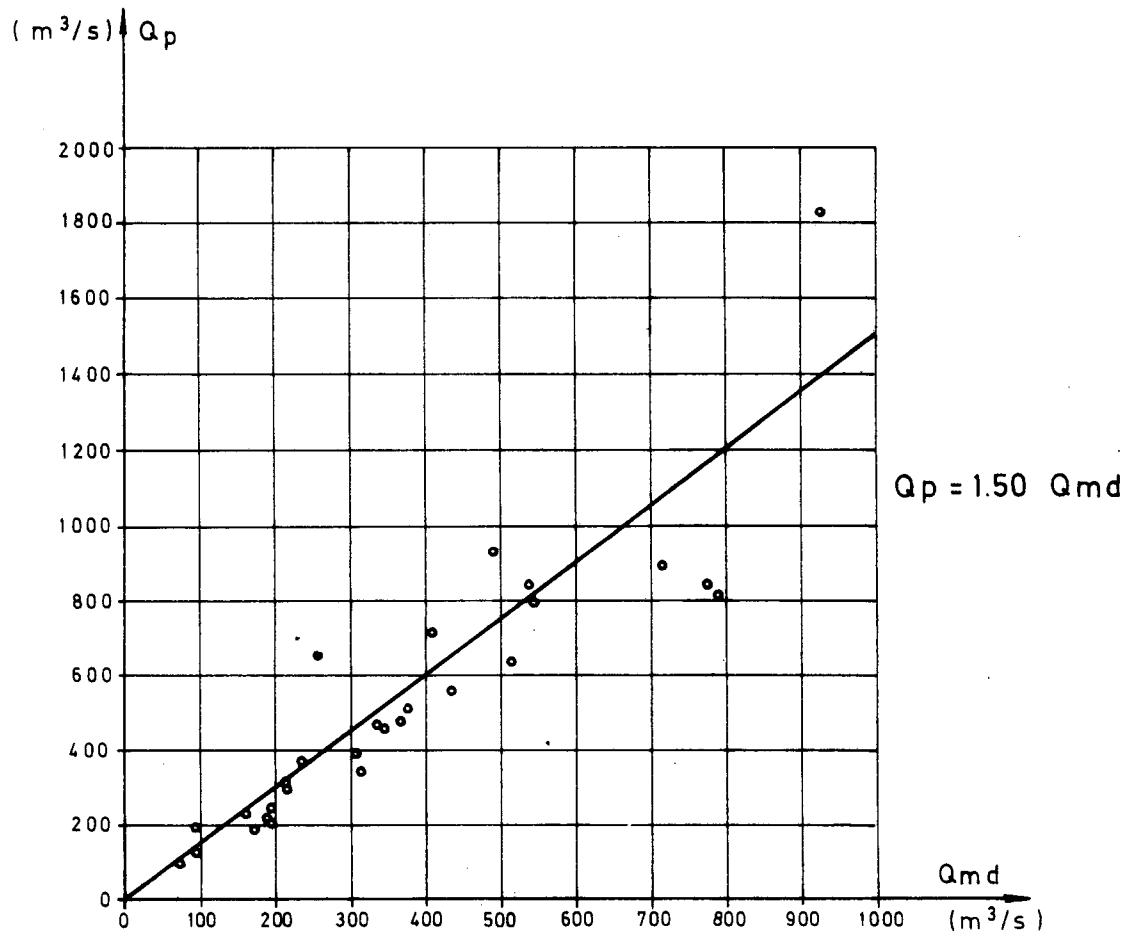


FIGURA Nº IV.C.2-1-116

CORRELACION DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MAXIMOS ANUALES

PUTAGAN EN YERBAS BUENAS VS. LONGAVI EN LA QUIRIQUINA

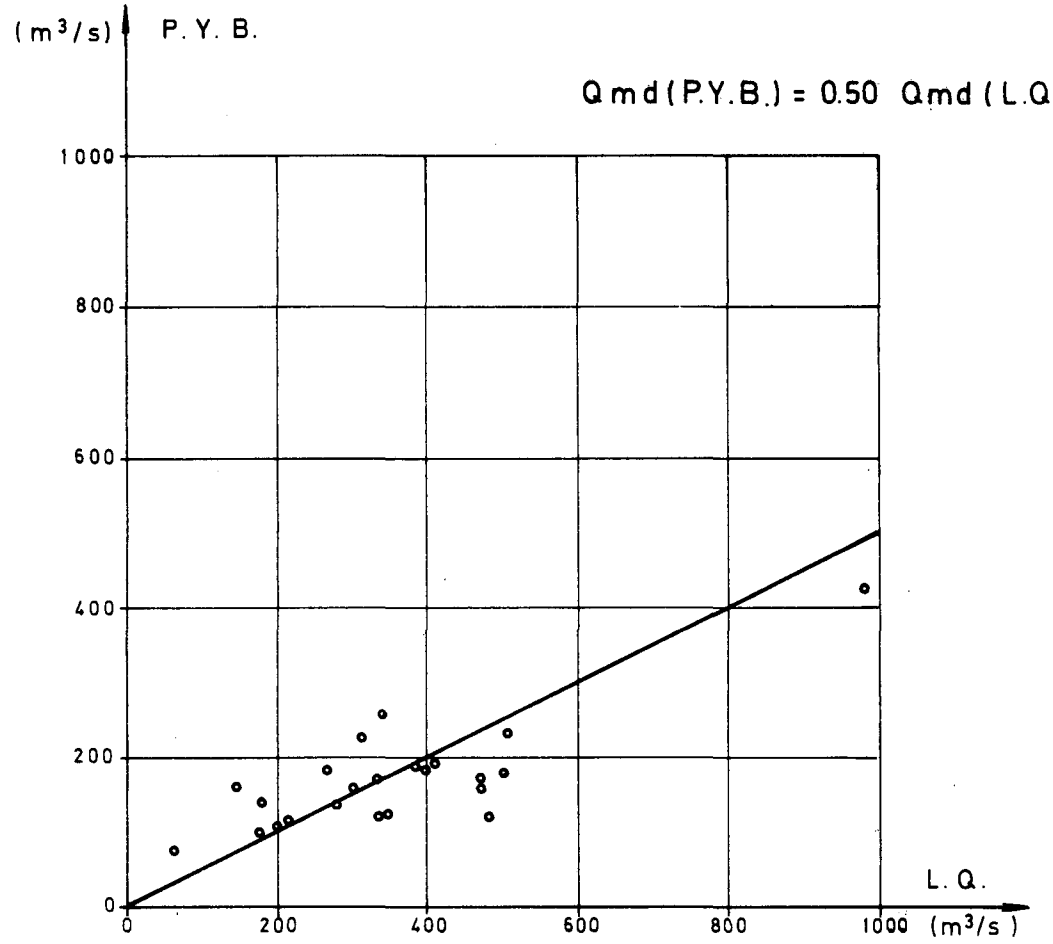
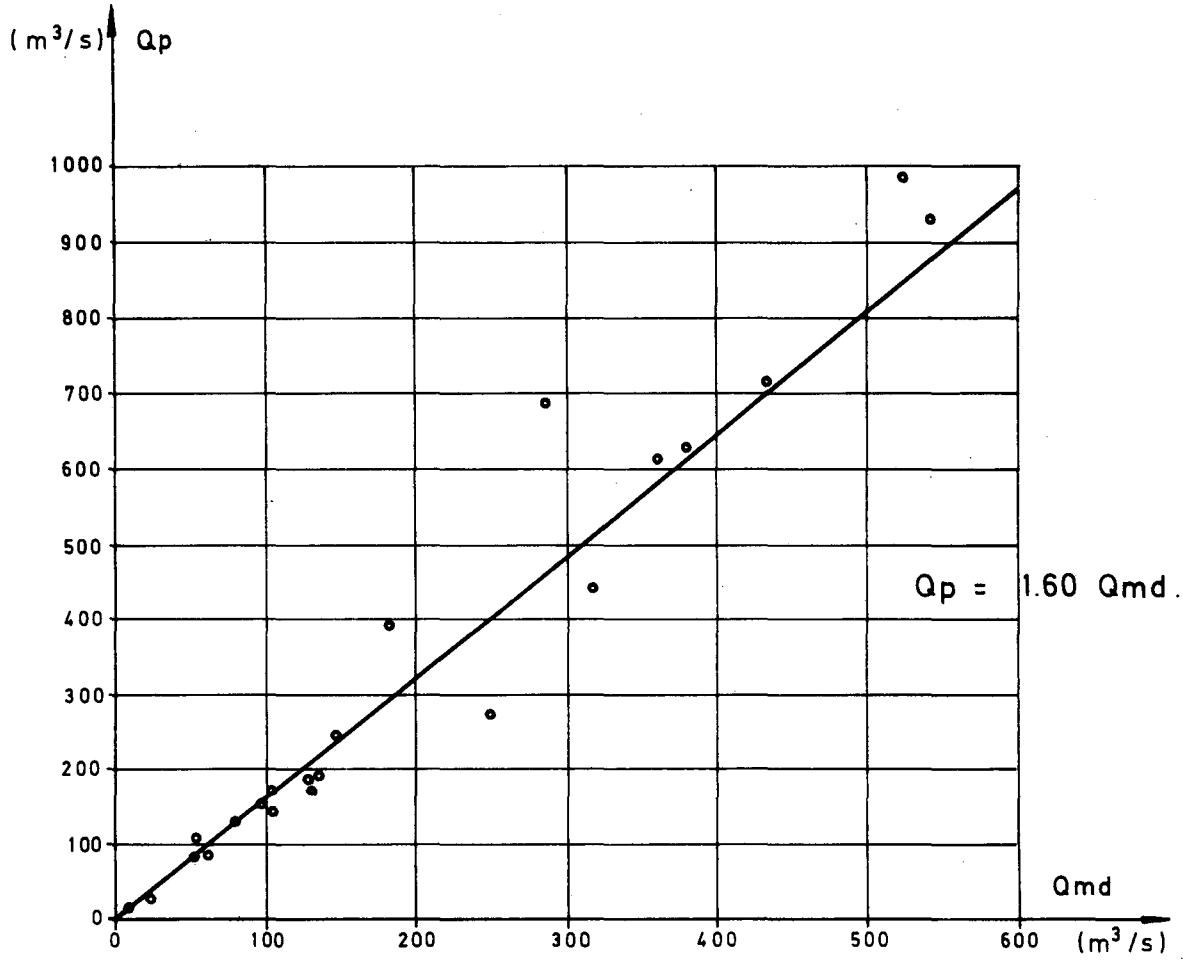


FIGURA Nº IV.C.2-1-117

CLARO EN CAMARICO

RELACION CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO VS. CAUDAL MEDIO DIARIO



IV.C.3 - AGUAS SUBTERRANEAS

INDICE DEL CAPITULO

IV.C.3. AGUAS SUBTERRANEAS.

1. ANTECEDENTES

2. GEOLOGIA
2.1. Regional
2.2. Subsuperficial

3. HIDROGEOLOGIA
3.1. Sinopsis de Funcionamiento de la Cuenca
3.2. Coeficientes Elásticos
3.3. Recarga
  a. Precipitaciones
  b. Riego
  c. Conexión Río-acuífero
  d. Caudales Subterráneos Ingresantes
3.4. Movimiento
  a. Equipotenciales
3.5. Descarga
  a. Natural
  b. Artificial
3.6. Profundidad del Agua Subterránea
  a. Isoprofundidad
  b. Fluctuación en niveles
3.7. Balance Hidrogeológico
3.8. Hidrogeoquímica
3.9. Captaciones Tipo
3.10. Reservas Potenciales por Sectores

4. BIBLIOGRAFIA

ANEXOS.

IV.C.3-1	CATASTRO DE SONDAJES
IV.C.3-2	COLUMNA ESTRATIGRAFICA EN SONDAJES
IV.C.3-3	ANALISIS DE PRUEBAS DE BOMBEO
IV.C.3-4	PERDIDAS Y RECUPERACIONES
IV.C.3-5	CALCULO DE RECARGA POR RIEGO Y PRECIPITACIONES
IV.C.3-6	CALCULO DE COSTOS DE EXPLOTACION
IV.C.3-7	NIVELACION DE SONDAJES Y MEDICION DE NIVELES ESTATICOS.

1. ANTECEDENTES.

Se ha tenido presente un sinnúmero de antecedentes que cubren con una densidad relativamente baja la cuenca del Maule. Especial relevancia tiene en este sentido la alta concentración de sondajes, y por ello los antecedentes en torno a los principales centros poblados del área.

Se recolectó la información proveniente de los sondajes construídos, cuya cifra alcanza a 146, de los cuales no todos tienen los antecedentes completos, a saber: columna estratigráfica, curva de agotamiento, características constructivas, entre las principales.

El catastro de los sondajes existentes se entrega en el Anexo N° IV.C.3-1, y la ubicación de éstos en los planos N°s. IV.C.3-10 y 11 que se incluyen en el Album N° 1.

Las columnas estratigráficas, específicamente la descripción de los materiales atravesados con que se contó, se entregan en el Anexo N° IV.C.3-2.

En el Anexo N° IV.C.3-3, se entrega el análisis de pruebas de bombeo. Este análisis se refiere a aquellas pruebas de bombeo efectuadas durante el transcurso de este estudio, como así también a aquellas pruebas existentes.

En la documentación interna del estudio, se entregan las características hídricas de los suelos agrícolas de la cuenca. Estos parámetros fueron utilizados en los cálculos de la recarga del sistema subterráneo cuyo origen se encuentra en las precipitaciones y en el agua aplicada en regadío.

Las superficies cubiertas por los suelos, tabulados por sector y zona de regadío, así como por tipo de suelo, se entregan también en la documentación interna del estudio. Estas superficies son aquellas que fueron utilizadas en la determinación de la recarga por riego y por precipitaciones.

Para la recarga por regadío, se utilizó los caudales aplicados por zona de regadío. Ellos aparecen en la documentación interna del estudio.

Para la recarga de las precipitaciones se utilizó las lluvias diarias ordenadas de acuerdo a ciertos intervalos. Estos antecedentes se entregan en la documentación interna del estudio.

Para la recarga proveniente de los cursos superficiales, se ha utilizado la estadística existente de caudales en la cuenca del Maule. Estos antecedentes se entregan en el Anexo N° IV.C.3-4.

Los cálculos de recarga por riego y precipitaciones, efectuados éstos en un balance a nivel de suelo, aparecen en el Anexo N° IV.C.3-5.

La caracterización geoquímica del agua subterránea, se hizo sobre la base de los análisis químicos existentes. Estos se han tabulado y se entregan en la documentación interna del estudio.

Para el trazado de equipotenciales, así como para la determinación de la profundidad del nivel estático y para la ubicación geográfica de los sondajes, se efectuó una nivelación topográfica de todos ellos. Estos antecedentes se entregan en el Anexo N° IV.C.3-7.

En relación con la geología de la cuenca, se reunió toda la información publicada y además parte de aquella que se encuentra inédita.

Con respecto a captaciones tipo, se calculó el costo de su explotación. Este cálculo se entrega en el Anexo N° IV.C.3-6.

2. GEOLOGIA.

2.1 Geología regional de la hoya hidrográfica del río Maule.

Se expone la geología de superficie de la hoya hidrográfica del río Maule, en un mapa a escala 1:250.000 Plano N° IV.C.3-1. Este mapa constituye un mosaico de trabajo y estudios de distintos autores, en diversidad de escalas, los cuales han sido vertidos en las hojas respectivas de la "Carta Preliminar" editada por el Instituto Geográfico Militar.

En la compilación de la información existente, se utilizó como base el Mapa Geológico de Chile, escala 1: 1.000.000 realizado en 1968 por el Instituto de Investigaciones Geológicas (I.I.G.).

En algunas áreas del estudio existen levantamientos geológicos que tienen carácter confidencial, razón por la cual no ha sido posible consultarlos. En estos casos, se ha debido recurrir al mapa geológico escala 1:1.000.000, del I.I.G. Por otra parte, existen sectores que han sido estudiados en escalas muy grandes y en forma muy localizada, como es el caso de los trabajos de Corvalán (1976) y Thiele (1964). Para estos sectores, también ha debido recurrirse al mapa del I.I.G. ya citado.

El área oriental, o sea la cordillera de Los Andes, el valle central y el flanco nor-oriental de la cordillera de la Costa, han sido estudiados por González y Vergara en 1962. Este trabajo presenta una franja desde la latitud 35°00' hasta 38°00', escala de presentación 1:500.000, en la que se analiza principalmente la cordillera de Los Andes a través de trabajos de fotointerpretación, terreno y laboratorio. La zona se presenta subdividida en ocho unidades estratigráficas, que se desarrollan desde el jurásico hasta el holoceno, sobre el zócalo de rocas metamórficas de edades precámbrica y paleozoico.

La porción occidental de la hoya, es decir la cordillera de la Costa, ha sido objeto de varios estudios de carácter local: Thiele, en 1964, estudió el área de Curepto y sus alrededores, y lo expone en un mapa escala 1:70.000, en el cual presenta interesantes conclusiones acerca de los sistemas Triásico y Jurásico.

Moreno, Hervé, Godoy y Parada presentan, en 1976, a escala

1:10.000, el sector en torno a Pocillas, donde también existen rocas de edad Triásico en transición concordante al Jurásico.

Thiele, Hervé y Parada (op. cit.) realizaron observaciones acerca de las rocas Triásicas entre las latitudes 35° y 40°00' S, trazando algunos perfiles demostrativos de la estructura en algunas de las zonas donde se encuentran rocas de esta edad.

Entre los trabajos a gran escala, relacionados con la cordillera de la Costa, los de González-Bonorino (1970) registran gran importancia, ya que se expone en ellos el basamento metamórfico, desde Pichilemu hasta Concepción, y se define, aunque a 1:1.000.000, las tres series metamórficas ya clásicas en que se ha subdividido esta unidad.

Por último, aunque no se pudo obtener completamente, cabe señalar el importante estudio realizado por Katz, en 1961 para ENAP. Este cubre todo el valle central y la cordillera de la costa, entre las provincias de Talca y Cautín, pero solamente se tienen algunas referencias poco útiles de él.

Todos los trabajos que se han detallado fueron complementados con fotogeología, revisión de algunos puntos en terreno y también sobrevolando la zona en avión. Con todos estos datos, se replantearon algunas zonas, y se construyó un segundo mapa, a escala 1:100.000, en el que se presenta un contacto entre la roca fundamental con el relleno sedimentario cuaternario y moderno, y también la geología del cuaternario. (Plano N° IV.C.3-2.)

Como se puede apreciar, estos mapas presentan una interpretación relativamente original de la geología de esta región, ya que son el resultado de una primera aproximación de la geología regional, entre las altas cumbres de Los Andes y el oceáno Pacífico, en una compilación que aún no se había realizado a esta escala, y la cual se espera sirva de contribución a posteriores estudios regionales en mayor detalle.

Hay que hacer notar, eso sí, que las unidades cronoestratigráficas han sido englobadas en macrounidades, y que no se presentan unidades de roca. La geología aquí se expone desde un punto de vista hidrogeológico, lo que significa que las rocas importantes son aquellas que permiten el desarrollo de acuíferos.

En este caso las rocas precuaternarias revisten características impermeables, por lo que han sido desechadas como productoras de agua, aunque tienen importancia, pues la erosión en ellas ha dado origen a las acumulaciones sedimentarias más modernas, y también porque el agua que escurre sobre ellas presenta características químicas previsibles que van a incidir directamente en el uso que se dará a esa agua. No se ha considerado la posible permeabilidad secundaria que pudiera tener estas rocas producto de fracturas, alteraciones u otras causas,

por carecer de importancia en este estudio.

2.1.a. Geomorfología.

La geología de la hoya del río Maule está compuesta por rocas de distinto tipo y origen: sedimentario, volcánico, intrusivo y metamórfico. Estas rocas se disponen en franjas subparalelas de rumbo aproximado N.S., conformando la morfología de la zona.

En el área se pueden distinguir algunos rasgos geomórficos que se continúan en gran parte de la zona central del país, tales como: Cordillera de Los Andes o Principal, pre-cordillera, depresión intermedia o valle central, cordillera de la Costa y planicies litorales. También se reconocen otras formas particulares y características de la zona, como son las formas volcánicas y glaciales cuaternarias que se extienden al sur del río Claro y al este de la cordillera de la Costa, las que han transformado el relieve andino permitiendo el desarrollo de relieves juveniles, modernos.

La cordillera principal presenta un relieve dado principalmente por el abundante material volcánico que ha formado un extenso plateau; sobre éste sobresalen algunas cumbres importantes de más de 2.500 m. relictos de rocas más antiguas que han sido atacadas por la erosión y posteriormente cubiertas por éstos grandes depósitos de lava.

También sobresalen las cumbres de algunos volcanes importantes, que han dado origen a esa cubierta entre los cuales se tiene el grupo de los Descabezados, Quizapu, San Pedro , Las Yeguas y otros.

Este plateau ha sido profundamente disectado por valles de origen glacial que actualmente son ocupados por los cursos de agua que componen la hoya.

La precordillera se presenta conformando un plano inclinado con pendiente hacia el W, compuesto principalmente de rocas sedimentarias y volcánicas, de origen continental y edad cretácica sobre el cual predominan algunas cumbres de composición granítica o similar, relictos de la erosión que afectó a todo el sistema.

Este plano se encuentra, también, profundamente disectado por valles de origen glacial.

La depresión intermedia es una fosa de origen tectónico que está limitada en ambos costados por sistemas de fallas de rumbo aproximado N.S., y que ha sido rellenada con el producto de la erosión glacial, fluvial, fluvio-glacial y eólica de las zonas

altas que la rodean.

En esta depresión o valle central, se ubican los pueblos y ciudades importantes, así como también las áreas agrícolas, ganaderas e industriales de la zona.

Presenta una suave pendiente hacia el W, como un plano levemente inclinado en esa dirección, con algunos cerros islas que quiebran su monotonía. Se encuentra frecuentemente disectada por valles poco profundos de origen fluvial, los cuales han dado origen a la abundante sedimentación que ha rellenado esta fosa.

Dede el punto de vista geomorfológico, se puede subdividir esta depresión central en tres zonas , de norte a sur, cada una de las cuales se puede subdividir en sentido este-oeste, también, de este modo se reconocen las siguientes zonas geomórficas.

Zona norte: ubicada al norte del valle del río Maule, hasta el confín septentrional de la hoya. En este sector se exponen formas de lomajes suaves, productos de la erosión fluvial sobre la cubierta de cenizas volcánicas que predominan en la zona. Esta forma cambia bruscamente en el área sur oriental, donde un antiguo cauce del río Maule las ha erosionado totalmente, dejando , en cambio, una superficie plana con algunas formas glaciales tipo drumlins, eskers y otros en la parte más oriental, según los describen Crull y Langhor (1969), y depósitos fluviales hacia el oeste; aunque otros autores, entre ellos Birgman (1969) y Karzulovic y Talloni (1969), no han reconocido esos depósitos glaciales, pero si describen una secuencia lacustre y también una capa de loess en superficie.

Todos estos depósitos fluviales y glaciales estarían cubriendo las cenizas volcánicas, las que se encuentran en sub superfi - cie y en la matriz de los depósitos del río.

Toda el área se encuentra dividida por pequeños cauces subparalelos de rumbo alrededor de E.W., afluentes del río Claro, entre los cuales sobresale, como el más grande e importante, el río Lircay.

Zona Intermedia: se extiende desde la ribera sur del río Maule, hasta poco al sur del río Liguay. Se presenta como una zona plana levemente inclinada hacia el noroeste, producto de la erosión y depositación de los numerosos afluentes del río Maule que la disectan, los cuales la han retrabajado hasta rasarla.

En esta zona priman los depósitos fluviales en superficie, los que se encuentran envueltos en una matriz compuesta por cenizas volcánicas, producto de la erosión de los depósitos laháricos formados esencialmente de ese material que los subyacen o con los cuales engranan hacia el este.

Hacia el oeste, los depósitos fluviales, se ponen en contacto con sedimentos fluviales y lacustres provenientes de la cordillera de la Costa. Los primeros productos de la depositación de los cursos de agua originados en esa zona, los depósitos lacustres, formados en pequeños lagos de origen tectónico que habrían existido en las rinconadas de la cordillera de la Costa, según lo da a entender Varela (1976). Los ríos y esteros presentan, en esta zona, un rumbo aproximado a N.W. en cursos subparalelos que al final se juntan en ríos de cierta importancia de origen cordillerano tal como el Perquilauquén; todo esto, al parecer, sería producido por la existencia de una gruesa capa de cenizas volcánicas bajo los depósitos fluviales, las que le dan un sello característico a la red de drenaje, debido a que presentan una permeabilidad relativamente baja.

Zona sur: esta zona se extiende desde el límite de la llamada "Zona Intermedia" en este informe, hasta el límite sur de la cuenca, continuándose aún en la hoya del río Ñuble.

Se presenta con formas de lomajes suaves y ondulados, originados por la erosión fluvial sobre los depósitos de cenizas volcánicas, que se observan en superficie y que caracterizan la zona.

Estos depósitos, de orígen lahárico, se extienden desde el límite oriental, hasta bastante al oeste, donde se les encuentra interdigitados con depósitos originados desde la cordillera de la Costa, como se puede observar en las cercanías de Cauquenes o con depósitos lacustres y fluvio-lacustres de igual origen, como se presentan más hacia el norte.

Los numerosos cursos de agua que cruzan la zona presentan valles relativamente estrechos y ligeramente profundos, con dirección subparalela hacia el norte y noroeste y han sido la causa de la erosión que provoca este tipo de formas.

La cordillera de la Costa se presenta como un macizo montañoso, cuya altura máxima no sobrepasa los 700 m.s.n.m. Está compuesta principalmente por rocas graníticas y metamórficas del llamado basamento cristalino. Estas rocas se disponen de modo que la vertiente oriental de esta cadena de cerros está labrada en rocas graníticas y, en algunos lugares, especialmente hacia el norte, por rocas sedimentarias y volcánicas del geoliminar andino.

El flanco occidental está compuesto principalmente por rocas metamórficas paleozoicas o precámbricas.

Presenta un relieve suave y ondulado, de lomajes bajos y zonas amesetadas que descienden suavemente hacia la costa producto de una tectónica tensional de bloques y la erosión marina que ha

actuado a distintos niveles al variar el nivel del mar. El nivel del mar ha fluctuado, durante el cuaternario alternativamente, varias decenas de metros por encima y por debajo del actual, generando, los niveles superiores, terrazas de abrasión marina a distintas cotas sobre el nivel de la costa de hoy. Los niveles de mar inferiores al actual, causaron la profundización de los numerosos cauces que en el desembocan. Las formas suaves se continúan hacia el oriente en las rocas graníticas paleozoicas, hasta la zona de contacto del relleno cuaternario del valle central.

El área nororiental de la cordillera de la Costa está conformada por rocas volcánicas y sedimentarias, de origen marino y continental, mesozoicas, las que presentan formas abruptas en el flanco oriental; y hacia el oeste han dado origen a extensas zonas relativamente planas que presentan características de valles colgados o interiores de rumbo norte-sur.

Estos valles mantienen una suave pendiente hacia el valle principal más cercano, como se puede ver en la zona de Pencahue, al oeste de Talca, donde se encuentra el valle del estero Los Puercos, que confluye, después de un corto recorrido, en dirección N.S. con el río Maule.

Las rocas mesozoicas se encuentran, en general, cubriendo las rocas paleozoicas, de modo que asemejan una torta con respecto a ellas. Por esa razón las cumbres más altas de la cordillera de la Costa se encuentra hacia el norte de la hoya, y en las cercanías de Talca. Ocurre que por diferencias de edad y tipo de materización, estas rocas han sido menos erosionadas que las del basamento cristalino, dando como resultado un relieve más alto y más abrupto.

Las planicies litorales se ubican en el sector más occidental, de la hoya, donde el mar ha erosionado las rocas del basamento cristalino, y ha dado origen a terrazas de abrasión marina.

Estas terrazas, posteriormente, han sido cubiertas por depósitos de dunas, formadas por los sedimentos que han descargado los ríos al mar, y que han retornado posteriormente, por la acción de las olas y corrientes marinas, a la playa, donde las ha retornado el viento o las brisas marinas, para depositarlas al fin, a ciertas distancias, continente adentro, como se puede observar en los extensos campos de dunas que se encuentran al norte de Constitución y alrededores de Chanco.

En la zona costera, estas planicies litorales se presentan como extensas zonas planas, aunque no siempre están presentes, y es así como al sur de Constitución, la cordillera de la Costa termina abruptamente, en un acantilado, en el mar, debido, posiblemente, a la imposibilidad de éste de labrar una terraza en esa

zona. Esto puede deberse a que el tipo litológico no la ha permitido o por carecer el mar de la fuerza suficiente para hacerlo, por la acción de barreras submarinas; también puede ser causada por eventuales alzamientos de la corteza, más o menos recientes, producidos por una tectónica distensiva cuyo origen está en discusión.

Para terminar esta breve descripción geomorfológica, es necesario hacer notar que la línea de la costa, en la zona, se presenta casi rectilínea, con un rumbo NNE con pequeñas ensenadas de origen tectónico. Esto puede deberse a que las corrientes marinas mantienen ese rumbo, y en su constante choque con las rocas costeras las estarían erosionando hasta desarrollar esas formas.

Otra causa podría ser de origen tectónico, de modo que exista una falla, a nivel regional, con ese rumbo, que esté condicionando la línea de la costa. Esta última razón parece ser la más lógica, pues, como se ha estudiado en áreas al norte, existiría un sistema de fallas de rumbo NNE y gran recorrido, producto de una tectónica distensiva de bloques, la misma que habría dado origen a los distintos escalones o niveles amesetados de la cordillera de la Costa y también causante directa de la depresión intermedia o valle central.

Este sistema de fallas le habrían dado la forma casi rectilínea a la línea de costa, ayudado por la constante acción erosiva de las corrientes oceánicas, representadas, en éstas, por la corriente de Humboldt.

2.1.b. Geología.

La geología de la hoya hidrográfica del río Maule está compuesta, como ya se ha dicho, por rocas de distinto origen, cuyas edades van desde el paleozoico inferior y/o precámbrico hasta el reciente, testimonio de variados episodios sedimentarios, magmáticos y tectónicos, que se disponen en franjas de rumbo aproximado NS, de tal forma que las rocas más antiguas se encuentran en la zona occidental y han sido recubiertas alternativamente y en forma paulatina, por rocas más modernas hacia el Este, encontrándose por lo tanto, con excepción de los depósitos en valles fluviales y glaciales y en la depresión intermedia y zonas costeras, la litología más nueva en la zona más oriental de la cordillera de Los Andes.

La descripción que a continuación se esboza, pretende tan solo explicar, desde el punto de vista de la geología, la hoya del río Maule, en forma general, como una manera de aclarar, lo que el mapa no explica y tratando de describir con mayor detalle las macrounidades que éste presenta.

Se describen las rocas agrupándolas de acuerdo a su edad, como una síntesis de lo que ocurrió en cada período geológico, haciendo notar que el área estudiada corresponde a una parte del país y del continente sudamericano, y aunque se puede observar en ella ciertas particularidades, no se puede tomar como un caso aislado del marco general que es el continente americano.

i) Paleozoico. Está representado por el llamado basamento cristalino, compuesto por rocas metamórficas y graníticas, que se desarrollan en una franja más o menos contínua, paralela a la línea de costa, entre Pichilemu y el Archipiélago de las Guaitecas. De acuerdo a su composición se ha subdividido en dos unidades de carácter litológico, que corresponde a: basamento metamórfico y basamento granítico.

Está conformando el zócalo sobre el cual se han dispuesto las rocas más modernas.

Basamento metamórfico. Consiste de un conjunto de anfibolitas, gneisses, esquistos, cuarcitas y filitas, que se ubican al borde occidental del área y aproximadamente desde la línea que une Pichamán y Cauquenes, hacia el oeste.

Según Corvalán y Dávila (1964) sería de edad mínima pre-silúrgico, aunque algunos autores le asignan una edad precámbrica (Hervé, 1976).

De acuerdo a las características petrográficas y petrológicas se le ha subdividido en tres series metamórficas (González Bonorino, 1970) llamadas de este a oeste, series Curepto, Nirivilo y Pichilemu. Estas series han sido reagrupadas, de acuerdo a las características petrológicas parentales en dos cordones o cinturones metamórficos: cinturón occidental y cinturón oriental.

El cinturón occidental estaría compuesto por metabasitas, metacherts y metareniscas. Las metabasitas presentan estructuras de almohadillas y están asociadas a metacherts y otros depósitos oceánicos (Hervé et. al, 1976), por lo que se ha sugerido que corresponden a rocas provenientes del fondo oceánico.

El cinturón oriental estaría compuesto por rocas provenientes de la corteza continental, que presentan una composición más bien granítica.

Ambos cinturones estarían en contacto por un sistema de fallas, lo que se ha interpretado como una antigua zona de subducción ya desactivada.

Presentan metamorfismo de alto grado, asociados a facies de esquistos verdes, y en algunos sectores del cordón occidental a facies

de esquistos azules.

Basamento granítico. Se ubica al este del metamórfico, al cual estaría intruyendo. Está compuesto por diversos tipos de rocas graníticas: granitos de microclina, granodioritas, adamelitas, dioritas, etc.

También presenta algunas zonas gábricas que representarían intrusivos posteriores, ya que aparentemente lo están cortando.

Se le ha estudiado principalmente, en el área Valparaíso-San Antonio (Muñoz Cristi, 1964; Corvalán y Dávila, 1964), y en la cordillera de Nahuelbuta (Hervé, et. al. 1976), suponiéndosele, con bastante seguridad, continuidad petrográfica.

Según Corvalán y Dávila (op. cit) sería de edad máxima silúrica, aunque nuevas dataciones han entregado edades más modernas correspondientes al carbonífero superior (Hervé, et. al. ip. cit).

Se le puede encontrar en el flanco oriental de la cordillera de la Costa, al este de la línea que une Pichamán y Cauquenes, donde se exhibe bastante erosionado y meteorizado, con una cubierta de material descompuesto o "maicillo" que en ocasiones presenta un espesor considerable y que le da el color pardo amarillento a rojizo característico de toda la zona de la cordillera de la Costa.

ii) Mesozoico. Está representada por los depósitos del llamado geoliminar andino (Auboin, et. al. 1972; Vicente, et. al. 1970) en el cual se desarrolló en dos ciclos marinos, cada uno de los cuales dejó como testimonio miles de metros de sedimentos marinos con intercalaciones volcánicas hacia la zona occidental. Estas cuencas se habrían desarrollado sobre el zócalo de rocas pre-andinas paleozoicas, las mismas que les habrían formado el borde oriental y que hoy se pueden encontrar en la cordillera frontal Argentina.

Por el occidente, estas enormes entradas de mar estaban limitadas por un extenso arco de islas o arco volcánico, en que les permitía una circulación restringida, y dió origen al abundante material volcánico que existe adosado al flanco oriental de la cordillera de la Costa.

La cuenca andina se inicia en el triásico superior, (nórico y rético) con un primer ciclo marino que dura hasta el exfordiano o kimmeridgiano, y un segundo episodio que se inicia en el titoniano y que dura todo el neocomiano, a fines del cual se produce la definitiva regresión del mar para dejar paso a las acumulaciones continentales que se desarrollan con posterioridad, en el cretácico superior.

La serie se inicia en el retiro con una secuencia de lutitas plantíferas sobre las que se disponen areniscas fosilíferas marinas, conglomerados cuarcíferos con intercalaciones de pedernal, rocas queratofídicas y lavas riolíticas, tal como se presentan en los sectores correspondientes a los cerros Gupo y Pillay, al oeste de Linares, y en el sector de Pocillas, al occidente de Parral.

Los afloramientos de rocas triásicas son escasos, pequeños, aislados, y están restringidos a algunas zonas de la cordillera de la Costa, por lo que se ha llegado a pensar que fueron depositados en cuencas pequeñas y sin relación al geoliminar, que se habría desarrollado con posterioridad (Corvalán, 1976), aunque Vicente (1970) los interpreta como preámbulo de la transgresión marina que inundó, posteriormente, todo el área continental, en forma paulatina.

Las orcas jurásicas se presentan en afloramientos escasos, pequeños, aislados en la cordillera de los Andes, como se puede apreciar en las cercanías y hacia el suroeste de la Laguna de la Invernada, donde se encuentra una secuencia clástica continental o de plataforma, que representa el borde oriental de la cuenca jurásica.

A fines del oxfordiano se produce la regresión marina, durante la cual se habrían depositado las aculumaciones de yeso que existen en la cordillera de Los Andes, conocidas como "yeso principal" por los especialistas.

Contemporáneamente con la retirada del mar jurásico parece haberse producido un basculamiento o alzamiento de Los Andes, de tal modo que los sedimientos depositados en la segunda transgresión y en el desarrollo de la cuenca neocomiana se disponen con leve discordancia sobre los jurásicos.

Estos depósitos de calizas, margas y areniscas marinas, de edad neocomiana, se distribuyen en formas restringidas en la cordillera de Los Andes, donde se les puede encontrar en lugares tales como el denominado La Mina, en afloramientos pequeños y muy localizados.

Hacia el oeste, estos sedimentos se presentan engranando con rocas volcánicas de carácter ácido a intermedio como las que se ubican en el flanco occidental de la cordillera de Los Andes, continuándose en la vertiente oriental de la cordillera de la Costa, y que corresponderían a las grandes masas andesíticas originadas por el arco de islas que marcaba el límite occidental de la cuenca neocomiana. Estas rocas se encuentran en lugares tales como: al este de Panimávida, en las cercanías y al este de San Clemente, al oeste de Molina, al noroeste de Talca, al oeste de San Javier, etc., y en general en la precordillera y el sector nor-oriental de la cordillera de la Costa. Nuevos plegamientos se producen

a fines del neocomiano, al retirarse ya en forma definitiva el mar del área continental.

Estos movimientos tectónicos producen un gran alzamiento de Los Andes, cuya erosión permitirá el desarrollo de las grandes acumulaciones de sedimentos de origen continental, con intercalaciones volcánicas basálticas y andesíticas, de edad cretásico superior que se distribuyen ampliamente en el área, a lo largo de la cordillera de Los Andes, donde se las puede identificar en gran cantidad de lugares entre los que se puede mencionar Curillinque, La Suiza, Las Rabonas, etc.

Durante todo el desarrollo de esta secuencia, grandes plutones graníticos intruyeron la zona. Estos intrusivos, que corresponden al llamado Batolito andino, fueron migrando hacia el este, desde el jurásico hasta el terciario; una migración similar y en el mismo sentido, presenta volcanismo. En el mapa no se ha hecho diferencia entre las rocas graníticas jurásicas y las terciarias pues se les ha englobado en el batólito andino.

iii) Cenozoico. Se le identifica en las secuencias volcánicas que están cubriendo el paleonrelieve andino, en los sedimentos glaciales, fluvioglaciales, y fluviales que se encuentran formando las terrazas y cauces de los ríos y esteros y rellenando la depresión central, así como también en los depósitos de dunas costeras.

Dada la gran importancia que revisten estas rocas en el desarrollo hidrológico de la cuenca, se les ha diferenciado, en la medida que ha sido posible, pudiendo reconocerse las series volcánicas terciarias de las cuaternarias, y estas, de las recientes; también se ha separado las rocas volcánicas de los sedimentos cuaternarios y recientes.

Las series volcánicas terciarias están representadas por flujos de lavas basálticas, andesíticas y riolíticas y de cenizas, que subyacen discordantemente a las volcanitas cuaternarias, con una muy amplia distribución en la zona alta de la cordillera de Los Andes, formando un gran plateau volcánico que se dispone en forma discordante sobre los sedimentos continentales y las rocas volcánicas del cretaacico superior.

Las rocas volcánicas cuaternarias y recientes corresponden a flujos de lavas basálticas, andesíticas y riolíticas y flujos de cenizas y piroclastos que se disponen discordantemente sobre el plateau terciario.

Las lavas se encuentran en grandes afloramientos en torno a los centros volcánicos que les dieron origen, tales como, los volcanes Descabezado Chico, Descabezado Grande, Los Hornitos, San Pedro, etc., y en los valles superiores de algunos ríos, como es el caso del río Claro, río Cipreses, río Maule, etc., donde han

dado origen a lagunas, como la Laguna del Maule y la de La Invernada en los ríos Maule y Cipreses respectivamente. Los flujos de cenizas y priclastos se encuentran en torno a los centros emisores de volcanismo y también rellenando una buena parte de los valles intermedios así como la depresión intermedia, hasta donde habrían llegado en forma de una gran corriente de barro volcánico, producto del deshielo que se habría originado al caer grandes masas de este material incandescente sobre los enormes ventisqueros que existían en torno a los centros volcánicos y en toda la cordillera de Los Andes durante los últimos períodos glaciales cuaternarios.

Estas cenizas parecen haber rellenado todo el valle central, desde el río Claro, continuando aún, al sur del límite meridional de la hoya, quedando algunos relictos en los sectores norte y sur donde se pueden ver claramente en los cortes que existen en el camino longitudinal, al norte de Talca y a la entrada de Parral, y también en Cumpeo, en Pelarco, al este de Cauquenes, etc. No aparecen al sur del río Maule, hasta Retiro, porque posiblemente fueron erosionadas por los numerosos cursos de agua que existen en ese sector, los cuales rellenaron con depósitos fluviales esa zona, dejándola cubierta por este tipo de sedimentos, ya que, aparentemente los sondajes perforados en la hoya atraviesan las capas de cenizas volcánicas bajo la capa superior de sedimentos fluviales y lacustres.

Hacia la zona occidental, estos depósitos de origen oriental engranan con sedimentos fluviales y lacustres provenientes de la cordillera de la Costa.

A fines del terciario y comienzos del cuaternario, al producirse la caída del bloque que dió origen al valle central, se produjo un cambio en el nivel de base de los ríos provenientes de la cordillera de Los Andes y se formaron nuevos ríos tanto en este sector como en la cordillera de la Costa; los primeros, ya existentes, debieron ahondar su cauce, lo que se refleja, por ejemplo, en que el río Maule desarrolló un cauce nuevo, erodando una barrera de roca que le desviaba hacia el norte, y formó un cono con una pendiente bastante mayor que la que tenía originalmente, como se puede deducir de la diferencia de cota entre el lecho actual del río, y el nivel freático; este último se encuentra 6 metros por debajo del primero.

Los demás ríos, especialmente aquellos que recién se formaron, comenzaron a desgastar la roca para formar su cauce. Todo esto significó una fuerte erosión y una gran depositación en la fosa tectónica recién abierta, hasta que fue rellenada.

Contemporáneamente se produjeron las glaciaciones, las cuales aportaron gran cantidad de material removido desde las zonas al-

tas, y también las erupciones de cenizas, que terminaron por rellenar completamente la depresión. De esta manera se tiene, en el valle central, una acumulación de sedimentos, provenientes de la cordillera de Los Andes,y de la cordillera de la Costa, que sobrepasan los 400 metros de espesor, como se ha podido determinar, mediante sondajes de esa profundidad, en el sector Ñiquén.

Estos sedimentos se presentan como intercalaciones de material fluvial y lacustre, lo que se ha podido concluír revisando los perfiles estratigráficos de los numerosos sondajes que se han perforado en la hoya, los que presentan abundantes interdigitaciones de sedimentos finos arcillos con arena y ripio de origen fluvial.

En base a la geología de superficie, se ha subdividido el valle central en tres sectores: sector norte, sector central y sector sur, corresponiendo cada uno de éstos, respectivamente, a la zona comprendida entre el límite septentrional y el río Maule, el río Maule y el río Liguay, y hasta el confín meridional de la hoya.

En superficie, existen grandes similitudes entre el sector norte y el sector sur, ambos presentan una cubierta de alrededor de veinte metros de cenizas volcánicas, pero en el sector norte existen, por lo menos, tres depósitos de cenizas, en profundidad, los que están interestratificados con sedimentos fluviales de poca potencia. Esta característica no ha sido posible encontrarla en el sector sur, ya sea porque las descripciones de la estratigrafía de los sondajes no ha sido realizada por un especialista en geología o quizás porque no existen los otros niveles de ceniza bajo la superficie; esto sería de interés verificarlo en las nuevas perforaciones.

El sector norte presenta en su borde nororiental, una zona donde las cenizas volcánicas han sido erosionadas por un antiguo cauce del río Maule, el que se desviaba hacia el norte, y al parecer, continuaba hacia el oeste por el cauce que hoy ocupa el río Lircay. En esta zona se encuentran, según los describen Crull y Lahghor (1969), depósitos glaciales tipo drummlins, eskers, etc. aunque trabajos posteriores no han reconocido estructuras de esta naturaleza (Karzulovic y Talloni, 1969, Birgman, 1969, y Delta Consult, 1972)

En el sector sur se presenta en superficie y hacia el oeste un engrane lateral entre las cenizas volcánicas y depósitos fluviales provenientes de la cordillera de la Costa, presentándose, en profundidad, la interdigitación entre sedimentos fluviales y lacustres que ya se mencionaba en párrafos precedentes.

El sector central expone en superficie sedimentos fluviales y, en ocasiones, de tipo lacustre, presentando bajo éstos, por lo

menos, una secuencia de cenizas volcánicas, encontrándose debajo de ella la ya mencionada interestratificación de depósitos de origen lacustre y fluvial.

En todo caso, cabe la duda acerca de la naturaleza de aquellos sedimentos finos, de granulometría de limos y arcilla, que han sido interpretados como de origen lacustre por los distintos autores. Como el personal que describe la estratigrafía que atraviesan los sondajes no tiene preparación alguna en este campo, podría ser que en alguna ocasión, los sedimentos que posteriormente se han interpretado como de origen lacustre, correspondan a cenizas volcánicas u otro tipo de sedimento, de origen glacial, volcánico o eólico.

Hoy, ya consolidados Los Andes, y en un período interglacial, los ríos intentan dar a su curso un perfil de equilibrio, y se ven detenidos en su intento por el creciente esfuerzo y la avanzada tecnología que el hombre interpone a su andar.

2.2. Geología de Superficie de la Hoya Hidrográfica del Río Maule.

2.2.a. Antecedentes.

Para la interpretación de la geología de subsuperficie, se utilizará los planos N° IV.C.3-10 y 11 del Album N° 1 en los que se ha trazado una línea de contacto entre las rocas precuaternarias y las rocas y sedimentos cuaternarios, siendo las primeras impermeables y los últimos permeables en algún grado.

Superficialmente se define todas aquellas unidades geológicas que evidencian algún grado de permeabilidad, es decir fundamentalmente los sedimentos que rellenan la depresión intermedia o valle central, según se describió anteriormente. Además, se incluyen los sedimentos que se han depositado en los valles andinos en sus cursos precordilleranos y en los valles de la cordillera de la Costa.

No se incluyen, por lo tanto, las unidades litológicas impermeables definidas en el estudio de geología regional como basamento rocoso, el cual por su parte, constituye las condiciones de borde del sistema subterráneo.

Para los efectos de esta definición e interpretación se ha recurrido a registros de sondajes construídos en la hoya hidrográfica, los cuales se encuentran casi en su totalidad en el llano central y en especial en torno a las ciudades importantes, como por ejemplo, Talca, Linares, Parral, Cauquenes. Como excepción se constituyen los sondajes perforados en el río Maule en Colbún y en las cercanías de Constitución.

Por otra parte, la gran mayoría de los sondajes han sido construídos para los efectos de dotar de agua potable a centros poblados y excepcionalmente para fines de riego, por lo que la ubicación y características de dichas obras hidráulicas no aportan antecedentes adecuados a las necesidades del presente estudio. Para ello, lo que a continuación se entrega refleja una primera aproximación a lo que es la geología de subsuperficie de la hoya y lo que es la geometría acuífera del sistema subterráneo.

Finalmente, cabe señalar que producto de las causas anteriormente señaladas, existen extensas zonas en la hoya del río Maule en las cuales no existen antecedentes de subsuperficie, por no haberse construído sondajes en ellas. En estas condiciones se encuentran las siguientes zonas:

i) Pelarco: La zona al este y norte del pueblo de igual nombre.

ii) Zona comprendida entre el río Maule por el norte; la línea Putagán-Yerbas Buenas por el sur, la Carretera Panamericana por el oeste y la línea Colbún-Panimávida por el este.

iii) Zona comprendida entre el río Achibueno y el río Longaví, y desde la Carretera Panamericana hacia el este.

iv) Zona equivalente a la hoya hidrográfica del río Purapél.

v) Zona comprendida entre la Carretera Panamericana por el este, Ñiquén-Cauquenes por el sur y Longaví-Cauquenes por el norte.

Al margen de las zonas anteriores, todos los ríos cordilleranos carecen de información estratigráfica de los sedimentos que rellenan los valles, sólo con las dos excepciones señaladas anteriormente (Constitución - Colbún).

Los sondajes con que se cuenta en la hoya hidrográfica del río Maule, figuran en los planos N°s. IV.C.3-10 y 11. Sus características principales, así como la secuencia estratigráfica que cortaron y que fue descrita por el correspondiente maestro perforista, se entregan en los Anexos N°s. IV.C.3-1 y IV.C.3-2.

El número total de sondajes asciende a 116 y el número de sondajes cuyos antecedentes estratigráficos se tiene, asciende a noventa y nueve.

2.2.b. Sectorización.
De acuerdo con lo planteado anteriormente, el valle central o de presión intermedia ha sido subdividido en tres sectores:

Norte: que corresponde al área al norte del río Maule;

Central: que corresponde al área ubicada entre los ríos Maule por el norte y Liguay por el sur;

Sur: que es el área que se extiende al sur del río Liguay.

Para los efectos de entregar una visión clara de la geología de subsuperficie, cada uno de los tres sectores mencionados a su vez han sido subdividido en ciertas áreas de características homogéneas, lo que permite de acuerdo con la información disponible, entregar información de carácter más puntual.

Lo que sigue se refiere a los planos N°s. IV.C.3-10 y 11 para la descripción que se hace de la geología de subsuperficie existente en la hoya hidrográfica del río Maule

2.2.b.1. Sector Norte. Dentro del sector norte, es decir, al norte del río Maule, debe distinguirse dos áreas, las cuales se separan por una línea imaginaria que une la ciudad de Talca con el cerro Lorna, ubicado en el extremo oriental del llano central, al este de San Clemente.

Se ha denominado al área norte de dicha línea divisoria como "area Cumpeo" y al área al sur de ella como "área San Clemente".

Por otra parte, existe una tercera área que tiene características hidrogeológicas singulares y se le ha denominado "área Talca", en las inmediaciones de la ciudad de igual nombre.

i) Area Cumpeo. En esta área se encuentra en superficie una cubierta de cenizas volcánicas de acuerdo a lo establecido en el estudio de geología regional.

Subsuperficialmente y subyaciendo a la unidad volcánica se encuentra una secuencia interestratificada de acuíferos y acuífijos, los cuales corresponden en general a sedimentos lacustres y aluviales, configurando los primeros, acuífijos, y los segundos acuíferos.

La secuencia estratigráfica de los sedimentos que han rellenado el valle central o depresión intermedia ha sido reconocida en esta área hasta una profundidad de 96.5 metros en el sondaje ubicado en Cumpeo (35°10' - 71°10' C-1), donde la unidad volcánica que se encuentra en superficie tiene una potencia de 20,4 metros y en profundidad se ha detectado la presencia de una segunda unidad de origen volcánico entre los 27 y los 37 m.

Hacia el poniente del área, en la localidad de Panguilemo, se ha detectado una tercera unidad de origen volcánico.

A continuación se entrega la profundidad y potencia de las unidades volcánicas en los sondajes citados, junto a los antecedentes de otras localidades.

Potencia de Unidades Volcánicas Area Cumpeo

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mt)	Potencia (mt)
Cumpeo	3510/7110 C-1	0.00 - 20,40	20,40
		27.60 - 37.00	9,40
Panguilemo	3520/7130 B-1	0.00 - 15.00	15.00
		21.00 - 45.50	24.50
		63.00 - y más	
Asto. Las Mercedes	3510/7110 C-2	0.00 - 26.00	26.00
Asto. San Patricio	35.20/7120 A-4	0.00 - 6.00	6.00
Asto. Las Delicias	3520/7120 C -1	0.00 - 9.00	9.00
Pelarco	3520/7120 A -1	0.00 - 4.00	4.00
San Rafael	3510/7130 B -1	0.00 - 32.00	32.00

En el caso de Pelarco y San Rafael, de acuerdo al registro de perforación (descripción macroscópica del maestro sondeador), no existiría una unidad volcánica, por lo menos hasta los 15 m. de profundidad. Sin embargo, no debe descartarse la posibilidad de que exista esta unidad y que haya sido descrita incorrectamente, siendo mal interpretada como arcilla, lo cual es posible si el estrato de origen volcánico es de poca potencia y/o se encuentra con un alto grado de meteorización, situación que es probable.

De lo anterior se desprende entonces, la existencia de toda el área denominada Cumpeo de esta unidad superficial de cenizas volcánicas, la cual debe considerarse como acuífugo.

Existen en algunos sectores corrientes de aguas superficiales cuya acción erodante ha logrado cavar un cauce a veces bastante profundo en las cenizas, llegando probablemente en aquellos casos en que la potencia de esta unidad es baja, a erodarla completamente hasta la unidad sedimentaria que subyace a las cenizas. Ejemplo que tipifica esta situación lo constituye el estero Pelarco, afluente del estero Panguilemo, donde se aprecian en los costados del valle paredes subverticales constituídas por sedimentos aluviales gruesos, del tipo bolones, ripio y grava con una matriz arenosa con bajo contenido de limo. Estos sedimentos se habrían depositado con posterioridad a la excavación de un cauce más ancho que el actual, rellenándolo y posteriormente

por cambios en el nivel base de erosión, habrían sido erodados éstos a su vez.

La situación estratigráfica que existe bajo el primer estrato volcánico (el que constituye la cubierta superficial) es diferente dentro de esta área en distintos lugares.

Así ha sido posible subdividirla en tres sub-áreas distintas: Panguilemo, Pelarco y Cumpeo.

Sub-área Panguilemo. Bajo el estrato volcánico superior, existe un estrato que va desde los 15 a los 21 mts. de profundidad, el cual puede ser clasificado como acuífero y en el caso del sondaje 3520/7130 B-1 se encontraría parcialmente saturado.

Existe un segundo acuífero, separado del anterior por una unidad estratigráfica de origen volcánico, entre los 45 y 63 mts. de profundidad. Sobreyace a una tercera unidad volcánica.

Sólo la unidad superficial es correlacionable con áreas vecinas. Las dos unidades volcánicas inferiores no tienen continuidad hacia las áreas vecinas. Así en el plano geológico se ha trazado los límites de la sub-área Panguilemo en forma tentativa, en atención a la ausencia de antecedentes que permitan definir la continuidad en esas unidades.

Esta sub-área se extendería desde los alrededores de Panguilemo y hacia el noreste.

Sub-área Pelarco. En la sub-área Pelarco no se ha detectado las dos unidades de origen volcánico más profundas, y sólo existe aquélla que se encuentra más próxima a la superficie del terreno, con una potencia de 4.0 metros.

Bajo esta unidad la columna estratigráfica reconocida se continúa con una unidad eminentemente arcillosa la cual tiene una potencia promedio de 30.0 metros.

El único acuífero reconocido tiene como techo y como base unidades arcillosas. El techo está conformado por la unidad mencionada y la base por otra unidad cuya potencia se desconoce por no haberla atravesado la perforación en su totalidad.

Los límites de esta sub-área, al igual que aquellos indicados para todas las áreas y sub-áreas de la hoya del Maule, son tentativos y su ubicación es estimada. Lo anterior debido a la baja densidad de antecedentes estratigráficos existentes.

Si se compara la estratigrafía existente en el área San Clemente se advierte una posible correlación del estrato arcilloso superficial, aunque existe por otra parte la posibilidad de que es

ta secuencia sea interrumpida por ejemplo con una sedimentación distinta, depositada por el antiguo curso del río Maule, o por el actual curso del río Lircay. De todas formas, esta unidad arcillosa tiene una potencia muy reducida en San Clemente, comparada con aquélla de Pelarco.

Esta unidad arcillosa no existiría en la sub-área de Panguilemo y Cumpeo.

Sub-área Cumpeo. La sub-área Cumpeo, y probablemente desde este pueblo hacia el este, se caracteriza por la presencia de la unidad de cenizas con una potencia alta; en Cumpeo tiene alrededor de 20 metros de potencia.

Bajo la unidad volcánica se ha reconocido un acuífero que se encuentra entre los 20.4 y los 27,60 metros de profundidad y sobreyace a otra unidad de origen volcánico.

Esta segunda unidad, probablemente sea correlacionable con aquélla detectada en la sub-área Panguilemo, situación que sobre la base de los antecedentes existentes no es posible confirmar con certeza.

De la descripción anterior de las tres sub-áreas que conforman el área Cumpeo , se desprende la existencia de uno o más acuíferos. En aquellos casos en que se ha detectado más de un acuífero, generalmente el más profundo es el acuífero principal.

Excepción la constituye la sub-área Cumpeo donde el acuífero principal es el más somero.

La profundidad a la cual se encuentra este acuífero principal, que a su vez es el principal del área, al igual que la potencia que posee en las distintas localidades, se entrega a continuación:

Area Cumpeo Profundidad y Potencia de Acuífero Principal.

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mts)	Potencia (mts)
Asto. San Patricio	3520/7120 A-4	16.0 a 40.0	24.0
Asto. Las Delicias	3520/7120 C-1	45.0 a 60.0	15.0
Pelarco	3520/7120 A-1	35.0 a 48.0	13.0
San Rafael	3520/7130 D-1	35.0 a 39.0	4.0
Panguilemo	3520/7130 B-1	45.5 a 63.0	17.5
Cumpeo	3510/7110 C-1	20.4 a 27.6	7.2
Asto. Las Mercedes	3510/7110 C-2	26.0 a 30.0	4.0

Cabe señalar nuevamente, que el sondaje de Panguilemo incluído en el cuadro anterior, tiene este acuífero principal subyaciendo a un estrato de cenizas volcánicas.

Del cuadro anterior se desprende que este acuífero principal existe en toda el área Cumpeo; las potencias menores se encuentran principalmente hacia los márgenes del área: norte y noreste.

Es posible, de acuerdo a lo planteado anteriormente en relación a la geología de subsuperficie del área Cumpeo, que este acuífero principal sea correlacionable y tenga continuidad en toda el área.

Sin embargo, debe señalarse que debido a los diversos mecanismos de depositación de los sedimentos que rellenan la depresión intermedia, es posible que a la luz de nuevos antecedentes estratigráficos que se obtuviera, la continuidad que en la actualidad se insinúa, se vea interrumpida por la existencia de una columna estratigráfica fundamentalmente distinta.

ii) Area San Clemente. Se ubica al sur de la línea cerro Lorna-Talca y llega hasta la ribera norte del río Maule.

Se caracteriza por no encontrarse, por lo menos hasta la profundidad máxima reconocida (51 mts.) la unidad de origen volcánico que se ha detectado en el área de Panguilemo. Ello concuerda con lo planteado anteriormente, donde se estableció la acción erodante del río Maule a través del curso que siguió hacia el norte del cerro Maitenes.

Dentro del área podemos individualizar dos sub-áreas: una primera paralela al río Maule y próxima a él, y una segunda entre ésta y el límite con el área Cumpeo. El límite entre las dos subáreas no es posible indicarlo exactamente en atención a la baja densidad de sondajes existentes y por ende de antecedentes estratigráficos.

La sub-área más alejada del Maule, se caracteriza por presentar un estrato arcilloso cuyo techo es la superficie del terreno y cuya base se encuentra entre los 16 y 18 metros de profundidad.

La sub-área próxima al Maule no presenta este estrato arcilloso o el contenido de arcilla que tiene es muy inferior o esta fracción se encuentra ausente.

En ambas sub-áreas se ha detectado, aproximadamente desde 18 metros de profundidad, un acuífero principal de potencia variable entre 16 y 32 metros, cuya composición granulométrica corresponde a grava y arena con una matriz limosa y baja porción de material de granulometría más gruesa del tipo ripio y bolones.

Se presenta a continuación la potencia y profundidad a la cual se encuentra el acuífero principal.

Profundidad y Potencia Acuífero Principal

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mts)	Potencia (mts)
Aurora	3520/7130 D-1	25.0 a 35.0	10 y más
San Clemente	3530/7120 A-1	16.0 a 48.0	32
Chequén	3530/7130 B-1	16.0 a 25.0	9 y más
Tres Esquinas	3530/7130 B-2	18.0 a 34.0	16

Generalizando, podemos decir que esta área posee un acuífero principal que tiene propiedades hidrogeológicas similares al acuífero principal de la sub-área de Pelarco, según las constantes elásticas que se ha determinado en ambos casos, según se verá más adelante.

iii) Area Talca. El área Talca tiene como límite oriental una línea imaginaria que parte desde el cerro El Aguila y llega hasta los cerrillos Caiván y Esperanza y se continúa hacia la cordillera de la Costa.

En esta área se ha detectado la cubierta de cenizas volcánicas que existe en el área de Cumpeo y no se ha detectado otra unidad de origen volcánico en profundidad.

La potencia de esta unidad superficial se presenta a continuación.

Potencia de Unidad Volcánica Superficial

Localidad	Coordenadas	Potencia (mts)
Recinto DOS Talca	3520/7130 C-9	18.0
Recinto DOS Talca	3520/7130 C-10	18.0
Recinto DOS Talca	3520/7130 C-11	17.0
Recinto DOS Talca	3520/7130 C-12	17.0
Recinto DOS Talca	3520/7130 C-14	19.0
Recinto DOS Talca	3520/7130 C-15	18.0
Yarza S.A. Talca	3520/7130 C-19	10.0
A.P. Talca (Pob. Rebolledo)	3520/7130 C-24	5.0
A.P. Talca Río Claro	3520/7140 B-1	2.0
A.P. Talca Río Claro	3520/7140 B-3	2.0
A.P. Talca Río Claro	3520/7140 B-4	2.0
C.C.U. Talca	3520/7140 D-4	4.5

En esta área existen algunos registros de sondajes que indican la ausencia de esta unidad volcánica superficial. Ello probablemente se debe a que ésta ha sido erosionada, si se tiene en cuenta que la potencia disminuye a medida que se aproxima al río Claro (sondajes A.P. Talca Río Claro).

Bajo esta unidad, se ha detectado una interestratificación de acuíferos y acuífijos, representados por sedimentos aluviales medios y gruesos los primeros, y por sedimentos arcillosos los segundos.

Para los efectos de visualizar la geología de subsuperficie en el área Talca se ha trazado un perfil estratigráfico simplificado que pasa a través de la mayoría de los sondajes representativos del área.

Cabe señalar que debido a la alta densidad de sondajes que tiene el área Talca, ha sido posible intentar el trazado señalado.

En dicho perfil estratigráfico se incluyen los sondajes del recinto de agua potable de Río Claro, los más alejados hacia el oeste y el sondaje 3520/7130 C-21, el más distante hacia el este. El perfil incluye los sondajes existentes en el recinto de agua potable ubicado al costado del cerrillo San Luis.

Subyaciendo a la unidad descrita, existe en toda el área una secuencia interestratificada de acuíferos y acuífijos, correspondiendo los primeros a sedimentos principalmente fluviales de granulometría grande y mediana, y los segundos a sedimentos finos del tipo arcilla.

El estrato que se ubica inmediatamente bajo la unidad volcánica corresponde a sedimentos gruesos en la parte occidental del área y a sedimentos altamente arcillosos hacia el oriente.

El sector occidental posee bajo la unidad volcánica un acuífero el cual presenta una intercalación de sedimentos arcillosos poco potentes y lenticulares. Este acuífero se continúa hacia el este, habiéndose detectado en todos los sondajes, con la sola diferencia de tener como techo, en la parte oriental, un estrato limo-arcilloso de escasa potencia el cual a su vez subyace a la unidad volcánica.

Bajo este primer acuífero se ha detectado en forma generalizada para toda el área, un estrato semipermeable descrito como conglomerado arcilloso, el que granulométricamente contiene una mezcla relativamente heterógenea de todas las fracciones desde bolones hasta arcilla, predominando la proporción de los sedimentos finos. Genéticamente podría constituir este estrato una corriente de barro o lahar. Su potencia varía entre 14 y 7 metros.

Se ha detectado intercalado en esta unidad conglomerádica, hacia el este del área, un pequeño estrato que reviste condiciones de acuífero (de acuerdo a su granulometría) el cual tiene una continuidad lenticular hacia el oeste, donde no se ha detectado.

La secuencia estratigráfica se continúa en profundidad con un segundo acuífero formado por sedimentos probablemente aluviales gruesos y medios del tipo bolones, ripio, grava y arena con contenido de arcilla y limo muy bajo o nulo. Este acuífero presenta potencias variables entre dos y 14 metros, encontrándose la potencia menor hacia el centro del perfil estratigráfico.

Bajo el segundo acuífero aparece un estrato de arcilla gris que ha sido descrito hacia la parte occidental como conglomerado arcilloso. Tiene una potencia reconocida de 17 metros, en el sondaje 3520/7130 C-9, no habiéndose cortado su base en el resto de los sondajes. En este mismo sondaje se detectó un estrato acuífero de un metro de potencia intercalado entre este estrato de arcilla y la roca fundamental. Esta última se detectó a los 65 mts. de profundidad. Cabe señalar que esta profundidad a que se encuentra la roca fundamental impermeable resulta baja debido a la presencia del cerrillo isla San Luis. En el resto del área probablemente se le encuentra a una profundidad mucho mayor.

2.2.b.2. Sector Central. El sector central se caracteriza por tener una distribución periférica de los sondajes, en el sentido de haberse construído éstos en pueblos existentes en el sector, los que se encuentran tanto en el borde oriental como en el borde occidental del mismo, y también en el borde sur.

El área central de este sector no tiene sondajes, y, en consecuencia, no existen antecedentes estratigráficos que permitan identificar unidades hidrogeológicas.

Sobre la base de lo anterior y fundamentalmente de las diferencias de las características hidrogeológicas detectadas, así como debido a las diferencias en la génesis probable de cada área, hemos dividido el sector central en las siguientes áreas: Maule Sur, Linares, Longaví, Villaseca y Melozal.

i) Area Maule Sur. Esta área limita por el norte con el río Maule y por el sur con una línea que une el extremo norte del cerro Quilipín con un punto intermedio entre Colbún y Panimávida (ver planos N°s. IV.C.3-10 y 11), y abarca todo el valle central o de presión intermedia.

Como se dijo anteriormente, en el área sólo existen antecedentes en el borde oriental, específicamente en la localidad de Colbún

y sus alrededores, donde existe una secuencia estratigráfica consistente en una interestratificación entre sedimentos aluviales, de buena selección, tamaño grande a mediano bolones y gravilla), y sedimentos finos del tipo arcilla y limo.

De acuerdo con el registro del sondaje 3540/7120 B-4 existiría en la localidad de Colbún un acuífero constituído hasta 22.00 metros de profundidad, el cual no se encuentra saturado.

Subyaciendo y separando este acuífero de otro que continúa en profundidad, existe un estrato de arcilla de 1.5 metros de potencia. El acuífero inferior ha sido reconocido hasta los 38 metros y está constituído por sedimentos de granulometría inferior a aquella del estrato superior, consistente en grava y arena con baja proporción de bolones hacia su base.

Este sondaje caracterizaría entonces el borde oriental del área Maule Sur. El borde occidental estaría representado por los sondajes construídos en San Javier, que aunque si bien es cierto éstos se encuentran ubicados próximos al cerro isla Virgen de San Javier y corresponden al área definida como "área San Javier - Villa Alegre", representan a través de su registro del material perforado, a esta área.

En San Javier, sondaje 3530/7140 D-2, se ha detectado una interestratificación de acuíferos compuestos de fracciones medias del tipo arena y ripio los primeros, y arcilla en mayor o menor proporción los segundos. La potencia y profundidad de ellos es la siguiente:

Potencia y Profundidad Acuíferos y Acuífijos - San Javier

DE	A	Potencia	Descripción
0.0	1.5	1.5	Arcilla, tierra, vegetal
1.5	14.0	12.5	Acuífero
14.0	26.0	12.0	Acuífijo
26.0	37.0	11.0	Acuífero
37.0	47.0	10.0	Acuífijo

El espesor total reconocido alcanza en San Javier a sólo 47 metros y en Colbún a 37 metros, en circunstancias que se estima que el espesor del paquete sedimentario que rellena el valle central es probablemente superior a los 200 metros. Por ello, y sobre la base de la escasa información que se tiene del área Maule Sur, debemos enfatizar que es probable que esta interestratificación de acuíferos y acuífijos se mantenga relativamente invariable hasta la profundidad señalada anteriormente.

Por otra parte, debe tenerse presente lo antedicho, dónde la génesis de los sedimentos que interesan está en los productos de glaciaciones, en condiciones lucustrinas (probablemente temporales), a volcanismo y a depositación de flujos laháricos, para concluír finalmente con ciclos de depositación fluvial similar a la que actualmente está en proceso en el área.

En atención a estas consideraciones, debe suponerse la posibilidad de la existencia de sedimentos con características hidrogeológicas tales que los definen como acuíferos, más allá de la escasa profundidad reconocida en el área de Maule Sur.

ii) Area Linares. Esta área tiene como límite por el norte el límite sur del área de Maule Sur; su límite sur está conformado por una línea imaginaria que une las nacientes del estero Quiuquenes con el cerro Quilipín pasando al sur de la ciudad de Linares, su límite occidental lo da el cerro Quilipín y su límite oriental la precordillera.

La cantidad de antecedentes estratigráficos aportados por los sondajes construídos en el área, si bien es baja (15 sondajes) se encuentran distribuídos con cierta uniformidad en cuanto a su ubicación y, por otra parte, abarcan un espesor importante de sedimentos que rellenan el valle central o depresión intermedia.

Los antecedentes más profundos se han obtenido en los pozos del agua potable de Linares, con una potencia reconocida de 170 metros, dentro de los cuales existe una interestratificación de acuíferos y acuífijos por sedimentos de granulometría gruesa a media los primeros, y por arcilla en variadas proporciones los segundos.

Dentro del área de Linares, puede distinguirse las siguientes sub-áreas: Rari, Yerbas Buenas, Linares, San Antonio, Terminal Enap-Miraflores, Putagán.

Sub-área Rari. Dentro de esta sub-área se incluyen el valle del río Rari y toda su área de influencia hacia el oeste, abarcando, en cuanto a los antecedentes que se tiene, el pueblo y Termas de Panimávida.

La influencia mencionada consiste en el aporte de sedimentos aluviales hacia el llano central a través del río Rari, aporte fundamentalmente de granulometría más chica que el relleno de la depresión intermedia, aunque sin embargo por ser sedimentos depositados por corrientes aluviales, tienen permeabilidad aceptable.

En esta sub-área de Rari se ha reconocido hasta los 44 metros de profundidad en el pozo 3540/7120 C-1. Tanto en este sondaje como

en los demás que se han construído en el área, se ha detectado un estrato superficial fundamentalmente compuesto de arcilla, el cual tiene una potencia variable entre 4 y 10,5 metros, encontrándose las potencias menores hacia aguas arriba del valle.

Subyaciendo a este estrato, existe un acuífero constituído por fracciones gruesas del tipo bolones, ripio y un bajo contenido de arcilla. La potencia de este acuífero es variable entre 21 y 26 metros en la zona de Rari y se acuña hacia aguas abajo hasta llegar sólo a 1,3 metros en el sondaje 3540/7120 C-1. Sin embargo, en las áreas inmediatas al este de este sondaje, sólo se ha reconocido el paquete sedimentario hasta los 30 metros de profundidad, existiendo entonces la posibilidad de que este estrato acuífero tenga una potencia mayor.

Bajo este estrato de 1,3 metros de potencia existe una interestratificación de sedimentos arcillosos posiblemente lenticulares y gruesos, conformando acuíferos y acuífijos. La profundidad y potencia de estos acuíferos es la siguiente:

Profundidad y Potencia Acuífero Interestratificado - Rari

DE	A	Potencia	Observación
10.5	11.8	1.3	Acuífero principal
29.8	35.0	5.2	
36.8	41.9	5.1	

Sub-área Yerbas Buenas

Esta sub-área se encuentra contigua hacia el oeste de la sub-área Rari y limita por el sur aproximadamente con el río Putagán y por el oeste con el cerro Quilipín.

En general posee características hidrogeológicas similares a la sub-área contigua hacia el este, siendo la granulometría de Yerbas Buenas más arcillosa que la de Rari.

El único antecedente que se posee es el del sondaje 3540/7130 B-1, el cual refleja la última situación, la cual se presenta a continuación.

Estratigrafía Sub-área Yerbas Buenas

DE	A	Potencia	Descripción
0.0	1.5	1.5	Arcilla
1.5	2.0	0.5	Grava, arena - Acuífero
2.0	5.0	3.0	Conglomerado arcilloso-Acuífijo
5.0	7.5	2.5	Grava, arena, poca arcilla - Acuífero baja permeabilidad
7.5	10.5	3.0	Conglomerado, arcilla, grava y ripio - Acuífijo

De	A	Potencia	Descripción
10.5	30.5	20.0	Formación de bolones, arcilla, grava con intercalación de arena.

De acuerdo a la descripción entregada en el cuadro anterior, revestiría condiciones de acuífero solamente el estrato de 0.5 metros de espesor que se encuentra próximo a la superficie de terreno.

Aquel que se encuentra entre 5,0 y 7,5 metros de profundidad tiene arcilla, lo que baja su permeabilidad. El estrato más profundo, si bien tiene alto contenido de arcilla, posee estratos arenosos de poca potencia, los cuales pueden tener condiciones de permeabilidad interesante, aunque su continuidad probablemente sea del tipo lenticular. Este estrato tendría escurrimiento subterráneo sometido a presión hidrostática, es decir tendría surgencia provocada por una mayor presión que aquella de los acuíferos que lo sobreyacen.

Sub-área Linares.
Esta sub-área se encuentra entre los ríos Putagán y Achibueno y limita por el este con una línea imaginaria que pasaría entre Linares y San Antonio.

Se tiene registro de sondajes que permiten visualizar la estratigrafía del relleno del valle central hasta 170 metros de profundidad.

Al igual que todo el valle central, se encuentra en esta subárea una interestratificación de sedimentos de granulometría gruesa con sedimentos de granulometría chica. Las potencias de estos últimos son en general elevadas, llegando a valores tan altos como 35 metros en el sondaje 3550/7130 B-2.

Los acuíferos por otra parte, son de espesor bajo, y en general son pocos. Sobre la base de los pozos para el agua potable de Linares, se indica la profundidad y potencia de los acuíferos principales.

Profundidad y Potencia Acuíferos Linares

De	A	Potencia	Sondaje
102.0	108.0	6.0	3550/7130 B-2
158	170.0	12.0	
101.0	110.0	9.0	3550/7130 B-3
152.0	165.0	13.0	

Sub-área San Antonio.
La sub-área San Antonio se encuentra inmediatamente hacia el este de la sub-área Linares. Está representada por el sondaje 3550/7130 B-5 construído en el pueblo de San Antonio.

La estratigrafía reconocida es correlacionable con aquélla de la sub-área Linares, aunque aquí se ha detectado un mayor número de acuíferos, fundamentalmente arenosos, ubicados a menor profundidad que aquéllos que se detectan en la sub-área contigua.

La profundidad y potencia a que se encuentran estos acuíferos en esta sub-área es la siguiente:

Profundidad y Potencia Acuíferos - San Antonio

DE	A	Potencia	Descripción
8.70	11.65	2.95	Arena fina
13.00	16.60	3.60	Arena y ripio
20.15	20.90	0.75	Ripio, bolones
47.60	49.45	1.75	Arena y ripio
59.85	61.50	1.65	Arena y ripio
73.90	78.00	4.10	Ripio, arena gruesa con arena fina
115.20	118.30	3.10	Ripio, arena

La diferencia existente entre este sondaje y aquéllos de Linares, en el sentido de haberse detectado un mayor número de acuíferos, debe buscarse en que San Antonio se encuentra en el área de influencia de depositación probablemente cruzada de los ríos Ancoa y Achibueno.

Sub-área Terminal Enap-Miraflores.
Se ha denominado así, a la sub-área que tiene como límite sur el límite del sector sur, límite norte las sub-áreas Linares y San Antonio, límite este, la precordillera y oeste, una línea aproximadamente norte-sur que parte del cerro Higuerillas.

La potencia máxima reconocida es de sólo 46 metros. Se ha detectado la típica interestratificación de acuíferos y acuífijos.

Las profundidades a que se encuentran y las potencias que tienen estos acuíferos en las distintas localidades, son las siguientes:

Profundidad y Potencia Acuíferos - Terminal Enap-Miraflores

De	A	Potencia	Sondajes
10.0	12.5	2.5	3550/7130 A-1
32.0	45.0	13.0	
1.5	8.0	6.5	3550/7130 C-1
12.5	50.0	37.5	

Cabe señalar que el segundo acuífero del primer sondaje señalado tiene un contenido de arcilla que baja la permeabilidad con respecto al primer acuífero.

En el caso del segundo sondaje, a juzgar por su rendimiento, es posible que dentro del espesor de sedimentos de 37,5 metros deben existir estratos con preponderancia de material fino, los cuales no han sido descritos por el perforista.

Sub-área Putagán.
Esta sub-área se encuentra inmediatamente al oeste del cerro Quilipín. Está caracterizada por los antecedentes estratigráficos aportados por el sondaje 3540/7140 D-2 para el agua potable del pueblo de Putagán.

Aquí se ha detectado un solo acuífero de 3 metros de espesor que se ubica entre los 16 y los 19 metros. El resto de la columna estratigráfica reconocida (40 metros en total), corresponde a sedimentos finos con alta proporción de arcilla y limo, lo que se debe probablemente al efecto de pantalla que ha tenido el cerro Quilipín ante la depositación sedimentaria del valle central proveniente del este.

iii) Area San Javier - Villa Alegre.
Esta área tiene como límite oriental, el límite occidental del área Maule Sur, como límite occidental el río Loncomilla, como límite norte el río Maule y como límite sur el río Putagán.

Estratigráficamente se caracteriza por presentar una zona acuífera que tiene como techo el suelo agrícola y como base, estratos con alto contenido de arcilla. La potencia de esta zona acuífera es variable, siendo menor en la parte norte del área. La profundidad y potencia que ésta tiene es la siguiente:

Profundidad y Potencia Zona Acuífera San Javier - Villa Alegre

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mts)	Potencia (mts)
San Javier	3530/7140 D-2	2.00 a 37.00	35.00
Villa Alegre	3540/7140 B-3	0.00 a 55.00	55.00

El acuífero principal en la parte sur se encuentra entre los 26 y los 30 metros de profundidad, en cambio en la parte norte, éste se encuentra próximo a la superficie del terreno.

La estratigrafía de la parte norte del área (San Javier) podría representar también el área de Maule Sur.

Por otra parte, en Bobadilla existe otro sondaje que representa condiciones especiales por haberse construído inmediatamente al oeste del cerro Bobadilla que allí existe, el cual produjo efectos de pantalla ante la depositación de sedimentos del Maule.

iv) Area Melozal.
Corresponde esta a la rinconada donde se encuentra Melozal, la cual tiene como límite este, el río Loncomilla.

Se ha reconocido hasta una profundidad de 55 metros.

Tiene una interestratificación de acuíferos y acuífijos y presenta como rasgo notable, estratos de material volcánico que se encuentran bajo el suelo agrícola con dos metros de potencia y a una profundidad de 36 metros con potencia de 4 metros.

Bajo el estrato volcánico inferior, existen sedimentos finos con un muy alto contenido de arcilla.

Teniendo como techo y como base estratos de origen volcánico, existe un material sedimentario aluvial con contenido de arcilla bajo, el cual constituye el acuífero del área, y se encuentra entre los 20 y 24 metros de profundidad.

v) Area Villaseca.
Tiene como límite este los cerros de Higuerillas, de Bureo y de Mantul, y corresponde a una sección del río Perquilauquén, desde su confluencia con el río Purapel. El límite norte lo da la rinconada de Calivoro y el límite sur el cerro Colimávida.

Se conoce de la existencia de un sólo sondaje que se perforó para el abastecimiento de agua potable de Villaseca (3550/7150 B-1), el cual tiene una profundidad de 31,5 metros.

Hasta dicha profundidad, se detectó un solo acuífero desde los 12 hasta los 24 metros, el que se encuentra enmarcado entre dos estratos arcillosos que constituyen acuífijos, y está constituído probablemente por sedimentos fluviales aportados por el río Perquilauquén.

Dada la presencia de los cerros del límite este, los cuales emergen de la superficie del valle como cerros islas, es posible que configuren en superficie una barrera hidrogeológica, razón por la cual debería esperarse bajo los 31 metros de profundidad, un espesor relativamente considerable de sedimentos arcillosos.

2.2.b.3. Sector Sur. El sector sur se extiende desde el río Liguay hacia el sur, hasta el límite de la hoya hidrográfica del río Maule.

Incluye la superficie desde la cordillera de Los Andes hasta la cordillera de la Costa en Cauquenes.

Dentro de este sector es posible identificar las siguientes áreas: Longaví-Ñiquén, Perquilauquén Superior, Quella y Cauquenes.

i) Area Longaví-Ñiquén. Esta área tiene como límite norte, el límite del sector central. Por el sur, limita con el extremo meridional de la hoya hidrográfica del río Maule.

Fundamentalmente, el área Longaví-Ñiquén equivale a una franja de dirección aproximada NE - SW, que cubre la parte central de la depresión intermedia, e incluye el área desde el pueblo de Longaví hasta Ñiquén por el sur. El límite oeste está dado por una línea que une el cerro Higuerillas con el cerro Peñuelas, y el límite este, por una línea que va desde San Gregorio hasta el cerro Mesamávida.

Los antecedentes que se tiene corresponden a aquéllos aportados por los sondajes construídos en Santa Teresa de Retiro, Retiro, Copihue, Parral, Flor de Ñiquén, en los cuales se ha reconocido hasta una profundidad de 334 metros.

Una característica relevante de esta área es la presencia en subsuperficie de estratos de origen volcánico, los cuales se encuentran a variadas profundidades y tienen en general poca potencia. La profundidad y potencia a que se encuentran estos estratos es la siguiente:

Profundidad y Potencia de Unidad Volcánica Area Longaví-Ñiquén.

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mts)	Potencia (mts)
Longaví	3550/7140 D-1-2	3.0 a 11.0	8.0
Sta. Luisa Retiro	3600/7140 B-1	7.0 a 12.0	5.0
Santa Teresa	3600/7140 A-3	2.2 a 7.2	5.0
Retiro		124.0 a 126.7	2.7
		151.5 a 153.8	2.3
Copihue	3600/7140 C-2	0.0 a 14.0	14.0
Parral	3600/7140 C-4	16.0 a 36.0	20.0
		41.0 a 89.0	48.0
		204.0 a 210.0	6.0
Flor de Ñiquén	3610/7150 C-1	0.0 a 1.6	1.6
		270.0 a 272.0	2.0
		312.0 a 315.0	3.0
Flor de Ñiquén	3610/7150 C-3	0.0 a 5.0	5.0
		110.0 a 125.0	15.0

En toda el área se detecta este estrato volcánico acuífugo, en superficie, bajo el suelo agrícola. Cabe señalar que sobre la base de los antecedentes de pruebas de bombeo, es probable en la parte norte de esta área esta unidad se encuentre muy agrietada e intemperizada.

Se detectó además en profundidad, otros estratos volcánicos, los cuales no se han detectado hacia el extremo oriental del llano central, lo cual obliga a definir entonces otra área dentro del sector sur: área Perquilauquén Superior.

En el área Longaví-Ñiquén, bajo el estrato volcánico superficial, se ha reconocido una alternativa de sedimentos lacustres y aluviales, los cuales conforman acuífijos y acuíferos de variadas permeabilidades.

La profundidad y espesor de los acuíferos reconocidos en el área es la siguiente:

Profundidad y Potencia Acuíferos Reconocidos - Longaví-Ñiquén.

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mts)	Potencia (mts)
Longaví	3550/7140 D-2	11.00 a 39.50	28.50
Sta.Luisa Retiro	3600/7140 B-1	32.00 a 43.00	11.00
		55.00 a 63.00	8.00
		64.00 a 70.50	6.50
Sta, Teresa Retiro	3600/7140 A-3	13.60 a 17.00	3.40
		33.50 a 36.30	2.80
		32.70 a 38.80	1.10
		39.60 a 40.70	1.10

IV.C.3. Aguas subterráneas.

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mts)	Potencia (mts)
Sta.Teresa Retiro	3600/7140 A-3	74.30 a 75.50	1.20
		89.00 a 90.30	1.30
		116.00 a 124.40	8.40
		150.50 a 153.80	3.30
Retiro	3600/7140 A-2	5.00 a 12.00	7.00
		34.00 a 39.00	5.00
		90.00 a 104.00	14.00
Parral	3600/7140 C-4	14.00 a 16.00	2.00
		36.00 a 41.00	5.00
		89.00 a 91.00	2.00
		121.00 a 125.00	4.00
		176.00 a 180.00	4.00
		182.00 a 190.00	8.00
Flor de Ñiquén	3610/7150 C-3	5.00 a 20.00	15.00
		22.00 a 23.00	1.00
		40.00 a 42.00	2.00
		60.00 a 67.00	7.00
		91.00 a 98.00	7.00
		125.00 a 130.00	5.00
		139.50 a 141.00	1.50
		145.00 a 147.00	2.00
		159.00 a 160.00	1.00
		161.00 a 166.00	5.00
		171.00 a 172.00	1.00
		173.00 a 183.00	10.00
		190.00 a 191.00	1.00
Flor de Ñiquén	3610/7150 C-1	6.00 a 21.00	15.00
		31.00 a 46.00	15.00
		64.00 a 68.00	4.00
		71.00 a 72.00	1.00
		95.00 a 100.00	5.00
		116.00 a 126.00	10.00
		133.00 a 140.00	7.00
		145.00 a 149.00	4.00
		158.00 a 166.00	8.00
		175.00 a 181.00	6.00
		192.00 a 200.00	8.00
		210.00 a 212.00	2.00
		214.00 a 217.00	3.00
		220.00 a 222.00	2.00
		230.00 a 242.00	12.00
		245.00 a 247.00	2.00
		249.00 a 264.00	15.00
		270.00 a 272.00	2.00
		286.00 a 292.00	6.00
		324.00 a 334.00	10.00

Del cuadro anterior se desprende la existencia en profundidad de acuíferos constituídos por sedimentos medios del tipo arena cuya potencia es relativamente baja, en comparación con los acuí fijos presentes, los cuales tienen potencia sobre los 63 metros, en cambio los acuíferos tienen como máxima potencia reconocida sólo 15 m. Hacia la base del espesor de sedimentos reconocidos, se advierte la interestratificación de sedimentos medios (arena) y finos (arcilla).

Las potencias máximas de acuíferos reconocidos se encuentran en general bastente profundos, bajo los 210 m., y en consecuencia, en la parte noreste del área, sólo se ha reconocido acuíferos cu ya potencia no sobrepasa los 10 m.

En la parte del extremo sur y extremo norte del área, se ha detec tado un acuífero que se encuentra a poca profundidad y que tiene potencias interesantes de hasta 15 m.

De acuerdo con el registro del sondaje 3610/7150 C-3, los estra- tos arcillosos que se ubican por sobre los 60 m. de profundiad, provocarían el confinamiento del escurrimiento subterráneo, el cual produce la surgencia que experimentan los pozos de esta par te del área (sondajes 3610/7150 C-3, D-1).

Por otra parte se advierte una cierta correlación entre los acuí- feros. Así se logra correlacionar los acuíferos de la forma que se presenta a continuación.

Correlación Tentativa Acuíferos Area Longaví-Ñiquén

Santa Luisa	Retiro	Santa Teresa	Parral	Flor de Ñiquén	Flor de Ñiquén	San Antonio	Asent. Vence remos
32-43	34-39	33-36	36-41	40- 42	31- 46	36- 39	27- 36
						45- 49	39- 42
55-63						51- 56	
64-70				60- 76	64- 68		64- 69
		74-75				75- 81	74- 84
		89-90	89-91				
	90-104			91- 98	95-100	100-105	
		116-124	121-125		116-126	118-143	113-120
				125-130			124-148
				139-141	133-140		
				145-147	145-149		
		150-153					
				159-160	158-166	163-164	164-168
				161-166			
			176-180	171-172	175-181	169-173	173-180
				173-183		175-187	
			182-190				
				190-191	192-200	194-203	200-203

Del listado anterior se desprendería entonces la existencia en toda el área de a lo menos los siguientes niveles acuíferos, mencionados de menor a mayor profundidad, y que se indican a continuación:

Niveles Acuíferos en Zona Longaví-Ñiquén

Profundidad (mts)	Potencia (mts)
31 - 46	15
90 - 104	14
118 - 143	25
158 - 166	8
171 - 183	12
194 - 203	9

Por otra parte, existen zonas acuíferas que se ubican a poca profundidad, las cuales han sido detectadas en ciertos sondajes poco profundos, como por ejemplo: Longaví, San Gregorio.

ii) Area Perquilauquén Superior. Se ha designado con este nombre el área que limita por el oeste con el área Longaví-Ñiquén, por el norte con el límite del sector central, por el sur con el límite de la hoya hidrográfica del Maule y por el este, con la precordillera.

Esta representada, esta área, por los antecedentes que aporta el sondaje 3620/7140 A-1, con un total de 265 metros perforados.

En esta área no se destaca la serie de estratos de origen volcánico que se ha detectado en el área vecina hacia el oeste. En superficie se detecta el estrato volcánico común a todo el sector sur.

Los acuíferos reconocidos son los siguientes:

Profundidad y Potencia Acuíferos reconocidos Area Perquilauquén Superior

Localidad	Coordenadas	Profundidad (mts)	Potencia (mts)
Colliguay Chacay	3620/7140 A-1	63.5 a 80.0	16.5
		82.8 a 129.0	46.2
		136.0 a 167.3	31.3
		170.5 a 185.5	15.0
		189.0 a 210.0	21.0
		217.0 a 219.0	2.0
		226.0 a 263.5	37.5

Se advierte la existencia de acuíferos cuya potencia es notablemente superior a aquella del área contigua (Longaví-Ñiquén). Esta relación se explica por la cercanía de esta área a la fuente de origen del material sedimentario que ha rellenado la depresión intermedia (cordillera de Los Andes).

A medida que nos alejamos de la cordillera, los sedimentos depositados disminuyen su granulometría y es frecuente encontrar depósitos de material tan fino como arcilla que poseen una continuidad del tipo lenticular.

De acuerdo al sondaje 3620/7140 A-1, el acuífero principal corresponde a aquél que se encuentra a mayor profundidad entre los 226 y los 263,5 metros de profundidad.

En el área de Colliguay-Chacay se ha detectado por otra parte, un potente espesor de material arcilloso que va desde los 2,2 hasta los 63,5 metros de profundidad, el cual probablemente provoca confinamiento al escurrimiento subterráneo.

Los acuíferos señalados anteriormente en general guardan una cierta correlación con aquellos indicados para el área vecina Longaví-Ñiquén.

iii) Area Quella. Se ha designado con el nombre de "Area Quella", a la superficie del valle central comprendida entre el río Perquilauquén por el este y el río Cauquenes por el oeste (entre los cerros Quipato y de Gualve). El límite sur está dado por una línea que une al cerro Quella con los cerros de Gualve. El límite corresponde a una línea que une el cerro El Robo con la confluencia del estero Curipeumo con el río Perquilauquén y se continúa hasta los cerros de la cordillera de la Costa, hacia el oeste.

Es un área de poca extensión, en la cual no existen antecedentes de sondajes perforados, razón por la cual, sobre la base de la geología regional, la fotointerpretación y el control de terreno, se dará una visión preliminar de la geología de subsuperficie.

Corresponde esta área a una zona de depositación mixta, es decir, debe existir una interestratificación de sedimentos provenientes tanto de la cordillera de Los Andes como de la cordillera de la Costa. Los primeros de granulometría relativamente chica y los segundos de granulometría comparativamente mayor.

Es posible encontrar en profundidad una interestratificación de acuífijos con una disposición similar a aquella señalada para el área Longaví-Ñiquén, situación que deberá dilucidarse más adelante en una etapa de factibilidad, a través de perforaciones de reconocimiento y prueba de los acuíferos.

iv) Area Cauquenes. Esta área corresponde al valle del río Cauquenes. En su parte oriental, se ha detectado unos depósitos de conglomerados de espesor variable, del orden de 50 metros, los cuales presumiblemente se continúan en sub-superficie .

En los sondajes construídos en Cauquenes, en el lecho del río, se ha reconocido un espesor de sedimentos de 50 metros constituídos por fracciones gruesas y medias del tipo ripio, grava y arena

En superficie existe un estrato arcilloso, en las terrazas del río, al igual que a una profundidad intermedia y en la base de la perforación.

La profundidad y potencia de los acuíferos detectados es la siguiente:

Profundidad y Potencia Acuíferos Detectados-Cauquenes.

De	A	Potencia
0.0	22.5	22.5
23.6	38.9	15.3

La situación reflejada más arriba, es previsible encontrarla en todo el valle del río Cauquenes, hasta llegar al área de Quella.

v) Area Purapel. El área Purapel corresponde a la hoya hidrográfica del río del mismo nombre.

Aunque no se tiene antecedentes de sondajes perforados en el área, es posible inferir las condiciones de superficie sobre la base de antecedentes geomórficos, los cuales indican que en el valle del río Purapel la sedimentación se ha desarrollado en forma relativamente tranquila, de tal manera que los materiales que se encuentran rellenando el valle y que constituyen el sistema subterráneo tienen granulometría en general media a chica.

Es probable encontar una estratificación de sedimentos finos y sedimentos de tamaño mayor, con estratos frecuentemente lenticulares, con potencias del orden de 50 metros.

Por otra parte, y especialmente en las secciones inferiores del valle de Purapel se advierte la presencia de roca impermeable muy próxima a la superficie del terreno por una parte o definitivamente aflorando en la superficie en los suaves lomajes que se desarrollan en el área.

Es posible entonces, la existencia de embalses subterráneos compuestos de sedimentos del tipo arena y grava, que se encontrarían enmarcados por los flancos del valle y por probables umbrales ro-

cosos que interrumpirían su continuidad longitudinal.

vi) Area de Valles de la cordillera de la Costa. Se incluyen dentro de esta área los estratos afluentes del río Cauquenes entre los que destacan los siguientes: estero Liucura, río Cauquenes aguas arriba de la ciudad de igual nombre, río Del Rosal, estero Culenco o Las Garzas, estero El Arenal y estero Belco, éste último, junto al estero Vaquería de Pocillas, afluentes del Perquilauquén.

Sólo existen antecedentes estratigráficos obtenidos de pozos perforados en Pocillas (3600/7210 D-3) y en Santa Sofía (3550/7220 D-2)

Todos estos valles tienen un relleno aluvial de granulometría relativamente chica, siendo preponderante las fracciones tamaño arcilla y limo.

Constituyendo paleocauces se encuentran sedimentos de granulometría mayor del tipo arena y grava, con potencias relativamente bajas.

En Pocillas, se ha reconocido el espesor total de relleno sedimentario con una potencia de 43 metros, el cual tiene en general un alto contenido de arcilla en el total de la columna estratigráfica, tendiendo ésta a disminuír en profundidad, mezclándose con gravilla y arena.

En Santa Sofía se ha reconocido un espesor de 45 metros del paquete sedimentario, sin haberse llegado al basamento rocoso.

Al igual que en el resto de los valles de la cordillera de la Costa, la presencia de arcilla en la columna estratigráfica es importante, especialmente en los niveles más cercanos a la superficie. Hacia la base de la columna estratigráfica la proporción de arcilla disminuye levemente.

vii) Area Perquilauquén Inferior. Esta área tiene como límite norte, oeste y sur el río Perquilauquén. Por el este limita con una línea imaginaria que une el cerro Higuerillas con el cerro Peñuelas.

No existe en esta área antecedentes de sondajes perforados en ella.

Se estima que es probable que en subsuperficie presente una interestratificación de acuíferos y acuífijos de poca potencia, y que éstos a su vez sean relativamente correlacionables con el área contigua hacia el este (Longaví-Ñiquén).

Los acuíferos, producto de encontrarse alejados de la fuente de origen de los sedimentos que los constituyen, probablemente tengan una granulometría pequeña del tipo arenosa.

La unidad de origen volcánico que existe en el sector central está presente en el área.

2.2.b.4. Area Vaquería. Corresponde esta área a la hoya hidrográfica del estero Vaquería, que se ubica al poniente de la ciudad de San Javier.

No existen antecedentes de pozos perforados en el área y es sobre la base de geomorfología que es posible insinuar estratigrafía de subsuperficie.

Así, es posible la existencia de un paquete sedimentario que rellena el valle con potencias del orden de 50 metros.

La granulometría se estima chica y con preponderancia de sedimentos arcillosos interestratificados con acuíferos arenosos.

2.2.b.5. Area de Valles Andinos. Dentro de esta subdivisión se incluyen los valles de los ríos que drenan hacia la depresión intermedia, y entre los cuales se encuentran los siguientes: Claro, Maule, Putagán, Ancoa, Achibueno, Longaví, Perquilauquén.

Con la excepción de la angostura de Colbún, en el río Maule, no existen antecedentes de pozos construídos.

La característica general y probablemente la más relevante de estos valles, es la presencia de un relleno sedimentario principalmente aluvial el cual tiene características de permeabilidad relativamente altas.

La potencia del paquete sedimentario puede estimarse del orden de 60 - 80 metros.

2.2.b.6. Area Pencahue. Corresponde está área a la hoya del estero Los Puercos. A través del sondaje perforado para el agua potable de Pencahue (3520/7140 A-1) se ha reconocido estratigráficamente una potencia de 41 metros, sin haberse detectado la roca fundamental.

El relleno sedimentario consiste en una alternancia de acuíferos arenosos con acuífijos arcillosos.

Es probable que esta secuencia se mantenga en todo el valle, con un leve aumento de la granulometría hacia aguas arriba.

En esta área es notable el alto contenido de fracciones tipo arcilla en el estrato más superficial.

3. HIDROGEOLOGIA.

3.1 Sinopsis de funcionamiento de la cuenca.

El sistema subterráneo de la cuenca del río Maule se encuentra enmarcado en rocas impermeables las cuales fijan las condiciones de borde del sistema. Las rocas más antiguas se encuentran en la parte occidental del área, en la cordillera de la Costa, y las más nuevas en la cordillera de Los Andes, hacia el oriente del área.

Ambas cadenas orográficas fijan límites geomorfológicos del sistema subterráneo, limitándolo al valle central y a las rinconadas que existen en el flanco oriental de la cordillera de la Costa.

Los límites meridional y septentrional del sistema lo forman los materiales depositados por los conos de rodados o abanicos aluviales de los ríos limítrofes en las hoyas de los ríos Itata y Mataquito respectivamente.

En relación a las características geológicas de sub-superficie, se distinguen tres sectores: norte, central y sur.

El primero de ellos, definido desde el río Maule hasta el límite septentrional de la cuenca, tiene un estrato de origen volcánico en superficie, el cual cubre prácticamente la totalidad del sector.

El sector central, ubicado entre los ríos Maule y Liguay, no presenta este estrato superficial de origen volcánico.

El sector sur, que tiene como límites el río Liguay y el borde meridional de la cuenca, presenta nuevamente el estrato de origen volcánico en superficie.

En los tres sectores se ha reconocido la columna estratigráfica con distintas profundidades. Así en el sector norte la potencia máxima reconocida alcanza a alrededor de los 65 metros; en el sector central alcanza a 175 metros; y en el sector sur, a 334 metros.

Hidrogeológicamente se distingue en cada sector acuíferos diferentes en cuanto a sus características de potencia, profundidad y constantes elásticas. En general, las potencias son bajas, inferior a la decena de metros, y se encuentran normalmente en estado de confinamiento o semiconfinamiento. Acuíferos de mayor potencia y que tengan escurrimiento libre, se encuentran sólo en el extremo meridional del sector norte y en el extremo septentrional del sector central.

Las características de transmisibilidad son variables entre 50m2/día y 8.000 m2/día. Los valores inferiores se encuentran en los valles de la cordillera de la Costa y los superiores en los valles de la cordillera de Los Andes en su ingreso al valle central. Valores intermedios de "T" se encuentran en este último.

El coeficiente de almacenamiento "S" varía entre 10-1 y 10-5. El primer valor se encuentra en los acuíferos libres y el segundo en aquellos confinados. Valores intermedios se detectan en acuíferos semiconfinados, siendo éstos los más conocidos y frecuentes.

La recarga principal del sistema subterráneo de la cuenca del Maule proviene de las precipitaciones que caen sobre ellas, así como del agua aplicada al riego. Los órdenes de magnitud de ambas fuentes de recarga son similares y mayores que aquella recarga producida por pérdidas en los cursos superficiales.

La recarga potencial por riego ocurriría en una superficie total de 445.866 hectáreas con un volúmen anual de 870,15 millones de metros cúbicos.

La recarga potencial por precipitaciones se desarrolla en una superficie total de 624.531 hectáreas con un volúmen total anual de 1.198,80 millones de metros cúbicos.

La recarga producto de pérdidas en cursos superficiales se ha calculado en 621,49 millones de metros cúbicos al año y corresponde exclusivamente a aportes del río Maule.

En el resto de los ríos, considerados en un régimen anual y a lo largo de todo el curso dentro de la depresión intermedia, arrojan un balance positivo en el sentido de que sufren recuperaciones en vez de pérdidas.

Otra fuente de recarga del sistema subterráneo del Maule, está constituída por el ingreso de agua subterránea hacia la depresión intermedia a través de los valles de la cordillera de Los Andes. Esta recarga se ha estimado como volúmen anual total en 128,60 millones de metros cúbicos.

El movimiento del agua subterránea, definido éste a través de las curvas equipotenciales, se efectúa hacia la salida natural

del sistema subterráneo y superficial: el río Maule a través de la cordillera de la Costa. En la parte oriental de la cuenca el movimiento es en general de este a oeste; en el norte es de norte a sur y en el sur es de sur a norte. El flanco oriental de la cordillera de la Costa, especialmente las rinconadas que allí existen, drenan subterráneamente hacia el este, es decir, hacia el valle central.

El gradiente hidráulico es en general bajo, e inferior al uno por ciento. Se advierte variaciones entre un mínimo de 0,13 en el sector norte y 1,43 en el sector central.

La profundidad a que se encuentra el agua subterránea en la cuenca es pequeña. Esta situación se advierte tanto en la franja central del valle central como en el borde occidental de ella, donde la profundidad del nivel estático no sobrepasa los cinco metros de profundidad.

En algunas áreas existe surgencia local, como es el caso de Abránquil y sus alrededores, y en otras, esta surgencia es más extendida, como es el caso de Ñiquén.

Como descarga del sistema aparecen en primer lugar de importancia las recuperaciones que experimentan los cursos superficiales mediante el aporte de agua subterránea a su caudal.

Otra descarga natural es aquella consistente en el drenaje natural del sistema a través del valle del río Maule y del valle del río Claro. El orden de magnitud es muy inferior a aquella descarga señalada precedentemente.

Como descarga artificial se ha cuantificado la explotación de agua subterránea. Esta explotación esciende a un volúmen total anual de aproximadamente 40 millones de metros cúbicos.

Finalmente, las características químicas del agua subterránea permiten clasificarla como aptas para cualquier uso, y especialmente sus concentraciones de aniones y cationes son inferiores a aquellos señalados como máximos permisibles de acuerdo a la norma I.N.N. para agua potable.

3.2. Coeficientes Elásticos.

3.2.a. Antecedentes.

Un acuífero es una unidad hidrogeológica que tiene la capacidad de almacenar y transmitir agua subterránea.

Un acuífijo es una unidad hidrogeológica que almacena pero que no transmite aguas subterráneas.

Un acuífugo es una unidad hidrogeológica que no almacena ni transmite aguas subterránes.

Las unidades hidrogeológicas definidas se presentan realmente como en profundidad en toda la hoya del río Maule, frecuentemente intercaladas las dos primeras y éstas a su vez, apoyadas en la tercera unidad.

El dimensionamiento de estas unidades se logra a través de la geología de subsuperficie y a través de los coeficientes elásticos de ella.

La geología de subsuperficie se ha expuesto in extenso en el subcapítulo correspondiente y lo que se entrega en el presente subcapítulo se basa precisamente en lo expuesto anteriormente.

Los coeficientes elásticos que permiten dimensionar las unidades hidrogeológicas son fundamentalmente dos: la transmisibilidad y el coeficiente de almacenamiento:

Transmisibilidad. Es la razón de flujo (caudal) producido bajo un gradiente hidráulico unitario, a través de una sección del acuífero de ancho unitario y espesor igual a aquél del acuífero. Se designa por el símbolo T y tiene dimensiones de longitud 3/ tiempo x longitud o bien longitud2/tiempo. Se expresa normalmente en m3/día/m ó en m2/día.

Coeficiente de Almacenamiento. Es el volúmen de agua que entrega o almacena un acuífero por superficie unitaria y por descenso unitario de la carga hidráulica perpendicular a la superficie unitaria. Se le designa por el símbolo S y es adimensional. Se le expresa normalmente como relación porcentual.

Cabe señalar que los coeficientes elásticos serán definidos, para los acuíferos identificados en la hoya del Maule, en función de los antecedentes existentes, cuyas limitaciones se señalan en el anexo N° IV.C.3-3.

3.2.b. Método de Trabajo.

El mecanismo para la determinación de los coeficientes elásticos, que permite llegar a resultados satisfactorios consiste en realizar un bombeo controlado en un sondaje, midiendo la variación que experimenta el nivel del agua subterránea durante el bombeo y con posterioridad a él, en función del caudal y del tiempo.

Estas mediciones se efectúan en el sondaje sujeto a bombeo y en uno o varios sondajes cercanos.

Para la interpretación de los resultados obtenidos del bombeo existen numerosos métodos, los cuales se aplican específicamente para cada una de las condiciones hidráulicas a que se encuentra sometido el acuífero que se está probando.

Puesto que en el presente estudio hidrogeológico se ha dispuesto de diversos antecedentes de pruebas de bombeo, se ha aplicado en la interpretación los métodos que se reseñan a continuación.

i) Método de Meyer. Rex Meyer ha construído un gráfico en el cual se compatibiliza la variación del valor de la transmisibilidad en función del gasto específico para caudal cero, conociendo de antemano el valor del coeficiente de almacenamiento.

Este método permite obtener un orden de magnitud del valor de T, y es ampliamente utilizado en aquellos casos en que sólo se dispone de la curva de agotamiento del sondaje. Se entiende por curva de agotamiento la variación del nivel dinámico, a partir del nivel estático en función del aumento de caudal.

ii) Método de Hantush-Jacob. Este método es aplicable en aquellos ensayos de bombeo en los cuales se cuenta con pozo de observación cuando se trata, en general, de acuíferos semiconfinados, de acuíferos freáticos con drenaje retardado (es válido durante un intervalo de tiempo intermedio solamente) y de acuíferos que se encuentran por encima o por debajo de una capa semifiltrante y a través de la cual puede circular verticalmente cierta cantidad de agua.

El procedimiento consiste en la superposición del gráfico (log s, log t) obtenido de las variaciones de nivel sufridas por el sondaje de observación durante el bombeo, con los gráficos de curvas tipo (log u,B), y log 1/u) que tienen como parámetro el valor B.

iii) Método de Boulton. Al igual que el método anterior, se le utiliza en aquellos casos en que se ha contado con pozo de observación. Es aplicable fundamentalmente al tipo de acuíferos caracterizados como freáticos que presentan drenaje retardado durante el bombeo para los instantes finales del proceso.

Para el cálculo de la transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento se procede por superposición de la curva (log s, log t) con las curvas tipo entregadas por el método.

iv) Método de Dupuit. Este método permite el cálculo de la transmisibilidad bajo la hipótesis de regimen permanente de bombeo. Se requiere contar por lo menos con un pozo de observación y es utilizable en acuíferos confinados y semiconfinados (estos últimos con las reservas del caso). La ecuación que permite calcular la transmisibilidad es la siguiente:

$$T = 0{,}366\ Q\ \frac{\log \frac{r2}{r1}}{s1 - s2}$$

v) Método De Jacob. Se denomina también método de aproximación logarítmica y es aplicable al sondaje sometido a ensayo tanto en la etapa de bombeo como en la de recuperacion. En la primera, se utliza el gráfico (lot t, s) y en la segunda, el gráfico (log t/t', s) aproximándose en ambos casos a una recta los puntos dibujados.

Permite solamente el cálculo de la transmisibilidad y en general, los gráficos utilizados ofrecen la posibilidad de caracterizar el acuífero en estudio en función de la forma de las curvas obtenidas.

También es aplicable el sondaje de observación, procediéndose en este caso de la misma forma que la señalada para el pozo de bombeo.

vi) Método de Theis. Denominado también método de la curva tipo; es aplicable a acuíferos confinados que carecen de recarga y el agua es cedida a expensas del coeficiente de almacenamiento en forma instantánea.

Se requiere de pozo de observación ya que las variaciones a que éste se encuentra sometido durante el bombeo se llevan a un gráfico (log s, log t) el cual es superpuesto a la curva tipo de Theis.

Se calcula así la transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento del acuífero comprometido por el sondaje bombeado.

vii) Método de Hantush (penetración parcial). Se le utiliza en acuíferos de Theis cuando el pozo de bombeo y de observación son parcialmente penetrantes con sectores ranurados ubicados a partir del techo del acuífero pero de longitud menor que el espesor del acuífero.

El procedimiento se basa en la superposición de la curva (log s, log t) obtenido del pozo de observación con las curvas tipo log M (u, B), y log 1/u correspondientes al método. Se calcula así la permeabilidad y coeficiente de almacenamiento del acuífero.

3.2.c. Presentación de Resultados.
En el anexo N° IV.C.3-3 se presenta los valores de coeficientes elásticos obtenidos para cada sondaje, en base a los antecedentes de pruebas de bombeo realizadas anteriormente y las experiencias practicadas en el curso del presente estudio.

En lo que sigue se resume lo entregado en el anexo señalado, entregando valores de coeficientes elásticos para cada una de las áreas y sub-áreas que se ha definido en el sub-capítulo de geología de superficie.

Es interesante destacar que debido a la baja densidad de antecedentes que existen en el área, se ha optado por definir los valores para cada área o sub-área completa, entendiendo en todo caso, que el valor considerado pudiera sufrir algunas variaciones dentro de la superficie que representa. De todas formas estas variaciones no resultan significativas para la escala de trabajo del presente estudio, pero un valor así acotado permite calcular órdenes de magnitud de caudales subterráneos escurrentes y de volúmenes de agua subterránea embalsada.

En los planos N°s. IV.C.3-11 y 12 se ha ubicado geográficamente los valores considerados para cada subdivisión de la cuenca del Maule. En ellos se indican los valores de la transmisibilidad, y de los coeficientes de almacenamiento (señalando el lugar donde han sido estimados, en función de la geología de subsuperficie).

3.2.d. Coeficientes elásticos.

3.2.d.1. Sector Norte.

i) Area Cumpeo.
Sub-área Panguilemo. El acuífero principal detectado a través del sondaje de Panguilemo que tipifica esta sub-área, se encuentra entre los 45,5 y los 63 metros de profundidad. La sobreyace y subyace material de origen volcánico el cual actúa como estrato prácticamente impermeable y en consecuencia condiciona el escurrimiento subterráneo de tal forma que se trata entonces de un acuífero confinado.

Cabe señalar que sobre el estrato de origen volcánico que le sirve de techo a este acuífero profundo existe otro acuífero el cual se encuentra parcialmente saturado.

El valor del coeficiente de transmisibilidad que se ha adoptado es

$T = 200$ m2/día

para un coeficiente de almacenamiento estimado de

$S = 10^{-5}$

y para un espesor reconocido de 63 metros.

Para un espesor total mínimo a 100 metros, la transmisibilidad considerada es de T = 400 m2/día.

Sub- área Cumpeo. Tipificada esta sub-área por el sondaje del Asentamiento Las Mercedes (3510/7110 C-2), presenta un acuífero confinado entre los 26 y 30 metros, el que se encuentra saturado. Su techo está constituído por un estrato relativamente potente (26 metros) de sedimentos de origen volcánico.

Este hecho define a dicho acuífero como confinado o levemente semiconfinado, debido en este último caso a que en ciertos sectores el estrato confinado es posible que posea un cierto grado de permeabilidad vertical, que si bien es cierto es bajísimo, puede contribuír a generar un cierto flujo vertical hacia el acuífero.

El valor del coeficiente de transmisibilidad adoptado es:

$T = 1.200$ m2/día

para un coeficiente de almacenamiento estimado de

$S = 10^{-5}$

y para un espesor de 30 metros reconocidos.

En esta sub-área se ha reconocido por otra parte el relleno del valle central hasta una profundidad de 96,5 metros, en el pozo Cumpeo.

De acuerdo a los antecedentes de la construcción de este sondaje se ha podido definir, en función de la variación del nivel del espejo de agua durante la perforación, que el acuífero señalado para esta área correspondería a un acuífero colgado, es decir, que posee un límite inferior (base) impermeable, bajo el cual, los sedimentos no se encuentran saturados o solo lo están parcialmente.

De encontrarse saturado el acuífero inferior, el cual se ha detectado entre los 37 y los 47 metros de profundidad, se elevaría el valor de transmisibilidad señalado a un orden a magnitud de:

$T = 1.500$ m2/día

Sub-área de Pelarco. El acuífero reconocido y probado en Pelarco entrega valores de:

$S = 10^{-4}$ y $T = 1.500$ m2/día

Puesto que se ha reconocido y probado solo hasta los 50 metros de profundidad, y se tiene antecedentes de áreas vecinas que permiten estimar un espesor del relleno sedimentario como mínimo de 10 metros es que para esta sub-área se consideran los coeficientes elásticos siguientes:

$S = 10^{-4}$ y $T = 2.000$ m2/día

Debe enfatizarse que el espesor del relleno sedimentario puede tener valores de 200 metros o más; sin embargo, con los antecedentes de que se dispone, no es posible dilucidar esta incógnita. De ello se desprende entonces que es probable que el valor de transmisibilidad señalado sea mayor.

ii) Area San Clemente. Como se señalara en el subcapítulo de geología de subsuperficie, esta área presenta dos sub-áreas cuyo límite no ha sido posible trazar. En aquélla donde se presenta un acuífero semiconfinado, los valores de los coeficientes de almacenamiento considerados para el espesor reconocido son:

$S = 10^{-4}$ y $T = 1.000$ m2/día

Para la sub-área paralela y próxima al río Maule, donde el acuífero reconocido y correlacionable con el anterior posee escurrimiento libre, los valores de los coeficientes de almacenamiento adoptados son:

$S = 10^{-2}$ y $T = 1.600$ m2/día

La potencia del relleno sedimentario que se ha reconocido en esta área alcanza 51 metros. Los coeficientes elásticos que se adoptarán para una potencia del paquete sedimentario de 100 metros son:

$S = 10^{-4}$ y $T = 2.000$ m2/día

ara la sub-área alejada del Maule.

Para aquella próxima al río Maule, éstos son:

$S = 10^{-2}$ y T = 2.000 m2/día.

iii) Area Talca. Los acuíferos reconocidos en el área Talca tienen los siguientes coeficientes elásticos:

Acuífero superior: $S = 10^{-4}$ y T = 1.300 m2/día
Acuífero inferior: $S = 10^{-4}$ y T = 700 m2/día

Debe considerarse sin embargo que estos valores corresponden a situaciones medias, encontrándose valores diferentes para condiciones puntuales.

Estos valores corresponden al espesor reconocido de 60 metros. Si se asigna valores a coeficientes elásticos para un espesor de sedimentos del orden de 100 metros, potencia probable para el área,se adoptarán los siguientes valores:

$S = 10^{-4}$ y T = 2.000 m2/día

iv) Consideraciones finales para el sector norte. Los valores entregados precedentemente pueden sintetizarse brevemente diciendo que en general, el sector norte posee valores de coeficientes elásticos de los acuíferos relativamente homogéneos.

Así en las áreas Talca y San Clemente, así como en las sub-áreas Pelarco y Cumpeo los coeficientes elásticos son variables entre:

$S = 10^{-2}$ a 10^{-4}

T = 1.500 m2/día a 2.000 m2/día.

El coeficiente de almacenamiento de 10^{-4} representa a la mayor parte del sector, incluyendo la sub-área Panguilemo, y aquel de 10-2 sólo representa a una porción menor del sector.

El coeficiente de transimibilidad se ha demostrado con variaciones mayores para el sector, habiéndose calculado en torno a 200 m2/día para la sub-área adosada a la cordillera de la Costa, la cual cubre una extensión relativamente importante en el sector norte.

3.2.d.2. Sector Central.

i) Area Maule Sur. No existen antecedentes estratigráficos ni de pruebas de bombeo que representan a esta área, salvo en su extremo oriental. Sin embargo, es posible asignarle características hidráulicas al espesor saturado de sedimentos que rellenan el valle central, similares a aquellos del área San Clemente y del área San Javier - Villa Alegre, ambas colindantes con el área Maule Sur.

Lo anterior, sobre la base de la geología regional, la cual define una génesis igual para toda el área de influencia en cuanto a sedimentación del río Maule.

En este contexto se asigna los siguientes coeficientes elásticos para un espesor saturado del orden de 100 metros.

$S = 10^{-2}$ y T = 3.500 m2/día

ii) Area Linares.

Sub-área Rari. Esta sub-área representa condiciones geológicas de subsuperficie relativamente singulares, las cuales corresponden a aquéllas del valle del estero Rari. Este ha adoptado y depositado sedimentos en general finos a la sedimentación impuesta en el área, de tal forma que los coeficientes elásticos se ven notablemente disminuídos con respecto a aquéllos determinados para áreas vecinas en el valle central.

Se asignará a esta sub-área para todo el espesor saturado de los sedimentos acuíferos estimado en 70 metros, una transmisibilidad y almacenamiento de:

$S = 10^{-4}$ y T= 200 m2/día

Sub-área Yerbas Buenas. Para el espesor de sólo 20 metros reconocido en esa sub-área el valor de transmisibilidad calculado, y aquél del coeficiente de almacenamiento (estimado) es:

$S = 10^{-5}$ y T = 50 m2/día

Sin embargo, para un espesor saturado de 100 metros del relleno sedimentario se considerará

$S = 10^{-5}$ y T = 200 m2/día

Sub-área Linares. En la sub-área Linares se ha reconocido dos acuíferos principales, ambos semiconfinados, los cuales tienen los siguientes coeficientes elásticos:

Acuífero Superior : $S = 10^{-3}$ y $T = 400$ m2/día
Acuífero Inferior : $S = 10^{-4}$ y $T = 600$ m2/día

Por otra parte los sedimentos que sobreyacen el acuífero superior, principalmente finos, poseen una cierta transmisibilidad que incrementa el valor total del espesor reconocido de 175 metros.

De esta forma, se asignará un valor de los coeficientes elásticos para el espesor señalado de

$S = 10^{-4}$ y $T = 1.300$ m2/día

Finalmente, cabe señalar que sobre la base de los antecedentes estratigráficos que se posee de otras áreas ubicadas hacia el sur de ésta, es posible estimar el espesor de relleno sedimentario en los 250 metros aproximadamente.

Se considera para este espesor los siguientes valores de los coeficientes elásticos:

$S = 10^{-4}$ y $T = 1.700$ m2/día

Sub-área San Antonio. A través del sondaje ubicado en esa sub-área, se ha calculado el valor de los coeficientes elásticos correspondientes a los sedimentos que sobreyacen al acuífero superior identificado en la sub-área contigua hacia el oeste (Linares). Los resultados son:

$S = 10^{-4}$ y $T = 300$ m2/día

Puesto que estos valores representan a la zona acuífera ubicada hasta los 63 metros de profundidad, para un espesor de sedimentos que contienen acuíferos de 250 metros se tienen:

$S = 10^{-4}$ y $T = 1.700$ m2/día

Sub-área Terminal Enap-Miraflores. Para el espesor reconocido en esta sub-área (50 metros) el valor de los coeficientes elásticos es relativamente homogéneo, teniendo las siguientes variaciones, por tratarse de acuíferos semiconfinados.

$S = 10^{-4}$ a 10^{-5} y T = 200 m2/día a 500 m2/día

Los valores anteriores tienen validez para la porción oriental de esta sub-área.

Hacia el occidente, las condiciones de transmisibilidad y almacenamiento sufren notables variaciones, aumentando a los siguientes valores, por tratarse de un acuífero libre.

$S = 10^{-2}$ y T = 2.500 m2/día

En este sentido, la porción oriental sería correlacionable con la sub-área Linares y la occidental con el área San Javier - Villa Alegre.

Sobre la base de las diferencias anotadas, se considerará para un espesor saturado de 200 metros, un valor de almacenamiento y transmisibilidad de acuerdo a la siguiente subdivisión.

Porción Oriental : $S = 10^{-4}$ y T = 1.000 m2/día
Porción Occidental : $S = 10^{-2}$ y T = 3.500 m2/día

Sub-área Putagán. Para el espesor de sedimentos reconocido en esta área, el cálculo de la transmisibilidad suponiendo un coeficiente de almacenamiento para acuífero semiconfinado de 10-4 es

$S = 10^{-4}$ y T = 90 m2/día

Dada la ubicación de esta área, hacia el oeste del cerro Isla Quilipín los sedimentos son principalmente finos y su potencia es probablemente baja, por sobreyacer a la roca fundamental que se encuentra a poca profundidad. De esta forma se supone una potencia promedio para la sub-área de 100 metros, y se le asignará los siguientes valores de los coeficientes elásticos.

$S = 10^{-4}$ y T = 200 m2/día

iii) Area San Javier - Villa Alegre. Esta área contiene una zona acuífera, entendiendo por ello un espesor de sedimentos que contiene proporciones variables de finos, aunque sin embargo éstos se encuentran en baja cantidad por lo que es difícil definir estratos netos y acuíferos con límites claros.

Por otra parte el comportamiento de este paquete sedimentario varía de un punto a otro.

Por estas razones se ha calculado los valores de los coeficientes elásticos tomando como unidad todo el espesor reconocido.

Así en la parte norte del área, representado por los pozos de San Javier, los valores calculados son:

Acuífero Superior : $S = 10^{-1}$ (estimado) T = 2.500 m2/día
Acuífero Inferior : $S = 10^{-3}$

Estos valores concuerdan con aquellos determinados para el área de San Clemente y en general para el área Maule Sur.

Cabe señalar que el espesor reconocido es de sólo 47 metros.

En la parte sur del área, representado por los sondajes de Villa Alegre, los valores calculados para un espesor reconocido de sesenta metros son:

$S = 10^{-4}$ y T = 2.500 m2/día

Para un espesor de sedimentos de 100 metros se considerarán los siguientes valores de coeficientes elásticos:

Parte Norte : $S = 10^{-3}$ y T = 3.500 m2/día
Parte Sur : $S = 10^{-4}$ y T = 3.500 m2/día

iv) Area Melozal. A la rinconada de Melozal se le ha calculado los siguientes coeficientes elásticos para una potencia reconocida de 55 metros, para acuíferos semiconfinados.

(estimado) $S = 10^{-4}$ y T = 300 m2/día

Para una potencia probable de 100 metros de relleno sedimentario, se considerarán los siguientes valores:

$S = 10^{-4}$ y T = 500 m2/día

v) Area Villaseca. Representa el valle inferior del río Perquilauquén, y en consecuencia, el acuífero detectado en los 315 metros reconocidos, probablemente tenga sedimentos aluviales gruesos y medios, los que le imprimen características hidráulicas interesantes. Este acuífero corresponde a uno del tipo semiconfinado.

(estimado) $S = 10^{-4}$ y T = 900 m2/día

Para una potencia total de relleno sedimentario del orden de 100 metros se considerará:

$S = 10^{-4}$ y $T = 1.500$ m2/día

vi) Comentarios finales para el Sector Central. De acuerdo a los valores obtenidos para el coeficiente de transmisibilidad en el sector central, se ha individualizado una zona que corresponde a las sub-áreas Rari y Yerbas Buenas que actuaría como barrera hidrogeológica, presentando sedimentos de baja transmisibilidad, cuyo valor es de alrededor de 200 m2/día.

En los primeros 50 metros del espesor saturado, esta condición de baja transmisibilidad se prolonga hacia el sur, a las sub-áreas de Linares y San Antonio y a la zona oriental del área Terminal Enap-Miraflores.

Por otra parte, rodeando a este umbral hidrogeológico, se encuentran otras áreas que se caracterizan por contener acuíferos con transmisibilidades de un orden de magnitud mayor que los señalados para la zona del umbral.

Cabe señalar sin embargo que en profundidad es probable que las condiciones de transmisibilidad sean homogéneas y se encuentren valores del orden de 1.500 a 2.000 m2/día. Esta situación se ve corroborada por los sondajes de Linares y San Antonio.

En relación con el coeficiente de almacenamiento, éste se ha demostrado relativamente invariable en todo el sector central. Por regla general, al tratarse de acuíferos y en general sedimentos cubiertos por estratos relativamente impermeables, este coeficiente elástico varía entre 10-3 y 10-5.

Como excepción constituye la zona próxima al río Maule, donde este coeficiente, adquiere valores mayores, del orden de 10-1 y 10-2.

3.2.d.3. Sector Sur.

i) Area Longaví- Ñiquén. Esta área tiene la mayor extensión dentro de la hoya hidrográfica del río Maule y es a la vez la que se ha reconocido estratigráficamente hasta una profundidad mayor (334 metros).

La totalidad de los acuíferos reconocidos poseen escurrimiento confinado.

Se ha calculado a través de pruebas de bombeo, y de la consiguiente interpretación de ellas, los coeficientes elásticos para los niveles acuíferos señalados para esta área en el subcapítulo correspondiente a geología de subsuperficie , valiéndose del hecho de que algunos sondajes poseen habilitación sólo en algunos de los niveles acuíferos que se atravesó en la perforación.

Los valores obtenidos para los niveles acuíferos mencionados son los siguientes:

Coeficientes elásticos de nivelación acuíferos en el área de Longaví-Ñiquén.

Nivel Acuífero (mts)	Transmisibilidad t (m2/día)	Almacenamiento
16 - 46	1.500	10^{-2}
60 - 70	250	10^{-4} (*)
90 - 104	150	10^{-4}
107 - 120	200 (*)	
140 - 146	100 (*)	
158 - 168	100 (*)	10^{-4} (*)
182 - 190	100	
194 - 203	100	
Otros más profundos	500	

(*) Valor estimado

Para el área Longaví-Ñiquén se considerará los siguientes coeficientes como representativos de un espesor saturado del orden de 350 metros.

$S = 10^{-2}$ y 10^{-4} y $T = 3.000$ m2/día

ii) Area Perquilauquén Superior. En esta área se habilitó sólo un acuífero, el cual se encuentra entre los 226 y los 263,5 metros de profundidad.

Los coeficientes elásticos calculados son los siguientes:

$S = 10^{-4}$ (*) y $T = 3.000$ m2/día

Sobre la base de los antecedentes que aporta el área contigua hacia el oeste (Longaví-Ñiquén), se considerará un valor de la transmisibilidad para un espesor de sedimentos del orden de 300 metros de

$S = 10^{-4}$ (*) y T = 4.500 m2/día

(*) Valor estimado

iii) Area Quella. A partir de los antecedentes de las áreas vecinas al área Quella, así como de las hipótesis planteadas en el subcapítulo de geología de subsuperficie, se estima que el valor de la transmisibilidad es probablemente del orden de 1.500 m2/día para una potencia de sedimentos del orden de 200 metros.

Para la potencia señalada se considerará un coeficiente de almacenamiento del orden de 10-4.

iv) Area Cauquenes. En esta área existen sedimentos fundamentalmente aluviales, los cuales permiten un escurrimiento libre no semiconfinado, entendiéndose en este último caso que se trata de acuíferos con propiedades intermedias entre aquellos semiconfinados y aquellos libres, puesto que la permeabilidad horizontal de la capa o estrato que sobreyace al acuífero no puede ser ignorada.

Para un espesor de los sedimentos aluviales, estimado en 80 metros, se considerará los siguientes coeficientes elásticos:

$S = 10^{-2}$ (*) y T 1.000 m2/día

(*). Valor estimado

v) Area Purapel. Puesto que no existen antecedentes de sondajes perforados en esta área, ha sido necesario estimar los valores de los coeficientes elásticos sobre la base de los antecedentes de áreas próximas.

Así, se considerará los siguientes valores de almacenamiento y transmisibilidad para una potencia de sedimentos de 50 metros.

$S = 10^{-3}$ (*) y T = 500 m2/día (*)

vi) Area de valles de la cordillera de la Costa. A los valles mencionados se les asignará los siguientes coeficientes elásticos, basados en los antecedentes entregados anteriormente, y una potencia de sedimentos de 50 metros.

$S = 10^{-4}$ (*) y T = 100 m2/día (*)

vii) Area Perquilauquén Inferior. Producto de la inexistencia de antecedentes de sondajes y por ello de pruebas de bombeo, los coeficientes elásticos han debido estimarse sobre la base de áreas vecinas.

Así se considerará para un espesor del relleno sedimentario de 300 metros, los siguientes valores de transimisibilidad y almacenamiento:

$S = 10^{-4}$ y T = 2.500 m2/día

3.2.d.4. Area Vaquería. Debido a la inexistencia de antecedentes en el valle del estero Vaquería, los coeficientes elásticos han debido ser estimados también en este caso sobre la base de las área vecinas y son los siguientes, para una potencia de relleno sedimentario de 50 metros:

$S = 10^{-5}$ (*) y T = 100 m2/día

(*) Valor estimado

3.2.d.5. Area de Valles Andinos. Se tiene antecedentes de coeficientes de almacenamiento determinados para el valle del río Maule en la angostura de Colbún, los cuales se señalan a continuación:

$S = 10^{-3}$ y T = 7.776 m2/día

En función de la granulometría de los sedimentos depositados en los valles andinos, la cual es a su vez función de la pendiente y del ancho del valle, es posible estimar los siguientes coeficientes elásticos para los valles que conforman esta área o unidad hidrogeológica.

Los valores siguientes reflejarían las condiciones de los sedimentos de los valles que se señalan en secciones ubicadas en donde ingresan éstos al valle central.

Claro	S = 10-2	y	T = 4.000 m2/día	(*)
Maule	S = 10-3	y	T = 7.776 m2/día	
Putagán	S = 10-3	y	T = 4.000 m2/día	(*)
Ancoa	S = 10-3	y	T = 6.000 m2/día	(*)
Achibueno	S = 10-3	y	T = 6.000 m2/día	(*)
Longaví	S = 10-2	y	T = 5.000 m2/día	(*)
Perquilauquén	S = 10-2	y	T = 7.000 m2/día	(*)

(*) Valor estimado

3.3. Recarga.

3.3.a. Recarga por Precipitaciones.

3.3.a.1. Aspectos Generales. La principal fuente de recarga del sistema subterráneo , además de la producida por el riego y por las pérdidas en los ríos y esteros, es aquella que se debe a las precipitaciones que caen directamente sobre el área de dicho sistema.

Para determinar, la cantidad de agua proveniente de las precipitaciones que se infiltra,se ha debido recurrir a una serie de simplificaciones tendientes a definir la ocurrencia de éstas, según se explica más adelante.

Por otra parte, como techo del sistema subterráneo se ha utilizado los suelos agrícolas del área, sean éstos de secano o de riego. Los primeros, en gran medida se encuentran sobre lo que se ha definido como roca fundamental, mas ellos contribuyen a almacenar y a permitir un escurrimiento superficial del agua de las precipitaciones que en ellos se infiltra.

En general el agua de las precipitaciones se divide en dos grandes términos: agua que se infiltra en el suelo y agua que escurre superficialmente.

El primer término es aquel que reviste importancia desde el punto de vista del agua subterránea. Este a su vez puede seguir tres caminos: almacenarse en el suelo hasta saturarlo y abastecer la evapotranspiración, escurrir superficialmente y finalmente percolar hasta alcanzar el nivel estático.

3.3.a.2. Hipótesis de Trabajo. Para la determinación de la recarga potencial originada en las precipitaciones del área se ha debido calcular la distribución mensual de ésta, para un año de

probabilidad de excedencia de 50% y 85% sobre la base de la información hidrológica utilizada para el estudio.

Los meses considerados son aquellos en que no existe riego: Mayo, Junio, Julio y Agosto.

El monto porcentual de las precipitaciones anuales que ocurren en los meses señalados se obtuvo utilizando ciertas estaciones patrones, los cuales a su vez representan a franjas de igual distribución mensual de la lluvia.

Estas franjas se obtuvieron al efectuar una división fisiográfica de la cuenca. Así se definió las siguientes áreas: costa, cordillera de la Costa, valle central occidental, valle central oriental y cordillera de Los Andes.

Cada una de estas áreas está representada por una o más estaciones patrones. Las estaciones que corresponden a cada zona, en cuanto a distribución de las precipitaciones, son las siguientes:

Zonificación Pluviométrica

Zona	Estación
Costa	Constitución, Pta. Carranza
Cordillera de la Costa	Quirihue, Los Parrones
Valle central occidental	Cauquenes, Nirivilo
Valle central oriental	San Luis, Parral, Linares, San Javier, Panimávida, El Guindo
Cordillera de Los Andes	Armerillo, Emb. Bullileo, Claro en San Carlos, el Médano, La Invernada, Emb. Ancoa.

Del análisis de la estadística de las estaciones pluviométricas anteriores se obtuvo la distribución porcentual de las precipitaciones para los años de 50 y 85% de probabilidad de excedencia, la cual se presenta a continuación:

Distribución de Precipitaciones (%)

Zona	Probabilidad	Mayo	Junio	Julio	Agosto	TOTAL
Costa	50%	20,4	23,5	21,1	14,9	80,0
	85%	20,1	28,2	25,1	17,0	90,4
Cordillera de la Costa	50%	20,8	23,3	21,2	15,1	80,4
	85%	19,8	29,8	20,8	18,2	88,6
Valle central occidental	50%	21,1	23,0	21,1	15,3	80,5
	85%	19,1	31,4	16,5	19,4	86,7
Valle central oriental	50%	20,7	24,1	20,6	14,2	79,6
	85%	21,6	31,2	17,5	17,5	87,8
Cordillera de Los Andes	50%	20,1	25,8	21,1	14,6	81,6
	85%	24,3	32,1	21,4	18,5	96,3

Cabe señalar que, de las distribuciones anteriores no fueron utilizadas aquellas correspondientes a la costa y a la cordillera de la Costa, debido a la ausencia de áreas de riego o secano en esas zonas.

Para el cálculo del monto anual de precipitaciones de 50% de probabilidad de excedencia, se utilizó las isoyetas calculadas en el capítulo N° IV.C.1. Así se determinó para cada zona de riego definida por el estudio, el monto anual de lluvia, el que luego fue determinado para cada uno de los meses para los cuales se calcula la infiltración proveniente de las precipitaciones.

Por otra parte, para el cálculo de la precipitación mensual para un año de probabilidad de excedencia 85%, se determinó la relación existente en cada zona de riego entre la precipitación para un año 50%con la estación más cercana. Esta relación se utilizó posteriormente para aplicarla al valor de precipitación anual de la zona de riego con respecto a la misma estación para el año 85% y calcular así el monto de la precipitación mensual de acuerdo a la distribución señalada anteriormente.

En relación a las precipitaciones, no sólo se utilizó el monto

total de ellas en forma mensual, sino también la forma en que éstas ocurrían, es decir, el número y monto de días con precipitación por mes. Esta información se entrega en la documentación interna del estudio, donde aparece para cada una de las estaciones analizadas el número de días al mes en que las precipitaciones se encuentran entre ciertos rangos; éstos son entre 0 y 3 mm., entre 3 y 9 mm., entre 8 y 15 mm., entre 15 y 25 mm., entre 25 y 40 mm., entre 40 y 60 mm. y mayor que 60 mm.

Los días de lluvia señalados corresponden a condiciones medias que se han supuesto representadas por el año 50%. A partir de ello, se estimó también una forma de precipitación para el año 85% de probabilidad de excedencia.

Las cifras a que se llegó y que son aquellas utilizadas para el cálculo de la infiltración aparecen en el Cuadro N° IV.C.3-1.

Los suelos utilizados para analizar el balance de las precipitaciones que caen sobre ellos, son aquéllos que ha definido el estudio agrológico y se detallan en la documentación interna del estudio.

3.3.a.3. Resultados. En el anexo N° IV.C.3-5 se ha entregado los valores de infiltración del agua de las precipitaciones tomando como unidad geográfica las zonas de regadío que ha definido el estudio.

Con el objeto de conservar la homogeneidad de presentación, de tal forma de que sea posible realizar el balance final sobre unidades hidrogeológicas, en el Cuadro N° IV.C.3-2 se entrega las recargas anuales en millones de metros cúbicos.

3.3.b. Recarga por riego.

3.3.b.1. Aspectos Generales. Junto con la recarga producida por las precipitaciones, la recarga debida al riego constituye una de las principales fuentes de ingreso de agua al sistema subterráneo formado por el relleno sedimentario depositado en el valle central de la cuenca del Maule.

Como consecuencia de las técnicas usuales utilizadas en el riego, el volúmen aplicado durante el riego, además de restituír el agua consumida por la evapotranspiración de los cultivos, establece flujos de diferente naturaleza. En líneas generales y a modo de presentar un esquema simplificado, puede suponerse que el caudal aplicado se reparte en dos grandes términos. Por una

parte están los excedentes superficiales, normalmente denominados derrames, los cuales corresponden a aquella proporción que no es capaz de infiltrarse en el suelo dadas las características hídricas de éste; por otra parte, está el volúmen que va infiltrado en el suelo durante todo el período en que el agua aplicada en el riego se mantiene en contacto con el terreno.

Este segundo término es, desde el punto de vista de la recarga, el más importante de ambos ya que a partir de él es posible determinar la percolación que pasa a incorporarse al acuífero ubicado bajo el suelo regado.

El agua infiltrada, a su vez, se subdivide en tres términos: el primero corresponde a aquel volúmen de agua que permanece almacenado en el suelo y que está destinado a satisfacer el consumo de la planta durante un cierto período; el segundo corresponde a aquella parte que no alcanza a infiltrar hacia el acuífero y por lo tanto establece un escurrimiento subsuperficial; finalmente el tercero corresponde al volúmen de agua que sigue infiltrando en el suelo hasta percolar profundamente en el acuífero.

En el anexo N° IV.C.3-5 se presentan las bases de cálculo y resultados obtenidos de la aplicación del criterio señalado. Cabe señalar que, en consideración a la gran extensión de las áreas de riego (aproximadamente 500.000 hás. en toda la hoya del Maule), el cálculo ha sido abordado utilizando un proceso computacional concebido para tal efecto.

3.3.b.2. Hipótesis de trabajo. Antes de entrar en un análisis de los resultados obtenidos, resulta conveniente tener presente algunas consideraciones de carácter general que se refieren no sólo a la naturaleza de los antecedentes de que se ha dispuesto para la determinación de percolaciones sino que, además a las hipótesis adoptadas inevitablemente, ya sea por no contar con los datos requeridos o por las simplificaciones a que se ha debido recurrir con el objeto de facilitar la resolución del complejo problema de distribución del agua aplicada en el riego.

Estando el cálculo de las percolaciones íntimamente relacionado con el problema de riego, él ha debido ser abordado encuadrándose dentro de los esquemas definidos en los estudios específicos respectivos. Desde luego, ésto ha significado excluír la posibilidad de desarrollarlo dentro de lo que podría considerarse representativo de un análisis a largo plazo, vale decir una condición media correspondiente a un período de duración prolongada. Se ha preferido adoptar una situación definida por la utilización de recursos para un año hidrológico de 85% de probabilidad de ocurrencia aproximada; el aprovechamiento de ellos de acuerdo a una tecnología de riego más desarrollada que la actual pero utilizando la infraestructura de canales existente; la adop

ción de tasas de riego a nivel de cuenca de modo de considerar aquella porción de agua reutilizada en el riego correspondiente a derrames superficiales o aquéllos, subsuperficiales, que eventualmente afloran bajo condiciones topográficas favorables; el supuesto del empleo de los caudales disponibles en canales durante 24 horas diarias ya sea por contemplar una mayor utilización producto de la regulación de ellos durante la noche o por considerar la gran longitud de las zonas regadas por estos canales.

Como puede apreciarse, respecto de una situación media, la situación considerada difiere no sólo en la magnitud de disponibilidad de agua para el regadío sino además en la tecnología utilizada. La primera diferencia va por el lado del defecto, vale decir, para la probabilidad utilizada los caudales disponibles son en general menores dependiendo eso sí la magnitud de esa diferencia de la importancia del curso superficial que constituye la fuente. La segunda diferencia tiene como consecuencia una sobrestimación de la percolación por cuanto el manejo del agua utilizando una tecnología más desarrollada que la actual implica necesariamente un aumento de la superficie bajo riego.

Desde luego ambas diferencias no deben compensarse totalmente pero es posible suponer que el grado de compensación debe conducir a una situación que no alcanza a distar demasiado de la situación media a que se ha hecho referencia. En efecto, la influencia de cada una de las diferencias señaladas afectan en diversas proporciones la magnitud de la percolación. A modo de ejemplo basta señalar que disponer de volúmenes de agua mayores con una tecnología de riego inadecuada no significa necesariamente un aumento sustancial del área regada sino más bien la aplicación de mayores volúmenes de agua sobre áreas de extensión relativamente similares. Este hecho produce fundamentalmente un fuerte aumento de los derrames superficiales pero no así de la percolación hacia el acuífero ya que la infiltración del agua en el suelo se produce a velocidades notoriamente inferiores a las velocidades con las que escurre el agua superficialmente.

Otra de las hipótesis simplificatorias constituye la estimación de las áreas que se encuentran efectivamente bajo riego durante el período considerado.

Dada la imposibilidad de obtener directamente este antecedente en forma mensual, ha debido ser calculado en función de las disponibilidades de agua y de las tasas de riego adoptadas. Siendo variables ambos factores, las superficies obtenidas también resultan variables mensualmente hecho que en gran medida permite incluir dentro del proceso de cálculo de la percolación, aquellas áreas de cultivos no permanentes.

Finalmente, otra limitante la constituye el aspecto que se refiere a los suelos. Las características hídricas de éstos y las de los estratos que les subyacen han debido ser estimadas a nivel de cuenca basándose en la escasa literatura disponible. Naturalmente esta simplificación implica el hecho de no considerar algunas características puntuales que se aparten del contexto general y que pueden presentarse en algunas áreas específicas de extensión reducida dentro de la escala de trabajo utilizada. Es así como, por ejemplo, tanto las capacidades de campo como los puntos de marchitez permanente han sido estimados como valores únicos para cada tipo de suelo en circunstancia que la magnitud de ellos se encuentra íntimamente ligada al espesor del suelo. Por otra parte, se ha considerado prácticamente sólo cuatro tipos de subestratos con permeabilidades diferentes las cuales, en todo caso, han debido ser estimadas por no contar con mediciones de terreno.

Sin embargo, a pesar de las hipótesis de trabajo señaladas, se estima que los resultados obtenidos son bastante satisfactorios y representativos del proceso de recarga que es inducido durante el período de riego. A este respecto, se efectuó algunas verificaciones utilizando los derrames superficiales obtenidos del balance de agua, los cuales, dentro de un marco general, se ajustan a los porcentajes habitualmente manejados.

Además, se verificó en algunos sectores, donde el conjunto de derrames de una cierta área constituye la fuente fundamental de agua de áreas de regadío ubicadas aguas abajo, obteniéndose caudales acorde a las superficies regadas.

3.3.b.3. Resultados. Los resultados entregados en el anexo N° IV.C.3-5 corresponden a las percolaciones anuales obtenidas para cada una de las zonas de riego en las que ha sido subdividida la cuenca del Maule. No todas producen efectivamente recarga hacia el sistema subterráneo ya que algunas se ubican fuera de los límites de la cuenca hidrogeológica definida.

Las recargas anuales se han agrupado de acuerdo a la sectorización realizada en el subcapítulo de geología de subsuperficie con el objeto de poder manejar estos antecedentes en función de áreas hidrogeológicas. Se ha obtenido así el siguiente listado de recargas anuales:

Recargas potenciales por riego.

Area o sub-área	Recarga anual (millones m3)
Sub-área Cumpeo	41,125
Sub-área Panguilemo	39,592
Sub-área Pelarco	122,269
Area San Clemente	103,719
Area Talca	30,431
Area Maule Sur	111,461
Sub-área Rari	6,811
Sub-área Yerbas Buenas	37,067
Sub-área Linares	19,418
Sub-área San Antonio	21,170
Sub-área Terminal Enap-Miraflores	67,576
Sub-área Putagán	4,225
Area San Javier - Villa Alegre	48,144
Area Melozal	0,838
Area Villaseca	2,237
Area Longaví-Ñiquén	121,828
Area Perquilauquén Superior	61,274
Area Perquilauquén Inferior	11,927
Area Quella	-
Area Cauquenes	4,733
Area Purapel	0,360
Area Valles Cordillera de la Costa (Sector Sur)	-
Area Vaquería	4,550
Area de Valles Andinos	9,392
Area Pencahue	-
Area Catillo	-
TOTAL	870,147

Los valores indicados constituyen recargas potenciales, ya que su incorporación al sistema subterráneo depende, por ejemplo, del grado de saturación de la zona acuífera ubicada bajo el suelo en el cual se provoca recarga durante el riego. En aquellos luga - res en los cuales el nivel freático se ubica muy superficialmente, como es el caso de las proximidades de San Javier, el agua de recarga tenderá más bien a escurrir subsuperficialmente a poca profundidad, especialmente si se toma en cuenta la alta permeabilidad horizontal del acuífero.

3.3.c. Conexión río acuífero.

3.3.c.1. Generalidades y antecedentes. Desde el punto de vista de la recarga, la conexión río-acuífero se entiende como aquellos intercambios de agua que se producen desde el lecho del río hacia el sistema subterráneo que le subyace y vice-versa. Este último aspecto, vale decir, la entrega de agua desde el acuífero hacia el río, corresponde a una salida de agua del sistema subterráneo.

Definida así esta relación, y considerando que los balances destinados a determinar la conexión río-acuífero se plantean normalmente utilizando corridas de aforo en un tramo de los cauces superficiales, se entenderá por pérdida aquella parte del caudal de agua del río que efectivamente pasa a incorporarse al sistema subterráneo y por recuperación, aquel caudal que el sistema subterráneo entrega al escurrimiento superficial.

Conviene si dejar claramente establecido que existen flujos subsuperficiales de agua que no pueden ser considerados dentro de este esquema de pérdidas y recuperaciones. Estos corresponden a los retornos de riego y de precipitaciones de los cuales ya se ha hecho mención anteriormente. Los retornos subsuperficiales corresponden a los denominados excedentes subsuperficiales del agua aplicada durante el riego o del agua proveniente de las precipitaciones los cuales, bajo condiciones topográficas favorables, alcanzan a incorporarse al caudal del río hacia el cual drenan esas áreas. Junto con ellos se encuentran los retornos superficiales, los cuales en conjunto constituyen ganancias de caudal del río sin ser recuperaciones.

Los únicos antecedentes que pueden ser considerados como orientados a la determinación de la conexión río-acuífero, son las corridas de aforo realizadas por los Ings.Torres y Martínez en los años 1965, 1969 y 1970.

Para los años citados, sólo existen corridas de aforo de los ríos Lircay. Maule y Perquilauquén y el resto de los cauces superficiales de la cuenca sólo tiene aforos en los meses de Febrero y Marzo de 1965.

Con este nivel de antecedentes resulta imposible caracterizar plenamente el regimen de pérdidas y recuperaciones de los ríos de la cuenca, especialmente si se piensa en la necesidad de cuantificarlos con el objeto de determinar los intercambios de agua del sistema subterráneo con los flujos superficiales. De esta forma, en el anexo N° IV.C.3-4 se ha intentado establecer balances para las corridas de aforo disponibles en algunos ríos con la finalidad de enmarcar los ordenes de magnitud de estos intercambios, obteniéndose resultados que posteriormente se utilizan con las reservas del caso. Además, se ha planteado un análisis global del sector norte de la cuenca con el objeto de poder caracterizar de algún modo el comportamiento de los cursos superficiales a lo largo de todo el año.

3.3.c.2. Río Claro. Como característica principal del lecho del río Claro debe destacarse la presencia de una cubierta de cenizas volcánicas de baja permeabilidad. La potencia de esta unidad volcánica ha sido reconocida a través de varios sondajes, detectándose una variación entre 6 y 37 m. en las sub-áreas Cumpeo y Panguilemo y entre 2 y 19 m. en el área Talca. Por lo tanto, la posibilidad de una conexión entre el río Claro y el acuífero que le subyace se encuentra íntimamente ligada al grado de erosión que el curso superficial haya provocado en las cenizas presentes en superficie. Por observaciones realizadas en terreno, se estima que esta condición se presenta en forma generalizada prácticamente a partir de Itahue hacia aguas abajo, hasta la confluencia del río Claro con el río Maule. Desde Itahue hasta la confluencia con el río Lircay, el río Claro se encuentra encajonado en un profundo cauce excavado sobre la cubierta volcánica, y desde el Lircay hacia aguas abajo, el río posee un cauce más amplio posiblemente atribuíble a una erosión mayor de la cubierta volcánica debido a la influencia del sistema Maule.

En la zona ubicada aproximadamente frente a Molina, y hacia aguas arriba de ella las características del cauce son particularmente diferentes. En tanto hacia el sur del río Claro se presenta un estrato volcánico erodado parcialmente, hacia el norte los sedimentos observados corresponden a depositaciones típicamente fluviales a través de los cuales podría inferirse una conexión del río Claro hacia la cuenca del Mataquito.

De lo anterior puede concluirse que, en el sector de cabecera, el río Claro podría presentar una conexión con el acuífero la cual, en todo caso, sería hacia la cuenca del Mataquito. En el anexo N° IV.C.3-4 se ha calculado este intercambio utilizando sólo dos aforos realizados en el tramo comprendido entre Maitenes y Camarico. Considerando los resultados obtenidos y el mecanismo de interconexión señalado, se ha desestimado este tramo como fuente de conexión entre el río Claro y el sistema acuífero de la cuenca del río Maule.

3.3.c.3. Río Lircay. Según lo planteado en el subcapítulo de geología de superficie, el río Lircay costituye prácticamente la línea divisoria entre sedimentos volcánicos y sedimentos fluviales, glaciofluviales, glaciales y lacustres. Hacia el norte de este río se encuentra en superficie la unidad volcánica característica de toda la zona septentrional de la cuenca. Sin embargo, hacia el sur, los sedimentos corresponden a estratos de cierta permeabilidad a través de los cuales es posible suponer una conexión entre el río y el acuífero.

En el anexo N° IV.C.3-4, se han planteado balances destinados a conocer esta conexión utilizando cinco corridas de aforo disponibles. Se ha obtenido que las recuperaciones del río pueden ser estimadas en un caudal aproximado de 7,7 m3/s y las pérdi-

das, en un 66% del caudal del río aforado en Las Rastras.

El tramo analizado se encuentra comprendido entre Las Rastras y un punto de aforo situado aguas abajo del canal de la Cía. de Electricidad Industrial. Según los resultados obtenidos, se tendrían las siguientes pérdidas para los meses en que se efectuó los aforos.

Mes	Caudales (m3/s)	
	Medio en Las Rastras	Pérdidas
Octubre	12,22	8,07
Diciembre	6,44	4,25
Enero	3,98	2,63
Febrero	2,84	1,87
Marzo	2,36	1,56

Nota: El caudal en Las Rastras ha sido obtenido de la estadística disponible en el período 1967 - 1976 (últimos diez años).

Si las recuperaciones se han estimado en un valor de 7,7 m3/s, puede apreciarse que en el período de Diciembre a Marzo, el río Lircay sufrirá un aumento de caudal debido al aporte del sistema subterráneo que le subyace. No ocurrirá así en el mes de Octubre en el cual el río aportaría aproximadamente 0,37 m3/s al acuífero.

Cabe hacer presente que las correlaciones planteadas en el anexo N° IV.C.3-4 corresponden solamente a períodos de riego, cuya validez no puede ser extendida a lo largo de todo el año. Por este motivo, los resultados obtenidos no han podido ser utilizados para conocer la recarga producida por la infiltración de agua desde el río Lircay hacia el sistema subterráneo.

3.3.c.4. Río Maule. El río Maule se caracteriza por escurrir sobre un abanico aluvial formado por sedimentos de alta permeabilidad. No se presenta en este sector la cubierta de cenizas volcánicas característica del sector norte de modo que la conexión río-acuífero puede ser supuesta como altamente eficiente. Por la conformación topográfica, es posible que a partir de Colbún hacia aguas abajo, el río Maule produzca una fuerte infiltración hacia el acuífero, y que a partir de un cierto punto próximo al camino Longitudinal o anterior, el acuífero le aporte agua al curso superficial a través de recuperaciones.

Los antecedentes disponibles no permiten realizar una caracterización de detalle en relación a los montos individuales de intercambio ni de los sectores a partir de los cuales comienzan a ma-

nifestarse. Sólo ha podido establecerse una correlación entre (P-R) y el caudal de ingreso al tramo considerado, vale decir, en Colbún. Se ha llegado así a establecer que, durante el período de riego, la pérdida neta del río Maule podría ser estimada en un 8,70% del caudal aforado en Colbún.

Con los antecedentes disponibles, se ha estimado que el río Maule constituye una fuente de recarga al sistema acuífero cuyo monto anual de aporte alcanzaría a 621,49 millones de m3.

Otra limitación la constituyen los antecedentes obtenidos de las corridas de aforo realizadas ya que el error normal asignable a una medición de caudal en los cursos superficiales alcanza al 5% del valor medido. Especialmente válida es esta observación en el caso de los aforos del río Maule en el longitudinal dadas las características de la sección, de modo que para los caudales considerados, el error podría estar comprendido entre 5 m3/s y 20 m3/s.

3.3.c.5. Sector Norte. En el anexo N° IV.C.3-4 se planteó un balance destinado a determinar el volúmen anual de agua descargada por el sistema subterráneo a través de recuperaciones de los cursos superficiales del sector norte, llegándose a un volúmen de 209,01 x $10^6 m^3$ en la temporada de riego y de 329,88 x $10^6 m^3$ en el período de precipitaciones.

Las cifras anotadas fueron calculadas sin utilizar corridas de aforo destinadas expresamente a determinar las conexiones entre ríos y acuíferos, ya que, según se ha mencionado con anterioridad, los únicos antecedentes de este tipo no son suficientes como para realizarlo. Por este motivo, se debió recurrir al empleo de los caudales medios mensuales de los ríos, retornos de riego y de precipitaciones correspondientes a años de cierta probabilidad y en general, volúmenes medios de las cantidades de agua que intervienen en el balance planteado. Por este motivo, los resultados no corresponden sino a un comportamiento medio del sector estudiado sin ser válidos para un período en particular.

3.3.c.6. Río Perquilauquén. En el anexo N° IV.C.3-4 se ha caracterizado el régimen de pérdidas y recuperaciones del río Perquilauquén en el tramo comprendido entre San Manuel y Quella durante el período de riego. Se ha concluído que el valor "R-P" se encuentra muy cercano a cero de tal manera que para los efectos del presente estudio se ha estimado que aún cuando la conexión río-acuífero podría presentarse en este curso cuperficial, ambos términos se compensarían en el tramo analizado.

Dadas las limitaciones de antecedentes, no ha sido posible detectar el régimen de pérdidas y recuperaciones de este río aguas abajo de Quella.

3.3.d. Caudal Subterráneo Ingresante.
El sistema subterráneo ha sido definido fundamentalmente como enmarcado dentro del llano central o depresión intermedia.

A este sistema ingresan subterráneamente ciertos caudales de aguas a través de los valles de los ríos principales, que se han denominado anteriormente como valles andinos.

Sobre la base de la sección que estos valles poseen a su ingreso al llano central, así como de la transmisibilidad que se les ha asignado y del gradiente hidráulico determinado, se ha calculado el caudal subterráneo por la sección citada.

A continuación se presentan los valores, expresados en millones de metros cúbicos anuales y en metros cúbicos por segundo.

Caudales subterráneos ingresantes.

Valle del río	m3/seg.	Caudal m3/año x 10^6
Claro	0,243	7,663
Maule	0,900	28,382
Putagán	0,557	17,566
Ancoa	0,667	21,035
Achibueno	0,313	9,871
Longaví	0,304	9,587
Perquilauquén	1,094	34,500
Total	4,078	128,604

Cabe señalar, que la sección de ingreso del valle del Maule al llano central, ha sido considerada aguas arriba de la angostura de Colbún, localidad que constituye el ingreso del curso actual del río Maule al valle central. Sin embargo, hidrogeológicamente existiría un ingreso subterráneo por el antiguo valle del Maule, ubicado hacia el norte de Colbún.

La sección considerada entonces, es aquella ubicada en el área de la Esperanza y el curso antiguo del Maule en Bramadero. A través de este último, el escurrimiento subterráneo es del orden de 0,360 m3/s o su equivalente en millones de m3/año: 11,353.

3.4. Movimiento.

La característica del movimiento del agua subterránea de la cuenca se ha estudiado en base a los antecedentes obtenidos de la nivelación de sondajes y medición de niveles estáticos (ver Anexo N° IV.C.3-7). En documentación interna del estudio se presenta el trazado de líneas equipotenciales correspondientes.

3.4.a. Hipótesis y alcances.

Previo a la utilización y análisis de las equipotenciales trazadas, resulta conveniente señalar las hipótesis de trabajo principales y las limitaciones inherentes a estas hipótesis que en consecuencia presenta el plano aludido.

Ya se ha hecho referencia anteriormente que la información disponible se concentra especialmente en torno a los centros poblados por cuanto los sondajes perforados en la cuenca están destinados fundamentalmente a satisfacer las necesidades de consumo de agua potable. Es así como el área Talca presenta una gran densidad de información a partir de la cual sería posible obtener una caracterización detallada del movimiento del agua subterránea en esta área pero que no permite realizar una caracterización de los escurrimientos a nivel regional, cual es el propósito del presente capítulo. Igual caso se presenta, por ejemplo, en el área Cauquenes y en la Sub-área Linares.

Existen, por otra parte, grandes extensiones que carecen totalmente de información, como es la situación de gran parte del subárea Cumpeo (sólo 2 sondajes), el área Maule Sur, el área Melozal, el área Villaseca, el área Purapel, el área Quella, las áreas Perquilauquén Inferior y Superior y otras.

Como consecuencia de lo anterior, el plano de equipotenciales ha sido dibujado utilizando líneas contínuas en aquellos sectores en que se estima que el grado de seguridad del trazado es adecuado al nivel de prefactibilidad del estudio (obtenido ya sea por medición o por extrapolación), y utilizando líneas de segmentos en aquellos sectores en que las equipotencialidades han sido inferiores basándose en antecedentes indirectos, como son la geología subsuperficial, topografía , etc. Además, en los lugares de interpolación intensiva (especialmente en el área Talca), se ha mantenido el nivel regional de información, vale decir, se ha trazado equipotenciales que caractericen en forma general la zona depresionaria sin pretender entregar una distribución detallada de las cotas piezométricas del lugar.

En gran medida debido a la baja densidad de información disponible, los antecedentes de nivelación han sido utilizados también en su totalidad sin someterlos previamente a una clasifi-

cación orientada a agruparlos en forma homogénea respecto de la potencia reconocida y de los acuíferos comprometidos. Una homogeneización como la mencionada significaría disminuír aún más la densidad de información disponible ya que se obtendrían diversos grupos de antecedentes con los cuales resultaría imposible el trazado de equipotenciales. Por lo tanto debe tenerse presente que las equipotenciales trazadas permiten solamente caracterizar el movimiento del agua subterránea en la cuenca a nivel regional y definen las cotas piezométricas de sondajes que comprometen la misma potencia y acuíferos que los utilizados para el trazado de ellas. A modo de ejemplo se cita el área que se extiende desde el río Putagán al sur en la cual las equipotenciales trazadas representan las cotas piezométricas del conjunto de acuíferos ubicados bajo los 100 metros de profundidad, fundamentalmente. En esta área, un sondaje que compromete acuíferos ubicados a menor profundidad que la señalada o que comprometa acuíferos diferentes a los de los sondajes existentes, necesariamente presentará una cota piezométrica distinta a la indicada por el trazado de equipotenciales.

Sin embargo, se estima que las curvas trazadas representan adecuadamente las condiciones piezométricas y de movimiento en la cuenca ya que han sido obtenidas de sondajes que, en la generalidad de los casos, comprometen los acuíferos principales reconocidos.

3.4.b. Equipotenciales.

Una línea equipotencial representa puntos de igual altura del nivel del agua subterránea, con respecto al nivel medio del mar.

Producto de ellos, su trazado se asemeja al de las curvas de nivel topográfico, pero en este caso, de la superficie del agua subterránea en lugar de la superficie del terreno.

El movimiento del agua subterránea se produce entonces en la línea de máxima pendiente, es decir, en sentido perpendicular a las equipotenciales.

Sobre la base del plano de trazado de equipotenciales, habida consideración de los limitantes planteados precedentemente, se esbozará a grandes rasgos el movimiento regional del agua subterránea en la cuenca del río Maule, al igual que el gradiente hidráulico medio.

3.4.c. Sector Norte.

La dirección general del escurrimiento del agua subterránea en el sector norte, definido éste de acuerdo a la división que se

ha hecho en capítulos anteriores, es hacia la ciudad de Talca y el valle del río Claro en esa localidad.

La sub-área Panguilemo tiene en general un sentido de escurrimiento este-sur-este, con un gradiente hidráulico medio de 0,298% siendo éste levemente menor en las cercanías de Camarico, con un 0,286% y mayor en torno a San Rafael, con un 0,37%.

En el sub-área Cumpeo el agua subterránea escurre hacia el extremo sur poniente en la sub-área, donde el gradiente hidráulico medio alcanza a un 0,26%.

La sub-área Pelarco se caracteriza por presentar un escurrimiento de franca orientación este - oeste. El gradiente hidráulico medio de la sub-área es 0,37%. Se presenta en gradiente menor que el medio en las cercanías de Pelarco, con 0,30%. El gradiente máximo se encuentra en las cercanías del pueblo de Aurora.

En el área San Clemente, el escurrimiento se manifiesta a través de las curvas equipotenciales hacia el oeste sur-oeste, es decir, hacia la salida del valle central que ha labrado el sistema del río Maule y del río Claro. El gradiente hidráulico medio del área es de 0,47%. En las cercanías de la localidad de Tres Esquinas el gradiente aumenta a un máximo de 0,83% y en las proximidades del pueblo de Maule ésta desciende a un mínimo de 0,42%.

El área Talca se caracteriza por presentar un escurrimiento proveniente de las áreas y sub-áreas vecinas y que continúa por el valle del río Claro hacia aguas abajo. El gradiente medio del área es de 0,18%, encontrándose el gradiente máximo en la ciudad de Talca con un 0,56%. El gradiente mínimo se encuentra en las proximidades de Panguilemo, donde tiene un valor de 0,13%.

De la breve descripción anterior se desprende entonces las siguientes observaciones:

a) El gradiente hidráulico en el Sector Norte es relativamente bajo, y en todos los casos inferior al uno por ciento.

b) El escurrimiento general conduce las aguas subterráneas hacia la salida natural del valle central en ese sector, el actual valle del río Claro.

c) La sub-área Panguilemo aporta con su escurrimiento subterráneo hacia el área Talca.

d) La sub-área Cumpeo aporta subterráneamente tanto a la sub-área Panguilemo como a la sub-área Pelarco.

e) La sub-área Pelarco aporta principalmente a las áreas y sub-áreas vecinas hacia el poniente (Panguilemo y Talca).

f) El área San Clemente aporta sus aguas subterráneas fundamentalmente al área Talca.

g) Finalmente, el área Talca entrega sus aguas subterráneas hacia el valle del río Maule a través del valle del río Claro.

3.4.d. Sector Central.

El movimiento general del agua subterránea en este sector de la hoya hidrográfica del río Maule tiene una clara orientación este-oeste, desde la cordillera de los Andes hacia la cordillera de la Costa.

En el área Maule Sur, el escurrimiento se manifiesta próximo al río Maule en sentido este-oeste. Alejados de este cauce, hacia el extremo sur del área, el sentido de movimiento es hacia el sur-oeste. El gradiente hidráulico medio es de 0,62%, con un máximo en el centro del área de 1,05% y un mínimo de 0,38% en el extremo occidental del área.

La sub-área Rari, se caracteriza por presentar un movimiento de agua subterránea relacionado directamente con el valle del río Rari. El gradiente hidráulico medio es de 0,28%.

En la sub-área Yerbas Buenas el escurrimiento subterráneo tiene dirección este-oeste. El gradiente hidráulico medio es de 0,34%. El gradiente hidráulico menor es de 0,24% y el mayor es de 0,48%.

La sub-área San Antonio tiene un movimiento del agua subterránea hacia la sub- área Linares, y constituye su prolongación hacia el este. El gradiente hidráulico medio de esta sub-área es de 0,38%. Este disminuye hacia la parte norte de la sub-área hasta un valor de 0,33% y aumenta en la parte sur hasta un valor de 0,91%.

Dentro de la sub-área terminal Enap-Miraflores, el movimiento del agua subterránea se desarrolla en sentido sur este-nor oeste. El gradiente hidráulico medio de la sub-área es de 0,41%. Este gradiente aumenta en la parte alta de la sub-área hasta alcanzar un valor de 1.05% como máximo. POr otro lado, en la parte baja del área el gradiente disminuye hasta un mínimo de 0,27%.

El área San Javier - Villa Alegre presenta un movimiento del agua subterránea de franca orientación este-oeste. El gradiente hidráulico es relativamente constante y tiene un valor medio de 0,41%.

Dentro del sector central se encuentra también el área Melozal, de la cual no se poseen antecedentes suficientes como para trazar líneas equipotenciales y en consecuencia no es posible calcular el gradiente hidráulico. Sin embargo, el sentido de escurrimiento del agua subterránea se evidencia claramente de oeste a este.

En igual situación se encuentra el área Villaseca, la cual tiene un escurrimiento del agua subterránea desde oeste hacia el este.

Las siguientes observaciones son válidas en el sector central:

a) El gradiente hidráulico es bajo y en prácticamente todos los casos, inferior al uno por ciento.

b) El movimiento general del agua subterránea en el sector es de este a oeste.

c) El área Maule Sur aporta subterráneamente al área San Javier Villa Alegre.

d) La sub-área Rari aporta a la sub-área Yerbas Buenas.

e) La sub-área San Antonio aporta subterráneamente a la sub-área Linares, y ésta a su vez a la sub-área Terminal Fnap-Miraflores, en su extremo occidental.

f) La sub-área Putagán aporta al área San Javier-Villa Alegre.

g) El área San Javier-Villa Alegre contribuye a las recuperaciones del río Loncomilla, el cual se transforma en principal colector del escurrimiento subterráneo del sector central.

h) En su extremo septentrional, el área San Javier-Villa Alegre tiene escurrimiento subterráneo hacia el oeste a través del valle del actual río Maule.

i) El área Melozal aporta al área San Javier-Villa Alegre en su sector poniente.

j) El área Villaseca aporta al sistema del río Loncomilla ya señalado.

3.4.c. Sector Sur.

El sector sur de la hoya hidrográfica del río Maule presenta, a partir del trazado de líneas equipotenciales, un movimiento del agua subterránea de clara dirección sur este-nor oeste.

El área Perquilauquén superior, dentro del área de influencia del río Longaví, es decir, la parte norte del área, tiene un gradiente hidráulico medio de 0,38%, el cual se obtuvo prácticamente por extrapolación del área Longaví-Ñiquén. Dentro del área de influencia del río Perquilauquén, el gradiente hidráulico es similar a la parte norte del área, y adquiere un valor de 0,28%.

El área Longaví-Ñiquén, presenta un gradiente hidráulico medio variable entre 0,33%, en la parte septentrional y un 0,19% en la parte meridional.

El área Perquilauquén inferior se desconoce la profundidad del nivel estático o piezométrico, debido a la ausencia de antecedentes. Sin embargo, sobre la base del área vecina hacia el este es posible estimar un gradiente hidráulico medio en torno a 0,25%, y una dirección de escurrimiento hacia norte y nor-oeste.

Las siguientes conclusiones son válidas en general para el sector norte en las tres áreas señaladas:

a) El gradiente hidráulico disminuye notablemente hacia el oeste.

b) La dirección de escurrimiento general conduce el agua subterránea desde las áreas superiores (Perquilauquén superior) hacia aquellas áreas de cota inferior (Perquilauquén inferior)

El área Quella constituiría un lugar de confluencia de escurrimiento subterráneo proveniente tanto del este (Perquilauquén inferior) como desde oeste (área Cauquenes). Se estima un gradiente hidráulico bajo, en torno al 0,20%.

El área Cauquenes presenta el escurrimiento subterráneo enmarcado por el valle del río de igual nombre, con una orientación Oeste-Este. El gradiente hidráulico medio se ha estimado en torno al 0,3%.

Los valles de la cordillera de la Costa, tienen un escurrimiento subterráneo que se desarrolla en la dirección de cada valle. El gradiente hidráulico se ha estimado levemente superior a aquel de las otras áreas del sector sur, teniendo un valor de alrededor de 0,35%.

3.4.f. Otras áreas.

Las áreas hidrogeológicas restantes de la hoya del río Maule constituyen unidades con características propias y aisladas entre ellas.

Así, el área Vaquería tiene un escurrimiento subterráneo limi-

tado al valle del estero Vaquería, el cual se orienta de norte a sur. El gradiente hidráulico se estima alrededor de un 0,4%.

Los valles andinos, tienen el escurrimiento subterráneo restringido al valor propiamente tal, en los sedimentos aluviales que rellenan al fondo.

Los gadientes hidráulicos medios, estimados para las secciones donde los valles salen de la cordillera e ingresan al valle central, son los siguientes:

Valle	Gradiente Hidráulico Medio
Río Claro	0,5%
Río Maule	0,4%
Río Putagán	1,0%
Río Ancoa	0,6%
Río Achibueno	0,5%
Río Longaví	0,75%
Río Perquilauquén	0,75%

Finalmente, en el área Pencahue el agua subterránea escurre hacia el sur oeste, a través de los sedimentos que rellenan el valle del estero Los Puercos. Se ha estimado en este valle, un gradiente hidráulico de 0,30%.

3.4.g. Consideraciones finales.

En los capítulos anteriores se ha definido el sentido de escurrimiento general del agua subterránea en las área y sub-áreas hidrológicas definidas en cada sector de la hoya del río Maule.

Cabe señalar que tanto este escurrimiento como el gradiente hidráulico que se ha calculado, lo han sido sobre la base de las equipotenciales trazadas de acuerdo a la expresado anteriormente cuyas limitaciones y representatividad se han señalado.

Sin embargo, es interesante destacar que dichas líneas equipotenciales son el producto del nivel del agua subterránea en los distintos sondajes construídos, los cuales a su vez han sido habilitados en distintos acuíferos.

En consecuencia, debe considerarse el trazado de equipotencia - les como representativas de condiciones generales medias de la hoya hidrográfica, y que en casos específicos, la profundidad del agua subterránea será aquella que tenga el acuífero o la zona acuífera que se habilite en definitiva y deberá estudiarse en detalle en cada caso.

3.5. Descarga.

3.5.a. Descarga Natural.

Se entiende por descarga natural, el aporte desde el sistema subterráneo hacia fuera de él.

La principal descarga está constituída por el aporte hacia los cursos superficiales, la cual se ha definido como recuperaciones de estos últimos.

Un orden de magnitud inferior alcanza el caudal subterráneo saliente del sistema, el que ocurre a través de los valles del río Maule y del río Claro.

Un tercer orden de magnitud, inferior, está constituído por la evapotransportación de freatófitas y por evaporación desde el suelo donde el nivel estático está próximo a la superficie del suelo.

La descarga del acuífero hacia los cursos superficiales ocurre fundamentalmente en aquellas zonas donde el nivel estático del agua subterránea se encuentra relativamente próximo a la superficie. Tal situación se aprecia en los cursos inferiores de ríos como el Claro, Maule, Loncomilla, Perquilauquén y en general en zonas ubicadas hacia el poniente del llano central.

Los antecedentes de que se dispone no han permitido calcular el volúmen anual que aporta el acuífero a los cursos superficiales. Sin embargo, a partir del cálculo efectuado en el caso del sector norte sobre pérdidas y recuperaciones que este experimenta, y apoyado en el balance hidrogeológico (según se verá más adelante) se ha estimado las siguientes descargas del sistema subterráneo por sectores.

Descarga Natural desde el Sistema Subterráneo.

Sector	Volúmen Anual Millones de m3
Norte	538,91
Central y Sur	1.367,84

La descarga natural que se incorpora como recuperación en los cursos superficiales en el sector central y sur, ha sido considerada en conjunto debido a la falta de antecedentes relativos a la conexión río-acuífero. El valor señalado de descarga es el producto del balance hidrogeológico que se plantea más adelante.

El caudal subterráneo saliente del sistema ha sido calculado utilizando la expresión de Darcy.

$$Q = T \times i \times L$$

donde Q = caudal en m3/día
T = transmisibilidad en m2/día
i = gradiente hidráulico
L = longitud de la sección considerada en mts.

De esta forma, para los valores considerados para los productos señalados, en la sección entre los cerros El Aguila y Peñón para el río Claro y El Parrón para el valle del Maule, son los siguientes:

	T (m2/día)	i	L (mts)	Q
Valle del Claro	2.000	0,006	8.000	96.000
Valle del Maule	3.000	0,007	1.500	31.500

Los caudales anteriores equivalen entonces a los siguientes volúmenes anuales:

Valle del Claro = $35{,}04 \times 10^6$ m3
Valle del Maule = $11{,}50 \times 10^6$ m3

Cabe señalar que los dos valles mencionados (Claro y Maule), constituyen las únicas descargas naturales subterráneas que existen en la cuenca del Maule, que deban ser consideradas como caudal subterráneo saliente del sistema subterráneo definido para la hoya.

La evapotraspiración de freatófitas y evaporación desde el suelo, englobados como un sólo término, representan solo una fracción pequeña de la descarga natural del sistema subterráneo. No se ha tenido oportunidad de calcular sus magnitudes en atención a la falta de antecedentes, más sobre la base de el balance hidrogeológico que se entrega más adelante, se ha estimado por diferencia que el valor de ambas descargas sumadas es del orden de 0,1 millones de metros cúbicos al año.

3.5.b. Descarga artificial.

La descarga artificial del agua subterránea de la cuenca del Maule se realiza exclusivamente a través de sondajes profundos, construídos tanto para fines de riego e industriales como para abastecer el agua potable a los distintos pueblos y ciudades que existen en la zona.

En toda la hoya existen 107 sondajes que están siendo actualmente explotados, y 19 que no han sido usados.

En el cálculo de la descarga artificial se ha supuesto que los sondajes que no se han usado entrarán en funcionamiento a corto plazo, ya que la mayoría de éstos han sido construídos para dotar de agua potable a pequeños poblados, de acuerdo a un plan de rápida implementación.

De los 126 sondajes que están trabajando o próximos a entrar en funciones, 98 corresponden a servicios de agua potable, 10 son usados en riego , y los 18 restantes fueron construídos para uso industrial.

La descarga artificial por agua potable se ha calculado en base a los datos que provienen de distintas fuentes: D.O.S. e I.N.E. principalmente. Se incluye en este grupo todos los servicios de agua potable de la zona, tanto aquéllos administrados directamente por la D.O.S., como las cooperativas pequeñas que son supervisadas por ese organismo.

Para los servicios administrados por la D.O.S. se tienen los datos entregados por ese organismo, en relación a caudales extraídos desde los sondajes y tiempo de bombeo. Además, se cuenta con la información obtenida de las pruebas de bombeo realizadas expresamente para este estudio en Pelarco, San Clemente, San Javier, Villa Alegre, Longaví y Retiro; estas pruebas se realizaron usando la capacidad máxima instalada en uno de los sondajes del lugar, dejando el otro como sondaje de observación.

El volúmen total de agua extraído de los servicios a cargo de la D.O.S. es de 28,0 millones de m3 al año, los que se reparten de la siguiente manera:

Talca	$13,0 \times 10^6$ m3/año
Linares	$5,8 \times 10^6$ m3/año
Cauquenes	$4,2 \times 10^6$ m3/año
Parral	$2,6 \times 10^6$ m3/año
San Clemente	$0,8 \times 10^6$ m3/año
San Javier	$0,5 \times 10^6$ m3/año
Longaví	$0,4 \times 10^6$ m3/año
Villa Alegre	$0,3 \times 10^6$ m3/año
Retiro	$0,3 \times 10^6$ m3/año
Yerbas Buenas	$0,05 \times 10^6$ m3/año
Pelarco	$0,06 \times 10^6$ m3/año

Las cooperativas supervisadas por la D.O.S. representan una extracción de 2,2 millones de m3 al año, según datos obtenidos en la propia D.O.S. De este volúmen, actualmente se extraen 1,6 millones de m3 al año para abastecer a 35 cooperativas que están en funcionamiento desde hace 10 años. A contar desde 1978 se pondrán en servicio 9 cooperativas más que significarán 0,4 millones de m3 al año adicionales.

Las cooperativas en servicio son las siguientes:

Localidad	Volúmen extraído (m3 al año)
Abranquil	78.840
Ajial	31.536
Aurora	34.690
Bobadilla Norte	63.072
Bobadilla Sur	31.536
Catillo	37.843
Colbún	94.608
Copihue	97.762
Coronel de Maule	25.229
Corinto	47.304
Los Cuarteles	37.843
Chequén	34.690
Tres Esquinas	44.150
Miraflores	28.382
Villa Alegre (Estación)	97.762
La Chiripa	59.918
Las Mercedes	31.536
Maule	66.226
Melozal	63.072
Nirivilo	25.229
Panguilemo	59.918
Villaseca	34.690
Pocillas	28.382
Putagán	28.382
Queri	28.382
Rari	37.843
San Rafael	47.304
Santa Sofía	31.536
Sauzal	47.304
Tutuvén	91.454
Palmilla	40.997
Pencahue	78.840

A partir de 1978 entrarán en servicio las siguientes cooperativas:

Localidad	Volúmen que se extraerá (m3/año)
Los Cristales	88.301
San Antonio	48.881
Peñuelas	48.881
Mariposas	48.881
Panguilemo	48.881
Vara Gruesa	29.959
Itahue	29.959
Pangal	29.959
Camarico	29.959

Para riego y uso industrial se extraen 9,4 millones de m3/año, repartidos en partes iguales para ambos rubros. Este volúmen de descarga se calculó suponiendo que cada sondaje construído para estas dos finalidades aportaría el máximo de agua que éste pudiera extraer. Así mismo se trabajó en base a que las industrias bombearían agua 8 horas al día durante todo el año, y que los sondajes usados en riego se usarían 12 horas diarias durante cuatro meses.

En el catastro que se anexa están señalados todos los sondajes de la cuenca del Maule, y el uso que se le da a cada uno.

De esta forma, se ha llegado a concluir que el volúmen de agua subterránea que se extrae artificialmente de la cuenca del Maule es de 40 millones de m3 al año, lo que equivale a un bombeo contínuo de 1,3 m3/seg.

3.6. Profundidad del agua subterránea.

3.6.a. Iso-profundidad.

Se entiende por iso-profundidad, la superficie plana que representa el nivel del agua subterránea no perturbado, medida desde la superficie del terreno. Esta superficie se representa por curvas de igual profundidad o curvas de iso-profundidad del nivel estático.

Desafortunadamente, en la cuenca del Maule existe una baja densidad de sondajes por una parte y una concentración relativamente alta en torno a los centros poblados importantes, por otra. Esta situación ha obligado a caracterizar cada área o

sub-área hidrogeológica en forma general, sin pretender el trazado de curvas de iso-profundidad en atención a la falta de antecedentes.

Si bien es cierto se ha trazado curvas equipotenciales, estas representan sólo una situación general, prácticamente el equilibrio natural del sistema subterráneo.

Al contar con equipotencialidades y con un plano topográfico adecuado, es posible intentar el trazado de curvas de iso-profundidad por simple comparación.

Por otra parte, en la mayor parte de la cuenca del Maule, y en especial en el llano central, la profundidad del agua subterránea es relativamente baja, lo que habría obligado a trazar curvas de iso-profundidad con intervalos de un metro o menores, en circunstancias que sólo se tiene un plano topográfico con curvas de nivel cada 25 mts.

En los planos N° IV.C.3-11 y 12 se entrega la profundidad a que se encuentra el agua subterránea en cada área y sub-área hidrogeológica.

Cabe señalar que los antecedentes que figuran en dicho plano, al igual que en la breve descripción que se entrega más adelante, corresponden a la situación de niveles, piezométricos en la mayoría de los casos, que existe en los pozos o sondajes de acuerdo a sus características de profundidad.

Es decir, el nivel estático es aquél que se obtiene por efecto de las diferentes presiones que tienen los acuíferos que se han detectado en cada sondaje y según se ha expuesto con anterioridad, el espesor de sedimentos reconocidos en el área es distinto para cada sector, área o sub-área hidrogeológica.

A continuación se reseña brevemente la profundidad del nivel estático en la cuenca del Maule, utilizando para ello la división que se hizo en el subcapítulo de geología de subsuperficie.

3.6.a.1. Sector Norte.

i) Sub-área Cumpeo. Se ha detectado a lo menos tres niveles semiconfinados. De éstos, el que finalmente se registra en un sondaje tipo de 30 mt. de profundidad es entre 15 y 18 mt. de profundidad. En esta sub-área, al igual que en toda la cuenca, existiría un primer nivel estático muy próximo a la superficie del terreno, el cual corresponde al acuífero, de baja permeabilidad, que constituye el suelo agrícola y la superficie meteorizada de la toba. Para los efectos de captación de agua subterránea, este acuífero carece de interés por su escasa potencia y por su

dependencia directa de la existencia de riego en sus cercanías y de la ocurrencia de las precipitaciones. Su coeficiente de almacenamiento es bajo, al igual que su transmisibilidad. Generalmente, en prácticamente toda la cuenca, se explotan caudales muy reducidos a través de norias que abastecen el consumo de agua potable a nivel de casos aislados.

El nivel estático para acuíferos más profundos y de mayor rendimiento, se profundiza hacia el este y noreste del área.

ii) Sub-área Panguilemo. En esta sub-área se muestran tres niveles semiconfinados presentando posiblemente una presión mayor, aquel más profundo. Aquí son válidas aquellas observaciones relacionadas con el acuífero superficial que se hizo para la sub-área Cumpeo. En función de la profundidad del nivel estático, la sub-área ha sido dividida en tres partes.

Norte con nivel estático entre 5 y 7 mt.
Centro con nivel estático levemente menos profundo entre 3 y 5 mt.
Sur con nivel estático profundo, entre 18 y 20 mt.

Al analizar las curvas equipotenciales, se advierte un gradiente de esta sub-área relativamente constante y bajo, razón por la cual la mayor o menor profundidad del nivel estático se debe a la erosión que haya experimentado la toba que existe en superficie.

iii) Sub-área Pelarco. En su parte occidental, la sub-área Pelarco tiene niveles estáticos que se encuentran a una profundidad variables entre 10 y 13 mt., producto de acuíferos semiconfinados.

Hacia el oriente de la sub-área, el nivel estático se profundiza hasta alcanzar el máximo reconocido en la cuenca, equivalente a 42 mt. de profundidad.

Existe además el nivel del acuífero superficial, el cual al igual que en las sub-áreas anteriores, no constituye un embalse importante de agua subterránea.

iv) Area San Clemente. El área San Clemente se ha subdividido en dos sub-áreas en base a su geología de subsuperficie.

La sub-área norte presenta sedimentos finos en superficie, lo que le da un semiconfinamiento que produce niveles estáticos a profundidades que varían entre 10 y 13 mt.

La sub-área sur, se encuentra adyacente al río Maule y presenta

acuíferos freáticos prácticamente a partir de la superficie del terreno, cuyos niveles estáticos varían entre 3 y 6 mt.

En esta área no existe el nivel del acuífero superficial que se ubica muy próximo al nivel del terreno en el área Cumpeo.

v) Area Talca. El área Talca presenta dos niveles acuíferos, de los cuales el más importante es el más profundo.

Ambos acuíferos se encuentran semiconfinados, correspondiendo la mayor presión a aquel que se ubica a mayor profundidad. Este confinamiento está dado por la capa superficial de cenizas volcánicas, como se dijo en el capítulo de geología de subsuperficie.

El nivel estático presenta variaciones en sentido EW producto de la topografía que asciende hacia el este; por esta razón los niveles en el sector occidental, cercano al río Claro, son surgentes, mientras que se profundizan hacia el oriente quedando entre 5 y 10 m. bajo la superficie.

En esta área, producto de la capa superficial de cenizas volcánicas, se ha desarrollado, en superficie, un acuífero de poca importancia desde el cual captan las norias de uso doméstico.

3.6.a.2. Sector Central.

i) Area Maule Sur. Aunque no ha sido reconocida con sondajes, se ha estimado, en base a las condiciones hidrogeológicas de las áreas adyacentes, que presenta características similares al área San Clemente, o sea, una sub-área norte, junto al río Maule, con un acuífero freático que parte desde la superficie misma del terreno, cuyo nivel estático está entre 3 y 6 m. bajo el terreno sujeto a las variaciones de nivel del río.

Hacia el sur, el acuífero estaría sometido a semiconfinamiento por una capa superficial de sedimentos finos, presentando niveles estáticos que varían entre 10 y 13 mts.

Como todo el sector central, no presenta niveles colgados o acuíferos superficiales ya que la permeabilidad vertical del estrato superficial es suficiente como para permitir la percolación de las aguas que escurren en superficie.

ii) Sub-área Rari. Esta sub-área comprende una hoya pequeña que, en su zona superior, no guarda relación con el resto de la cuenca del Maule, ya que se encuentra ubicada a los pies de la precordillera, con influencia exclusiva del río Rari.

Los niveles estáticos se encuentran entre 1 y 3 mt. bajo la superficie.

iii) Sub-área Yerbas Buenas. Esta sub-área contiene dos acuíferos de escasa potencia, el primero de los cuales es casi superficial y se comporta como un acuífero freático con niveles cercanos a la superficie. El acuífero profundo muestra una presión de confinamiento tal que ha producido surgencia en los sondajes que lo cortan; este acuífero es el más importante en la sub-área.

iv) Sub-área Linares. La sub-área Linares muestra en su estratigrafía dos acuíferos de importancia, ambos semiconfinados y profundos. Además presenta un tercer acuífero semiconfinado a poca profundidad.

El nivel estático corresponde al del acuífero superficial, el cual tiene niveles piezométricos mayores que los otros más profundos.

En base a la profundidad en que se encuentra el nivel estático, se han separado dos sectores: el sector oriental presenta niveles entre 10 y 15 m. de profundidad, mientras que hacia el oeste éstos varían entre 1 y 5 m.; diferencias atribuíbles, principalmente, a consideraciones topográficas y al cono de depresión que se ha generado en torno a Linares.

v) Sub-área San Antonio. La sub-área San Antonio contiene siete niveles acuíferos, todos semiconfinados de escasa potencia.

El nivel estático se encuentra entre 5 y 10 m. bajo la superficie, correspondiendo al nivel del acuífero más superficial.

Estos niveles se profundizan paulatinamente hacia el este, concordantemente con el ascenso topográfico.

vi) Sub-área Terminal Enap-Miraflores. Esta sub-área presenta dos niveles acuíferos, el primero de los cuales es semiconfinado por una capa de material fino superficial, la que se hace cada vez más delgada, hasta desaparecer completamente hacia el occidente.

De esta forma, la sub-área presenta hacia el oeste un nivel freático superficial, cuyo nivel estático es el que se refleja en los sondajes existentes en la zona, el que varía entre 1 y 3 m. por debajo de la superficie y aparentemente está directamente influído por las variaciones del caudal del río Achibueno.

Toda la sub-área presenta niveles estáticos entre 1 y 3 m. bajo la superficie, aumentando aún algo hacia el oeste.

vii) Sub-área Putagán. Presenta un sólo acuífero semiconfinado entre dos capas semi permeables.

El nivel estático representa el nivel piezométrico de ese acuífero y se encuentra entre 3 y 5 m. por debajo de la superficie del terreno.

vii) Area San Javier - Villa Alegre. Esta área presenta una zona acuífera desde la superficie del terreno, y a través de todo el espesor reconocido, permitiendo el desarrollo de un acuífero freático que tiene el mismo espesor, cuyo nivel estático está entre 8 y 10 m. en el sur, encontrándose a profundidades entre 3 y 5 m. en el sector norte, por razones topográficas.

ix) Area Melozal. La rinconada del Melozal presenta un acuífero semiconfinado, el que se encuentra enmarcado entre dos estratos volcánicos de permeabilidad bajísima, uno de los cuales se encuentra en superficie, lo que ha provocado que se desarrolle un acuífero colgado, superficial, que se encuentra inmediatamente bajo el nivel del suelo agrícola.

El nivel estático de esta área se encuentra entre 10 y 12 m. bajo la superficie, y corresponde al nivel piezométrico del único acuífero que allí existe.

x) Area Villaseca. Se ha reconocido un sólo acuífero, el cual se encuentra enmarcado entre dos estratos de material fino. De esta manera el nivel estático del área, que se encuentra entre 10 y 12 m. por debajo de la superficie del terreno, representa el nivel piezométrico de este acuífero semi confinado.

3.6.a.3. Sector Sur.

i) Area Longaví-Ñiquén.
Esta área presenta en superficie un estrato de espesor variable de material volcánico de permeabilidad muy baja, por lo que mantiene en superficie niveles colgados de agua subterránea.

Se han detectado alrededor de 15 acuíferos, todos semiconfinados, de entre los cuales por lo general el más profundo es el más importante, aunque éste se sitúa a distintas profundidades en los distintos sectores en que se ha explotado.

El sector norte del área muestra niveles piezométricos que varían, según la topografía, entre 4 y 7 m., para acuíferos que se encuentran en los primeros 100 m. del relleno sedimentario de la cuenca.

El sector central de esta área presenta niveles piezométricos que varían entre 10 y 12 m. de profundidad, y comprende los acuíferos que se encuentran entre la superficie y 200 m. de profundidad.

En el sector sur del área los niveles piezométricos presentan hasta 10 m. de surgencia, correspondiendo a acuíferos aún más profundos en sondajes de más de 300 m. de profundidad.

ii) Area Perquilauquén superior. En esta área también se encuentra, en superficie, el estrato volcánico que por efecto de su bajísima permeabilidad, da origen a niveles colgados de agua subterránea.

Bajo estos depósitos volcánicos se han encontrado siete acuíferos, todos semiconfinados, el más profundo de los cuales muestra un nivel piezométrico entre 28 y 32 m. bajo la superficie del terreno y que es el más importante.

iii) Area Cauquenes. El área Cauquenes muestra dos niveles acuíferos, el más superficial de los cuales se encuentra a partir de la superficie misma del terreno, y por lo tanto constituye un nivel freático, mientras el otro se presenta levemente confinado o no-semiconfinado como se le ha definido de acuerdo a sus características elásticas.

El nivel estático en esa área corresponde a un nivel freático y se encuentra entre 5 y 10 m. bajo la superficie.

Existen algunas áreas que no han sido reconocidas, por lo que se desconocen sus características particulares; en lo que sigue, se ha tratado de estimar cual sería el comportamiento de estas áreas, de acuerdo a su nivel estático.

iv) Area Perquilauquén inferior. Esta área presenta en superficie el estrato volcánico característico del sector sur, por lo que mantiene niveles de agua subterránea superficiales de poca importancia.

En profundidad se estima que debe contener acuíferos semiconfinados, profundos, cuyo nivel piezométrico debe estar entre 5 y 10 m. bajo la superficie, dependiendo naturalmente, de la topografía del terreno.

v) Area Quella. También el área Quella muestra el estrato volcánico superficial, y por lo tanto contiene acuíferos colgados superficiales de escasa importancia.

En profundidad, en forma similar al área Longaví-Ñiquén, debe presentar acuíferos semiconfinados, profundos, con niveles piezométricos entre 5 y 10 m. bajo la superficie.

vi) Area Purapel. Se estima que el área Purapel debe mostrar desde la superficie una zona acuífera relativamente potente y libre, cuyo nivel freático se encontrará entre 5 y 10 m. bajo la superficie.

vii) Area Vaquería. Se estima que esta área contiene acuíferos semiconfinados poco profundos, los cuales deben mostrar un nivel piezométrico de alrededor de 5 a 10 m. bajo la superficie.

viii) Area de Valles Andinos. Esta área muestra un acuífero desarrollado en toda la profundidad del relleno aluvial, con leves intercalaciones acuíferas, de modo que su nivel estático deberá encontrarse a una profundidad variable entre 2 y 5 m. bajo el terreno.

ix) Area de Valles de la cordillera de la Costa. Estos valles presentan acuíferos semiconfinados, de pobre recarga pero de fuerte pendiente, por lo que su nivel estático se debe encontrar entre 5 y 10 m. bajo la superficie.

3.6.b. Fluctuación de niveles.

No existe en la hoya del río Maule un control sistemático de la profundidad del agua subterránea.

Este tipo de control se ha llevado en los sondajes de otras hoyas hidrográficas ubicadas más al norte, pero desafortunadamente en la hoya que nos interesa, sólo se tiene medidas aisladas de los niveles.

Es posible obtener una idea aproximada de las variaciones que pudiera experimentar el nivel del agua subterránea comparando la medida efectuada en la época de construcción del sondaje, con aquella realizada con ocasión de la nivelación topográfica hecha durante el mes de Noviembre de 1977.

A continuación se entrega ambas medidas del nivel del agua subterránea en algunos sondajes, indicando la fecha de medición.

Niveles de Agua Subterránea (m. bajo nivel del terreno).

Sondaje		Fecha	N.E.	N.E. Nov./77	Dif. de Nivel	Años Transcurridos
3520/7120	A-1	Jun. 1962	11,7	11,9	+ 0,2	15
	A-2	Sep. 1962	13,6	13,8	+ 0,2	15
	A-3	Oct. 1962	12,8	11,8	- 1,0	15
	A-4	Feb. 1972	12,2	11,7	- 0,5	5
	C-1	Mar. 1972	42,0	41,0	- 1,0	5
3520/7130	B-1	Jul. 1969	19,2	19,1	- 0,1	8
	C-17	Mar. 1966	10,6	11,3	+ 0,7	11
3510/7140	D-1	Oct. 1956	3,7	3,8	- 0,1	21
	D-2	Abr. 1959	4,8	5,1	+ 0,3	18
3520/7220	B-1	Mar. 1957	7,6	6,9	- 0,7	20
	B-2	Mar. 1957	7,9	6,7	- 1,2	20
3530/7130	B-1	Abr. 1967	1,3	5,3	+ 4,0	10
3540/7120	C-1	Ene. 1969	3,1	2,9	- 0,2	8
3550/7130	B-5	Abr. 1969	6,4	5,1	- 1,3	8
3550/7150	B-1	Jun. 1966	11,6	10,6	- 1,0	11
3600/7140	B-2	May. 1969	6,3	7,5	+ 1,2	8
	D-1	Jul. 1966	1,6	2,5	+ 0,9	11
3600/7210	D-3	Nov. 1966	3,9	4,2	+ 0,3	11
3620/7140	A-1	Ene, 1962	28,6	28,1	- 0,7	15
	C-1	Jun. 1966	16,9	17,0	+ 0,1	11
	D-1	Jun. 1966	5,9	7,4	+ 1,5	11

Del análisis del listado anterior, especialmente de aquella columna que entrega la diferencia de la primera medida realizada con respecto a la de fecha Noviembre de 1977, se desprende en general la ausencia de fluctuaciones de niveles, por lo menos en períodos relativamente largos. En dicha columna se ha identificado con signo positivo aquellos casos en que el nivel medido en Noviembre de 1977 es más profundo que aquel medido con anterioridad. A la inversa, se ha utilizado un signo negativo cuando el último nivel medido es menos profundo que aquel medido con fecha anterior.

Las leves variaciones que se insinúan en la columna mencionada, tienen su origen fundamentalmente en fluctuaciones de niveles estacionales, las cuales a su vez son en general de poca monta.

De lo anterior se desprende como conclusión general que el sistema subterráneo se encontraría en equilibrio natural, sobre todo si se tiene en consideración que los volúmenes anuales que intervienen en el balance hidrogeológico, en cuanto a recarga y descarga natural, son varias órdenes de magnitud superiores a la descarga artificial.

El breve análisis anterior indica el orden de magnitud del comportamiento del sistema subterráneo interanualmente. Sin embargo, para los efectos de un conocimiento adecuado de las fluctuaciones de niveles en sondajes seleccionados dentro de la hoya del Maule, este control deberá realizarse por lo menos en forma mensual en los siguientes sondajes, los cuales por encontrarse fuera de uso, permitirán conocer en alguna medida las condiciones naturales del sistema:

Localidad	Coordenadas
Asentamiento Las Mercedes	3510/7100 C-2
Camarico	3510/7120 A-1
Asentamiento Los Gomeros	3520/7120 A-6
Asentamiento Las Delicias	3520/7120 C-1
Talca D.O.S.	3520/7130 C-10
Asentamiento Queri	3530/7120 C-2
Colbún ENDESA	3530/7120 D-1
Chequén	3530/7130 B-3
Panimávida	3540%7120 C-1
San Antonio	3550/7130 B-5
Cauquenes	3550/7210 C-6
Retiro	3600/7140 B-1
Pocillas	3600/7210 D-1
Flor de Ñiquén	3610/7150 C-1
Colliguay-Chacay	3620/7140 A-1

La nómina anterior incluye fundamentalmente sondajes que actualmente no se explotan.

Podría incluirse en la red de control sistemático aquellos sondajes utilizados por la D.O.S. en el abastecimiento de pequeños poblados, los cuales por contar con personal permanente tienen la posibilidad de efectuar mediciones incluso diarias.

Finalmente, una vez implementada y en funcionamiento esta red de medición, será posible determinar áreas donde sea preciso construír sondajes de observación adicionales en tal forma de contar con antecedentes que permitan conocer en forma axhaustiva las fluctuaciones estacionales y aquellos producto de explotación concentrada en ciertas áreas.

3.7. Balance Hidrogeológico.

El balance hidrogeológico que se plantea considera volúmenes medios anuales para los términos de recarga y descarga calculados. Establecida esta situación media, representativa de un extenso

período, se ha postulado que no existe una variación del volúmen de agua embalsado en el sistema subterráneo.

Los términos de mayor importancia que intervienen en la expre - sión del balance son los siguientes:

$$Qsi + P + I_r + I_p = Q_{ss} + R + D_a + E_f + E_s$$

Qsi = Volúmen de agua que ingresa subterráneamente al sistema
P = Pérdidas de los cursos superficiales
I_r = Infiltración de agua de riego
I_p = Infiltración de agua de las precipitaciones
Qss = Volúmen de agua que sale subterráneamente del sistema
R = Recuperación de los cursos superficiales
D_a = Descarga artificial
E_f = Evaporación de freactofitas.
E_s = Evaporación desde el suelo.

Algunos de estos términos merecen comentarios adicionales, los cuales se exponen a continuación:

Los valores de "I_r" e "I_p" corresponden a un porcentaje de las recargas provenientes tanto del agua aplicada en regadío como del agua de las precipitaciones respectivamente. En efecto, ambas recargas calculadas constituyen recargas potenciales ya que corresponden a volúmenes de agua susceptibles de ingresar al sistema subterráneo. Ahora bien, el ingreso se produce efectivamente sólo en aquellos sectores en los cuales se presentan las condiciones favorables pero no así en aquellas áreas en las cuales el nivel estático se ubica en forma superficial. En este último caso, los volúmenes de agua calculados como percolaciones, escurrirán subsuperficialmente y superficialmente al ser rechazados por el sistema subterráneo.

En general los términos "R" y "P" no han podido ser evaluados en forma individual, salvo en el río Lircay, para el período de riego solamente. De esta forma, se ha utilizado la diferencia entre pérdidas y recuperaciones cuando ésta ha sido determinada para los cursos superficiales ubicados en el sector de balance (sector norte) y se ha dejado como incógnita en aquellos casos en los cuales no ha podido ser determinada (sectores central y sur).

Los volúmenes ingresantes y salientes del sistema subterráneo, "Q_{si}" y "Q_{ss}", han sido calculados en el capítulo correspondiente utilizando la expresión de Darcy.

Los términos "E_f" y"E_s" no han sido calculados por no contar con antecedentes adecuados. En todo caso, se ha estimado que los volúmenes que estos términos implican son prácticamente despreciа-

bles frente al resto de los volúmenes que intervienen en el balance.

3.7.a. Sector Norte.

El sistema hidrogeológico definido para el sector norte comprende el área del valle central ubicada desde el río Maule hasta el límite septentrional de la cuenca, las secciones de ingreso de los cursos superficiales hacia el llano central (Maule en La Esperanza y Lircay en las Rastras por ejemplo), y la sección de salida natural del sistema constituída por el actual valle del río Claro. Esta última corresponde aproximadamente a una línea imaginaria que une los cerros El Aguila y Peñón.

Se ha definido de este modo el sistema subterráneo en atención a las diferencias geológicas detectadas y porque el río Maule constituye prácticamente un límite hidrogeológico natural entre los sectores norte y central. En efecto, se puede deducir del plano de equipotenciales que el flujo del agua subterránea en esta área tiene una dirección general francamente de este a oeste, descartándose de este modo la posibilidad de traspaso de agua entre ambos sectores a través del acuífero.

Además, los intercambios entre el río Maule y el acuífero se producen en forma simétrica hacia y desde ambos sectores, situación que ha permitido postular que los volúmenes de pérdidas y recuperaciones del río sean repartidas en igual proporción para los sectores norte y central.

Los límites del sistema adoptado han sido fijados en correspondencia con los tramos analizados en la determinación del régimen de pérdidas y recuperaciones de los cursos superficiales del sector norte. Es así como en el río Lircay, el punto de ingreso ha sido ubicado en el puente Las Rastras; en el río Claro, el punto de salida en Talca y, en el río Maule, el de salida en el Longitudinal. De este modo se ha identificado prácticamente todo el régimen de perdidas y recuperaciones establecido en el sector norte, quedando sólo algunos tramos sin determinar. Se encuentran en este caso el tramo del río Maule comprendido entre Esperanza y Colbún y el tramo del río Claro ubicado entre la sección de ingreso al valle central y Camarico, los cuales no han podido ser evaluados debido a la ausencia de antecedentes.

Dadas las características de iso-profundidad del nivel estático del sector norte, se ha supuesto que sólo el 80% de las recargas potenciales de regadío y de precipitaciones ingresan efectivamente al sistema subterráneo.

El único intercambio de agua subterránea entre los sectores nor-

te y central que ha sido considerado en el balance, está constituído por el flujo que se produce hacia el sur en las proximidades de Colbún. Este término ha sido estimado como la mitad de caudal pasante por Colbún, alcanzando entonces un valor de 8,25 millones de m3 al año.

Hechas las consideraciones anteriores, se plantea a continuación los volúmenes de agua anuales que intervienen en el balance del sector norte.

Recargas			m3/año x 10^6
Q_{si}	=	(Claro)	7,66
Q_{si}	=	(Maule en Esperanza)	28,38
P-R	=	(Maule entre Colbún y Long)	310,74
I_r	=		269,71
I_p	=		129,18
Total recarga anual			745,67

Descargas			m3/año x 10^6
Q_{ss}	=	(Claro)	35,04
Q_{ss}	=	(Entre S.Norte y S.Central)	8,55
R-P	=	(Lircay + Claro)	538,91
D_a	=		20,82
R-P	=	(Maule entre Esperanza y Colbún)	-
R-P	=	(Claro hasta Camarico)	-
E_f	=		0,10
E_s	=		
Total descarga anual			603,42

Las cifras de recargas y descargas anotadas permiten detectar un desbalance positivo de 142,35 millones de m3 anuales o su equivalente a 4,51 m3/s. Se atribuye esta diferencia a los términos no calculados ya que todos ellos corresponden a descargas del sistema subterráneo. Efectivamente, el régimen del río Maule aguas arriba de Colbún constituye sin lugar a dudas una fuente de recuperaciones al igual que el tramo del río Claro ubicado entre Itahue y Camarico. Similares condiciones pueden presentarse en una serie de cursos superficiales de menor importancia como son los esteros Las Chilcas, Tricahue, Pelarco, Pangue, Robles y otros que no han sido evaluados por falta de anteceden

tes y dada la escala de trabajo utilizada.

Ciertamente que el término que mayor incertidumbre podría plantear dentro del balance corresponde a la infiltración de agua producida por el río Maule, por cuanto ésta fue determinada a través de sólo seis corridas de aforo, los cuales lo demuestran sistemáticamente como fuente de recarga. Sin embargo, el monto de intercambio calculado se encuentra próximo a los rangos de errores normales de aforos por una parte, y por otra, la situación de la época de riego en la cual se realizaron estos aforos fue extendida a lo largo de todo el año por no contar con otro tipo de antecedentes.

3.7.b. Sectores central y sur.

Los sectores central y sur han sido considerados como un conjunto en el planteamiento del balance hidrogeológico, aprovechando la presencia del río Maule como divisoria de los sectores norte y central y la salida natural de los sectores central y sur constituída por el valle actual del río Maule. También se ha tenido en consideración la ausencia de antecedentes en lo relativo a conexión río-acuífero (sólo se le ha determinado en el río Perquilauquén entre San Manuel y Quella), motivo por el cual las pérdidas y recuperaciones han debido ser dejadas como incógnitas en el planteamiento del balance. Además, se ha tomado en cuenta el hecho de que las líneas equipotenciales trazadas en gran parte del límite entre los sectores central y sur han sido deducidas a través de antecedentes indirectos motivo por el cual no ofrecen la adecuada precisión en el cálculo del caudal subterráneo pasante entre ambos sectores.

El sistema subterráneo se ha definido en forma similar al del sector norte a excepción de algunos valles transversales costeros y rinconadas que han sido incluídas dentro del sistema (Cauquenes, Purapel, Melozal, y Villaseca) por cuanto las recargas potenciales que en ellas se producen han podido ser determinadas al igual que en el valle central.

En relación a las infiltraciones de agua provenientes del riego y de precipitaciones, se han estimado en un 70% de las respectivas recargas potenciales, dadas las características de nivel estático del área sometida a balance.

Considerando los planteamientos anteriores, los términos del balance se indican a continuación.

Recarga		m3/año x 10^6
Qsi	= (Maule desde sector norte)	8,55
Qsi	= (Putagán)	17,57
Qsi	= (Ancoa)	21,04
Qsi	= (Achibueno)	9,87
Qsi	= (Longaví)	9,59
Qsi	= (Perquilauquén)	34,50
P-R	= (Maule entre Colbún y Long.)	310,74
I_r	=	371,11
I_p	=	615,55
Total recarga anual		1.398,52

Descarga		m3/año x 10^6
Qss	= (Maule)	11,50
Da	=	19,18
R-P	=	-
E_f	=	-
E_s	=	-
Total descarga anual		30,68

El desbalance detectado para los sectores central y sur alcanza el valor de 1.367 millones de m3 anuales o su equivalente a 43,37 m3/s.

Esta cifra es atribuíble a la descarga natural del acuífero hacia los cursos superficiales a través de las recuperaciones, especialmente si se le compara con lo obtenido en el sector norte. En efecto, para este último sector se detectó una recuperación neta de los cursos superficiales (Lircay y Claro) equivalente a 17,09 m3/s. Lógicamente, en los sectores central y sur, en los cuales la red de drenaje es ampliamente mayor, las recuperaciones de los ríos deben alcanzar una cifra de mayor magnitud.

En general se puede caracterizar el régimen de conexión río acuífero a través del movimiento del agua subterránea en estos sectores. Del plano de equipotenciales se deduce que la gran fuente de recuperaciones la constituye el flanco oriental de la cordillera de la Costa, por cuanto el agua subterránea presenta un flujo en esta dirección con un afloramiento de la masa freática.

Es así como el río Loncomilla aparece como colector de recuperaciones del sector central y en general, los restantes cursos superficiales como fuentes de descarga del acuífero a través de recuperaciones cuyo monto debiera ir aumentando hacia aguas abajo y en las proximidades del flanco oriental de la cordillera de la Costa.

Se ha asignado el desbalance obtenido en los sectores central y sur íntegramente a recuperaciones de los cursos superficiales dados la poca influencia de otros términos de la descarga total (Ef y Es) y la exactitud relativa en la determinación de los principales volúmenes de recarga.

3.8. Hidrogeoquímica.

Se ha estudiado la hidrogeoquímica de la hoya hidrográfica del río Maule en base a 82 análisis químicos de agua, que corresponden a 45 localidades dentro de la cuenca. Todos los análisis químicos utilizados, que se presentan en la documentación interna del estudio, fueron realizados con el fin de reconocer la eventual posibilidad de usar el agua para fines potables, de modo que presentan una amplia gama de compuestos revisados, aunque, naturalmente, faltan algunos de importancia en agricultura como son el boro, fósforo, etc.

Como se puede observar en el plano N° IV.C.3-14 del Album N° 1, la mayor parte del muestreo analizado se obtuvo del valle central, aunque también hay análisis en el área de precordillera y en la cordillera de la Costa.

La escasez de análisis químicos no permitió interrelacionar ni hacer una caracterización acabada de la cuenca, ya que en algunos sectores se analizaron aguas provenientes de poca profundidad, tomadas de pozo tipo norias o punteras, mientras en otros lugares el muestreo se hizo a mayor profundidad, y en algunas zonas, éste se tomó desde acuíferos francamente profundos. A pesar de estos problemas en la interpretación, se logró realizar una sectorización incipiente, en la cual se subdividió la cuenca en base a la concentración de sólidos disueltos en cinco sectores, los que parecen estar relacionados entre sí, en profundidad, mientras en las zonas menos profundas, podrían corresponder a las áreas de influencia de los afluentes del río Maule. Estos sectores corresponden a las siguientes subdivisiones:

i) Sector Norte. Desde el confín septentrional de la hoya, hasta el río Lircay en el valle central. Presenta una densidad bajísima de sondajes, pero parece estar influído directamente por el río Claro. El contenido de sólidos disueltos desciende hacia el

sur, de modo que tiene valores de 518 en Itahue, 205 en San Rafael y 131 en Talca en la planta del río Claro de la D.O.S. (El valor de Itahue puede considerarse anómalo por tratarse de una noria y estar casi en el límite norte de la hoya). Entre las sustancias disueltas, el sodio se presenta con los valores más altos, aunque en niveles de baja concentración, aumentando levemente los carbonatos hacia el sur.

ii) Sector del río Maule. Entre el río Lircay y el río Putagán en el valle central. Presenta una proporción de alrededor de 200 ppm de sólidos disueltos, entre los que predominan los carbonatos y el sodio. Aparentemente corresponde al área de influencia del río Maule, aunque no hay mayores datos para confirmarlo.

iii) Sector Linares. Desde el río Putagán hasta el río Longaví, en el valle central. Presenta alrededor de 100 ppm de sólidos disueltos, habiendo clara predominancia de los compuestos carbonatados. Corresponden a acuíferos profundos que pueden tener su recarga en alguno de los ríos circundantes. Presenta mayores cantidades de sólidos disueltos hacia la superficie, posiblemente por influencia más directa de los ríos Ancoa y Achibueno.

iv) Sector Sur. Desde el río Longaví hasta el límite sur de la hoya, por el valle central. Presenta alrededor de 140 ppm de sólidos disueltos en proporciones similares. Debido a la gran disparidad de profundidades de los acuíferos habilitados resulta difícil caracterizarlos.

v. Sector Occidental. Comprende la cordillera de la Costa. Presenta una concentración variable de sólidos disueltos, pero en proporciones similares, con predominio de carbonatos, cloruros y sodio.

Además de los sectores reseñados, conviene hacer notar que existen zonas particulares que quedan incluídas dentro de ellos, pero que tienen características propias, como son las rinconadas que hay en el valle central: Putagán, Villaseca, Melozal, etc. Como las condiciones químicas no quedan perfectamente definidas con los datos disponibles, parece conveniente realizar nuevos análisis químicos en todos los sondajes de la hoya y de esa manera llegar a una caracterización más clara de los sectores y una posible redefinición de éstos.

El plano N° IV.C.3-13 presenta junto a cada localidad analizada un diagrama Stiff modificado por Custodio, en el cual se muestra la concentración de calcio, magnesio, sodio, carbonatos, cloruros y sulfatos que existe en el agua subterránea que se

explota de los pozos allí existentes. Este plano también muestra junto a cada diagrama el total de sólidos disueltos, la relación de adsorción de sodio (SAR) y la clase de agua respecto de su utilización para riego, referida al cuadro SAR - sólidos disueltos que se anexa en el capítulo IV.C.4 al tratar sobre calidad del agua.

De acuerdo a los análisis químicos existentes, el agua subterránea de la hoya del río Maule presenta una concentración de sólidos disueltos tal, que puede ser utilizada sin riesgos en agricultura y también como bebida para el hombre, y aunque muestra variaciones en relación a esa concentración desde un sector a otro, las variaciones son de tal magnitud que la calidad química del agua permanece casi inalterable. En el valle central, el agua presenta una salinidad baja, aumentando levemente hacia las zonas limítrofes de la cuenca, y también hacia la cordillera de la Costa y la precordillera. La relación de adsorción de sodio (SAR) es baja en toda la cuenca, con excepción de Panimávida y Ñiquén donde presenta valores más altos pero que no influyen en la posibilidad de riego de cualquier cultivo en esas áreas.

Entre las sustancias de mayor distribución en el área se encuentran el sodio, calcio y los carbonatos, y en menor concentración los cloruros, sulfatos y el magnesio, siendo los demás secundarios y con una concentración mucho menor.

En la documentación interna del estudio se presenta la parte correspondiente a sustancias químicas disueltas en el agua potable, correspondiente a la norma chilena que regula la calidad química de ésta (NCH-409 of. 70) y también la norma correspondiente de la OMS. Comparando los valores que estas normas entregan como los máximos con los de los análisis químicos del agua subterránea de la zona, se puede ver que esta última cumple con esas normas y por lo tanto puede ser usada como bebida y para las necesidades del ser humano.

En algunos sectores existen varios análisis, tomados en distinta época para un mismo sondaje, los que muestran pequeñas variaciones del contenido de sólidos disueltos, lo que ha llevado a una posible variación de la concentración de sales en el tiempo, hipótesis que no pudo ser comprobada pues el muestreo no fue sistemático y fue realizado en unos pocos lugares, demasiado lejos entre sí.

Para completar esta breve descripción, parece importante recomendar la realización de análisis químicos periódicos en todos los sondajes de la hoya. De esa manera se podrían utilizar una interrelación y sectorización más acabada y se podrían determinar las posibles variaciones temporales que pudiera tener el agua subterránea el relación a otros fenómenos de carácter climático, atmosférico, geológico, etc. También, como una menera de comparar las aguas su

perficiales con las subterráneas, parece recomendable analizar, con igual periodicidad las aguas que escurren libremente por los cauces superficiales.

3.9. Captaciones Tipo.

3.9.a. Antecedentes.

Por captaciones tipo se entiende las obras hidráulicas necesarias para captar agua subterránea. Estas serán definidas en cuanto a sus características de profundidad y diámetro del sondaje, caudal, nivel estático y nivel dinámico.

Para ello, se utilizará la subdivisión que se ha hecho anteriormente en este informe, en cuanto a sectores, áreas y sub-áreas hidrogeológicas.

Los resultados se entregan en los planos N°s. IV.C.3-11 y 12 del Album N° 1. En estos planos se presenta los valores de caudal, nivel dinámico y profundidad en la siguiente forma.

$$\frac{a/b}{c}$$

donde a = profundidad del fondo del sondaje en m.
b = caudal en litros por segundo
c = nivel dinámico en m. bajo la superficie del terreno.

Es indispensable destacar que el valor que se entrega de los parámetros indicados corresponde a las condiciones obtenidas en los sondajes construídos en la hoya del Maule, extrapoladas éstas sobre la base de la geología de subsuperficie a las profundidades señaladas para los valores de espesor mínimo estimado según se presentó en el subcapítulo de coeficientes elásticos.

Resulta lógico entonces tener presente que las captaciones tipo que se señalan más adelante son aquéllas que tipifican las condiciones reconocidas en las áreas y sub-áreas de la hoya del Maule.

Por otra parte, se evidencia que para las condiciones señaladas, el caudal que entregaría un sondaje es el máximo de seguridad en cuanto a las características de la obra hidráulica.

Si el caudal que se requiere explotar es menor que aquel señalado para el pozo tipo, es probable que la profundidad del sondaje pueda ser entonces menor.

3.9.b. Características de captación tipo.
Las características de las captaciones tipo por área y sub-área, de acuerdo a la división que se ha utilizado en capítulos anteriores, aparece en el listado siguiente:

Características de Captaciones tipo por área y sub-área

AREA O SUBAREA	A PROFUNDIDAD mts.	B CAUDAL lts.	NIVEL ESTATICO mts.	C NIVEL DINAMICO mts.	OBSERVACIONES
S.A. Panguilemo	50-60	50-55	5 - 7	20	Extremo norte de la sub área
	50-60	35-40	3 - 5	40	Centro de la sub área
	60-65	20-25	18 -20	48 - 50	Extremo sur de la sub área
S.A. Cumpeo	30-35	8-10	15 -18	20 - 25	
S.A. Pelarco	50-55	30-35	10 -13	25 - 30	Extremo occidental de la sub área
	75-80	15-20	16 -45	55 - 60	Extremo oriental de la sub área
A. San Clemente	65-70	45-50	3 - 6	28 - 32	
A. Talca	60-65	50-55	5 -10	25 - 30	
	60-65	30-35	5 -10	25 - 30	
	60-65	90-95	Surg.	30 - 35	Próximo al río Claro
A. Maule Sur	65-70	45-50	3 - 6	28 - 32	Valores estimados
S.A. Rari	50-55	8-10	1 - 3	30 - 35	
S.A. Yerbas Buenas	30-35	0.5-1.5	Surg.	23 - 25	
S.A. Linares	180-190	80-85	10 -15	80 - 85	
S.A. San Antonio	180-190	80-85	5 -10	80 - 85	

AREA O SUBAREA	A PROFUNDIDAD mts.	B CAUDAL lts	NIVEL ESTATICO mts.	C NIVEL DINAMICO mts.	OBSERVACIONES
S.A. Terminal Enap-Mirafl.	60- 65	30- 35	1- 3	35-40	
S.A. Putagán	40- 45	8- 10	3- 5	18-20	
A.San Javier-V.Alegre	70- 75	50- 55	2- 5	30-32	Extremo Norte del área
	60- 65	75- 80	8-10	30-35	Extremo Sur del área
A.Melozal	45- 50	18- 22	10-12	20-25	
A.Villaseca	60- 65	30- 35	10-12	35-40	
A.Longaví-Ñiquén	180-190	100-110	4- 7	40-45	Extremo Norte del área.
	180-190	40- 45	10-12	80-85	Parte Central á.
	180-210	180-200	Surg.	40-60	Extremo sur á.
A.Perquilauq.Su	270-280	200-220	28-32	60-70	
A.Quella	200-260	150-180	5-10	40-60	Valores est.
A.Cauquenes	60- 70	65- 70	5- 8	20-25	
A.Purapel	50- 60	10- 15	5-10	20-30	Valores est.
A.Valles Cordillera de la Costa	40- 50	1- 5	5-10	30-35	
A.Perquilauquén Inferior	230-250	150-180	5-10	40-50	Valores est.
A.Vaquería	40- 50	1- 5	5-10	40-50	Valores est.
A.Valles Andinos	60- 80	50- 80	2- 5	20-35	

El análisis del listado anterior permite visualizar varias situaciones que merecen una explicación adicional:

En el caso de la sub-área Panguilemo, se advierte una disminución del rendimiento de los sondajes tipo en dirección norte-sur, fenómeno cuyo origen debe buscarse en la distancia a la cual se ubica el sondaje con respecto al aporte sedimentario del río Claro. De esta forma, resulta posible que los sedimientos que constituyen los acuíferos de esta sub-área hayan sido depositados por el río Claro, cuyo abanico aluvial pudo haberse extendido hasta las cercanías de Talca y probablemente se encuentre interdigitado con el abanico aluvial del río Maule.

En la sub área Pelarco, se advierte una disminución del rendimiento de los sondajes hacia la parte oriental del área. Especial relevancia en este sentido es probable que la haya tenido el antiguo curso del río Maule (al norte del cerro Lorna), en el sentido de que el cerro mencionado ha podido actuar como pantalla ante la depositación de sedimentos gruesos, y en consecuencia se habrían depositado sedimentos de granulometría pequeña.

El área Talca, en las proximidades del cerro isla San Luis y hacia el oeste, presenta los más bajos rendimientos del área, lo cual se debe probablemente a la presencia de este cerro.

El resto del área Talca presenta rendimientos mayores para igual profundidad de sondaje, con la excepción de aquellos sondajes que se ubican próximos al río Claro, donde los rendimientos son sustancialmente mayores.

Para el área San Javier - Villa Alegre se han definido dos pozos tipo: uno de menor rendimiento con mayor profundidad para el extremo norte del área (San Javier) y otro de mayor rendimiento a menor profundidad para el extremo sur (Villa Alegre).

Probablemente, en San Javier los pozos existentes estén influenciados por la presencia del cerro isla Virgen de San Javier, el cual provocaría un descenso en el rendimiento unitario de los sondajes. Una captación alejada de este cerro, probablemente se asemeje al resto del área.

En el área Longaví-Ñiquén se advierte una clara zonificación en la parte norte, central y sur, siendo menor el rendimiento de los sondajes en el centro del área (Parral) y notablemente mayor en la parte sur, para profundidades relativamente similares.

Es interesante señalar finalmente, que en aquellas áreas o subáreas donde se ha indicado captaciones tipo relativamente poco profundas, es probable obtener caudales sustancialmente mayores si se llevan los sondajes a profundidades mayores.

3.10. Reservas potenciales por sectores.

El concepto de reservas potenciales por sectores se refiere al volúmen de agua subterránea que es posible captar en un área determinada en función a los siguientes parámetros:

- Recarga directa sobre el sector, proveniente en este caso de las precipitaciones, agua aplicada en regadío, pérdidas en los ríos.
- Volúmen de agua que ingresa al sector proveniente de sectores vecinos en forma subterránea.
- Volúmen de agua que sale del sector hacia sectores vecinos en forma subterránea.
- Aumento o disminución de almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos.

3.10.a. Recarga directa.

Se ha calculado anteriormente la recarga por infiltración de precipitaciones y la recarga por regadío.

Esta recarga corresponde a un volúmen potencial, el cual en función de la profundidad del nivel estático, podrá incorporarse o no al embalse subterráneo. En el caso del sector norte, se consideró que sólo el 80% del volúmen anual potencial se convertiría en recarga real, puesto que en el 20% del sector los niveles estáticos se encuentran muy próximos a la superficie del terreno y en consecuencia el embalse subterráneo no admite un incremento del volúmen embalsado.

Por otra parte, al efectuarse una explotación intensiva de agua subterránea, se produce un descenso generalizado del nivel del agua subterránea, por lo cual es posible considerar que la recarga potencial se transforma en su totalidad en recarga real.

Similar situación se encuentra en los sectores central y sur, donde la recarga real utilizada en el balance hidrogeológico representa el 70% de la recarga potencial.

Se ha calculado por otra parte, las pérdidas y recuperaciones que experimentan algunos cursos superficiales. La totalidad de los ríos y esteros experimentan en alguna parte de su recorrido pérdidas que se incorporan al embalse subterráneo, los que desafortunadamente no es posible calcular sobre la base de los antecedentes existentes. De todas formas, la recarga de este tipo debe ser considerada en aquellos sectores donde existen escurri

mientos superficiales.

3.10.b. Volúmen del agua o caudal que ingresa o que sale del sector.
Tanto el caudal ingresante como el saliente del sector son función de la sección que se considera, del gradiente hidráulico y de transmisibilidad.

Estos parámetros han sido calculados anteriormente. Con ellos y utilizando la conocida expresión de Darcy es posible determinar el caudal que interesa.

3.10.c. Aumento o disminución de almacenamiento.
El aumento o disminución del volúmen almacenado se refleja en el ascenso o descarga de los niveles estáticos del agua subterránea.

En la cuenca del Maule se ha considerado que el sistema subterráneo se encontraría en equilibrio natural, por lo menos en períodos suficientemente largos (interanuales), en atención a la ausencia de variación de los niveles estáticos.

3.10.d. Volúmenes explotables.
El volúmen explotable puede plantearse entonces como la suma algebraica de recarga directa más caudal subterráneo entrante menos caudal subterráneo saliente.

Para los efectos del cálculo de las reservas potenciales por sectores, se utilizará la subdivisión en área y sub-áreas que se hizo en el subcapítulo de geología de superficie y se considerará sólo como volúmen renovable aquel proveniente de la recarga directa, en condiciones de ausencia de variación de almacenamiento.

Este planteamiento entrega el volúmen mínimo explotable por área o sub-área.

Por otra parte, el coeficiente de almacenamiento que se emplea para estos efectos, es aquel planteado a largo plazo, con un valor de 0,1 (10%). Este valor tan alto en comparación con aquellos calculados para el corto plazo, se utiliza por el hecho de que una explotación intensa genera un gradiente hidráulico mayor, el cual permite que aumente notablemente la percolación vertical.

En la tabla siguiente, se indican los valores que alcanzan estos volúmenes explotables, expresados en metros cúbicos anuales y en metros cúbicos por segundo.

Reservas potenciales por áreas y sub-áreas.

	Millones m3/año	m3/seg.
Sub-área Cumpeo	48,864	1.549
Sub-área Panguilemo	49,249	1.562
Sub-área Pelarco	189,235	6.001
Area San Clemente	164,321	5.211
Area Talca	46,946	1.489
Area Maule Sur	180,309	5.718
Sub-área Rari	14,739	0,467
Sub-área Yerbas Buenas	66,341	2.104
Sub-área Linares	61,095	1.937
Sub-área San Antonio	63,111	2.001
Sub-área Trinidad ENAP Miraflores	180,332	5.718
Sub-área Putagán	8,321	0.264
Area San Javier-Villa Alegre	102,351	3.246
Area Melozal	6,011	0.191
Area Villaseca	6,503	0.206
Area Longaví	317,474	10.067
Area Perquilauquén Superior	209,079	6.630
Area Perquilauquén Inferior	31,709	1.005
Area Quella	28,069	0.890
Area Cauquenes	10,952	0.347
Area Purapel	18,420	0.584
Area Vaquería	32,631	1.035
	1.836,062	58.221

Cabe señalar las siguientes observaciones con respecto a las reservas potenciales o caudales explotables por sectores:

i) Los volúmenes señalados corresponden a valores medios anuales. Si la explotación se realiza en períodos cortos, los caudales se verán incrementados notablemente, manteniendo en todo caso el equilibrio hidrogeológico en el sistema subterráneo.

A modo de ejemplo, si se explota sólo durante tres meses el recurso subterráneo (Diciembre, Enero y Febrero), el caudal se ve incrementado cuatro veces.

ii) Las siguientes áreas no poseen un caudal subterráneo que ingrese a ellas proveniente de áreas vecinas: Cumpeo, San Clemente, Maule Sur, Rari, San Antonio, Melozal, Perquilauquén Superior, Purapel y Vaquería. Por lo tanto, el caudal explotable corresponde a aquel señalado en la tabla anterior.

iii) Las reservas potenciales indicadas permiten conocer un marco de referencia de la explotación de aguas subterráneas susceptibles de realizar en los sectores definidos. Por una parte, constituyen volúmenes medios anuales mínimos explotables siempre que la explotación se realice simultáneamente en varios sectores cuya superficie total no represente un alto porcentaje del total de la cuenca; por otra parte, constituyen volúmenes medios anuales mayores que el máximo si la intención corresponde a la de una explotación generalizada ya que ello significa extraer toda la recarga potencial de la cuenca.

iv) Al planear una explotación de sólo algunas áreas localizadas dentro de la cuenca, debe tenerse en consideración el gran aporte de agua que significa el flujo establecido hacia la zona depresionaria proveniente desde áreas vecinas. A nivel de prefactibilidad, semejante situación no puede ser evaluada ya que ello implica la implementación de un modelo de simulación del sistema subterráneo efectivamente comprometido durante la explotación planeada, y un mejor conocimiento de las constantes elásticas.

Esta situación de traspaso de caudales se puede producir en las siguientes áreas: Panguilemo, Pelarco, Talca, Yerbas Buenas, Linares, Terminal Enap-Miraflores, Putagán, San Javier, Villa Alegre, Villaseca, Longaví-Ñiquén, Perquilauquén Inferior, Quella, y Cauquenes.

v) Si la explotación del agua subterránea se destina a fines de riego, el agua aplicada durante el riego induce una nueva recarga en el acuífero cuyo monto permite aumentar los volúmenes anuales explotables señalados con anterioridad.

vi) Debe entenderse que los caudales explotados no llevan implícita la obra necesaria para captarlos. En este sentido éstos se ven limitados por los rendimientos específicos de los sondajes y en consecuencia debe tenerse presente las características de los pozos tipo de la cuenca del Maule.

vii) En aquellas áreas donde existen cursos superficiales, el volúmen explotable se ve incrementado por el aporte al sistema subterráneo de las infiltraciones desde los ríos y esteros. En esta situación se encuentran las siguientes áreas y aquellas que se insinuaron como excepción en el punto ii).

San Clemente	- Pérdidas en el curso de la hoya media del río Maule.
Talca	- Pérdidas en el curso inferior del río Claro.
Maule Sur	- Pérdidas en el curso de la hoya intermedia del río Maule.
San Antonio Yerbas Buenas Linares	- Pérdidas en el curso del río Putagán.
Terminal Enap-Miraflores	- Pérdidas en los ríos Ancoa y Achibueno.
Perquilauquén Superior	- Pérdidas en los ríos Liguay, Longaví y Perquilauquén.

viii) Los ríos de la cuenca experimentan a su vez, recuperaciones notables, específicamente en sus cursos inferiores, como por ejemplo el río Loncomilla y el río Claro aguas abajo de la ciudad de Talca, provenientes de aportes del sistema subterráneo. Debe considerarse entonces la probable disminución de los caudales de recuperación de los ríos, producto de la explotación del agua subterránea en áreas próximas a los cursos superficiales mencionados.

ix) Los ejemplos citados en el punto precedente, tipifican la posibilidad de un manejo eficiente del recurso subterráneo en el sentido que las recuperaciones de ambos ríos no tiene en general, salvo pequeñas superficies, utilización aguas abajo. Por lo tanto, es posible utilizar el recurso subterráneo aún cuando la extracción produzca una disminución en las recuperaciones.

Anexo IV.C.3-1.: Aguas Subterraneas

1. CARACTERISTICAS DE LOS SONDAJES.

El catastro que se entrega a continuación contiene la totalidad de los pozos destinados a la captación de agua subterránea y que han sido construídos con maquinaria especializada.

Se ha incluído en el listado, las características principales de estas obras hidráulicas, sobre la base de la información existente aproximadamente hasta el 30 de Abril de 1977. Dichas características aparecen detalladas en los cuadros IV.C.3-1-1; IV.C.3-1-2, IV.C.3-1-3 y IV.C.3-1-4.

1.1. Ubicación.

La ubicación de cada sondaje se ha determinado consignando la localidad más cercana al pozo, así como las coordenadas que éste posee. Las coordenadas se refieren a lo siguiente: La hoya del Maule ha sido dividida en cuadrículas de diez minutos de latitud y longitud. Estas cuadrículas a su vez han sido divididas en cuatro partes iguales, designando a la superior izquierda como A; a la superior derecha como B; a la inferior izquierda como C y a la inferior derecha como D. Dentro de cada subdivisión de cada cuadrícula, se ha numerado los pozos correlativamente. La cuadrícula en sí, se denomina de acuerdo a las coordenadas de su vértice superior derecho.

1.2. Propietarios.

Las siglas utilizadas son las siguientes:

DOS : Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Obras Públicas.

CORA : Corporación de la Reforma Agraria del Ministerio de Agricultura.

SNS : Servicio Nacional de Salud del Ministerio de Salud Pública.

CCU : Compañía de Cervecerías Unidas.

IANSA : Industria Azucarera Nacional S.A.

ENAP : Empresa Nacional del Petróleo del Ministerio de Minería.

ENAFRI : Empresa Nacional de Frigoríficos.

CORFO : Corporación de Fomento de la Producción del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

INIA : Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

1.3. Constructor.

Las siglas utilizadas son las siguientes:

CAS : Captación de Aguas Subterráneas actual CAPTAGUA.

SACO : Saavedra y Cobo.

CELZAC : Celedón y Zañartu.

ENDAS : Empresa Nacional de Aguas Subterráneas.

CONCHA : Miguel Concha Pinochet.

CORFO : Corporación de Fomento de la Producción

D. RIEGO : Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas.

S.N.S. : Servicio Nacional de Salud.

1.4. Profundidad.

Se indica, expresada en metros, la profundidad que alcanzó la perforación del pozo, así como la longitud de la cañería de habilitación.

1.5. Diámetro.

Expresado en pulgadas, el diámetro inferior de la cañería de habilitación.

1.6. Caudal.

Se expresa en litros por segundo, el caudal máximo aforado en la prueba de bombeo efectuada al finalizar la construcción del pozo. No indica necesariamente el caudal máximo explotable.

1.7. Nivel Deprimido.

Se expresa en metros la profundidad a la cual se encuentra el nivel dinámico o de bombeo para el caudal señalado en la columna anterior.

1.8. Nivel Estático.

Se expresa en metros el nivel no perturbado del agua subterránea.

1.9. Gastos Específicos.

Corresponde al caudal que entrega el pozo por cada metro de depresión del nivel dinámico con respecto al nivel estático.

1.10. Fecha.

Se consigna el mes y el año de finalización de la construcción del pozo.

1.11. Uso.

Se indica el uso actual del pozo de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

A.P. : Abastecimiento de agua potable

Ind. : Abastecimiento de agua para fines industriales

E : Estudio

Riego : Abastecimiento de agua para fines de regadío

Obs. : Pozo de observación de niveles de agua subterránea

Sin uso : Se agrega en aquellos casos en que el pozo no tiene equipo de bombeo instalado.

1.12. Ranurados.

Ubicación de los ranurados, expresada en metros.

2. ESTADO ACTUAL DE LOS SONDAJES.

Con el objeto de completar la información acerca de los pozos detallados en el punto anterior, se les ha agrupado atendiendo al servicio que prestan en la actualidad en tres categorias

- Pozos en uso
- Pozos sin uso
- Pozos abandonados

Para cada caso se indica además si se trata de pozos para uso industrial, consumo humano o riego. La información correspondiente se presenta en el cuadro N° IV.C.3-1-5.

CUADRO Nº IV.C.3-1-1

CARACTERISTICAS DE LOS SONDAJES

COORDE-NADAS	LOCALIDAD	PROPIETARIO		CONSTRUCTOR NOMBRE-NUMERO		PROFUND. PERFORAD. (m)	PROFUND. HABILIT. (m)	DIAMETRO HABILITA-CION	CAUDAL Lt/seg.	NIVEL DEPRIMI-DO (m)	NIVEL ESTATICO (m)	GASTOS ES-PECIFICOS (Lt/seg/m)	MES	AÑO	USO	RANURADOS (m)
3500/7120	Itahue	D.O.S.	1.208	CELZAC	1.457	40,0	40,0	8"	46,0	16,0	5,0	2,87	MAR.	1977	A.P.	18-38
D-1																18-39
3510/7100																
C-1	Cumpeo	D.O.S.	661	ENCINA		96,0			0,0				ENE.	1966	A.P.A. BAND.	
C-2	Asto. Las Mercedes	CORA		CAS	1.250	30,0	30,0		8,0	20,4	15,1	1,50	FEB.	1973	A.P. SIN USO	
3510/7120																
A-1	Camarico	D.O.S.	1.206	CELZAC	1.464	51,0	50,8	8"	32,0	32,0	3,0	1,10	ABR.	1977	A.P. SIN USO	10-24/44-50
3510/7130																
D-1	San Rafael	S.N.S.		No identif.		39,0	38,5	6"	9,0	20,4	19,0	9,00			A.P.	
3520/7120																
A-1	Pelarco	D.O.S.	516	SACO		51,0	50,0	8"	25,0	26,0	11,7	1,75	MAY.	1962	A.P.	35-47
A-2	Pelarco	D.O.S.	517	SACO		51,0	47,0	10"-8"	25,0	25,0	13,6	2,19	DIC.	1962	A.P.	
A-3	Pelarco	S.N.S.		SACO	301	47,0	47,0		25,0	24,9	12,8	2,07	OCT.	1962	A.P.	31-44
A-4	Asto. Lo Patricio	CORA		SACO	411	40,0	40,0	10"	20,0	16,8	12,2	4,35	FEB.	1972	A.P.	33-39
A-5	Asto. Sta. Margarita	CORA		CAS	1.251	50,0	49,0		14,0	38,6	18,0	0,65	ENE.	1973	A.P. SIN USO	
A-6	Asto. Los Gomeros	CORA		CAS	1.252	50,0	50,0		17,0	28,4	12,5	1,07	FEB.	1973	A.P. SIN USO	
C-1	Asto. Las Delicias	CORA		SACO	416	60,0	60,0	10"	10,0	53,5	42,0	1,22	FEB.	1972	A.P.	
3520/7130																
A-1	Talca	D.O.S.		CELZAC	1.143	55,0	55,0	12"-10"	51,0	34,6	4,0	1,67	FEB.	1976	A.P.	
A-2	Asto. San Valentín	CORA		CAS	1.265	40,0	40,0		20,0	19,2	11,6	2,63	AGO.	1973	A.P. SIN USO	
B-1	Panguilemu	S.N.S.		CELZAC	1.038	65,0	64,0	8"	20,0	48,3	19,2	0,69	JUL.	1969	A.P.	
C-1	Talca	D.O.S.	423	D.O.S.	423	53,0	48,0								A.P.	
C-2	Talca	Fca. Aceite Concha Barros		ENDAS		25,0	22,0		14,5	18,0	3,4	0,99	ABR.	1959	INDUSTR. ABAND.	
C-3	Talca	Burgos Fuster		ENDAS		26,0	26,0		30,0	8,6	8,6	4,35			INDUSTR.	
C-4	Talca	D.O.S.	422	D.O.S.	422	38,0	34,0		80,0	28,8	19,4	10,81	SEP.	1953	A.P.	
C-5	Talca	D.O.S.	419	ENDAS		50,0	44,0		50,0	15,5	9,0	7,69			A.P.	
C-6	Talca	D.O.S.	462UC	ENDAS		35,0	35,0		10,0	21,6	4,4	0,58	MAR.	1960	A.P.	
C-7	Talca	D.O.S.	251	ENDAS		55,0									A.P.	
C-8	Talca	Concha Barros		CELZAC	273	50,0	50,0	10"-8"	45,0	20,0	6,2	3,26	MAR.	1962	INDUSTR.	21-50
C-9	Talca	D.O.S.	623	SACO		50,0	50,0	10"	34,0	39,5	10,9	1,19	DIC.	1963	A.P.	20-23/28-37/45-47
C-10	Talca	D.O.S.	671A	SACO		35,0	35,0	4"-2"			9,8		JUN.	1964	OBS.	
C-11	Talca	D.O.S.	671B	SACO		35,0	35,0	4"			12,4		JUL.	1964	OBS.	23-52
C-12	Talca	D.O.S.	671	SACO		57,0	57,0	18"-13.3/4"	50,0	33,0	12,8	2,48	DIC.	1963	A.P.	20-32/35-37/44-49/51-52
C-13	Talca	CALAF		CELZAC	625	50,0	50,0	13"-10"	30,0	15,0	8,6	4,69	MAR.	1965	A.P.	10-23/26-50
C-14	Talca	D.O.S.	664	SACO		35,2	35,2	18"	56,0	25,0	13,0	4,67	MAR.	1964	A.P.	20-32
C-15	Talca	D.O.S.	624	SACO		49,5	49,5	18"	56,0	35,7	12,6	2,42	DIC.	1963	A.P.	21-31/45-47
C-16	Talca	E. Talca S.A.		SACO	304	47,0	47,0	10"	20,0	21,0	6,3	1,36	DIC.	1965	INDUSTR.	18-21/30-5
C-17	Talca	U. Católica D.O.S.	436	SACO		30,2	30,2	10"	9,0	26,9	10,6	0,55	MAR.	1966	A.P.	19-29
C-18	Talca	Coop. Vin. Talca		SACO	313	50,3	50,3	10"	20,0	12,0	2,5	4,44	ENE.	1967	INDUSTR.	17-21/40-47
C-19	Talca	Manuf. YARZA		CELZAC	884	50,0	50,0	10"	30,0	19,2	2,2	1,76	DIC.	1967	INDUSTR.	37-49
C-20	Talca	Min. Educ. Esc. Nº 88		CONCHA		37,0	36,0		11,5	9,6	2,0	1,76	DIC.	1960	A.P. ABAND.	
C-21	Talca	D.O.S.	804	SACO		60,2	60,2	13.3/8"	47,0	21,8	11,9	1,51	FEB.	1969	A.P.	24-32/43-56

CUADRO Nº IV. C.3-1-3

CARACTERISTICAS DE LOS SONDAJES

COORDE-NADAS	LOCALIDAD	PROPIETARIO		CONSTRUCTOR NOMBRE-NUMERO		PROFUND. PERFORAD. (m)	PROFUND. HABILIT. (m)	DIAMETRO HABILITA-CION	CAUDAL Lt/seg.	NIVEL DEPRIMI-DO (m)	NIVEL ESTATICO (m)	GASTOS ES-PECIFICOS (Lt/seg/m)	MES	AÑO	USO	RANURADOS (m)
3540/7120																
B-1	Pobl. Vict. Colbún														A.P.	
B-2	Esc. Colbún	Ministerio Educ.													A.P. SIN USO	
B-3	Colbún	Municipalidad													A.P.	
B-4	Colbún	S.N.S.	19	CELZAC	747	37,0	36,0	6"	9,0	21,5	21,0	8,50	JUL.	1966	A.P.	14-20/25-36
B-5	Colbún (Camp. End)	ENDESA													A.P.	
C-1	Panimávida	S.N.S.		CORFO	779	44,0	44,0	8"	2,0	27,0	3,1	0,08	ENE.	1961	A.P.	11-12/30-35/37-42
C-2	Panimávida	D.O.S.													A.P.	
D-1	La Chiripa	S.N.S.	14	CELZAC	733	27,0	26,0	6"	5,9	20,1	5,6	0,41	MAR.	1966	A.P.	10-26
D-2	Rari	S.N.S.	29	CELZAC	765	30,2	30,2	6"	7,0	23,8	0,6	0,30	OCT.	1966	A.P.	12-28
3540/7130																
B-1	Abranquil	S.N.S.		SACO	300	30,0	30,0	8"	0,9	24,5	+ 0,5	0,36			A.P.	16-24/25-29
C-1	Linares	IANSA		ENDAS		105,0	102,0		25,0	44,4	3,6	0,61	DIC.	1968	INDUST.	
C-2	Linares	IANSA		ENDAS		117,0	112,0		25,0	35,0	1,1	0,74	ABR.	1969	INDUST.	
3540/7140																
A-1	Melozal	S.N.S.	36	CELZAC	778	55,0	40,0	6"	4,0	18,3	10,2	0,49	DIC.	1966	A.P.	10-20/30-35
A-2	Melozal	S.N.S.	37	CELZAC	781	27,0	24,8	6"	8,0	20,0	11,0	0,89	ENE.	1967	A.P.	12-24
B-1	Est. Villa Alegre	S.N.S.													A.P.	
B-2	Villa Alegre	D.O.S.	1.088	CELZAC	1.328	59,5	55,7	12"	60,0	16,3	8,6	7,79	JUL.	1974	A.P.	24-50
B-3	Villa Alegre	D.O.S.	1.089	CELZAC	1.336	60,0	60,0	12"	30,0	15,5	8,9	4,55	JUL.	1974	A.P.	26-41/45-55
D-1	Palmilla	S.N.S.	20	CELZAC	748	31,5	29,8	6"	15,0	4,5	3,9	25,00	JUL.	1966	A.P.	11-28
D-2	Putagán	S.N.S.	23	CELZAC	753	40,0	40,0	6"	6,0	17,9	3,3	0,41	AGO.	1966	A.P.	22-39
3550/7130																
A-1	Linares	ENAP		CELZAC	770	45,0	44,3	10"	25,0	31,0	1,2	0,84	NOV.	1966	INDUST.	9-15/32-44
A-2	Linares	ENAP		CELZAC	777	45,1	45,1	10"	18,0	17,3	2,3	0,84	NOV.	1966	INDUST.	12-17/34-45
A-3	Linares	ENAFRI		D. RIEGO		40,0	38,0		25,0	5,0	2,3	9,26	MAY.	1958	INDUST.	
B-1	Linares	D.O.S.	112	CELZAC	207	175,0	175,0	20"-13.3/8"	80,0	65,0	14,0	1,57	NOV.	1958	A.P.	162-175
B-2	Linares	D.O.S.	361	CELZAC	209	170,0	170,0	16"-8"	80,0	85,0	11,3	1,09	MAY.	1959	A.P.	31-47/102-106
B-3	Linares	D.O.S.	362	CELZAC	211	164,6	164,6	13.3/8"-8"	80,0	85,0	10,2	1,07	ABR.	1959	A.P.	34-85/89-106/154-165
B-4	Linares	D.O.S.	363	CELZAC	241	168,0	167,0	13.3/8"	80,0	80,0	15,0	1,23	MAR.	1959	A.P.	152-167
B-5	San Antonio	CORFO		CORFO	767	102,6	63,0	12"	18,0	15,6	6,4	1,96	ABR.	1969	RIEGO S/USO	11-17/20-21/48-50/59-62
C-1	Miraflores	S.N.S.	27	CELZAC	751	35,0	35,0	6"	5,0	13,7	0,3	0,37	AGO.	1966	A.P.	19-35
3550/7140																
D-1	Longaví	D.O.S.	356	D.O.S.	356	30,0	29,0		13,0	25,4	6,7	0,70	OCT.	1955	A.P.	
D-2	Longaví	D.O.S.	357	D.O.S.	357	39,0	34,0		18,0	12,0	5,8	2,90	ENE.	1956	A.P.	
3550/7150																
B-1	Villa Seca	S.N.S.	16	CELZAC	737	31,5	31,5	6"	5,0	12,4	11,6	6,25	JUN.		A.P.	13-22/29-31
3550/7210																
C-1	Cauquenes	D.O.S.		ENAP											A.P.	
C-2	Cauquenes	D.O.S.		S.N.S.											A.P. SIN USO	
C-3	Cauquenes	D.O.S.		S.N.S.											A.P.	
C-4	Cauquenes	D.O.S.		S.N.S.											A.P. ABAND.	
C-5	Cauquenes	D.O.S.	822	CELZAC	1.072	50,3	50,0	12"	73,0	17,3	6,8	6,95	AGO.	1969	A.P.	13-47
C-6	Cauquenes	D.O.S.	857	CELZAC	1.074	50,2	50,0	12"	55,0	25,3	1,1	2,72	NOV.	1969	A.P. SIN USO	6-39

CARACTERISTICAS DE LOS SONDAJES

COORDE-NADAS	LOCALIDAD	PROPIETARIO		CONSTRUCTOR NOMBRE-NUMERO		PROFUND. PERFORAD. (m)	PROFUND. HABILIT. (m)	DIAMETRO HABILITA-CION	CAUDAL Lt/seg.	NIVEL DEPRIMI-DO (m)	NIVEL ESTATICO (m)	GASTOS ES-PECIFICOS (Lt/seg/m)	MES	AÑO	USO	RANURADOS (m)
3540/7120																
B-1	Pobl. Vict. Colbún														A.P.	
B-2	Esc. Colbún	Ministerio Educ.													A.P. SIN USO	
B-3	Colbún	Municipalidad													A.P.	
B-4	Colbún	S.N.S.	19	CELZAC	747	37,0	36,0	6"	9,0	21,5	21,0	8,50	JUL.	1966	A.P.	14-20/25-36
B-5	Colbún (Camp. End)	ENDESA													A.P.	
C-1	Panimávida	S.N.S.		CORFO	779	44,0	44,0	8"	2,0	27,0	3,1	0,08	ENE.	1961	A.P.	11-12/30-35/37-42
C-2	Panimávida	D.O.S.													A.P.	
D-1	La Chiripa	S.N.S.	14	CELZAC	733	27,0	26,0	6"	5,9	20,1	5,6	0,41	MAR.	1966	A.P.	10-26
D-2	Rari	S.N.S.	29	CELZAC	765	30,2	30,2	6"	7,0	23,8	0,6	0,30	OCT.	1966	A.P.	12-28
3540/7130																
B-1	Abranquil	S.N.S.		SACO	300	30,0	30,0	8"	0,9	24,5	+ 0,5	0,36			A.P.	16-24/25-29
C-1	Linares	IANSA		ENDAS		105,0	102,0		25,0	44,4	3,6	0,61	DIC.	1968	INDUST.	
C-2	Linares	IANSA		ENDAS		117,0	112,0		25,0	35,0	1,1	0,74	ABR.	1969	INDUST.	
3540/7140																
A-1	Melozal	S.N.S.	36	CELZAC	778	55,0	40,0	6"	4,0	18,3	10,2	0,49	DIC.	1966	A.P.	10-20/30-35
A-2	Melozal	S.N.S.	37	CELZAC	781	27,0	24,8	6"	8,0	20,0	11,0	0,89	ENE.	1967	A.P.	12-24
B-1	Est. Villa Alegre	S.N.S.													A.P.	
B-2	Villa Alegre	D.O.S.	1.088	CELZAC	1.328	59,5	55,7	12"	60,0	16,3	8,6	7,79	JUL.	1974	A.P.	24-50
B-3	Villa Alegre	D.O.S.	1.089	CELZAC	1.336	60,0	60,0	12"	30,0	15,5	8,9	4,55	JUL.	1974	A.P.	26-41/45-55
D-1	Palmilla	S.N.S.	20	CELZAC	748	31,5	29,8	6"	15,0	4,5	3,9	25,00	JUL.	1966	A.P.	11-28
D-2	Putagán	S.N.S.	23	CELZAC	753	40,0	40,0	6"	6,0	17,9	3,3	0,41	AGO.	1966	A.P.	22-39
3550/7130																
A-1	Linares	ENAP		CELZAC	770	45,0	44,3	10"	25,0	31,0	1,2	0,84	NOV.	1966	INDUST.	9-15/32-44
A-2	Linares	ENAP		CELZAC	777	45,1	45,1	10"	18,0	17,3	2,3	0,84	NOV.	1966	INDUST.	12-17/34-45
A-3	Linares	ENAFRI		D. RIEGO		40,0	38,0		25,0	5,0	2,3	9,26	MAY.	1958	INDUST.	
B-1	Linares	D.O.S.	112	CELZAC	207	175,0	175,0	20"-13.3/8"	80,0	65,0	14,0	1,57	NOV.	1958	A.P.	162-175
B-2	Linares	D.O.S.	361	CELZAC	209	170,0	170,0	16"-8"	80,0	85,0	11,3	1,09	MAY.	1959	A.P.	31-47/102-106
B-3	Linares	D.O.S.	362	CELZAC	211	164,6	164,6	13.3/8"-8"	80,0	85,0	10,2	1,07	ABR.	1959	A.P.	34-85/89-106/154-165
B-4	Linares	D.O.S.	363	CELZAC	241	168,0	167,0	13.3/8"	80,0	80,0	15,0	1,23	MAR.	1959	A.P.	152-167
B-5	San Antonio	CORFO		CORFO	767	102,6	63,0	12"	18,0	15,6	6,4	1,96	ABR.	1969	RIEGO S/USO	11-17/20-21/48-50/59-62
C-1	Miraflores	S.N.S.	27	CELZAC	751	35,0	35,0	6"	5,0	13,7	0,3	0,37	AGO.	1966	A.P.	19-35
3550/7140																
D-1	Longaví	D.O.S.	356	D.O.S.	356	30,0	29,0		13,0	25,4	6,7	0,70	OCT.	1955	A.P.	
D-2	Longaví	D.O.S.	357	D.O.S.	357	39,0	34,0		18,0	12,0	5,8	2,90	ENE.	1956	A.P.	
3550/7150																
B-1	Villa Seca	S.N.S.	16	CELZAC	737	31,5	31,5	6"	5,0	12,4	11,6	6,25	JUN.		A.P.	13-22/29-31
3550/7210																
C-1	Cauquenes	D.O.S.		ENAP											A.P.	
C-2	Cauquenes	D.O.S.		S.N.S.											A.P. SIN USO	
C-3	Cauquenes	D.O.S.		S.N.S.											A.P.	
C-4	Cauquenes	D.O.S.		S.N.S.											A.P. ABAND.	
C-5	Cauquenes	D.O.S.	822	CELZAC	1.072	50,3	50,0	12"	73,0	17,3	6,8	6,95	AGO.	1969	A.P.	13-47
C-6	Cauquenes	D.O.S.	857	CELZAC	1.074	50,2	50,0	12"	55,0	25,3	1,1	2,72	NOV.	1969	A.P. SIN USO	6-39

CUADRO N° IV C 3-1-4

CARACTERISTICAS DE LOS SONDAJES

COORDE-NADAS	LOCALIDAD	PROPIETARIO		CONSTRUCTOR NOMBRE-NUMERO		PROFUND. PERFORAD. (m)	PROFUND. HABILIT. (m)	HABILITA-CION	CAUDAL Lt/seg.	NIVEL DEPRIMI-DO (m)	NIVEL ESTATICO (m)	GASTOS ES-PECIFICOS (Lt/seg/m)	MES	AÑO	USO	RANURADOS (m)
3550/7210																
C-7	Cauquenes	D.O.S.	875	CELZAC	1.075	50,5	50,0	16"	60,0	17,5	2,1	3,90	DIC.	1969	A.P. SIN USO	12-35/43-50
C-8	Cauquenes	INIA		D. RIEGO											RIEGO ABAND.	
C-9	Cauquenes	INIA		D. RIEGO											RIEGO ABAND.	
C-10	Cauquenes	INIA		S.N.S.											A.P.	
C-11	Cauquenes	INIA		S.N.S.											A.P.	
C-12	Cauquenes	INIA		S.N.S.											A.P. SIN USO	
C-13	Cauquenes	INIA		S.N.S.											A.P.	
C-14 al																
C-19	Cauquenes	INIA													RIEGO	
3550/7220																
D-1	Santa Sofía	MINIS. EDUCACION													A.P.	
D-2	Santa Sofía	S.N.S.		S.N.S.		45,2	45,2	6"	2,1	24,6	7,8	0,13			A.P.	44-45
3600/7140																
A-1	Retiro	D.O.S.	147	ENDAS		105,0	105,0		22,0	33,3	5,5	0,79	MAR.	1960	A.P.	
A-2	Retiro	D.O.S.	148	ENDAS		105,0	105,0		22,0	16,7	7,3	2,29	MAR.	1960	A.P.	96-105/34-35/38-40
A-3	Retiro Fdo. S. Teresa	CORA		CORFO	462	201,0	153,5	12"-8"	80,0	30,2	3,2	2,96	AGO.	1964	RIEGO	74-77/89-98/116-122/151-152
B-1	Retiro Fdo. S. Luisa	M. FERNANDEZ		CORFO	296	86,0	82,5	16"	80,0	42,0	7,0	2,29	OCT.	1958	RIEGO	56-76
3600/7140																
B-2	Retiro Fdo. S. Luisa	M. FERNANDEZ		SACO	354	75,0	75,0	11"-13.3/8"-12	70,0	17,5	6,3	6,25	MAY.	1969	RIEGO	23-28/37-42/53-65
C-1	Parral	D.O.S.	114	ENDAS		190,0	190,0	10"	37,5	75,0	7,2	0,55	ABR.	1958	A.P.	184-190
C-2	Copihue	S.N.S.		S.N.S.		35,0	35,0	6"	19,0	19,0	12,0	2,71			A.P.	34-35
C-3	Parral	D.O.S.	115	ENDAS		215,0	205,0	10.3/4"	22,0	24,7	6,8	1,23	MAR.	1970	A.P.	185-205
C-4	Parral	D.O.S.	613	SACO		210,0	198,0	18"-13.3/8"-10"	50,0	15,8	8,2	6,58	FEB.	1964	A.P.	37-41/88/120-126/173-193
C-5	Parral	D.O.S.	530	SACO		206,3	205,6	18"-13.3/8"	60,0	30,0	9,8	2,97	MAR.	1962	A.P.	108-120/14-146/182-203
D-1	El Ajial	S.N.S.	18	CELZAC	744	30,0	29,5	6"	14,0	4,8	1,6	4,38	JUL.	1966	A.P.	14-30
3600/7210																
D-2	Pocillas	S.N.S.	55	CELZAC	824	42,0	40,3	8"	0,6	26,4	4,0	0,03	AGO.	1967	A.P.	22-40
D-3	Pocillas	S.N.S.	63	CELZAC	845	43,2	43,2	8"	0,7	26,1	3,9	0,03	NOV.	1967	A.P.	35-43
3610/7130																
A-1	Canela	RELIGIOSAS													A.P.	
C-1	Catillo	S.N.S.		S.N.S.		111,0	111,0	8"-6"	4,0	61,2	53,0	0,49			A.P.	110-111
3610/7140																
C-1	San Gregorio	S.N.S.	5	CELZAC	719	25,4	25,4	6"	4,0	1,6	1,3	13,30	MAR.	1966	A.P.	4-25
3610/7150																
C-1	Asto. Flor de Ñiquén	CORA		CORFO	320	334,0	318,1	16"-10"-8"-6"	150	24,1	+ 11,0	4,27	AGO.	1960	RIEGO S/USO	
C-2	Asto. Flor de Ñiquén	CORA		CORFO	347	34,0									RIEGO ABAND.	
C-3	Asto. Flor de Ñiquén	CORA		CORFO	353	200,0	200,0	12"-10"-8"	120	15,8	10,2	7,06	DIC.	1971	RIEGO S/USO	
D-1	Asto. Venceremos	CORA		CORFO	321	210,6	210,0	12"-10"	80	40,5	+ 6,8	3,17	MAY.	1960	RIEGO S/USO	
D-2	Asto. San Antonio	CORA		CORFO	357	222,0	222,0			1,0	0,2	13,89	ABR.	1962	RIEGO S/USO	
362-/7140																
A-1	Colliguay-Chacay	CORFO		CORFO	365	265,0	265,0	12"-8"		41,4	28,6	10,96	ENE.	1962	OBS.	233-252
C-1	Tres Esquinas	S.N.S.	15	CELZAC	736	30,0	30,0	6"		20,3	17,0	0,45	JUN.	1966	A.P.	20-30
D-1	Cachapoal	S.N.S.	17	CELZAC	738	35,1	35,1	6"		20,0	5,9	0,28	JUN.	1966	A.P.	15-35

CUADRO N° IV.C.3-1-5

RESUMEN DE POZOS EN USO, SIN USO Y ABANDONADOS

TIPO DE USO	EN USO	SIN USO	ABANDONADOS
Agua Potable	89	14	3
Industrial	17	--	1
Riego	4	11	3
Observación	--	3	-
Estudio	--	1	-
TOTAL	110	29	7

Anexo IV.C.3-2.: Aguas Subterraneas

1. DESCRIPCION DE LOS PERFILES EN SONDAJES.

Las informaciones obtenidas de las empresas constructoras que han tenido a su cargo la ejecución de sondajes en la cuenca permiten hacer la descripción de un buen porcentaje de ellos.

Dicha descripción se presenta identificando cada sondaje e indicando su ubicación de acuerdo a las coordenadas geográficas que permiten identificar la hoja correspondiente en el mosaico del proyecto OEA/BID-Chile de acuerdo a las explicaciones en Anexo IV.C.3-1-1.1.

35°10' - 71°10' C-1 CUMPEO

DE	A		DESCRIPCION
0.00	1.50		Tierra vegetal arcillosa
1.50	14.50		Ceniza volcánica
14.50	17.00	T	Ripio, arena, arcilla, abrasiva
17.00	20.40		Morrena abrasiva, muy dura
20.40	27.60		Conglomerado, grava angulosa
27.60	30.00		Tosca y ripio anguloso, arcilla
30.00	34.90	T	Tosca
34.90	37.00		Tosca y grava arcillosa
37.00	40.00		Ripio
40.00	41.50		Ripio con arena
41.50	42.50	A	Ripio anguloso
42.50	49.50		Material ripioso
49.50	61.20		Conglomerado arcilloso y ripio
61.20	67.20		Conglomerado
67.20	68.60		Conglomerado ripioso, arcilla
68.60	82.00		Conglomerado firme, ripio, arena y arcilla
82.00	89.50		Conglomerado firme, ripio, arena, poca arcilla
89.50	96.50		Ripio, poca arcilla, derrumbable

35°10' - 71°10' C-2 ASENTAMIENTO LAS MERCEDES

DE	A		DESCRIPCION
0.00	4.00		Arena, arcilla
4.00	15.00		Arena fina, 5% arcilla
15.00	22.00	Toba	Arena fina, 20% arcilla
22.00	25.00		Arena fina y gruesa, 30% arcilla
25.00	26.00		Arena fina y gruesa, 20% arcilla
26.00	27.00		Bolones, arena gruesa
27.00	28.00		Arena fina y gruesa, 25% arcilla
28.00	29.00		Arena fina y gruesa, 20% arcilla
29.00	30.00		Bolones, arena fina, 10% arcilla

35°00' - 71°20' D-1 — A.P. ITAHUE

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal y bolones chicos
1.00	5.00	Bolones, ripio, arena y grava
5.00	12.00	Arena media, poca arcilla
12.00	16.00	Arena media, poca arcilla
16.00	18.00	Arcilla plástica, arena
18.00	40.00	Arena gruesa y gravilla

35°10' - 71°20' A-1 — A.P. CAMARICO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal arcillosa
1.00	7.00	Arena fina a gruesa, arcilla poca grava
7.00	18.00	Arena gruesa a fina, grava arcilla, poco ripio
18.00	24.00	Ripio, grava, arena, poca arcilla, bolones
24.00	43.00	Arcilla, arena fina y media, poca arena gruesa
43.00	46.00	Arena fina y media con arcilla
46.00	51.00	Arena gruesa y media, grava y ripio

35°10' - 71°30' D-1 — SAN RAFAEL

DE	A	DESCRIPCION
0.00	32.00	Arcilla
32.00	34.00	Ripio grueso
34.00	35.00	Arcilla
35.00	36.00	Ripio regular tamaño
36.00	37.00	Arena gruesa
37.00	39.00	Arena fina

35°20' ÷ 71°20' A-1 — PELARCO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	4.00	Arcilla
4.00	19.00	Conglomerado arcilloso
19.00	34.00	Conglomerado arcilloso con bolones
34.00	48.00	Ripio, grava, arena y bolones
48.00	51.00	Arcilla, ripio

35°20' - 71°20' A-2 — PELARCO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	3.00	Arcilla
3.00	36.00	Conglomerado arcilloso
36.00	49.00	Ripio, grava y arena
49.00	51.00	Arcilla y ripio

35°20' - 71°20' A-4 — ASENTAMIENTO LO PATRICIO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Arcilla
1.00	6.00	Arena fina, maicillo, arcilla
6.00	15.50	Ripio, gravilla, arcilla, bolones
15.50	22.00	Gravilla, arena, poca arcilla
22.00	30.00	Arena, gravilla, arcilla
30.00	40.00	Arena fina, poco ripio, arcilla

35°20' - 71°20' C-1 — ASENTAMIENTO LAS DELICIAS

DE	A		DESCRIPCION
0.00	9.00	T	Tosca, bolón aislado, arcilla
9.00	18.00		Ripio, arena y arcilla
18.00	27.50		Ripio, gravilla, arena y arcilla
27.50	43.50		Bolón, ripio, arena y arcilla
43.50	60.00		Gravilla, arena gruesa, ripio, poca arcilla

35°20' - 71°30' A-1 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	4.00	Arcilla
4.00	9.50	Arena blanca
9.50	16.00	Ripio y arena
16.00	19.00	Arcilla
19.00	24.00	Arena y ripio
24.00	31.50	Arena gruesa, ripio y poca arcilla
31.50	38.00	Arena gruesa, arcilla
38.00	42.00	Arena gruesa, grava fina
42.00	45.00	Arcilla, arena
45.00	51.00	Ripio, arena, poca arcilla
51.00	55.00	Ripio, arena, arcilla

35°20' - 71°30' B-1 PANGUILEMO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	15.00	Tosca granulada
15.00	21.00	Bolones, grava, arena, arcilla
21.00	37.50	Tosca, bolones
37.50	45.50	Tosca, arcilla y bolones
45.50	63.00	Arena gruesa, gravilla
63.00	65.00	Tosca

35°20' - 71°30' C-1 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	20.70	Cámara N° 8
20.70	28.70	Tosca
28.70	30.50	Ripio grueso y poca arena
30.50	35.00	Ripio y arena
35.00	36.00	Arena fina con limo
36.00	40.00	Ripio y arena
40.00	41.50	Arena fina compacta
41.50	42.00	Ripio y arena
42.00	49.00	Ripio grueso y arena
49.00	52.50	Arena limosa
52.50	53.50	Ripio y arena gruesa

35°20' - 71°30' C-6 ESCUELA AGRICOLA TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	2.00	Tierra gredosa
2.00	5.30	Tierra vegetal
5.30	16.00	?
16.00	17.00	Arena con arcilla
17.00	21.00	Arena, ripio delgado y arcilla
21.00	22.00	Arena con arcilla y grava
22.00	32.00	Arena con ripio
32.00	35.00	Arena con ripio
35.00	46.00	?
46.00	46.50	Arcilla silicosa, ripio y arcilla
46.50	47.00	Arcilla, ripio, arena y maicillo
47.00	55.00	Arcilla maicillosa
55.00	60.50	Arena arcillosa
60.50	61.70	Arena arcillosa y poco ripio

35°20' - 71°30' C-4 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	33.50	Cámara (concretado)
33.50	38.50	Arena fina con piedras regulares

35°20' - 71°30' C-5 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	35.00	?
35.00	42.00	Ripio y arena
42.00	43.00	Arena y ripio
43.00	44.60	Ripio y arena

35°20' - 71°30' C-7 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.00	Tosca y gravilla
2.00	11.00	Arena blanca
11.00	17.00	Arena
17.00	20.00	Maicillo con arena fina
20.00	29.00	Maicillo con arena
29.00	30.80	Ripio grueso
30.80	31.50	Arena gruesa con arcilla
31.50	36.00	Arena gruesa, zona en bolones
36.00	42.00	Conglomerado, ripio, arena y arcilla
42.00	44.00	Arcilla con arena
44.00	46.00	Conglomerado duro a veces y con gran cantidad de arcilla otras
46.00	49.00	?
49.00	51.00	Conglomerado, arcilla, arena y ripio
51.00	53.00	Arcilla con arena de material duro que se comprueba como conglomerado
53.00	55.00	Ripio fino y arena gruesa con mucha arcilla, llegando a 55 mts. disminuye la arcilla

35°20' - 71°30' C-8 ACEITERA CONCHA BARROS (TALCA)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	5.00	Arcilla
5.00	21.00	Arena gruesa, arcilla, bolones
21.00	50.25	Bolones, ripio, gravilla, arena gruesa

35°20' - 71°30' C-9 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	18.00	Arena fina blanca con limo y arcilla
18.00	23.00	Grava fina con arena y bolones
23.00	25.00	Arena limosa
25.00	27.00	Conglomerado con bolones
27.00	37.00	Grava fina con arena
37.00	45.00	Conglomerado arcilloso con bolones
45.00	47.00	Ripio y arena
47.00	64.00	Arcilla dura con bolones
64.00	65.00	Ripio y arena
65.00	71.00	Roca descompuesta

35°20' - 71°30' C-10 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	2.00	Tosca
2.00	18.00	Arena cuarzosa blanca
18.00	19.50	Limo arcilloso
19.50	24.00	Bolones, ripio y arena
24.00	26.00	Conglomerado
26.00	32.00	Bolones, ripio y arena
32.00	35.00	Conglomerado

35°20' - 71°30' C-11 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	2.00	Tosca
2.00	17.50	Arena cuarzosa blanca
17.50	19.00	Limo arcilloso
19.00	24.00	Bolones, ripio y arena
24.00	26.50	Conglomerado
26.50	32.00	Bolones, ripio y arena
32.00	35.00	Conglomerado

35°20' - 71°30' - C-12 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	2.00	Tosca
2.00	18.00	Arena cuarzosa
18.00	19.50	Limo arcilloso
19.50	24.00	Bolones, ripio y arena
24.00	26.00	Conglomerado arcilloso
26.00	31.00	Bolones, ripio y arena
31.00	35.00	Conglomerado arcilloso
35.00	37.00	Bolones, ripio y arena
37.00	43.00	Conglomerado con bolones
43.00	57.00	Bolones, grava y arena con poca arcilla

35°20' - 71°30' C-13 CALAF (TALCA)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	9.70	Arcilla, poca arena
9.70	20.00	Grava, arena gruesa, poca arcilla
20.00	26.00	Conglomerado arcilloso
26.00	46.00	Grava, arena
46.00	50.00	Grava, arena y arcilla

35°20' - 71°30' C-14 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	19.80	Tosca, arcilla, con arena blanca (volcánica)
19.80	32.00	Ripio, bolones y arena
32.00	35.00	Conglomerado

35°20' - 71°30' C-15 AGUA POTABLE TALCA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	7.00	Tosca dura
7.00	17.00	Arena fina y media, cuarzosa
17.00	20.00	Limo arcilloso
20.00	30.00	Arena, ripio y bolones
30.00	45.00	Conglomerado con bolones
45.00	47.00	Arena y ripio
47.00	49.00	Arcilla gris

35°20' - 71°30' C-17 ESC. NORMAL EXPERIMENTAL (U.C.)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	5.00	Arcilla
5.00	16.00	Arcilla con arena
16.00	21.00	Grava y arena
21.00	27.50	Ripio, grava y arena
27.50	30.40	Arcilla con arena

35°20' - 71°30' C-18 COOP. AGRIC. Y VITIVINICOLA (TALCA)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.10	Relleno
1.10	8.00	Limo arcilloso
8.00	10.00	Arena, limo y arcilla
10.00	12.80	Arena, grava y limo
12.80	16.10	Arena gruesa, arcilla y limo
16.10	20.50	Grava, arena y poca arcilla
20.50	25.10	Conglomerado de arcilla y ripio
25.10	28.50	Conglomerado, arcilla, limo y ripio
28.50	30.50	Arena, ripio, y poca arcilla
30.50	44.00	Arena gruesa y arcilla (40%)
44.00	48.50	Arena gruesa, ripio y poca arcilla
48.50	50.25	Arena y arcilla

35°20' - 71°30' C-19 MANUFACTURAS YARZA (TALCA)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	10.00	Tosca
10.00	17.00	Conglomerado
17.00	37.00	Arcilla, arena, ripio y bolones
37.00	45.00	Ripio, arena, gravilla
45.00	50.00	Arcilla, bolones, ripio, arena

35°20' - 71°30' C-21 AGUA POTABLE TALCA (RIO CLARO)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.50	Arcilla, tierra vegetal
1.50	5.00	Arena, arcilla
5.00	17.00	Arena, arcilla gredosa
17.00	20.00	Bolones, ripio, grava, arcilla
20.00	32.00	Ripio, grava, gravilla, arena 5% arcilla
32.00	40.00	Ripio, grava, gravilla
40.00	50.00	Ripio, grava, gravilla, arena 60% arcilla
50.00	60.00	Ripio, grava, gravilla, arena 40% arcilla

35°20' - 71°30' C-22 PRODUCTOS FERNANDEZ S.A. (TALCA)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	3.00	Arcilla arenosa
3.00	10.00	Arena, gravilla con poca arcilla
10.00	19.00	Arcilla con poca arena
19.00	32.00	Arcilla con poca arena
32.00	35.00	Arena, gravilla, ripio
35.00	37.00	Arena, gravilla, con poca arcilla
37.00	41.00	Arena fina, con poca arcilla
41.00	46.00	Arena guesa con poca arcilla
46.00	48.00	Arena gruesa con arcilla
48.00	50.00	Arena gruesa con poca arcilla

35°20' - 71°30' C-23 CURTIEMBRE TALCA S.A.

DE	A	DESCRIPCION
0.00	9.00	Arena fina con arcilla
9.00	16.00	Arena, grava, bolón, poca arcilla
16.00	23.00	Arena, gravilla, poco ripio, poca arcilla
23.00	34.00	Arena, gravilla, mucha arcilla
34.00	39.00	Arena, gravilla, poca arcilla
39.00	50.00	Arena, gravilla, mucha arcilla

35°20' - 71°30' C-24 A.P. TALCA (POBL. REBOLLEDO)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	5.00	Arena pura
5.00	19.00	Ripio, arcilla y bolones
19.00	49.00	Arcilla, ripio
49.00	51.00	Arcilla, arena fina
51.00	56.00	Ripio, grava y arena
56.00	59.00	Arena, grava

35°20' - 71°30' D-1 AURORA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	4.00	Arcilla
4.00	18.00	Arcilla, bolones
18.00	25.00	Gravilla, arena
25.00	35.00	Gravilla, ripio y arena

35°20' - 71°40' A-1 PENCAHUE

DE	A	DESCRIPCION
0.00	10.00	Arcilla
10.00	15.00	Arena gruesa, gravilla
15.00	20.00	Arcilla con poca arena
20.00	24.00	Arena con ripio y gravilla, poca arcilla
24.00	37.00	Arena gruesa, poca arcilla
37.00	40.70	Arcilla, poca arena

35°20' 0 71°40' B-1 A.P. TALCA (RIO CLARO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	2.00	Arenisca blanca
2.00	11.00	Bolones, ripio y arena
11.00	17.00	Arcilla limosa
17.00	20.00	Arena, grava y ripio
20.00	32.50	Bolones, ripio y arena
32.50	38.00	Conglomerado arcilloso

35°20' - 71°40' B-2 A.P. TALCA (RIO CLARO)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.50	Tierra vegetal
1.50	10.50	Bolones, ripio y arena
10.50	16.00	Limo arcilloso
16.00	29.00	Bolones, ripio y arena
29.00	32.00	Arena y ripio con bolones y arcilla

35°20'- 71°40' B-3 A.P. TALCA (RIO CLARO)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	2.00	Arenisca
2.00	12.50	Bolones, ripio y arena
12.50	18.00	Conglomerado arcilloso
18.00	30.00	Bolones-ripio y arena
30.00	32.00	Conglomerado

35°20' - 71°40' B-4 A.P. TALCA (RIO CLARO)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	2.00	Arenisca
2.00	11.00	Bolones, ripio y arena
11.00	17.50	Conglomerado, arcilla y bolones
17.50	19.00	Arena fina con piedras pomes
19.00	32.00	?

35°20' - 71°40' D-2 FAC. PAPEL Y CARTON (TALCA).

DE	A	DESCRIPCION
0.00	4.80	Antepozo
4.80	17.80	Conglomerado arcilla, ripio y arena
17.80	20.60	Arcilla y arena fina
20.60	23.95	Arena gruesa, ripio y arcilla
23.95	32.00	Conglomerado arcilla, ripio y arena
32.00	37.00	Arcilla pura
37.00	47.30	Arena con poca arcilla
47.30	55.50	Conglomerado arcilla, ripio y arena

35°20' - 71°40' D-3 COLIN (TALCA)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	5.00	Arcilla, poca arena
5.00	12.00	Arcilla, arena fina
12.00	25.00	Grava, gravilla, arena fina

35°20' - 71°40' D-4 C.C.U. (TALCA)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.40	Tierra vegetal
0.40	1.50	Ripio
1.50	4.00	Tosca dura
4.00	6.00	Tosca y ripio grueso
6.00	6.50	Ripio, arena fina
6.50	9.10	Ripio, bolones, poca arcilla
9.10	15.00	Arcilla, arena
15.00	17.30	Arcilla y tosca
17.30	18.80	Arcilla, arena dura
18.80	36.50	Arcilla, arena
36.50	38.30	Arena gruesa, grava, ripio
38.30	39.00	Arena gruesa, grava
39.00	43.00	Arena gruesa, poca arcilla
43.00	47.20	Arena, grava, ripio
47.20	50.00	Arena fina, arcilla

35°20' - 72°20' B-1 CONSTITUCION

DE	A	DESCRIPCION
0.00	5.00	Arena fina con tierra
5.00	8.00	Arena gruesa con ripio
8.00	11.00	Arena con ripio
11.00	16.50	Arena fina
16.50	17.00	Arena con greda
17.00	24.00	Arena fina
24.00	28.50	Arena con greda
28.50	31.50	Arena Fina
31.50	32.20	Arena fina
32.20	32.50	Ripio con arena fina
32.50	35.50	Ripio grueso y fino con arena fina
35.50	37.00	Arcilla, arena fina gruesa y grava
37.00	38.50	Ripio y arena

35°30' - 71°20' A-1 AGUA POTABLE SAN CLEMENTE

DE	A	DESCRIPCION
0.00	4.00	Arcilla
4.00	16.00	Conglomerado con bolones
16.00	20.00	Grava, ripio, poca arena
20.00	27.00	Ripio, grava y arena
27.00	37.00	Bolones, ripio, grava
37.00	48.00	Ripio, grava, arena
48.00	51.00	Arcilla

35°30' - 71°20' A-2 AGUA POTABLE SAN CLEMENTE

DE	A	DESCRIPCION
0.00	3.00	Arcilla
3.00	16.00	Conglomerado arcilloso con bolones
16.00	49.00	Ripio, grava y arena
49.00	50.00	Conglomerado arcilloso

35°30' - 71°30' B-1 CHEQUEN

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Arcilla
1.00	16.00	Bolones, ripio, arena y arcilla
16.00	25.00	Ripio, gravilla

35°30' - 71°30' B-2 TRES ESQUINAS

DE	A	DESCRIPCION
0.00	18.00	Conglomerado, bolones, ripio, arena y arcilla
18.00	25.00	Bolones, ripio, gravilla y poca arcilla
25.00	29.50	Ripio, arena y gravilla
29.50	34.00	Ripio, arena gruesa y fina, poca arcilla
34.00	35.00	Arcilla con bolones, ripio con arcilla

35°30' - 71°40' B-3 BOBADILLA SUR

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.60	Tierra vegetal
0.60	6.00	Bolones, ripio, arcilla
6.00	14.00	Bolones, ripio, arcilla
14.00	18.00	Bolones, arena, arcilla, ripio
18.00	32.00	Arcilla, ripio, grava, bolones
32.00	35.00	Arcilla, arena, bolones, grava

35°30' - 71°40' D-1 AGUA POTABLE SAN JAVIER

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.00	Bolones, ripio, arena, arcilla 5%
2.00	4.50	Ripio, arena, gruesa, arcilla 2%
4.50	7.00	Bolones, ripio, arena, arcilla 5%
7.00	13.00	Arena fina rubia, ripio cuarzoso. poco bolón, poca gravilla, arcilla 3%
13.00	17.50	Bolones, ripio fino, arena gruesa, rubia, cuarzosa, poca gravilla arcilla 5%
17.50	24.00	Ripio fino, arena rubia fina, cuarzoza, arcilla 5%
24.00	28.00	Bolones, ripio, arena gruesa, arcilla 5% (duro)
28.00	30.00	Zona de oroca azul
30.00	33.00	Bolones, arena gruesa, arcilla (con limo duro)
33.00	adelante	Roca azul, imposible de atravesarla

35°30' - 71°40' D-2 AGUA POTABLE SAN JAVIER

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.00	Arena fina, 40% arcilla, tierra veg.
2.00	3.50	Bolones, ripio, arena, gruesa, 10% arcilla
3.50	6.25	Bolones, ripio, arena rubia gruesa poca grava, 5% arcilla
6.25	14.00	Arena rubia 80%, gravilla cuarzosa, bolones, ripio, 3% arcilla
14.00	20.00	Arena fina, ripio fino, 40% arcilla
20.00	26.00	Arena fina, ripio fino, 30% arcilla
26.00	33.00	Arena fina, ripio, cuarzosa, poca gravilla
33.00	37.00	Arena gruesa, ripio grueso
37.00	47.00	Arena, arcilla ploma

35°40' - 71°20' B-4 COLBUN (LINARES)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal, arcilla
1.00	6.00	Bolones, arena y grava
6.00	16.00	Bolones, gravilla
16.00	22.00	Bolones
22.00	23.50	Arcilla
23.50	30.00	Arena, grava seleccionada
30.00	35.00	Arena gruesa
35.00	37.00	Arena gruesa, bolones

35°40' - 71°20' C-1 TERMAS DE PANIMAVIDA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.45	Tierra vegetal
0.45	10.50	Conglomerado arcilloso con limo
10.50	11.80	Ripio, arena y poca arcilla
11.80	29.80	Conglomerado arcilloso con limo
29.80	35.00	Ripio, arena y grava
35.00	36.80	Arcilla café
36.80	41.90	Ripio, arena y poca arcilla
41.90	44.00	Conglomerado

35°40' - 71°20' D-1 LA CHIRIPA (LINARES)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	6.30	Arcilla, arena
6.30	11.20	Gravilla, arena, arcilla, bolones
11.20	16.00	Gravilla, arena, poca arcilla
16.00	19.00	Gravilla, arena, bolones
19.00	27.00	Arena, gravilla, poca arcilla

35°40' - 71°20' D-2 RARI

DE	A	DESCRIPCION
0.00	4.00	Arcilla
4.00	9.50	Bolones, ripio, gravilla, arcilla
9.50	310.22	Ripio, gravilla, arena gruesa, bolones, poca arcilla

35°40' - 71°30' B-1 ABRANQUIL-PUIPUYEN

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.50	Arcilla
1.50	2.00	Grava, arena
2.00	5.00	Conglomerado arcilloso
5.00	7.50	Grava, arena y poca arcilla
7.50	10.50	Conglomerado, arcilla, grava y limo
10.50	30.00	Formación de bolones, arcilla, grava con intercalaciones de arena

35°40' - 71°40' A-1 MELOZAL

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Arcilla
1.00	4.00	Arena
4.00	6.50	Arena con gravilla
6.50	20.00	Bolones, ripio
20.00	30.00	Arena, arcilla, bolones
30.00	36.00	Arena con poca arcilla
36.00	40.50	Tosca
40.50	55.00	Arcilla pura

35°40' - 71°40' A-2 MELOZAL

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Arcilla
1.00	3.00	Tosca
3.00	11.50	Bolones. ripio, arena y arcilla
11.50	20.00	Bolones, ripio y arena
20.00	24.00	Arena y arcilla
24.00	27.00	Arcilla

35°40' - 71°40' B-2 AGUA POTABLE VILLA ALEGRE

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	6.50	Arena, grava, bolones, arcilla
6.50	13.00	Arena, grava, bolones, poca arcilla
13.00	26.00	Arena, poca gravilla
26.00	30.00	Arena, ripio, grava
30.00	45.00	Arena , algo de grava, poca arcilla
45.00	49.00	Arena, ripio, grava, poca arcilla
49.00	59.50	Arena y arcilla

35°40' - 71°40' B-3 AGUA POTABLE VILLA ALEGRE

DE	A	DESCRIPCION
0.00	10.00	Bolones, ripio, arcilla
10.00	13.50	Ripio, arcilla
13.50	25.50	Ripio, arcilla
25.50	43.50	Arena, ripio, poca arcilla
43.50	55.50	Arena, grava, poca arcilla
55.50	60.00	Arena, arcilla

35°40' - 71°40' D-1 PALMILLA

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.80	Arcilla
1.80	3.00	Arena y arcilla
3.00	9.00	Bolones, arena
9.00	18.00	Gravilla, arena
18.00	23.00	Bolones, gravilla, arena
23.00	28.00	Bolones, gravilla, arcilla
28.00	31.50	Bolones, gravilla, arcilla

35°40' - 71°40' D-2 PUTAGAN

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	5.00	Arcilla
5.00	6.00	Arcilla, ripio, grava y arena
6.00	9.00	Arcilla, grava
9.00	12.00	Arcilla, grava, ripio y arena fina
12.00	16.00	Arcilla
16.00	19.00	Ripio, grava y arena
19.00	20.00	Arcilla, grava y arena fina
20.00	27.00	Arcilla, grava
27.00	29.00	Arcilla, grava, arena fina, ripio
29.00	35.00	Arcilla , grava, ripio, arena
35.00	40.00	Arcilla, grava, ripio, arena fina

35°50' - 71°30' A-1 TERMINAL LINARES ENAP

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.50	Arcilla
1.50	10.00	Conglomerado, arcilla, ripio y bolones
10.00	12.50	Bolones
12.50	18.00	Conglomerado arcilloso, ripio y bolones
18.00	26.00	Arena, arcilla
26.00	32.00	Arcilla
32.00	45.00	Gravilla, arena y poca arcilla

35°50' - 71°30' A-2 TERMINAL LINARES ENAP

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.50	Arcilla
1.50	11.00	Conglomerado de arcilla
11.00	29.00	Conglomerado, arcilla, gravilla y bolones
29.00	34.50	Arcilla
34.50	46.00	Grava, gravilla, arena y poca arcilla

35°50' - 71°30' B-2 AGUA POTABLE DE LINARES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	32.00	Ripio, arcilla y bolones
32.00	66.00	Ripio, arena, arcilla y bolones
66.00	72.00	Arcilla
72.00	97.00	Arcilla, ripio y bolones
97.00	102.00	Arcilla y arena
102.00	108.00	Arena, gravilla, ripio, poca arcilla
108.00	132.00	Arcilla
132.00	158.00	Arcilla, arena fina
158.00	170.00	Gravilla, arena gruesa

35°50' - 71°30, B-3 AGUA POTABLE DE LINARES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	22.00	Ripio, arena, arcilla y bolones
22.00	90.00	Arcilla, ripio, bolones
90.00	93.00	Arcilla
93.00	101.00	Arcilla, ripio, bolones
101.00	110.00	Arena, gravilla, poca arcilla
110.00	142.00	Arcilla
142.00	152.00	Arcilla, poca arena
152.00	164.61	Arena, gruesa, gravilla

35°50' - 71°30' B-5 SAN ANTONIO DE LINARES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.95	Terreno Vegetal
0.95	8.70	Conglomerado con bolones
8.70	11.65	Arena fina
11.65	13.00	Conglomerado
13.00	16.60	Arena y ripio
16.60	20.15	Conglomerado
20.15	20.90	Ripio, Bolones
20.90	47.60	Conglomerado, arcilloso
47.60	49.45	Arena y ripio
49.45	59.85	Conglomerado arcilloso
59.85	61.50	Arena y ripio
61.50	70.30	Arena y ripio
70.30	72.20	Conglomerado con poca arcilla
72.20	73.90	Arcilla, ripio y arena
73.90	78.00	Ripio, arena gruesa, arena fina
78.00	107.30	Conglomerado

107.30	108.50	Arcilla con arena
108.50	112.30	Ripio, arena y arcilla
112.30	115.20	Arena fina, arcilla
115.20	118.30	Ripio, arena
118.30	120.60	Arcilla con limo

35°50' - 71°40' D-1 AGUA POTABLE LONGAVI

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	3.00	Tierra vegetal y arena fina
3.00	4.00	Arena gruesa (Tosca?)
4.00	11.00	Arena gruesa (Tosca?)
11.00	12.00	Arena gruesa
12.00	30.00	Arena gruesa y ripio

35°50' 71°40' D-2 AGUA POTABLE LONGAVI

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	3.00	Tierra vegetal
3.00	4.00	Arena fina (Tosca?)
4.00	11.00	Arena gruesa (Tosca?)
11.00	16.00	Ripio con arena
16.00	17.00	Ripio, arena, arcilla
17.00	23.00	Ripio, arena
23.00	29.00	Ripio, arena, bolones
29.00	31.00	Ripio, arena, arcilla
31.00	34.00	Ripio grueso con arena
34.00	35.00	Ripio y arena
35.00	37.00	Ripio, arena, arcilla
37.00	39.50	Ripio, arena

35°50' - 71°30' C-1 MIRAFLORES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.50	Arcilla
1.50	8.00	Gravilla, bolones
8.00	12.50	Arcilla
12.50	13.50	Gravilla
13.50	24.20	Gravilla, bolones
24.20	50.00	Gravilla, arena

35°50' - 71°50' B-1 VILLASECA LINARES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	12.00	Arcilla, poca arena
12.00	28.00	Gravilla, bolones, arena, poca arcilla
28.00	31.50	Gravilla, bolones, arena, arcilla

35°50' - 72°10' C-5 AGUA POTABLE CAUQUENES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	5.50	Maicillo, arcilla, poca grava
5.50	11.00	Arcilla
11.00	13.00	Arena gruesa, grava, poca arcilla
13.00	18.00	Arena fina, poca grava y arcilla
18.00	25.00	Ripio, arena
25.00	28.00	Arena fina, arena gruesa
28.00	32.00	Gravilla, poca arena
32.00	35.50	Ripio, grava, arena
35.50	37.25	Arena gruesa
37.25	39.00	Arena gruesa, grava
39.00	46.00	Arena gruesa, ripio, grava
46.00	50.30	Arcilla, arena

35°50' - 72°10' C-6 AGUA POTABLE DE CAUQUENES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	1.25	Gravilla
1.25	8.25	Arena gruesa
8.25	10.50	Gravilla, arena
10.50	13.75	Grava
13.75	22.50	Arena gruesa, arcilla
22.50	23.75	Arcilla
23.75	25.50	Arena
25.50	32.00	Gravilla, arena
32.00	38.50	Grava, gravilla
38.50	50.23	Arcilla, limo

35°50' - 72°10' C-7 AGUA POTABLE CAUQUENES

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.50	Tierra vegetal, arcilla
2.50	7.50	Arena fina, arcilla
7.50	12.25	Arena, poca grava
12.25	21.50	Arena gruesa, grava
21.50	25.50	Arena, poca grava
25.50	35.50	Ripio, grava, arena
35.50	42.00	Arena fina, arcilla
42.00	49.00	Ripio, grava, arena.
49.00	50.50	Arcilla, arena

35°50' - 72°20' D-2 SANTA SOFIA MAULE

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.00	Vegetal
2.00	12.00	Arcilla y ripio
12.00	18.50	Arcilla, ripio y bolones
18.50	24.70	Ripio y arcilla
24.70	45.17	Arena, ripio y arcilla

36°00' - 71°40' A-2 AGUA POTABLE RETIRO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Tierra vegetal
1.00	5.00	Arcilla
5.00	6.00	Ripio, arena y arcilla
6.00	12.00	Arena gruesa con arcilla
12.00	28.00	Arcilla con ripio, arena y capas de limo
28.00	33.00	Arcilla con ripio
33.00	34.00	Arcilla con arena gruesa
34.00	39.00	Arena con arcilla y ripio
39.00	48.00	Arcilla con ripio
48.00	58.00	Arcilla con arena gruesa
58.00	70.00	Arcilla con ripio y arena
70.00	90.00	Arcilla con arena y ripio
90.00	96.00	Arena gruesa, ripio y arcilla
96.00	98.00	Arena fina, muy poca arcilla
98.00	99.00	Arena fina y gruesa, muy poca arcilla
99.00	102.00	Arena, poca arcilla
102.00	104.00	Arena gruesa
104.00	105.00	Limo

36°00' - 71°40' A-3 FUNDO SANTA TERESA RETIRO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.70	Tierra vegetal
0.70	2.20	Arcilla, poca arena fina
2.20	7.20	Arena fina cementada y limo
7.20	13.60	Arcilla y arena fina
13.60	17.00	Arena fina y algunas piedras
17.00	19.00	Arcilla amarilla y arena fina
19.00	24.50	Arcilla, arena gruesa y fina
24.50	28.60	Arcilla, amarilla, arena fina y algunas piedras.
28.60	32.40	Conglomerado muy duro de ripio fino y arcilla
32.40	33.75	Arcilla, arena fina y limo
33.75	34.55	Arena gruesa, poca arcilla
34.55	36.30	Conglomerado, ripio, arcilla
36.30	37.70	Arcilla amarilla y ripio
37.70	38.80	Ripio grueso y arena
38.80	39.60	Arcilla gris y ripio
39.60	40.70	Conglomerado duro, ripio
40.70	43.50	Arcilla, poco ripio
43.50	58.30	Conglomerado arcilla, ripio grueso y arena
58.30	59.70	Arcilla, arena, poco ripio
59.70	61.50	Arcilla, ripio medio y arena fina
61.50	66.20	Conglomerado ripio medio, arcilla
66.20	74.30	Arena gruesa, arcilla y piedra media
74.30	75.45	Ripio, arena gruesa algo de arcilla
75.45	83.00	Conglomerado arcilla, ripio y arena
83.00	90.30	Ripio grueso y arcilla
90.30	98.00	Arcilla gris, ripio medio arena
98.00	101.20	Arcilla y ripio
101.20	106.00	Arcilla oscura, arena, limo y ripio
106.00	109.00	Arcilla negra y limo
109.00	116.00	Arcilla amarilla, ripio y arena
116.00	118.00	Ripio grueso y arena gruesa
118.00	124.40	Arena gruesa y fina
124.40	126.70	Arcilla amarilla y arena fina cementada
126.70	150.50	Conglomerado duro, arcilloso
150.50	151.50	Arena gruesa, poco ripio y arcilla
151.50	153.80	Arena fina, amarilla, cementada
153.80	156.60	Arcilla casi pura, algo de ripio
156.60	158.00	Arcilla y arena fina
158.00	167.00	Arcilla, agunas piedras
167.00	170.00	Arcilla verdosa, poca arena gruesa
170.00	201.00	Arcilla y arena fina

36°00' - 71°40' B-1 FUNDO SANTA LUISA RETIRO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.50	Tierra vegetal
0.50	7.00	Limo y arcilla amarilla
7.00	12.00	Arena fina cementado con grava
12.00	17.00	Limo, arcilla y poca gravilla
17.00	20.00	Arena media y arcilla dura
20.00	24.00	Arcilla, limo color crema
24.00	26.00	Conglomerado de arcilla, grava y arena
26.00	37.00	Arcilla y gravilla
37.00	43.00	Bolones
43.00	45.50	Conglomerado color café
45.50	50.00	Conglomerado color gris
50.00	52.00	Arcilla y limo
52.00	55.00	Arcilla y poca gravilla
55.00	58.00	Gravilla y muy poca arcilla
58.00	60.00	Arena fina y poca gravilla
60.00	63.00	Ripio y arena lavada
63.00	64.00	Conglomerado
64.00	66.00	Ripio lavado
66.00	70.50	Ripio y arena fina
70.50	71.50	Conglomerado
71.50	76.00	Arcilla pura
76.00	80.00	Arcilla y limo
80.00	86.00	Gravilla y poca arcilla

36°00' - 71°40' B-2 FUNDO SANTA LUISA RETIRO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.20	Arcilla
1.20	12.00	Arena, arcilla
12.00	21.20	Arena, ripio fino, grava, 10% arcilla
21.20	44.00	Arcilla, limo
44.00	52.00	Conglomerado arcilloso
52.00	62.00	Gravilla, grava, arena, ripio fino
62.00	70.20	Arena, ripio
70.20	75.00	Conglomerado arcilloso

36°00' - 71°40' C-1 AGUA POTABLE DE PARRAL

0.00	7.00	Antepozo
7.00	14.00	Arcilla con arena fina
14.00	21.00	Arena y poca arcilla
21.00	26.00	Arena fina y poca arcilla
26.00	29.00	Arena media
29.00	39.00	Arcilla, poca arena
39.00	42.00	Arena fina, poca arcilla
42.00	47.00	Ripio, poca arcilla
47.00	50.00	Arena fina y poca arcilla
50.00	52.00	Arena y arcilla
52.00	58.00	Arena fina, poca arcilla
58.00	60.00	Arcilla, arena, grava
60.00	64.00	Arcilla
64.00	68.00	Arcilla, arena gruesa
68.00	108.00	Arena, ripio y arcilla
108.00	116.00	Arena, arcilla y ripio
116.00	126.00	Arena, ripio y arcilla
126.00	136.00	Arcilla con arena
136.00	144.00	Arena con arcilla
144.00	182.00	Arcilla con arena
182.00	190.00	Arena fina

36°00' - 71°40' C-2 COPIHUE (PARRAL)

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.40	Capa vegetal
1.40	14.00	Arena, arcilla (50%)
14.00	19.50	Arena fina, poca arcilla (10%)
19.50	33.50	Arena, ripio

36°00' - 71°40' C-3 AGUA POTABLE DE PARRAL

DE	A	DESCRIPCION
0.00	6.00	Antepozo
6.00	48.00	Arena y arcilla
48.00	65.00	Arcilla, poco ripio y arena
65.00	76.00	Ripio y arcilla
76.00	82.00	Arcilla, ripio, poca arena
82.00	84.00	Arena, arcilla
84.00	90.00	Limo y bolones chicos
90.00	102.00	Arcilla, poca arena
102.00	120.00	Arcilla y bolones
120.00	123.00	Bolones y arcilla
123.00	136.00	Arcilla, pocos bolones
136.00	143.00	Arcilla y poca grava
143.00	175.00	Arcilla
175.00	185.00	Arcilla con arena fina
185.00	195.00	Arena gruesa
195.00	205.00	Arena fina
205.00	210.00	Arena fina con arcilla

36°00'- 71°40' C-4 AGUA POTABLE DE PARRAL

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.00	Tierra vegetal
2.00	13.00	Arena arcillosa
13.00	16.00	Arena y limo
16.00	36.00	Arenisca y limo gris
36.00	38.00	Arena y limo
38.00	41.00	Arena con grava
41.00	45.00	Lava
45.00	80.00	Arenisca y limo
80.00	89.00	Arenisca, limo y grava angulosa
89.00	91.00	Arena y limo
91.00	122.00	Conglomerado, arcilla, grava y arena
122.00	125.00	Arena y grava
125.00	127.00	Conglomerado
127.00	130.00	Arcilla arenosa
130.00	132.00	Arcilla orgánica
132.00	160.00	Arcilla arenosa (zona estratific)
160.00	164.00	Arcilla con ripio fino
164.00	177.00	Arcilla arenosa
177.00	180.00	Arena, grava y limo
180.00	182.00	Arena y grava
182.00	188.00	Arena y grava
188.00	190.00	Arena fina
190.00	204.00	Arcilla con arena
204.00	210.00	Arenisca con limo y arcilla

36°00' - 71°00' C-5 AGUA POTABLE DE PARRAL

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.00	Vegetal
1.00	2.00	Arcilla
2.00	8.00	Gravilla, arena y arcilla
8.00	11.00	Arena fina y gruesa
11.00	17.00	Arcilla con arena
17.00	20.00	Gravilla con arcilla
20.00	27.00	Arena fina, limo y arcilla
27.00	41.00	Arcilla con arena
41.00	47.00	Gravilla con arcilla
47.00	51.00	Gravilla, arcilla y arena
51.00	57.00	Ripio fino y arena con poca arcilla
57.00	62.00	Arena gruesa y arcilla
62.00	66.00	Arcilla café con gravilla
66.00	69.00	Arena gruesa y grava
69.00	83.00	Arcilla, bolones, ripio y arena
83.00	87.00	Conglomerado, grava, arena y bolones
87.00	90.00	Arena fina y gruesa
90.00	94.00	Ripio, gravilla y arena con arcilla
94.00	105.00	Arcilla café y bolones
105.00	124.00	Ripio, arena y poca arcilla
124.00	127.00	Arcilla con ripio
127.00	138.00	Arcilla plástica y ripio
138.00	149.00	Grava, arena y poca arcilla
149.00	172.00	Arcilla plástica gris con grava
172.00	180.00	Conglomerado, arcilla, ripio grueso
180.00	205.00	Arena, grava estratificada con arcilla plástica
205.00	adelante	Arcilla plástica

36°00' - 71°40' D-1 AJIAL (LINARES)

DE	A	DESCIRPCION
0.00	14.00	Arcilla
14.00	30.00	Arena, poca arcilla, gravilla

36°00' - 72°10' D-2 POCILLAS

DE	A	DESCRIPCION
0.00	25.00	Arcilla
25.00	34.50	Arcilla, poca arena
34.50	40.00	Arcilla, poca arena, poca gravilla
40.00	42.00	Arcilla

36°00' - 72°10' D-3 POCILLAS

DE	A	DESCRIPCION
0.00	9.00	Arcilla
9.00	40.00	Arcilla limosa
40.00	43.00	Arcilla, gravilla, arena
43.00	43.15	Roca

36°10' - 71°30' C-1 CATILLO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.00	Suelo vegetal
2.00	103.00	Arcilla
103.00	107.00	Arcilla con arena
107.00	111.00	Arena, grava y poca arcilla

36°10' - 71°40' C-1 SAN GREGORIO

DE	A	DESCRIPCION
0.00	3.50	Tierra vegetal, arcilla arena
3.50	8.30	Conglomerado
8.30	9.50	Arcilla
9.50	13.00	Conglomerado arenoso
13.00	17.00	Arena, arcilla
17.00	25.40	Gravilla, arena

36°10' - 71°50' C-1 LA FLOR DE ÑIQUEN

DE	A	DESCRIPCION
0.00	1.60	Tierra vegetal
1.60	6.00	Arcilla café clara
6.00	21.00	Ripio, arena
21.00	26.00	Arcilla oscura (negra)
26.00	31.00	Arcilla verde
31.00	46.00	Ripio y arcilla
46.00	52.00	Conglomerado, arcilla, ripio y arena
52.00	56.00	Arcilla amarilla oscura
56.00	64.00	Arcilla gris oscura
64.00	68.00	Arena fina
68.00	71.00	Arcilla gris oscura
71.00	72.00	Arena gruesa
72.00	76.00	Arcilla gris oscura
76.00	91.00	Arcilla verde
95.00	100.00	Arena fina
100.00	105.00	Arcilla café
105.00	112.00	Arena fina y amarilla
112.00	116.00	Arcilla verde y café
116.00	126.00	Arena fina
126.00	130.00	Arcilla café
130.00	133.00	Arena fina
133.00	145.00	Arcilla verde
145.00	149.00	Arena y ripio
149.00	158.00	Arcilla ploma
158.00	166.00	Arena fina
166.00	175.00	Arcilla ploma y verde
175.00	181.00	Arena fina
181.00	186.00	Arcilla oscura
186.00	188.00	Arcilla café y verde
188.00	192.00	Arcilla
192.00	200.00	Arena fina
200.00	210.00	Arcilla negra y ploma
210.00	212.00	Arena
212.00	214.00	Arcilla ploma oscura
214.00	217.00	Arena fina
217.00	220.00	Arcilla verde
220.00	223.00	Arena fina
223.00	230.00	Arcilla ploma
230.00	242.00	Arena
242.00	245.00	Arcilla verde
245.00	247.00	Arena
247.00	249.00	Arcilla ploma
249.00	264.00	Arena, ripio
264.00	270.00	Arcilla café dura

36°10' - 71°50' C-1 LA FLOR DE ÑIQUEN

DE	A	DESCRIPCION
270.00	272.00	Arena cementada
272.00	286.00	Arcilla verde
286.00	292.00	Arena fina
292.00	295.00	Arcilla verde y café
295.00	312.00	Arcilla verde
312.00	315.00	Arena cementada
315.00	324.00	Arcilla café oscura
324.00	334.00	Arena fina

36°10' - 71°50' C-3 LA FLOR DE ÑIQUEN

DE	A	DESCRIPCION
0.00	5.00	Ceniza volcánica
5.00	20.00	Bolones y poca arcilla
20.00	22.00	Arcilla y arena
22.00	23.50	Arena fina
23.50	35.00	Conglomerado, arcilla, grava, arena, bolones
35.00	40.00	Arcilla color gris
40.00	42.00	Bolones, ripio y grava
42.00	49.00	Arcilla y poca arena fina y bolones
49.00	60.00	Arcilla y poca arena fina
60.00	67.00	Ripio y arena media
67.00	72.00	Arcilla y limo
72.00	81.00	Arcilla color verde
81.00	91.00	Arcilla y limo color café
91.00	96.00	Arena fina
96.00	98.00	Arena pura color amarillo
98.00	101.00	Arcilla y limo
101.00	105.00	Arcilla color café
105.00	110.00	Arcilla y arena
110.00	125.00	Toba
125.00	130.00	Arena fina
130.00	134.50	Ripio y arena
134.50	141.00	Ripio y arena
141.00	145.00	Arcilla poca arena fina
145.00	147.00	Arena fina
147.00	149.00	Arcilla color café
149.00	151.00	Arena fina y arcilla
151.00	155.00	Arcilla color gris
155.00	160.00	Grava y arena gruesa
160.00	161.00	Arcilla
161.00	165.00	Ripio, arena gruesa
165.00	171.00	Arcilla y arena
171.00	172.00	Arena fina y media
172.00	173.00	Arcilla

36°10' - 71°50' C-3 LA FLOR DE ÑIQUEN

DE	A	DESCRIPCION
173.00	183.00	Ripio, grava, bolones fondo arenisca
183.00	190.00	Limo, arena y arcilla
190.00	191.00	Arena fina
191.00	192.00	Arcilla café oscura
192.00	200.00	Arcilla color gris

36°10' 71°50' D-1

FUNDO SAN PEDRO DE ÑIQUEN

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.40	Tierra vegetal
0.40	6.00	Arcilla gris
6.00	10.20	Arena y ripio
10.20	12.90	Arena y ripio
12.90	15.60	Bolones y ripio
15.60	22.50	Conglomerado arcilloso arcilla limo y arena
22.50	25.00	Ripio y arena
25.00	27.00	Arcilla
27.00	36.00	Conglomerado, ripio, arcilla arena
36.00	39.00	Arcilla café
39.00	42.00	Arena fina y limo
42.00	45.00	Conglomerado, arcilla, ripio
45.00	50.60	Limo y arcilla negra
50.60	57.00	Conglomerado, arcilla, grava, ripio
57.00	60.00	Limo y arcilla
60.00	64.00	Arcilla, limo poca arcilla
64.00	69.00	Ripio, grava y arena
69.00	74.50	Conglomerado, arcilla, grava y arena
74.50	79.00	Bolones, ripio y arena
79.00	84.50	Arena con poco ripio
84.50	89.00	Arcilla y limo
89.00	92.30	Limo y arena fina
92.30	101.50	Arena y ripio
101.50	113.60	Arcilla y limo
113.60	120.30	Grava y arena gruesa
120.30	124.00	Arcilla café
124.00	131.00	Arena fina
131.00	148.00	Arena media
148.00	156.00	Limo, arcilla y poca arena
156.00	164.00	Conglomerado, arcilla, grava y arena
164.00	168.00	Arena fina con poca grava
168.00	173.00	Conglomerado, arcilla, ripio, poca arena
173.00	180.50	Arena gruesa y fina
180.50	185.00	Arcilla gris
185.00	187.50	Arena fina y limo
187.50	191.00	Arcilla y arena
191.00	200.60	Arcilla café
200.60	203.40	Arena fina
203.40	207.40	Arcilla y limo
207.40	210.60	Arcilla café

36°10' - 71°50' D-2 SAN ANTONIO DE ÑIQUEN

DE	A	DESCRIPCION
0.00	0.40	Tierra vegetal
0.40	5.60	Arcilla, poca arena (tosca)
5.60	8.50	Ripio, grava y arena
8.50	10.00	Conglomerado (ripio y arena)
10.00	18.70	Ripio y grava
18.70	25.60	Conglomerado (arcilla, bolones y grava)
25.60	29.10	Arena, bolones y limo
29.10	31.50	Bolones, arcilla
31.50	36.40	Arcilla negra con vetas y arena amarilla
36.40	39.00	Arena, ripio y bolones
39.00	42.50	Ripio, bolones, arena y arcilla
42.50	44.00	Arena, arcilla
44.00	45.70	Arena y ripio cementado
45.70	49.00	Arena, ripio y bolones
49.00	54.40	Ripio, arena cementada
54.40	56.50	Ripio, arena
56.50	60.70	Arcilla café
60.70	75.30	Arcilla verde (vetas amarillas)
75.30	75.80	Ripio y arena
75.80	76.20	Arena y bolones
76.20	78.00	Ripio, arena y bolones
78.00	81.70	Arcilla, arena fina
81.70	92.80	Arcilla gris
92.80	96.00	Arcilla, grava color negro
96.00	98.00	Arcilla y arena color amarillo
98.00	100.00	Ripio y arena
100.00	105.00	Arena, ripio
105.00	111.20	Arcilla gris vetas café
111.20	115.10	Arcilla amarilla
115.10	118.90	Arena fina
118.90	123.50	Arena gruesa
123.50	143.00	Arcilla café
143.00	155.00	Arcilla verde
155.00	158.50	Arcilla gris
158.50	163.50	Arena fina con poco ripio
163.50	164.60	Arcilla café
164.60	166.00	Arcilla verde
166.00	169.20	Arena fina, gruesa
173.50	175.10	Arcilla gris
175.10	187.80	Arena gruesa ripio y grava
187.80	194.40	Arcilla y limo
194.40	203.00	Ripio y arena
203.00	203.90	Arena media
203.90	205.10	Arcilla gris
205.10	211.70	Arena media
211.70	212.50	Arcilla gris

36°10' - 71°50' D-2

SAN ANTONIO DE ÑIQUEN

DE	A	DESCRIPCION
212.50	214.00	Arena media
214.00	214.80	Arena fina
214.80	216.00	Arena greusa
216.00	217.00	Arcilla café
217.00	220.30	Arena fina
220.30	222.50	Arcilla verde

36°20' - 71°40' A-1

FUNDO COLLIGUAY CHACAY

DE	A	DESCRIPCION
0.00	2.00	Tierra vegetal
2.00	2.20	Limo y ceniza volcánica
2.20	16.00	Arcilla y grava
16.00	41.00	Conglomerado, arcilla, bolones, arena
41.00	52.20	Conglomerado, arcilla, bolones, arena, otros colores
52.20	63.50	Arcilla, grava y arena media
63.50	64.00	Bolones, ripio, arena y poca arcilla
64.00	80.00	Limo, grava y arena
80.00	83.00	Arcilla y limo
83.00	93.00	Grava, arena y ripio
93.00	95.50	Arena, media y poca arcilla
95.50	113.50	Grava y poca arcilla color café
113.50	129.50	Grava y arcilla color gris
129.50	134.00	Arcilla y grava gris
134.00	136.00	Arena gruesa, limo y arcilla
136.00	141.00	Arena gruesa, grava y arcilla
141.00	154.00	Ripio, grava y poca arcilla
154.00	160.50	Arena gruesa, grava, ripio y poca arcilla
160.50	167.10	Ripio, arena y arcilla
167.10	168.00	Arcilla compacta
168.00	170.50	Grava, arena y arcilla
170.50	171.50	Bolones, ripio y arcilla
171.50	177.00	Arena gruesa y fina
177.00	185.50	Bolones, ripio y arcilla
185.50	189.00	Arcilla y grava
189.00	198.00	Arena, bolones y poca arcilla
198.00	206.00	Bolones, arena y poca arcilla
206.00	208.00	Arena gruesa poca arcilla
208.00	210.00	Arena gruesa, ripio menos arcilla
210.00	217.00	Bolones, arcilla, grava y ripio
217.00	219.00	Arcilla media y fina y limo

36°20' - 71°40' A-1 — FUNDO COLLIGUAY CHACAY

DE	A	DESCRIPCION
219.00	226.00	Arena, arcilla y pocos bolones
226.00	233.86	Arena finísima
233.86	241.50	Arena, ripio y poca arcilla
241.50	246.40	Ripio y arena
246.40	250.00	Arena fina
250.00	253.00	Arena y poca arcilla
253.00	262.00	Arena, ripio y bolones
262.00	263.50	Arena gruesa
263.50	265.00	Limo y arcilla

36°20' - 71°40' C-1 — TRES ESQUINAS

DE	A	DESCRIPCION
0.00	8.00	Arcilla, arena, gravilla
8.00	13.00	Gravilla, arcilla, arena
13.00	20.00	Limo, arcilla, arena, gravilla
20.00	30.00	Arena, gravilla, arcilla

36°20' - 71°40' D-1 — CACHAPOAL

DE	A	DESCRIPCION
0.00	5.00	Arcilla
5.00	15.00	Bolones, arcilla, arena
15.00	21.00	Bolones, gravilla, arena
21.00	35.00	Gravilla, poca arcilla, bolones

Anexo IV.C.3-3.: Aguas Subterraneas

1. INTRODUCCION.

En este anexo se presentan los resultados de las pruebas de bombeo realizados con ocasión del presente estudio y un cuadro resumen con los valores calculados y estimados para los coeficientes elásticos de todos los sondajes individualizados en la cuenca del Maule, en base a los antecedentes entregados por las firmas constructoras de los pozos o por las instituciones que los administran y a los datos recogidos en las pruebas de bombeo antes mencionados.

2. PRUEBAS DE BOMBEO REALIZADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO.

En la temporada invernal de 1977 se ha practicado pruebas de bombeo en algunos sondajes seleccionados de la cuenca.

Se ha escogido de preferencia los sondajes operados por la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.) para dotar de agua potable a algunas localidades de importancia, atendiendo a que dichos sondajes se encuentran en condiciones de operación normal y mantenida.

Los sondajes seleccionados para realizar las pruebas son:

Recinto A.P. de Pelarco	Pozos DOS N°s. 516 y 517
Recinto A.P. de S.Clemente	Pozos DOS N°s. 580 y 615
Recinto A.P. de S.Javier	Pozo DOS N° 1.087
Recinto A.P. de Villa Alegre	Pozo DOS N° 1.088
Recinto A.P. de Longaví	Pozos DOS N°s. 356 y 357
Recinto A.P. de Retiro	Pozo DOS N°s. 147 y 148

A continuación se describe las pruebas efectuadas.

SONDAJE 35° 20' - 71°20' - A-1 y A-2

RECINTO A.P. PELARCO, D.O.S. N° 516 y N°517

ANTECEDENTES.

Se encuentran en este recinto del agua potable de Pelarco, los pozos 35° 20' - 71°20' A-1 y A-2 que corresponden a la numera - ción D.O.S. N°516 y N°517. Ambos se perforaron en el año 1962 alcanzando una profundidad aproximada de 50 m. La habilitación compromete la zona acuífera inferior que se ubica desde los 36 m. hasta los 49 m.

El acuífero captado es de granulometría relativamente gruesa ya que está constituído por ripio, grava y arena. Sobre este acuífero, se presenta un conglomerado arcilloso que se extiende desde la superficie hasta los 36 m.

Las pruebas de bombeo que se analiza a continuación, corresponden a las realizadas por la Empresa Constructora en la fecha de construcción de los sondajes (Sept. 62) y a las ejecutadas durante el estudio del presente proyecto en Agosto y Septiembre del año 1977.

La cronología de ensayos de bombeo se indica en la siguiente tabulación:

Fecha	Pozo de bombeo	Caudal (l/s)	Duración (min)	Niveles en (m) Inicial	Niveles en (m) Final	Observaciones
1.9.62	A - 2	15	385	13,60	17,19	
		20	330	-	21,38	Prueba de caudal variable
		25	760	-	24,93	
1.9.62	A - 2	-	60	-	13,60	Recuperación
3.9.62	A - 2	20	1.440	13,60	20,16	Prueba Q=cte. (1)
2.9.77	A - 1	8,4	1.440	12,35	13,05	Prueba Q=cte.
3.8.77	A - 1	-	1.440	-	12,38	Recuperación.

Nota: (1) No se controló la recuperación ni se observó el sondaje A - 1 durante el bombeo.

En ambos casos se utilizó el sondaje inactivo como pozo de observación, excepto en la prueba de caudal constante efectuada en el año 1962. La distancia entre ambos sondajes alcanza a 35 m.

RESULTADOS.

Para el análisis de las pruebas de bombeo, se ha utilizado los métodos de Jacob y Meyer para el caso de la fase de bombeo y en el pozo de bombeo; el método de Hantush-Jacob se ha aplicado al pozo de observación. Se ha obtenido así los siguientes resultados:

FECHA	POZO	Caudal (l/s)	G.E. (l/s/m)	Transmisibilidad (m2/día)			
				Jacob			
				Bombeo	Recup.	Meyer	Hantush
1.9.62	A-2	15	4,05	1.320	-	420	-
		20	2,51	610	-	280	-
		25	2,20	-	-	250	-
		cero	5,80	-	-	600	-
3.9.62	A-2	20	3,05	1.270	-	320	-
2.8.77	A-1	8,4	11,50	1.350	-	1.200	-
	A-2	-	-	1.900	-	-	900

Además, el coeficiente de almacenamiento calculado por el método de Hantush-Jacob alcanza a $8,5 \times 10^{-5}$.

ANALISIS Y CONCLUSIONES.

Por la estratigrafía detectada durante la perforación, es posible inferir que el acuífero corresponde a uno del tipo semiconfinado, por cuanto el estrato que le sobreyace es de baja permeabilidad (conglomerado arcilloso).

En relación al valor de la transmisibilidad asignable al acuífero probado, resulta más confiable adoptar valores similares a los obtenidos en las pruebas de caudal constante y primera etapa de la prueba de caudal variable. El método del gasto específico entrega resultados menores que el de Jacob-bombeo por cuanto se encuentra afectado por el rendimiento del sondaje. Se aprecia que en la medida que el caudal extraído disminuye se obtiene valores ma

yores de T al utilizar el abaco de Meyer hasta obtener T=1.200 m2/día para Q=8,4 1/s. Este efecto se atribuye a la influencia de las pérdidas de carga por regimen turbulento del escurrimiento del agua hacia el sondaje.

En atención a lo anterior, se estima que los valores de T entregados por el método Jacob-bombeo y el valor del almacenamiento calculado por el método de Hantush-Jacob, son representativos del acuífero probado.

Se concluye, entonces

- acuífero semiconfinado
- T = 1.500 (m2/día)
- S = 10^{-4}

SONDAJES 35° 30' - 71°20' A - 1 Y A - 2

RECINTO A.P. SAN CLEMENTE, DOS N° 580 y N° 615.

ANTECEDENTES.

El presente informe se refiere a los sondajes ubicados en el recinto de A.P. de San Clemente de la Dirección de Obras Sanitarias. Fueron perforados en el año 1963 alcanzando una profundidad de 50 m. con ranurados destinados a captar un acuífero que se extiende desde los 16 m. hasta los 48 m. aproximadamente.

De las pruebas realizadas a la fecha de construcción no se dispone de antecedentes salvo las curvas de agotamiento de ambos sondajes motivo por el cual, en este caso, se analiza los ensayos a través del gasto específico.

En Julio del año 1977, y para el estudio de este proyecto se efectuó una prueba de bombeo de 24 hrs. de duración, utilizando las instalaciones existentes en el recinto.

Se indica a continuación los ensayos realizados y su cronología.

Fecha	Pozo de bombeo	Caudal (l/s)	Duración (min).	Niveles en (m). Inicial	Niveles en (m). Final	Observaciones
Abril 63	A-1	10	-	11,20	-	Prueba de caudal variable.
		20		-	-	
		25	-	-	-	
Julio 63	A-2	10	-	12,85	-	Prueba de Q= variable
		20	-	-	-	
28/7/ 77	A-1	17	1.440	12,32	15,05	Q=cte(1)
		-	540	-	12.11	Recuperación

Nota (1) En esta prueba se controló el sondaje A-2 utilizándolo como pozo de observación. La distancia entre ambos sondajes es de 25 m.

RESULTADOS.

En primer lugar se expone los resultados obtenidos por la aplicación del ábaco de Rex Meyer a los gastos específicos calculados a partir de las curvas de agotamiento entregadas por la empresa contructora de los sondajes.

Pozo	Caudal (l/s)	N.D. (m)	G.E. (l/s/m)	T (m2/día)
A-1	10	14.00	3.57	370
	20	16.80	3.57	370
	25	19.60	3.57	370
	Cero	-	3.57	370
A-2	10	13.70	11.80	1.250
	20	14.70	10.80	1.100
	Cero	-	12.50	1.300

Las pruebas de bombeo realizadas como parte del presente estudio sólo han podido ser interpretadas utilizando el método de Dupuit para condiciones de equilibrio ya que el nivel deprimido controlado tanto en el pozo de bombeo como en el de observación, prácticamente no sufre variaciones que indiquen una tendencia clara de descenso durante las 24 hrs. de la prueba. A modo de ejemplo se señala que en el sondaje A-1 (de bombeo) se establece un nivel dinámico de 15,00 m. a partir del minuto 2 el cual no sufre variaciones hasta el minuto 40.

Considerando estas condiciones, se ha aplicado el método mencionado, con los siguientes antecedentes.

Q = 17l/s
r_w = 0,80 m. (supuesto)
r = 25 m.
s = 0,33
s_w = 1,66 m. (se toma el 60% del valor medido considerando 40% de pérdidas).

Utilizando la relación

$$T = 0.366\ Q\ \frac{\text{Log}_{10}\ \frac{r}{rw}}{sw - s}$$

se obtiene

T = 604 (m2/día)

Por otra parte, utilizando el método de Rex Meyer para s=2,77 m., Q=17 l/s se obtiene G.E. = 7,5 l/s/m, lo cual permite obtener una transmisibilidad de 800m2/día aproximadamente.

CONCLUSION.

Los valores calculados para el sondaje A-2 se estiman poco confiables dada la escala de dibujo utilizada en el gráfico de la curva de agotamiento. De igual forma, los resultados calculados para el pozo A-1 a partir de su curva de descarga se han considerado como un límite que permita definir el orden de magnitud de la transmisibilidad asignable al acuífero.

Por otra parte, el método de Dupuit utilizado requiere de antecedentes no detectables en una prueba de bombeo (radio efectivo y pérdidas) de modo que no ofrece seguridad en el cálculo de la transimisibilidad.

Por consiguiente, se ha considerado que el valor de T estimado a través del gasto específico detectado en el sondaje A-1 durante la prueba de bombeo realizada por esta Unidad, corregido por las pérdidas atribuíbles al escurrimiento turbulento, resulta asignable al acuífero en estudio. Se adopta entonces T = 1.000 m2/día.

De acuerdo a la estratigrafía detectada, el acuífero captado puede ser considerado como en estado de semiconfinamiento ya que el estrato que se ubica sobre él, conglomerado arcilloso con bolones, debe presentar algún grado de permeabilidad.

En relación al coeficiente de almacenamiento, éste no ha podido ser calculado a través de ensayos de bombeo pero su valor se estima en S = 10^{-4} dadas las características del acuífero.

SONDAJE 35°30' - 71° 40' D-2

D.O.S. N° 1.087 RECINTO A.P. SAN JAVIER.

ANTECEDENTES.

En el recinto de la Dirección de Obras Sanitarias de San Javier,

se perforaron en el año 1974 los sondajes 35° 30' - 71°40' D-1 y D-2 (D.O.S. N° 1.086 y N° 1.087 respectivamente). Las profundidades alcanzadas fueron de 33 m. en el D-1 y de 47 m. en el D-2, llegándose hasta la roca en el primero de ellos, debido a su proximidad al cerro de La Virgen.

De los antecedentes de las pruebas de bombeo ejecutadas en el período de construcción de los sondajes, sólo se ha dispuesto de las curvas de agotamiento confeccionadas por la Empresa Constructora SACO.

En el mes de Julio del año 1977 y como parte del presente estudio se llevó a cabo un ensayo de bombeo con un caudal constante de 32 l/s durante 24 hrs. utilizando el sondaje D-2 como pozo de bombeo y el sondaje D-1 como pozo de observación.

Las características fundamentales del ensayo realizado se indican en el siguiente cuadro.

Fecha	Pozo	Caudal (l/s)	Duración (min)	Niveles en (m) Inicial	Final	Observaciones
12/7/77	D-2	32	1.440	1,16	5,55	Pozo de bombeo
13/7/77	D-2	-	720	-	1,12	Recuperación
12/7/77	D-1	-	1.440	0,44	0,92	Pozo Observación
13/7/77	D-1	-	720	-	0,44	Recuperación

Nota: La distancia entre ambos sondajes es de 55 m.

RESULTADOS.

La estratigrafía descrita durante la perforación, permite afirmar que en todo el espesor atravesado no se ha detectado acuífijos. Se presentan diversos estratos de diferente permeabilidad dependiendo del porcentaje de finos presente en ellos destacándose uno superficial ubicado entre los 2,00 m. y los 15.00 m. y uno inferior ubicado entre los 26,0 y los 37,0 m. aproximadamente.

Estos dos acuíferos son los captados en ambos sondajes por cuanto sus sectores ranurados han sido ubicados frente a ellos.

Por la granulometría descrita en los perfiles de los sondajes, se puede caracterizar el acuífero superior como del tipo fréáti-

co y el inferior en estado de semiconfinamiento debido a la presencia de capas con mayor contenido de finos que se sobreyacen.

Además, de las curvas de agotamiento se deduce que el acuífero superior es el de mayor importancia en cuanto a su aporte y rendimiento ya que al ser drenado el gasto específico sufre una fuerte disminución.

Caracterizados los acuíferos de acuerdo a lo anterior, se presenta a continuación los resultados obtenidos a partir del método de Jacob aplicado a los ensayos de bombeo realizados para el presente estudio.

Pozo	G.E. (l/s/m)	Meyer	Transmisibilidad (m2/día) Jacob-bombeo	Jacob-recuperación
D-2	7,3	750	-	-
D-1	-	-	2.200	2.200

Los datos de variaciones de nivel del pozo de observación D-1 han sido graficados en papel log-log obteniéndose una superposición aceptable sólo con las curvas del método Hantush-Jacob para un coeficiente B = 0,5. El punto de coincidencia se ha definido del siguiente modo:

t = 10 min.
s = 0,14 m.
W(u,B)= 1,2
1/u = 6,8

Se calcula entonces:

T = 1.900 (m2/día)
S = 2,5 x 10^{-3}

CONCLUSIONES.

Para poder adoptar valores de constantes elásticas asignables al conjunto de los acuíferos comprometidos durante los ensayos de bombeo, se debe tener presente algunos puntos de interés. En primer lugar la presencia de la barrera impermeable que constituye el cerro La Virgen cuya influencia se manifiesta princi -

palmente en el pozo de observación (ver gráfico log-log para tiempos mayores que 100 min. y gráfico log t y nivel deprimido). En segundo lugar, estando el pozo de observación abierto al acuífero semiconfinado inferior, su comportamiento inicial refleja en mayor grado la expansión del cono de depresiones de este a - cuífero ya que la velocidad de expansión de él es mayor que la del acuífero freático. Ambos efectos superpuestos establecen un comportamiento general del sistema del cual sólo es posible adoptar algunas estimaciones.

Por lo tanto, se estima que el coeficiente de almacenamiento calculado es asignable al acuífero inferior siendo el del acuífero superficial de mayor magnitud. En relación al valor de la transmisibilidad, ésta se considera asignable al conjunto.

Se adopta entonces

S	=	10^{-3}	(para acuífero inferior)
S	=	10^{-1}	(estimado acuífero superior)
T	=	2.500	(m2/día) (para el conjunto).

SONDAJE 35°40' - 71°40' B - 2

D.O.S. N°1.088 RECINTO DE A.P. VILLA ALEGRE.

Antecedentes.

En el recinto de A.P. de Villa Alegre, de propiedad de la D.O.S., se perforó los sondajes 35°40' - 71° 40' B-2 y B-3 (N°1.088 y N°1.089 de la numeración D.O.S.) a mediados del año 1974. La profundidad perforada alcanzó a 60 mts. aproximadamente y los sectores ranurados se ubicaron a partir de los 25 m. captando así la zona de mayor permeabilidad del acuífero característico del área.

De los antecedentes de pruebas de bombeo ejecutadas durante el período de construcción de los sondajes, sólo se ha dispuesto de las curvas de agotamiento confeccionadas por la Empresa CELZAC.

En el mes de Julio del año 1977 y para el presente estudio se realizó un ensayo de bombeo extrayendo un caudal constante de 16,7 l/s del pozo B-2 y controlando las variaciones de nivel experimentadas en el sondaje B-3 durante este bombeo. Se utilizó las instalaciones existentes de la D.O.S.

Se detalla a continuación la cronología de los ensayos.

Fecha	Pozo	Caudal (l/s)	Duración (min)	Niveles en (m) Inicial	Final	Observaciones
16/7/77	B-2	16,7	1.440	8.18	10,09	Pozo bombeo
17/7/77	B-2	-	840	-	8,23	Recuperación
16/7/77	B-3	-	1.440	8.46	8,97	Pozo observ.
17/7/77	B-3	-	840	-	8,51	Recuperación

Nota: La distancia entre ambos sondajes es de 80 m.

Resultados.

Se presenta, en primer lugar, los resultados obtenidos al utilizar el método de Rex Meyer calculando los gastos específicos a través de las curvas de agotamiento de ambos sondajes.

Caudal (l/s)	G.E. (l/s/m)	
	Pozo B - 2	Pozo B - 3
12	-	5,58
19	19,00	5,21
30	15,80	4,38
45	11,54	-
60	7,79	-
Cero	24,70	6,44

Para caudal nulo, se obtiene T = 2.300 m2/día en el sondaje B-2 y T = 650 m2/día en el pozo B-3. Esta diferencia puede ser atribuída a deficiencias constructivas de este último sondaje que hacen que presente un menor rendimiento y por lo tanto una disminución de sus gastos específicos.

Los ensayos realizados para este estudio, se han analizado utilizando diversos métodos. Los resultados son los siguientes:

Pozo	G.E.	Transmisibilidad (m2/día)		
		Meyer	Jacob-bombeo	Jacob-recup.
B-2	8,70	900	2.030	2.700
B-3	-	-	2.100	2.650

Aplicando el método de Hantush - Jacob al pozo B - 3 de observación se tiene:

B = 0,05
t = 100 min.
s = 0,42 m.
W(u.B) = 5,1
$1/u = 3,95 \times 10^{2}$

y por lo tanto, se calcula:

T = 1.400 (m2/día)
$S = 1,5 \times 10^{-4}$
B = 1.600
$T' = 5,4 \times 10^{-4}$ (m2/día)

Este último método ha sido utilizado tomando en cuenta que el acuífero captado puede ser considerado en estado de semiconfinamiento debido a la presencia de una capa de menor permeabilidad que se ubica por sobre su techo.

Conclusiones.

En base a lo anterior se adopta una transmisibilidad de 2.500 (m2/día) atribuíble al acuífero captado, y un coeficiente de almacenamiento a corto plazo de 10^{-4}.

SONDAJES 35°50' - 71°40' D-1 y D-2

D.O.S. N° 356 y N° 357 RECINTO A.P. LONGAVI.

Antecedentes.

Ambos sondajes se encuentran ubicados en el recinto de la Dirección de Obras Sanitarias en Longaví y están destinados al abastecimiento de agua de la población.

Se ha dispuesto de los antecedentes obtenidos a la fecha de construcción de los pozos (año 1956) excepto de las pruebas de bombeo y de los antecedentes obtenidos de un ensayo de bombeo realizado en el mes de Julio de 1977 para este estudio.

El pozo D-1 (D.O.S. N° 356) fue perforado hasta una profundidad de 29,47 m. habilitándose con un sector ranurado de 1,0 m. de longitud a partir de los 28,47 m. La perforación en el pozo D-2 alcanzó los 39,50 m. de profundidad habilitándose solamente hasta los 34,50 m. con un sector ranurado ubicado entre los 33,50 m. y 34,50 m. El diámetro de ambos tubos ranurados es de 11 1/2".

La tabulación siguiente indica las características principales de los ensayos realizados para este estudio el año 1977.

Fecha	Pozo	Caudal (l/s)	Duración (min)	Niveles en (m) Inicial	Final	Observaciones
21/7/77	D-2	23	1.440	5,58	19,64	Pozo de bombeo
22/7/77	D-2	-	1.440	-	5,67	Recuperación
21/7/77	D-1	-	1.440	5,50	9,82	Pozo observ.
22/7/77	D-1	-	1.440	-	5,25	Recuperación.

Nota: La distancia entre los pozos D-1 y D-2 es de 3,0 m.

Resultados.

La estratigrafía descrita durante la perforación de los sondajes muestra la presencia de sedimentos de granulometría más bien gruesas. Sólo en el sondaje D-2 se detecta tres estratos con una baja proporción en su contenido de arcilla (entre 16,0 y 17,0; entre 29,0 y 31,0; entre 35,0 y 37,0 m).

De lo anterior puede caracterizarse el espesor atravesado como un acuífero del tipo freático compuesto por estratos de permeabilidad variables.

Las variaciones de niveles controladas en el pozo de bombeo y en el de observación han sido llevadas a gráficos log t vs nivel deprimido para la fase de bombeo (y log (t/t') vs nivel deprimido para la fase de recuperación. En todo ellos se evidencia un fuerte efecto de liberación retardada de agua motivo por el cual no han sido utilizados para calcular algún valor de transmisibilidad.

Dado este efecto de drenaje retardado y considerando que los sectores ranurados de ambos sondajes comprometen parcialmente el espesor saturado del acuífero, se ha utilizado el método de Hantush -Jacob en el primer caso y el método de Hantush para penetración parcial. Se ha obtenido los siguientes resultados.

Hantush-Jacob.

B = 0,5
t = 10 (min.)
s = 3,75 (m.)
W(u,B) = 1,7
1/u = 22,6

Se calcula entonces:

T = 72 (m2/día)
S = 10^{-2}

El valor de T calculado se encuentra fuertemente influenciado por el efecto de penetración parcial citado anteriormente de tal manera que en ningún caso puede ser asignado a todo el espesor acuífero reconocido. Por otra parte, el coeficiente de almacenamiento refleja la reacción elástica del acuífero frente a la dismunución de carga impuesta durante el bombeo.

Hantush (penetración parcial).

Se ha obtenido por superposición de curvas graficadas en papel log-log (nivel deprimido us tiempo para el pozo de observación).

B = 0,2
t = 10 (min.)
s = 3,80 (m)
M(u,B) = 0,32
1/u = 28

Se calcula entonces

K = 41,8 (m2/día)
T = 1.254 (m2/día) para un espesor de 30 m.
S = 0,14

Conclusiones.

Para todo el espesor atravesado, el cual constituye un acuífero freático en su conjunto, se adopta T = 1.500 m2/día y S = 10^{-1} .

El coeficiente de almacenamiento, considerado como reacción elástica del acuífero, alcanza el valor de $_{10}$-2.

SONDAJES 36°00' - 71°40' A-1 Y A-2

RECINTO A.P. RETIRO, DOS N° 147 y N° 148.

Antecedentes.

Ambos sondajes se encuentran ubicados en el recinto de agua potable que la Dirección de Obras Sanitarias posee en la localidad de Retiro. Fueron construídos por la Empresa Endas en el año 1960 habilitándose con una criba de 6,40 m. de longitud captante del acuífero inferior ubicado a partir de los 97,50 m.

No se ha dispuesto de los antecedentes de las pruebas de bombeo realizadas en la fecha de construcción de los sondajes, por lo tanto, el análisis que se efectúa más adelante se refiere solamente a los ensayos que durante el estúdio del presente proyecto se llevó a cabo en estos sondajes en el mes de Julio de 1977.

La cronología de pruebas es la siguiente:

Fecha	Pozo	Caudal (l/s)	Duración (min.)	Niveles en (m) Inicial	Niveles en (m) Final	Observaciones
25/7/77	A-1	12,9	1.440	6.28	21,99	Prueba Q=cte.
26/7/77	A-1	-	600	-	6,71	Recuperación
25/7/77	A-2	-	1.440	6.13	12,00	Pozo de
26/7/77	A-2	-	600	-	6,64	Observación

Resultados.

Los antecedentes obtenidos de los ensayos han sido evaluados, en primer lugar, utilizando el abaco de Rex Meyer y mediante el método de Jacob tanto para la fase de bombeo como la de recuperación en ambos sondajes. Se ha llegado a los siguientes resultados:

Pozo	G.E. (l/s/m)	Transmisibilidad (m2/día)		
		Jacob		Meyer
		Bombeo	Recuperac.	
A-1	0,85	155	120	90.
A-2	-	135	125	-

Además, por tratarse de un acuífero profundo al cual le sobreyacen diversos estratos arcillosos de baja permeabilidad, se ha aplicado la curva tipo de Theis asumiendo que se trata de una napa confinada (en todo caso no se presenta percolación vertical ni drenaje retardado). La superposición de ambas curvas entrega los siguientes resultados.

$W(u) = 6,1$
$1/u = 8,8 \times 10^{2}$
$t = 100$ (min).
$s = 4,1$ (m).

Por consiguiente se obtiene:

$T = 132$ (m2/día)
$S = 7,8 \times 10^{-5}$

Conclusión.

De lo anterior se concluye que las siguientes constantes elásticas son representativas del acuífero en estudio.

$T = 150$ (m2/día)
$S = 10^{-4}$

CUADRO N° IV.C.3-3-1

VALORES DE LOS COEFICIENTES ELASTICOS DETERMINADOS EN SONDAJES.

COORDENADAS	SONDAJE	TRANSMISIBILIDAD m2/día	COEF. ALMACENAM.	TIPO DE ACUIFERO	METODOS USADOS
35°10'-75°10'	Las Mercedes (C-2)	1.200	10^{-5}	Confinado	Meyer
35°20'-71°20'	Pelarco (A-1) (A-2)	1.500	10^{-4}	Semi confinado	Jacob y Hantush-J.
35°20'-71°20'	Lo Patricio (A-4)	800	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°20'	Las Delicias (C-1)	500	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°30'	Talca (D.O.S.) (A-1)	1.500	10^{-4}	Semi confinado	Jacob
35°20'-71°30'	Panguilemo (B-1)	200	10^{-5}	Confinado	Meyer
35°20'-71°30'	Concha Barros (C-8_	1.500	10^{-3}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°30'	Talca (D.O.S.) (C-9)	700	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°30'	Talca (D.O.S.) (C-12)	2.000	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°30'	Talca (D.O.S.) (C-14)	1.300	10^{-4}	Semi confinado	Jacob y Hantush-J.
35°20'-71°30'	Calaf (C-13)	2.000	10^{-3}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°30'	Yarza (C-19)	700	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°30'	San Miguel (C-21)	1.500	10^{-4}	Semi confinado	Jacob
35°20'-71°30'	Población Rebolledo (C-24)	1.000	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°30'	Aurora (D-1)	2.000	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°40'	Pencahue (A-1)	200	10^{-5}	Confinado	Meyer
35°20'-71°40'	Río Claro - Talca (B-1)		10^{-4}	Semi confinado	Jacob
35°20'-71°40'	Río Claro - Talca (B-2)	1.000	10^{-4}	Semi confinado	Jacob y Meyer
35°20'-71°40'	Río Claro - Talca (B-3)		10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°40'	Río Claro - Talca (B-4)		10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°20'-71°40'	Colin (D-3)	2.000	10^{-3}	Semi confinado	Meyer
35°30'-71°20'	San Clemente (D.O.S.) (A-1)	1.000	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°30'-71°20'	Hda. Queri (C-2)	1.500	10^{-2}	Libre	Meyer
35°30'-71°20'	Chequén (B-1)	1.000	10^{-2}	Libre	Meyer
35°30'-71°20'	Tres Esquinas (B-2)	1.600	10^{-2}	Libre	Meyer
35°30'-71°40'	Bobadilla Sur (B-3)	50	10^{-2}	Libre	Meyer
35°30'-71°40'	San Javier (D.O.S.) (D-2)	2.500	10^{-1}	Freático	Jacob y Hantush - J.
			10^{-3}	Semi confinado	Jacob y Hantush - J.
35°40'-71°40'	Colbún (B-4)	3.000	10^{-3}	Semi confinado	Meyer

VALORES DE LOS COEFICIENTES ELASTICOS DETERMINADOS EN SONDAJES.

COORDENADAS	SONDAJE	TRANSMISIBILIDAD m2/día	COEF. ALMACENAM.	TIPO DE ACUIFERO	METOSOS USADOS
35°40'-71°20'	Presa Colbún-ENDESA	7.776	$2,25x10^{-3}$	Libre	Estudio ENDESA
35°40'-71°20'	Panimávida (C-1)	100	10^{-3}	Semi confinado	Jacob
35°40'-71°20'	La Chiripa (D-1)	45	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°40'-71°20'	Rari (D-2)	70	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°40'-71°30'	Abranquil (B-1)	40	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°40'-71°40'	Melozal (A-2)	300	10^{-4}	Confinado	Meyer
35°40'-71°40'	Villa Alegre (D.O.S.) (B-2)	2.500	10^{-4}	Semi confinado	Hantush-Jacob
35°40'-71°40'	Palmilla (D-1)	2.500	10^{-2}	Libre	Meyer
35°40'-71°40'	Putagán (D-2)	90	10^{-5}	Semi confinado	Meyer
35°50'-71°30'	Terminal Enap (A-2)	500	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°50'-71°30'	Linares (D.O.S.) (B-1)	450	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°50'-71°30'	Linares (D.O.S.) (B-2)	1.000	10^{-4}	Semi confinado	Meyer-Jacob
35°50'-71°30'	Linares (D.O.S.) (B-4)	600	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°50'-71°30'	San Antonio (B-5)	300	10^{-4}	Semi confinado	Meyer-Jacob
35°50'-71°30'	Miraflores (C-1)	200	10^{-5}	Semi confinado	
35°50'-71°40'	Longaví (D.O.S.)	1.500	10^{-2}	freático	Hantush
35°50'-71°50'	Villaseca (D.O.S.) (B-1)	900	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
35°50'-72°10'	Cauquenes (D.O.S.) (C-5)	1.000	10^{-2}	freático	Jacob-Meyer
35°50'-72°10'	Cauquenes (D.O.S.) (C-6)	1.000	10^{-2}	freático	Jacob-Meyer
35°50'-72°10'	Cauquenes (D.O.S.) (C-7)	1.000	10^{-2}	freático	Meyer
36°00'-71°40'	Retiro (D.O.S.) (A-1)	150	10^{-4}	Confinado	Meyer-Jacob y Theis
36°00'-71°40'	Sta. Teresa Retiro (A-3)	1.500	10^{-4}	Semi confinado	Meyer-Jacob
36°00'-71°40'	Parral (D.O.S.) (C-1)	100	s/antecedentes	Semi confinado	Meyer-Jacob
36°00'-71°40'	Parral (D.O.S.) (C-4)	1.500	10^{-4}	Semi confinado	Jacob y Theis
36°00'-71°40'	Parral (D.O.S.) (C-5)	500	10^{-4}	Semi confinado	Meyer-Jacob
36°00'-71°40'	El Ajial (D-1)	1.000	10^{-4}	Semi confinado	Meyer
36°00'-72°10'	Pocillas (D-3)	10	10^{-6}	Confinado	Meyer
36°00'-71°40'	San Gregorio (C-1)	2.500	10^{-4}	Semi confinado	Meyer

VALORES DE LOS COEFICIENTES ELASTICOS DETERMINADOS EN SONDAJES.

COORDENADAS	SONDAJE	TRANSMISIBILIDAD m2/día	COEF. ALMACENAM.	TIPO DE ACUIFERO	METODOS USADOS
36°10'-71°50'	Area Ñiquén				
	Pozos (C-1) (C-3) (D-1) (D-2)	2.000	10^{-4} a 10^{-6}	Semi confinado	Meyer-Jacob
36°20'-71°40'	Colliguay-Chacay (A-1)	3.000	s/antecedentes	Semi confinado	Meyer-Jacob
36°20'-71°40'	Tres Esquinas (C-1)	50	10^{-5}	Semi confinado	Meyer
36°20'-71°40'	Cachapoal (D-1)	200	10^{-4}	Semi confinado	Meyer

Anexo IV.C.3-4.: Aguas Subterraneas

PERDIDAS Y RECUPERACIONES.

1. Río Claro.

Para el cálculo de pérdidas y recuperaciones del río Claro se dispone de sólo dos corridas de aforo entre Maitenes y Camarico realizados por los Ing. Torres y Martínez en Febrero y Marzo del año 1965. Los antecedentes son los siguientes:

Fecha	Qi	Qe	Qs	Qc
Feb. 65	8,24	6,20	3,60	11,20
Mar. 65	4,82	4,34	3,00	9,19

siendo:

Qi = caudal del río en Maitenes en (m3/s)
Qe = caudal aportado por esteros en el tramo, en (m3/s)
Qs = caudal del río en Camarico, en (m3/s)
Qc = caudal extraído por canales en el tramo, en (m3/s)

Los retornos de riego, que escurren superficial y subsuperficialmente en el área drenante hacia el río, se han tomado de los resultados obtenidos del programa de recarga por riego. De este modo se ha pretendido descontarlos del balance de aguas que se plantea en el tramo de río considerado con el objeto de determinar exclusivamente los intercambios de caudal que se manifiesten entre río y acuífero. En el cuadro N° IV.C.3-4-1 se indica las zonas y su proporción de área que drena hacia el río y junto con ello los retornos de riego.

Se ha obtenido que para el mes de Febrero de 1965, si existe conexión río-acuífero las pérdidas y recuperaciones son del mismo monto. En el caso del mes de Marzo del mismo año, se obtiene que R-P = 2,87 m3/s lo cual indicaría una recuperación neta del río en el tramo analizado.

2. Río Lircay.

Para el río Lircay se ha utilizado la misma fuente de información que en el caso anterior. Los antecedentes disponibles son los siguientes para el tramo comprendido entre Las Rastras y un punto de aforo ubicado aguas abajo del canal de la Cía. General de Electricidad Industrial (próximo a desembocadura al río Claro).

Fecha	Qi	Qe	Qs	Qc
Feb. 65	0,77	0,61	0,98	17,00
Mar. 65	0,36	0,81	0,67	14,20
Oct. 69	7,50	1,94	12,00	18,91
Dic. 69	17,00	0,68	11,50	20,77
Ene. 70	4,00	0,61	1,64	16,50
Feb. 70	0,90	0,36	1,00	10,92

Se plantea así la siguiente ecuación.

$$Qs + Qc + (P-R) = Qi + Qe + RR$$

Además, se ha postulado los retornos de riego como una función del caudal de agua aplicada durante el regadío, de la evapotranspiración de los cultivos y del área de riego drenante hacia el río. Se tiene por consiguiente:

$$RR = \alpha . A(Qa - EVT)$$

en que

α = coeficiente de correlación.
A = superficie de riego drenante; en miles de Há
Qa = Caudal aplicado en el área A; en (m3/s)
EVT = evapotranspiración del área A; en (m3/s)

Por otra parte, se ha postulado que las pérdidas del río son una función del "Qi" y que las recuperaciones son constantes a lo largo del año.

Por lo tanto

$$P = K \cdot Qi$$
$$y\ R = KQi\ \alpha A\ (Qa - EVT) + (Qs + Qc) - (Qi + Qe)$$

En el cuadro N°IV.C.3-4-2 se incluye las características de las áreas drenantes al río Lircay en los meses en que se dispone de aforos, los caudales aportados para el riego de dichas áreas y los retornos de riego que recibe el río en la sección considerada.

La tabla que se presenta a continuación, indica los antecedentes necesarios para resolver la correlación planteada con anterioridad, teniendo en cuenta que la superficie total drenante alcanza a 31.753 Há.

	Caudales				
	Oct.	Dic.	Enero	Feb.	Mar.
Qa	52,51	65,21	39,89	28,44	20,79
RR_1	22,82	34,07	15,10	8,34	3,25
E.V.T.	8,89	15,56	17,78	12,07	8,57
RR_2	20,78	19,37	10,53	7,8	5,8

Notas: RR_1 indica los retornos de riego obtenidos del programa de recarga por riego.
RR2 indica los retornos de riego obtenidos de la correlación para α = 0,015

Al plantear las ecuaciones para cada corrida de aforo disponible, se ha obtenido los valores de " ", "R" y "K" que mejor ajustan a todos los casos. Estos valores son:

α = 0,015
R = 7,7 (m3/s)
K = 0,66

Se ha verificado además los balances utilizando los resultados aquí calculados pero reemplazando los retornos de regadío por los calculados en el programa de recarga por riego. Se ha obtenido una coincidencia bastante satisfactoria.

3. Río Maule.

Al igual que en los ríos anteriores, se ha dispuesto de la misma fuente de información para corridas de aforo destinadas a determinar pérdidas y recuperaciones. Los antecedentes son los siguientes:

	Caudales (m3/s)			
Fecha	Qi	Qe	Qs	Qc
Feb. 65	115,0	-	17,4	79,4
Mar. 65	95,1	-	14,0	73,7
Oct. 69	263,0	-	141,0	97,7
Dic. 69	463,0	-	296,0	108,8
Ene. 70	140,0	-	18,4	112,3
Feb. 70	97,6	-	10,9	78,7

El caudal de ingreso "Qi" ha sido aforado en la estación Colbún, y el de salida "Qs" en el camino longitudial.

Debido a la conformación topográfica, el río Maule no presenta retornos de regadío provenientes de las zonas que lo circundan de modo que la ecuación de balance puede ser planteada en la siguiente forma

$$P-R = Qi - (Qs + Qc)$$

En la figura N° IV.C.3-3-1 se presenta una correlación entre Qi y (P-R) obteniéndose un coeficiente de correlación igual a 0,087. Se concluye así que el río Maule presenta una pérdida neta aproximadamente igual al 8,7% del caudal de ingreso (medido en Colbún).

4. Pérdidas y recuperaciones en el sector Norte de la cuenca del Maule.

Con el objeto de poder caracterizar en mejor forma la conexión río-acuífero, se ha realizado un análisis del área comprendida desde el río Maule al Norte considerando como puntos de ingreso al sistema, el río Claro en Camarico, el río Lircay en puente Las Rastras, el río Maule en Colbún y toda el área drenante hacia esos cursos superficiales hasta los puntos de salida del sistema. Estos últimos fueron definidos como el río Claro en Talca y el río Maule en Longitudinal.

Toda esta área, que comprende una superficie aproximada de 120.000 há, fue sometida a un análisis de pérdidas y recuperaciones en forma global tanto para el período de regadío como para el lapso de tiempo en el cual la recarga del sistema proviene de las precipitaciones fundamentalmente. Este esquema, si bien sólo permite esta caracterización global, también constituye un método utilizable como elemento de verificación de las magnitudes calculadas de intercambios de agua que con el acuífero mantienen los ríos estudiados en forma individual. Además, permite estimar, por diferencia, el regimen de pérdidas y recuperaciones del río Claro en el tramo comprendido entre Camarico y Talca el cual no fue posible analizar con anterioridad debido a la falta de antecedentes.

4.1. Período de precipitaciones.

Durante los meses de Marzo a Agosto ambos inclusive, los ríos presentan ganancias de caudal provenientes de los retornos superficiales y subsuperficiales de agua de la precipitación que cae sobre el área. Para valorar estos retornos, se ha utilizado los resultados obtenidos del programa de recarga por precipitaciones según se indica en el cuadro N° IV.C.3-4-3.

De acuerdo a los valores indicados en dicho cuadro el volumen total de retornos de riego para el período de invierno asciende a $329,79 \times 10^6$ m^3.

Para calcular el término "R-P" el balance planteado a nivel del río permite establecer la siguiente ecuación de volúmenes de agua durante el lapso Mayo-Agosto:

$$Qc + Q_{LR} + (R-P) + RP = Q_T + Qs$$

siendo:

Qc = volumen ingresante por el río Claro en Camarico
Q_{LR} = volumen ingresante por el río Lircay en Las Rastras
QT = volumen saliente por el río Claro en Talca
Qs = volumen extraído por canales (Cía. General de Electricidad Industrial) en el Lircay solamente.
R = recuperaciones
P = pérdidas
RP = retornos de precipitaciones.

Los volúmenes superficiales de ingreso y salida fueron adoptados del siguiente modo: para cada una de las precipitaciones mensuales utilizadas en el programa de recarga se buscó el año en el cual la estadística mostraba un valor muy próximo a éste; posteriormente, para este mismo mes y año se tomó de la estadística de caudales el caudal medio mensual de ingreso o salida del curso superficial considerado. Este procedimiento fue adoptado tomando en cuenta la estrecha relación que existe entre la escorrentía superficial y las precipitaciones que se producen sobre el área de drenaje del río.

De este modo se obtuvo los volúmenes que se indican a continuación. El valor de Qs fue estimado fundamentalmente en base a los aforos de los Ing. Torres y Martínez, adoptándose un caudal medio de 15m3/s extraídos en el canal de la Cía. General de Electricidad Industrial.

Qc = $364,50 \times 10^6$ m^3
Q_{LR} = $262,19 \times 10^6$ m^3
QT = $1.126,95 \times 10^6$ m^3
Qs = $159,41 \times 10^6$ m^3

Por lo tanto se obtiene:

R-P = $329,88 \times 10^6$ m^3

Correspondiendo este volumen a un período de cuatro meses puede estimarse que en el sector considerado existe una recuperación

neta media mensual de 31,8 m^3/s. Esta recuperación es atribuíble a las producidas tanto en el río Lircay como en el río Claro.

4.2. Período de riego.

En el análisis de riego, las ganancias de caudal de los ríos están constituídas por los retornos de riego de aquellas zonas cuyo drenaje se presenta hacia los cursos superficiales. En el sector analizado, se ha separado las áreas que drenan hacia los ríos Claro y Lircay con sus correspondientes retornos de regadío los cuales fueron obtenidos del programa de recarga por riego. Estos antecedentes se indican en el cuadro N° IV.C.3-4-4.

A partir de las cifras de dicho cuadro, se establece que los retornos de regadío, para el período septiembre-abril son los siguientes:

$RR = 581,06 \times 10^6 m^3$.

Los caudales de ingreso y de salida del sistema adoptado, fueron tomados de la estadística de caudales medios mensuales de la cual se promedió los antecedentes disponibles en el período 1967 - 1976 (10 últimos años). Se obtuvo los siguientes volúmenes medios para el período de riego:

$Qc = 178,68 \times 10^6 m^3$
$QLR = 138,96 \times 10^6 m^3$
$QT = 728,18 \times 10^6 m^3$

Las extracciones de caudal producidas en los ríos Lircay y Claro así como los aportes de los esteros afluentes de estos ríos, se estimaron a partir de los aforos efectuados por los Ing. Torres y Martínez llegando al siguiente volumen medio para el período de regadío:

$Qs = 379,53 \times 10^6 m^3$

Utilizando la misma ecuación de balance que en el caso del período de precipitaciones se llega a que:

$R-P = 209,01 \times 10^6 m^3$

Por lo tanto se advierte una recuperación neta de este sector Norte, equivalente a un caudal medio mensual de 10,08 m3/s.

5. Río Perquilauquén.

Las corridas de aforo disponibles se realizaron fundamentalmente en el tramo comprendido entre San Manuel y Quella. Los antece - dentes son los que se indican a continuación:

Fecha	Qi	Qe	Qs	Qc
Feb. 65	4,80	2,05	5,17	5,10
Mar. 65	3,20	1,52	2,92**	2,63
Oct. 69	28,30	1,64*	4,90*	38,80
Dic. 69	13,90	2,00	5,90	16,50
Ene. 70	4,80	1,60	6,70	3,08
Feb. 70	1,90	2,57	4,40	3,33

Notas: * No incluye el río Ñiquén ya que no se aforó.
** Existe otra pérdida por bombeo (no medida)
En Enero y Febrero de 1970 el río Ñiquén seco.

El aforo de octubre de 1969 no ha sido considerado en los cómputos por no incluir el caudal de agua aportado por el río Ñiquén y por no conocer el caudal descargado con el bombeo.

En este caso, se ha utilizado solamente los retornos de regadío determinados en el programa de recarga por riego ya que una correlación en función del caudal aplicado, la evapotranspiración y el área drenante como la realizada en el caso del río Lircay no permite obtener coeficientes de correlación satisfactorios.

Con este objeto se presenta el cuadro N° IV.C.3-4-5 en el cual se incluye las superficies de riego drenantes hacia el río Perquilauquén, los caudales aplicados y retornos totales de regadío asignables a esas superficies drenantes. En cada zona, la primera fila indica el "Qa" y la segunda los "RR".

Tomando los valores indicados en dicho cuadro y planteada la ecuación de balance en la forma siguiente:

$$R-P = (Qs + (Qc + Qi) - RR$$

Fecha	(R-P) m3/s
Feb. 65	0,81
Mar. 65	0,00
Dic. 69	3,26
Ene. 70	- 0,06
Feb. 70	0,65

De la tabulación anterior se desprende que, de existir conexión río-acuífero, el río Perquilauquén presentaría una pequeña recuperación neta. En todo caso se estima que, dados los resultados, puede considerarse que R-P es igual a cero en el tramo de río aforado.

CUADRO N° IV.C.2-4-1

RETORNOS DE AGUA DE RIEGO ENTRE MAITENES Y CAMARICO.

ZONA	% QUE DRENA	SUPERFICIE DRENANTE (HA)	C A U D A L E S FEBRERO	MARZO
01-001	100	1.989	0,120	0,090
			0,011	0,000
02-018	50	2.886	0,040	0,030
			0,001	0,000
02-016	100	5.061	3,170	2,820
			0,177	0,114
02-009	100	2.002	0,370	0,310
			0,038	0,000
02-015	100	2.656	0,080	0,080
			0,017	0,010
02-027	100	760	0,470	0,320
			0,109	0,030
02-026	10	336	0,020	0,020
			0,004	0,003
TOTALES	-	15.692	4,270	3,670
			0,673	0,357

Notas: La zona 02-014 no se ha considerado por ser de secano.
En cada zona en los totales la primera línea indica el caudal aplicado (Qa) en (m3/s) y la segunda, los retornos de regadío (RR) en (m3/s).
Los caudales aplicados están afectados por el mismo porcentaje que el área drenante.

Planteando el siguiente balance.

$$Qs + Qc + P = Qe + Qi + RR + R$$

siendo

P = pérdidas del río en (m3/s)
R = recuperaciones del río; en (m3/s)
RR = retorno de riego; en (m3/s)

CUADRO N° IV.C.3-4-2

RIO LIRCAY
RETORNOS DE AGUA DE RIEGO ENTRE LAS RASTRAS Y PUNTO UBICADO AGUAS ABAJO DE TORRE CANAL C.G.E.I.

ZONA	% QUE DRENA	SUP.DRENANTE HA	C A U D A L E S OCT.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR
02-041	100	1.382	1,410	1,410	1,410	1,410	1,410
			0,620	0,474	0,340	0,655	0,615
02-042	100	3.452	3,610	3,610	3,610	2,930	2,090
			1,281	1,272	0,937	0,944	0,203
02-043	100	1.679	2,190	2,310	1,840	1,340	0,910
			0,838	1,166	0,532	0,318	0,051
02-044	80	14.677	35,100	38,630	22,990	14,040	9,220
			16,545	27,401	10,152	3,335	0,090
02-045	100	6.805	4,190	4,190	4,190	3,350	2,310
			0,395	0,522	0,523	0,333	0,033
02-048	25	883	1,490	1,540	1,330	1,010	0,690
			0,601	0,856	0,551	0,339	0,066
02-036	30	664	0,810	0,810	0,810	0,650	0,450
			0,508	0,365	0,301	0,315	0,174
02-040	70	1.674	2,430	2,430	2,430	2,430	2,430
			1,002	1,142	0,958	1,118	0,983
02-039	100	537	1,280	1,280	1,280	1,280	1,280
			1,029	0,869	0,809	0,983	1,037
TOTALES		31.753	52,510	56,210	39,890	28,440	20,790
			22,820	34,070	15,100	8.340	3,250

Notas: Para cada zona la primera línea indica Qa el caudal aplicado en (m3/s) y la segunda, los retornos de regadío obtenidos del programa de recarga por riego (RR) en (m3/s).

Tanto los "Qa" como los "RR" se han afectado en el mismo porcentaje que el área drenante.

CUADRO N° IV.C.3-4-3

SECTOR NORTE DE LA CUENCA DEL MAULE.
RETORNOS SUPERFICIALES Y SUB-SUPERFICIALES PARA PRECIPITACIONES DE P (x) 50%.

ZONA	%	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
01-005	100	0,155	0,226	0,245	0,157
006	100	0,000	0,000	0,000	0,000
02-014	100	0,350	0,458	0,389	0,261
013	100	2,156	2,800	2,371	1,572
017	100	1,897	2,581	2,224	1,393
021	100	0,117	0,327	0,411	0,152
022	100	0,221	0,505	0,581	0,248
024	100	0,183	0,345	0,380	0,184
025	100	0,647	1,061	1,018	0,577
028	100	0,956	1,259	1,074	0,714
029	100	1,666	2,274	2,099	1,230
030	100	0,493	0,642	0,592	0,365
031	100	0,377	0,494	0,421	0,281
032	100	1,239	1,635	1,435	0,922
033	100	1,020	1,392	1,361	0,804
034	100	2,401	3,055	2,675	1,721
035	100	4,057	5,180	4,743	2,953
036	100	0,990	1,287	1,136	0,720
037	50%	0,601	0,783	0,671	0,440
038	100	0,809	1,083	0,940	0,564
039	100	0,082	0,133	0,147	0,068
040	100	0,109	0,293	0,441	0,137
041	100	0,441	0,630	0,605	0,365
042	100	1,301	1,837	1,737	1,064
043	100	0,588	0,828	0,768	0,480
044	100	2,040	3,337	3,860	1,610
045	100	3,019	4,185	3,924	2,417
048	25%	0,228	0,345	0,358	0,185
TOTALES m3/s		28,140	38,977	36.606	20,662

CUADRO N° IV.C.3-4-4

RETORNOS DE RIEGO EN EL AREA DE DRENAJE DE LOS RIOS CLARO Y LIRCAY

ZONA	%	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.
01-005	100	0,002	0,177	0,200	0,154	0,105	0,110	0,100	0,089
01-006	100	0,031	0,241	0,226	0,197	0,182	0,228	0,243	0,258
013	100	0,000	1,004	0,045	0,025	0,015	0,005	0,000	0,000
017	100	0,113	3,535	7,868	6,330	0,924	0,177	0,124	0,048
021	100	0,001	0,001	0,014	0,018	0,010	0,006	0,000	0,000
022	100	0,010	0,056	0,041	0,036	0,036	0,032	0,000	0,004
024	100	0,047	0,547	0,765	0,482	0,085	0,079	0,009	0,003
025	100	0,070	1,003	1,248	1,044	0,692	1,229	0,636	0,035
028	100	0,007	0,424	1,238	0,667	0,156	0,079	0,000	0,000
029	100	0,127	2,102	3,482	1,660	0,451	0,435	0,441	0,465
030	100	0,019	0,129	0,160	0,115	0,074	0,068	0,030	0,022
031	100	0,010	0,146	0,182	0,072	0,071	0,045	0,001	0,000
032	100	0,054	0,605	0,933	0,324	0,232	0,182	0,048	0,037
033	100	0,041	0,661	1,095	0,898	0,382	0,254	0,008	0,026
034	100	0,019	0,213	0,266	0,305	0,303	0,183	0,002	0,002
035	100	0,384	2,853	2,384	1,127	1,131	1,158	0,456	0,296
036	100	0,209	1,694	1,561	1,218	1,004	1,050	0,580	0,220
037	50%	0,036	0,227	0,186	0,162	0,162	0,139	0,043	0,030
038	100	0,150	1,777	2,057	2,025	1,713	1,324	0,415	0,071
039	100	0,132	1,029	0,979	0,869	0,809	0,983	1,037	1,100
040	100	0,133	1,431	1,611	1,631	1,368	1,597	1,404	1,178
041	100	0,066	0,620	0,658	0,474	0,340	0,655	0,615	0,567
042	100	0,094	1,281	1,565	1,272	0,937	0,944	0,203	0,005
043	100	0,049	0,833	1,142	1,166	0,532	0,318	0,051	0,000
044	100	1,060	20.681	32,479	34.251	12.690	4.169	0,113	0,147
045	100	0,029	0,395	0,481	0,522	0,523	0,333	0,033	0,003
048	25%	0,039	0,601	0,864	0,856	0,551	0,339	0,066	0,005
TOTALES	m3/s	2,952	43,271	63,730	57,900	25,478	16,121	6,738	4,611

CUADRO N° IV.C.3-4-5

RIO PERQUILAUQUEN
RETORNOS DE AGUA DE RIEGO ENTRE SAN MANUEL Y QUELLA.

ZONA	% DE SUP. QUE DRENA	SUP. DRENANTE HA	M E S E S DIC.	ENE.	FEB.	ABR.
07-158	50	323	1,000	1,120	0,890	0,650
			0,211	0,257	0,186	0,058
07-160B	100	2.578	2,440	2,740	2,170	1,580
			0,141	0,166	0,202	0,032
07-162	100	3.656	3,740	4,180	3,320	2,420
			0,934	1,141	0,695	0,221
07-160A	50	378	0,340	0,380	0,300	0,220
			0,089	0,109	0,066	0,020
07-163A	100	558	0,590	0,670	0,530	0,390
			0,146	0,202	0,063	0,006
07-163B	100	1.018	1,090	1,210	0,960	0,700
			0,279	0,357	0.110	0,010
07-164A	100	308	0,320	0,360	0,290	0,210
			0,075	0,102	0,033	0,003
07-164B	100	1.777	1,620	1,820	1,440	1,060
			0,254	0,315	0,265	0,129
07-166A	75	4.893	2,050	2,140	1,650	1,010
			0,042	0,053	0,110	0,001
07-165A	100	2.053	2,110	2,360	1,870	1,370
			0,597	0,661	0,689	0,331
08-176	100	4.884	3,750	2,460	1,950	1,420
			0,385	0,017	0,115	0,000
07-155	100	1.817	0,870	0,570	0,450	0,330
			0,087	0,057	0,077	0,022
TOTALES		24.243	19,920	20,010	15,820	11,360
			3,240	3,437	2,611	0,833

Anexo IV.C.3-5.: Aguas Subterraneas

1. CALCULO DE LA RECARGA POR RIEGO.

1.1. Generalidades.

El cálculo de la recarga por riego está orientado a determinar los volúmenes de percolación que se incorporan al sistema subterráneo producto de la aplicación de agua al suelo durante la temporada de riego, vale decir, entre los meses de Septiembre a Abril ambos inclusive.

Para estos efectos, la superficie que cubre la cuenca del Maule ha sido subdividida en zonas de regadío las cuales constituyen la unidad básica del proceso de cálculo. Excepcionalmente y sólo en el caso de aquellas zonas que conforman las subcuencas 09 y 11 éstas han sido agrupadas por tratarse de áreas de extensión relativamente pequeña y por cuanto sus antecedentes de disponibilidad de agua para el riego, son conocidos para la subcuencas en su conjunto.

Todos los antecedentes necesarios para el cálculo de esta recarga han sido obtenidos de los estudios de riego (Parte VI) y de las características de los suelos (Sección IV.B.)

1.2. Bases de cálculo.

En líneas generales, el cálculo se realiza a través de un balance de agua a nivel de suelo para una unidad de área, para cada tipo de suelo y por cada riego el que, luego se integra a toda el área regada. en forma mensual.

Las relaciones básicas para este balance se indican a continuación:

$$AA = ESUP + INF$$

en que:

AA es el agua aplicada en cada riego
ESUP es el agua que escurre superficialmente
INF es la cantidad de agua infiltrada al suelo

y INF = HA + ESUB + PRC

en que:

HA es la humedad aprovechable retenida en el suelo
ESUB es el agua que escurre sub-superficialmente
PRC la cantidad de agua que percola a las capas inferiores del sub suelo.

Para realizar el balance enunciado, en primer lugar se calcula el área efectivamente regada o "superficie servida" de la zona de regadío considerada. Esta estimación se realiza mediante el caudal mensual disponible "Q" y la tasa de riego "TR" adoptada, utilizando la siguiente relación.

$$SS = \frac{Q}{TR}$$

Estimada la superficie servida "SS", el caudal mensual disponible se hace equivalente a una lámina de agua disponible aplicada sobre el suelo regado, en cada riego.
Por lo tanto

$$AA = \frac{Q}{SS \cdot \overline{NR}}$$

La cantidad de riegos "$\overline{NR}$" se determina calculando las veces que es necesario llenar la humedad aprovechable del suelo "HA" para satisfacer la evapotranspiración mensual "EVT" del cultivo, o, lo que es lo mismo, se postula que el riego se efectúa cada vez que la "EVT" ha consumido la "HA" presente en el suelo.
Es así como, entonces,

$$NR = \frac{EVT}{HA}$$

siendo

HA = 0,75 (CC-PM)
CC = capacidad de campo
PM = punto de marchitez permanente

El tiempo "TRI" de permanencia del agua aplicada sobre el suelo regado, se determina estimando en primer lugar el tiempo durante el cual el suelo es capaz de aceptar una infiltración acumulada igual a la humedad aprovechable. Este tiempo, denominado

tiempo necesario "TN", se calcula mediante la ecuación de infiltración acumulada, por lo tanto:

$$TN = \frac{HA}{RA} \qquad 1/RB$$

en la cual RA y RB corresponden a las constantes hídricas de cada tipo de suelo considerado.

Para TRI se tiene:

$$TRI = KTN$$

El factor "K" se ha adoptado constante e igual a 2 aún cuando en la práctica debe ser variable en función de la tecnología de riego utilizada.

Definidas las variables fundamentales, el balance de agua se aplica en la siguiente forma:

$$AA = ESUP + INF$$

$$INF = RA \; TRI^{1/RB}$$

El valor "INF" corresponde a la cantidad de agua que acepta el suelo como infiltración acumulada al permanecer sobre él una lámina igual a "AA" durante el tiempo "TRI". De esta cantidad de agua, parte se utiliza en satisfacer la "HA" del suelo y del saldo restante, una porporción escurre a través del suelo en forma subsuperficial y la otra percola hacia el acuífero. Por consiguiente:

$$INF = HA + ESUB + PRC$$

La separación de los términos "ESUB" y "PRC" se realiza proporcionalmente de acuerdo a los valores de la permeabilidad horizontal y gradiente del suelo y la permeabilidad vertical del acuífero.

Finalmente, los valores "ESUP", "ESUB" y "PRC" corresponden al esquema unitario básico, vale decir, al balance realizado sobre una unidad de área, para cada riego y por cada tipo de suelo, por lo tanto, para obtener los resultados totales de la zona en cuestión, se integra de acuerdo a la superficie servida para los tipos de suelo que conforman esta área y al número de riegos aplicados durante el mes.

1.3. Resultados.

Utilizando el procedimiento indicado anteriormente, se ha obtenido los siguientes volúmenes de percolación anual.

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$
01-001	0,499
005	1,375
006	0,536
007	1,367
02-009	0,853
011	7,455
012	0,286
013	0,332
015	0,514
016	13,028
017	12,490
018	0,368
019	2,063
020A	1,452
020B	25,098
021	1,924
022	6,437
024	4,294
025	9,900
026	0,103
027	0,737
028	5,673
02-029	9,949
030	1,441
031	2,459
032	5,951
033	2,407
034A	2,018
034B	6,224
035A	8,714
035B	5,563
036A	2,334
036B	2,456
037	3,291
038	8,613
039A	0,214
039B	1,631
040	8,295
041	3,123
042	6,675
042B	0,501

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$
043A	1,645
043B	1,731
044A	22,935
044B	38,159
045	8,664
046	3,123
047	25,790
048	11,600
049A	7,543
049B	26,732
050	25,638
03-051	20,703
052A	10,851
052B	74,650
053	10,726
054A	11,053
054B	30,953
055	6,784
056A	5,778
056B	4,101
057A	5,764
057B	0,940
058A	1,311
058B	9,870
059	6,404
060	3,143
061A	4,293
061B	4,295
04-076A	0,522
076B	1,409
077A	2,089
077B	8,949
077C	0,373
078A	0,991
078B	1,341
079A	3,976
079B	15,247
080A	0,267
080B-C	10,881
081A	0,720
081B	11,115
081C	2,138
082	6,344
083	4,543
084	5,769
085	5,068

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$
04-086	7,541
087B	14,555
088A	0,451
088B	2,295
089A	1,410
089B	3,642
090	5,000
05-101A1-A2	3,307
101B	23,962
102	8,940
103A	0,660
103B	5,959
103C	6,107
104A	0,350
104B	1,539
105	8,060
06-126A-B	14,678
127A	0,672
127B-C	2,180
128A-B	5,298
130A1-A2	1,690
130B	7,244
131A1-A2	7,005
131B	1,051
132A1-A2	1,371
132B	3,540
133A1-A2	9,084
133B	2,179
07-155	1,904
158	5,225
159A	1,938
159B	4,249
160A	1,676
160B	7,051
160C	6,603
162	9,471
163A	1,473
163B	2,673
164A	0,807
164B	4,916
165A	5,553
166A	10,349
166B	3,777
166C	2,802

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$
08-176	12,242
178	0,099
180	0,485
09	5,987
11	4,733

RESUMEN

SUBCUENCA	VOLUMEN x $10^6 m3$
01	3,777
02	349,390
03	211,619
04	116,636
05	58,884
06	55,992
07	70,467
08	12,826
09	5,987
11	4,733
TOTALES	890,311

2. CALCULO DE LA RECARGA POR PRECIPITACIONES.

2.1. Generalidades.

El cálculo de la recarga del sistema subterráneo con aguas provenientes de las precipitaciones se ha realizado para cada una de las zonas de regadío definidas, en los estudios de riego del proyecto.

Este cálculo fue realizado para las probabilidades de excedencia 50 y 85%.

Conceptualmente el destino de las aguas de lluvia ha sido enfocado a través de un balance realizado a nivel de suelo. Este balance fue efectuado para cada una de las precipitaciones individualizadas según su magnitud actuando sobre cada distinto suelo definido por sus características estratigráficas y características hídricas.

Las precipitaciones utilizadas como base del cálculo de infiltración son aquéllas que se entregan en el Capítulo IV.C.1 y en la documentación interna del estudio correspondiente a dicho capítulo.

Las características hídricas de los suelos son aquéllas que aparecen en la documentación interna del estudio correspondiente al Capítulo IV.C.3.

La evapotraspiración utilizada en el cálculo ha sido tomada del estudio de riego y se ha supuesto uniforme para toda el área objeto del análisis de recarga, para los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, Estos valores son:

MES	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
EVT (mm)	30	28	17	37

2.2. Bases del cálculo.

Al igual que en el cálculo de la recarga por regadío, en el ca-

so de las recargas por precipitaciones, el análisis se basa fundamentalmente en un balance ejecutado a nivel del estrato superior del suelo, o capa de intercambio con la atmósfera y el embalse subterráneo.

Cuando escurre una precipitación, parte de ella se infiltrará en el suelo y el resto escurrirá sobre éste.

Antes del inicio de la precipitación, el suelo contenía una cierta cantidad de humedad (humedad inicial), la cual sumada a la lámina de agua que se infiltra y descontada la evalotranspiración, arrojará un contenido final de agua en el suelo, el cual si resulta ser inferior a la capacidad de campo del suelo, permanecerá en el. Si resulta ser mayor, se generará un exceso que escurrirá bajo condiciones de no saturación, y dependiendo de la presencia o ausencia a mayor profundidad de estratos permeables o impermeables; este exceso en definitiva percolará en profundidad hacia el embalse subterráneo o escurrirá subsuperficialmente reintegrandose al escurrimiento superficial en algún punto. El destino del agua infiltrada en el suelo: escurrimiento subsuperficial o percolación dependerá de la relación entre permeabilidad horizontal y permeabilidad vertical, así como de la pendiente media del terreno.

En cada una de las zonas de regadío y dentro de ella, por cada tipo de suelo, se ha hecho el balance señalado, en forma mensual.

La determinación de la infiltración se ha hecho analizando cada una de las precipitaciones, la cual es definida por su monto diario y duración.

Por otra parte, cada suelo tiene definida su velocidad de infiltración en función del tiempo y por comparación de ambos valores se determina entonces el agua que escurre superficialmente y el agua que se infiltra.

Al cabo del mes se integran los valores obtenidos por cada precipitación para cada suelo, obteniendo así la lámina de agua escurrida e infiltrada.

Prosigue el cálculo considerando el agua infiltrada en el mes, de acuerdo al balance planteado, obteniendo así el estado de humedad del suelo, el cual será el valor inicial para el mes siguiente. Este nuevo estado de humedad puede ser inferior al inicial (si la infiltración resulta ser inferior que la evapotranspiración), e incluso puede llegar al punto de marchitez permanente en cuyo caso la evapotranspiración real será inferior a la potencial.

En el caso de que la infiltración comparada con la evapotranspira

ción, produzca un exceso sobre la capacidad de campo, se genera una superación de este excedente entre escurrimiento subsuperficial y percolación profunda proporcional a los valores de la permeabilidad horizontal y el gradiente del suelo y a la permeabilidad vertical del acuífero.

Existirá una percolación hacia el acuífero en aquellos casos en que el substrato del suelo tenga algún grado de permeabilidad. En los casos en que éste sea impermeable la percolación potencial se incorpora al escurrimiento subsuperficial.

2.3. Resultados.

A través del método de cálculo señalado, el que guarda estrecha relación y similitud con aquél para el cálculo de la infiltración por regadío (Anexo V.C.2-11.A), se ha llegado a los siguientes resultados, expresados en volúmenes de percolación anual.

ZONA	VOLUMEN x 10^6 m3	
	P (x) 50%	P (x) 85%
01-001	4,544	4,544
005	0,747	0,523
006	0,566	0,420
007	6,803	4,795
009	0,192	0,192
	12,852	10,474
02-011	7,450	7,450
012	5,476	5,476
013	0,985	0,973
014	0,000	0,000
015	0,149	0,149
016	3,173	3,173
017	2,082	2,082
018	11,282	11,282
019	3,293	2,127
020A	0,842	0,539
020B	13,661	7,503
021	4,993	2,813
022	4,541	2,465
024	2,341	1,411
025	0,201	0,000

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$ P (x) 50%	P (x) 85%
02-026	0,018	0,018
027	0,017	0,017
028	0,133	0,133
029	1,784	1,784
030	0,112	0,112
031	0,000	0,000
032	0,354	0,354
033	0,431	0,431
034A	0,030	0,030
034B	0,869	0,869
035A	0,668	0,668
035B	0,669	0,669
036A	0,460	0,460
036B	0,295	0,295
037	0,764	0,756
038	1,342	1,342
039A	0,147	0,099
039B	1,364	0,931
040	4,298	2,356
041	1,442	0,944
042A	2,114	1,128
042B	0,378	0,238
043A	0,050	0,000
043B	0,720	0,419
044A	11,241	6,125
044B	20,770	11,366
045	4,173	2,252
046	3,546	2,468
047	31,756	22,367
048	8,683	4,936
049A	4,102	2,659
049B	12,320	7,663
050	8,671	5,257
	182,076	127,786
03-051	34,838	27,099
052A	12,061	9,206
052B	82,068	64.228
053	10,492	8,062
054A	13,091	11,369
054B	25,535	20,413
055	3,160	2,121
056A	4,989	3,808
056B	2,512	1,772
057A	3,135	2,116
057B	0,504	0,338
058A	0,643	0,432
058B	5,036	3,416

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$ P (x) 50%	P (x) 85%
03-059	2,954	1,942
060	2,830	2,247
061A	7,462	6,016
061B	7,321	5,903
	218,631	171,088
04-076A	1,146	0,864
076B	3,263	2,523
077A	2,530	1,723
077B	7,033	5,122
077C	0,451	0,363
078A	3,152	2,085
078B	1,911	1,468
079A	11,825	9,145
079B	44,587	35,409
080A	1,249	1,010
080B-C	16,840	13,034
081A	2,006	1,629
081B	14,771	11,685
081C	2,715	2,114
082	10,347	8,265
083	4,483	3,439
084	5,471	4,059
085	4,117	2,916
086	7,321	5,556
087A	6,985	5,611
087B	28,167	22,413
088A	3,175	2,418
088B	5,469	4,379
089A	3,023	2,394
089B	7,098	5,546
090	12,578	10,177
	211,710	165,347
05-101A	19,084	15,519
101B	37,363	29,370
102	12,540	9,910
103A	18,553	14,077
103B	12,782	9,586
103C	12,996	9,704
104A	2,584	1,801
104B	2,565	1,908
105	23,740	17,935
	142,207	109,810

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$ P (x) 50%	P (x) 85%
06-126A-B	17,171	13,032
127A	1,413	1,049
127B-C	8,170	5,969
128A-B	10,715	7,900
129A-B	7,482	6,251
130A1-A2	3,123	2,222
130B	8,483	6,239
131A1-A2	6,854	5,202
131B	5,185	3,872
132A1-A2	3,959	2,604
132B	12,387	9,447
133A1-A2	21,796	15,995
133B	6,852	4,867
	113,590	84,649
07-151	18,365	12,026
152	3,108	1,990
153	4,150	2,758
154A	0,555	0,370
154B	4,232	2,915
155	8,572	6,665
156	1,094	0,748
157	3,773	2,589
158	4,260	3,013
159A	2,185	1,602
159B	6,631	4,769
160A	1,169	0,833
160B	6,237	5,312
160C	5,755	4,922
161A	0,541	0,382
161B	8,564	6,195
162	6,680	5,631
163A	0,780	0,604
163B	2,357	1,916
164A	0,490	0,385
164B	55,088	4,294
165A	4,966	4,231
165B	8,373	6,587
166A	17,118	12,677
166B	3,805	2,766
166C	1,997	1,687
	130,845	97,867

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$ P (x) 50%	P (x) 85%
08-176	26,004	20,397
177A	7,069	5,690
177B	1,062	0,834
178	10,383	7,680
179	13,462	9,809
180	0,000	0,000
	57,980	44,410
09-01	1,840	1.149
02	5,026	3,489
03	2,248	1,492
04	1,027	0,710
05	1,332	0,910
06	0,682	0,426
07	1,748	1,098
08	3,581	2,329
09	3,950	2,642
10	3,072	2,019
11	1,924	1,186
12	1,563	0,909
13	5,990	3,067
14	2,966	1,757
	36,949	23,183
10-01	1,809	1,185
02	0,693	0,363
03	0,097	0,068
04	3,712	2,545
05	6,410	4,526
	12,721	8,687
11-01	1,028	0,628
02	1,893	1,215
03	0,986	0,638
04	0,824	0,548
05	0,734	0,492
06	5,932	3,870
07	3,928	2,557
08	0,941	0,640
09	1,350	0,918
10	0,188	0,116
11	0,729	0,409
12	0,239	0,134
13	2,248	1,579
14	7,917	5,481

ZONA	VOLUMEN x $10^6 m^3$ P (x) 50%	P (x) 85%
15	3,412	2,304
16	6,666	4,372
17	2,095	1,304
18	10,456	6,924
19	6,653	4,476
20	4,432	3,004
21	4,291	2,856
22	4,862	3,231
23	5,791	3,786
24	1,319	0,875
25	0,328	0,222
26	0,000	0,000
	79,242	52,576

RESUMEN

SUB-CUENCA	VOLUMEN x $10^6 m^3$ P (x) 50%	P (x) 85%
01	12,852	10,474
02	182,076	127,786
03	218,631	171,088
04	211,710	165,347
05	142.207	109,810
06	113,590	84,649
07	130,845	97,867
08	57,980	44,410
09	36.949	23,183
10	12,721	8,687
11	79,242	52,576
	1.198,803	859,977

Anexo IV.C.3-6.: Aguas Subterraneas

CALCULO DE COSTOS DE EXPLOTACION

1. Bases Generales.

Para determinar el costo del m3 de agua subterránea extraída mediante sondajes, se ha postulado las siguientes bases generales de cálculo:

Sondaje.

Costo de Construcción	=	250 US$/m
Vida Util	=	30 años
Valor Residual	=	cero

Equipo de Bombeo.

Vida Util	=	20.000 horas (15 años)
Valor Residual	=	20%
Operación	=	1.437 horas/año

Otros

Costo Energía	=	0,019 US$/KWH
Tasa de Interés	=	8,5 % anual

No se ha considerado en la inversión inicial el costo que representa el tendido de línea de alta tensión, la subestación eléctrica, el tablero eléctrico, la instalación del equipo de bombeo y sus accesorios, ni los enlaces de fuerza, y control en el sector de baja tensión. Esta simplificación ha sido adoptada por cuanto los item correspondientes, en general, no son función de la potencia del equipo sino que, más bien, dependen de otros factores como es la proximidad del sondaje a alguna línea de alta tensión existente, profundidad de instalación del equipo de bombeo, etc.

A pesar de ello, se estima que el costo real del m3 de agua no varía mucho del calculado ya que si bien los item citados influyen directamente en el costo inicial, no presentan una fuerte influencia en el costo del m3 de agua debido a la larga vida útil de las instalaciones y a su alto valor residual.

Los equipos de bombeo considerados corresponden a grupos de procedencia alemana y sus precios han sido proporcionados en una co

tización aproximada. El precio incluye los gastos CIF del equipo de bombeo, cables NSH, partidor, guardaniveles y accesorios, incluyéndo, además, los gastos por concepto de derechos aduaneros, comisiones y otros. El valor de la cañería de descarga ha sido cotizado aparte en el mercado.

En aquellos casos en que se ha definido una captación tipo que cubre un rango de caudales y alturas de elevación, tanto el valor del equipo de bombeo como el costo del m3 de agua calculado, se refieren a un punto de operación promedio comprendido dentro del rango definido.

2. METODO DE TRABAJO.

Se ha adoptado como metodología de cálculo el determinar, a través de equivalencia financiera en los casos pertinentes, costos anuales totales que representan en su conjunto tanto las inversiones que se debe efectuar en diferentes épocas como los gastos anuales directos de operación y mantención de las instalaciones. De este modo y conociendo el volúmen anual de agua explotado a través del sondaje, se calcula el costo del m3.

Para ello, en primer lugar se ha llevado a valor presente las inversiones e ingresos (por valor residual) que representan la instalación y renovación de los equipos de bombeo a lo largo de su vida útil.

Si se designa como VB1 el valor inicial de la bomba N°1, y como VPB1 el valor presente de ella, se tiene lo siguiente:

$$VP_{B1} = V_{B1} - 0{,}2 \times V_{B1} \times \frac{1}{(1+i)}^{n} \qquad n = 15 \text{ años}$$

Para calcular el valor presente de la bomba N° 2 puede proceder se de igual forma considerando que la inversión se realiza en el año 15 y el valor residual se obtiene en el año 30. Sin embargo, se ha utilizado un procedimiento equivalente calculándolo a través del valor presente de la bomba N°1 según la siguiente relación:

$$VP_{B2} = \frac{VP_{B}}{(1=i)}^{n} \qquad n = 15 \text{ años}$$

Designando como VS el valor inicial del sondaje, el valor presente total de las inversiones VP se calcula con la siguiente relación:

$$VP = VS + VP_{B1} + VP_{B2}$$

El costo anual que representa este valor presente de las inversiones, se calcula con la relación siguiente:

$$CA = VP \times \frac{i}{1-\frac{1}{(1+i)^n}} \qquad n = 30 \text{ años}$$

El costo anual de energía eléctrica CE se ha calculado a través de la potencia consumida por el equipo de bombeo y la tarifa adoptada. El costo anual de mantención se ha considerado como el 1% del valor presente de las inversiones.

Por lo tanto, el costo anual total es:

$$CA_T = CA + CE + CM$$

Se calcula entonces el costo del m3 de agua como:

$$\text{Costo m3} = \frac{CA_T}{\text{Vol. anual explotado}}$$

3. RESULTADOS.

En la tabulación que presenta el cuadro N° IV.C.3-6-1 se incluye, para cada área o sub-área hidrogeológica, las características principales de la captación tipo, del equipo y del costo del m3 de agua extraído. Los valores se indican en dólares norteamericanos.

CUADRO N° IV.C.3-6-1

COSTOS DE EXPLOTACION EN DISTINTOS SONDAJES DE LA CUENCA

ITEM	S.A. PAN GUILEMO	S.A. PAN GUILEMO	S.A. PAN GUILEMO	S.A. CUMPEO	S.A. SAN CLEMENTE
Profundidad Pozo m.	55,00	55,00	65,00	35,00	70,00
Gasto l/s	55,00	40,00	25,00	10,00	50,00
Elevación m.	20,00	40,00	50,00	25,00	32,00
Valor Pozo US$	13.750,00	13.750,00	16.250,00	8.750,00	17.500,00
Valor Equipo US$	6.600,00	9.700,00	7.800,00	3.800,00	9.500,00
Costo Anual Energía US$	680,75	990,19	773,59	154,72	990,19
Costo Anual Mantención US$	212,72	248,05	251,40	130,81	283,27
Volumen Agua m3/año	284.526,00	206.928,00	129.330,00	51.732,00	258.660,00
Costo del m3 US$	0,0124	0,0209	0,0321	0,0369	0,0185

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-6-1

COSTOS DE EXPLOTACION EN DISTINTOS SONDAJES DE LA CUENCA

ITEM	S.A. PE LARCO	S.A. PE LARCO	A. TALCA	A. TALCA	A. TALCA
Profundidad Pozo m.	55,00	80,00	65,00	65,00	65,00
Gasto l/s	35,00	20,00	55,00	35,00	95,00
Elevación m.	30,00	60,00	30,00	30,00	35,00
Valor Pozo US$	13.750,00	20.000,00	16.250,00	16.250,00	16.250,00
Valor Equipo US$	6.600,00	8.000,00	9.500,00	6.600,00	24.800,00
Costo Anual Energía US$	649,81	742,64	1.021,13	649,81	2.057,54
Costo Anual Mantención US$	212,72	291,18	270,77	237,72	445,15
Volumen Agua m3/año	181.062,00	103.464,00	284.526,00	181.062,00	491.454,00
Costo del m3 US$	0,0193	0,0449	0,0164	0,0212	0,0163

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-6-1

COSTOS DE EXPLOTACION EN DISTINTOS SONDAJES DE LA CUENCA.

ITEM	A. MAULE SUR	S.A. RARI	S.A.YERBAS BUENAS	S.A. LINARES	S.A. SAN ANTONIO
Profundidad Pozo m.	70,00	55,00	35,00	190,00	190,00
Gasto l/s	50,00	10,00	1,50	85,00	85,00
Elevación m.	32,00	35,00	25,00	85,00	85,00
Valor Pozo US$	17.500,00	13.750,00	8.750,00	47.500,00	47.500,00
Valor Equipo US$	9.500,00	4.300,00	1.600,00	20.800,00	20.800,00
Costo Anual Energía US$	990,19	216,60	23,21	4.471,32	4.471,32
Costo Anual Mantención US$	283,27	186,60	105,74	712,06	712,06
Volumen Agua m3/año	258.660,00	51.732,00	7.760,00	439.722,00	439.722,00
Costo del m3 US$	0,0185	0,0526	0,1858	0,0319	0,0319

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-6-1

COSTO DE EXPLOTACION EN DISTINTOS SONDAJES DE LA CUENCA.

ITEM	S.A. TERMINAL ENAP. MIRAFLORES	S.A. PU TAGAN	A.SAN JAVIER VILLA ALEGRE	A.SAN JAVIER VILLA ALEGRE
Profundidad Pozo m	65,00	45,00	75,00	65,00
Gasto l/s	35,00	10,00	55,00	80,00
Elevación m.	40,00	20,00	30,00	35,00
Valor Pozo US$	16.250,00	11.250,00	18.750,00	16.250,00
Valor Equipo US$	9.700,00	3.800,00	9.500,00	20.000,00
Costo Anual Energía US$	866,42	123,77	1.021,13	1.732,83
Costo Anual Mantención US$	273,05	155,81	295,77	390,44
Volumen Agua m3/año	181.062,00	51.732,00	284.526,00	413.856,00
Costo del m3 US$	0,0250	0,0428	0,0175	0,0168

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-6-1

COSTO DE EXPLOTACION EN DISTINTOS SONDAJES DE LA CUENCA.

ITEM	A. MELOZAL	A. VILLA SECA	A. LONGAVI-ÑIQUEN (16A)	A. LONGAVI-ÑIQUEN (16B)	A. LONGAVI-ÑIQUEN (16C)
Profundidad Pozo m.	50,00	65,00	190,00	100,00	200,00
Gasto l/s	22,00	35,00	100,00	45,00	180,00
Elevación m.	25,00	40,00	45,00	85,00	50,00
Valor Pozo US$	12.500,00	16.250,00	47.500,00	47.500,00	50.000,00
Valor Equipo US$	5.300,00	9.700,00	26.000,00	16.800,00	30.000,00
Costo Anual Energía US$	340,38	866,42	2.784,91	2.367,17	5.569,81
Costo Anual Mantención US$	185,40	273,05	711,32	667,47	841,91
Volumen Agua m3/año	113.810,00	181.062,00	517.320,00	232.794,00	931.176,00
Costo del m3 US$	0,0248	0.0250	0,0254	0,0486	0,0181

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-6-1

COSTOS DE EXPLOTACION EN DISTINTOS SONDAJES DE LA CUENCA.

ITEM	A. PERQUILAUQUEN SUPERIOR	A. QUELLA	A. CAUQUENES	A. PURAPEL	A. VAQUERIA
Profundidad Pozo m.	280,00	230,00	70,00	60,00	50,00
Gasto l/s	200,00	160,00	70,00	15,00	5,00
Elevación m.	70,00	50,00	25,00	30,00	35,00
Valor Pozo US$	70.000,00	57.500,00	17.500,00	15.000,00	12.500,00
Valor Equipo US$	32.000,00	28.500,00	19.900,00	4.900,00	2.650,00
Costo Anual Energía US$	8.664,15	4.950,94	1.083,02	278,49	108,30
Costo Anual Mantención US$	1.064,70	899,82	401,80	205,85	155,20
Volumen Agua m3/año	1.034.640,00	827.712,00	326.124,00	77.598,00	25.866,00
Costo del m3 US$	0,0222	0,0206	0,0179	0,0392	0,0847

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-6-1

COSTOS DE EXPLOTACION EN DISTINTOS SONDAJES DE LA CUENCA.

ITEM	A. VALLES CORDILLERA DE LA COSTA	A. PERQUILAU QUEN INFERIOR	A. VALLES ANDINOS
Profundidad Pozo m	50,00	250,00	70,00
Gasto l/s	5,00	160,00	70,00
Elevación m.	35,00	50,00	25,00
Valor Pozo US$	12.500,00	62.500,00	17.500,00
Valor Equipo US$	2.560,00	28.500,00	19.900,00
Costo Anual Energía US$	108,30	4.950,94	1.083,02
Costo Anual Mantención US$	155,20	949,82	401,80
Volumen Agua m3/año	25.866,00	827.712,00	362.124,00
Costo del m3 US$	0,0847	0,0214	0,0179

Anexo IV.C.3-7.: Aguas Subterraneas

En este anexo se presentan los datos obtenidos como resultado de la nivelación de todos los sondajes reconocidos en la cuenca.

Se efectuó una nivelación geométrica paralela, con cierre cada ciertos tramos.

Se usó los siguientes puntos del IGM:

Designación	Elevación (m)	Ubicación
3-F-88	192,0055	18,70 millas al SW plaza Armas Curicó.
3-F-97	145,4176	13,70 millas al NE plaza Armas de Talca
3-F-104	115,4081	7,05 millas al NE plaza Armas de Talca
3-F-110	110,3892	2,2 millas al NE plaza Aramas de Talca
3-F-113	108,7965	4,9 millas al S plaza Armas de Talca
3-F-118	115,3418	6,7 millas al N plaza Armas San Javier
3-K-123A	98,1715	1,1 millas al S plaza Armas San Javier
3-F-130	118,6038	8,35 millas al S plaza Armas San Javier
3-F-140B	153,6619	Plaza Armas Linares
3-F-146	145,3633	7,10 millas al SW plaza Armas Linares
3-K-165	170,7209	Plaza Armas Parral
4-F-119	7,2553	Plaza Armas Constitución
4-F-208	143,5254	Plaza Armas Cauquenes
8-F-9	174,1891	8,6 millas al Encruce Panamericana/Talca San Clemente
8-F-12	203,8481	San Clemente, Calle Huamachuco
8-F-19	263,9950	17,6 millas al W aduana Paso Nevado hacia San Clemente
1.G.10.x	171,8066	7,2 millas al S plaza Armas Parral
1.G.15.x	172,5302	10,4 millas al S plaza Armas Parral
1.G.30.x	180,0394	23,05 millas al S plaza de Armas Parral.

En el terreno no se utilizó señalización específica. Las cotas calculadas fueron del terreno, nivel estático donde fué posible y punto de medida, al que normalmente correspondió al borde de la cañería de habilitación y en otros casos corresponde a la losa, tapa de la cañería, machón, copla cañería y orificio cabezal.

El punto de medida no fué señalizado con marcas.

En la primera columna del cuadro N° IV.C.3-7-1 que aparece a continuación se dan las coordenadas del sondaje considerado , la segunda columna individualiza dicho sondaje, las columnas tercera y cuarta se refieren a la cota de terreno y a la cota de nivel estático respectivamente. Finalmente en quinta columna se entregan observaciones e información adicional respecto de cada pozo y sobre las condiciones en que se efectuó la medición de niveles.

Estos antecedentes han servido de base para trazar las líneas equipotenciales que ilustran el movimiento de agua subterránea en la cuenca.

CUADRO N° IV.C.3-7-1

NIVELACION DE SONDAJES Y MEDICION DE NIVELES ESTATICOS.

COORDENADAS		COTA TERRENO	COTA NIVEL ESTATICO	OBSERVACIONES
35°10'-71°10'	C-2	310,06		Las Mercedes. Seco. Fondo en 288,952
35°10'-71°20'	A-1	176,91	173,405	Sondaje Camarico-Sin Uso D.O.S.
35°10'-71°30'	D-1	148,23	127,312	San Rafael Recinto estadio Municipal detenido 24 horas.
35°20'-71°20'	A-1	164,75	152,839	Pelarco. D.O.S. Detenido 10 horas.
	A-2	166,39	152,639	Pelarco D.O.S. Detenido.
	A-3	163,66	151,887	Pelarco. Pobl.Municipal. Sin Uso 4 años
	A-4	153,98	142,288	Lo Patricio. Sin bomba
	A-5	165,96	148,182	Sta. Margarita.Sitio 15 Parcela 25 S/bomba
	A-6	150,06	138,132	Los Gomeros. Sin bomba
	C-1	217,69	176,469	Las Delicias. Sin bomba
35°20'-71°30'	A-1	126,24	-	San Valentín. Seco. Fondo en 115,002.
	A-2	98,06	87,282	D.O.S. Talca. Se detuvo bomba para medir
	B-1	121,91	102,774	Panguilemo.Detenido 9 horas.
	C-1	117,38	105,747	D.O.S. Talca. Se detuvo bomba para medir.
	C-3	106,65	98,963	Industria Burgos-Fuster Se detuvo motor
	C-8	109,85	100,719	Fca.Aceite. Se detuvo motor
	C-12	125,05	105,590	D.O.S. Talca. Se detuvo motor.
	C-13	114,58	104,056	Calaf. Se detuvo Bomba para medir.
	C-14	126,06	110,676	D.O.S. Talca. Se detuvo bomba
	C-15	124,69	109,130	D.O.S. Talca. Se detuvo bomba.
	C-16	109,45	101,863	Coca-Cola. Talca. Se detuvo motor.
35°20'-71°30'	C-17	121,52	110,181	U.Católica.Sin funcionar 36 días.
	C-18	109,99	102,453	Vitivinícola Talca. Detenido 1 hora.
	C-19	95,00	90,201	Manufacturas Yarza.Se detuvo bomba.

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-7-1

NIVELACION DE SONDAJES Y MEDICION DE NIVELES ESTATICOS.

COORDENADAS		COTA TERRENO	COTA NIVEL ESTATICO	OBSERVACIONES
35°20'-71°30'	C-21	122,32	111,113	Criadero Aves. D.O.S. Talca. Se detuvo bomba
	C-22	96,46	Surgente	Prod. Fernández
	C-23	100,79	84,970	Curtiembre Talca. Se detuvo motor.
	C-24	95,82	93,187	D.O.S. Talca. En reparación
	C-25	97,35	91,475	D.O.S. Talca. Se detuvo bomba.
	D-1	162,03	159,348	Aurora. Se detuvo bomba para medir.
35°20'-71°40'	A-1	45,61	43,505	Pencahue. Se detuvo motor.
	B-1	77,54	Surgente	Río Claro. D.O.S.
	B-2	77,41	Surgente	Río Claro. D.O.S.
	B-3	77,21	Surgente	Río Claro. D.O.S.
	B-4	77.33	Surgente	Río Claro. D.O.S.
	D-1	89,98	82,491	C.C.U. Talca. Detenido varios días
	D-2	87,61	80,633	Fca.Papeles y Cartones. Detenido 13 hrs.
	D-3	68,42	64,605	Colín. Se detuvo motor para medir
	D-4	88,44	81,126	C.C.U. Talca. Se detuvo bomba.
	D-5	75,34	67,135	Esc.Agr. M.Auxiliadora. Se detuvo bomba.
	D-6	85,58	82,621	C.C.U. Talca. Se detuvo motor.
35°20'-72°20'	B-1	8,11	1,195	Constitución. Abandonado, sin bomba.
	B-2	8,00	1,271	Constitución. Abandonado, sin bomba.
35°30'-71°20'	A-1	210,54	198,925	San Clemente. D.O.S. Detenido 2 hrs.
	A-2	210,22	198,799	San Clemente. D.O.S. Detenido.
35°30'-71°20'	A-3	238,14	-	San Diego. Seco. Fondo en 220,383
	C-1	248,38	226,290	Paso Ancho. Se detuvo bomba para medir.
	C-2	244,54	-	Queri. Tubo obstruído No se midió.

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-7-1

NIVELACION DE SONDAJES Y MEDICION DE NIVELES ESTATICOS.

COORDENADAS		COTA TERRENO	COTA NIVEL ESTATICA	OBSERVACIONES
35°30'-71°30'	B-1	178,57	173,237	Chequén. Fuera de uso
	B-3	179,05	173,541	Chequén. Detenido 15 hrs.
	B-2	167,92	164,523	Pueblo Tres Esquinas Se detuvo bomba.
35°30'-71°40'	B-1	114,71	112,257	Matadero. Maule. Detenido 20 minutos.
	B-2	135,33	124,186	Jardín Maule. C.Steinhoff. Detenido 15 hrs
	B-3	98,93	97,507	Pueblo Bobadilla. Se detuvo motor.
	B-4	110,98	-	Pueblo Bobadilla. No se pudo medir.
	D-1	108,18	107,195	San Javier. D.O.S. Sin bomba.
	D-2	108,9	107,158	San Javier. D.O.S. Detenido 2 horas.
35°40'-71°20'	B-1	242,88	234.717	Colbún. Se detuvo motor
	B-2	253,61	-	Colbún, Escuela. Clausurado.
	B-3	256,45	238,466	Colbún fuera de uso.
	B-4	262,95	-	Colbún. No se pudo me - dir.
	B-5	252,43	239,289	Colbún. ENDESA. Se detuvo bomba.
	C-1	196,24	193,331	Panimávida. Fuera de uso.
	C-2	195,25	189,006	Panimávida. Se detuvo motor.
	D-1	196,48	-	Pueblo La Chiripa. No se pudo medir.
	D-2	202,49	201,697	Rari. Detenido 1 hora
35°40'-71°30'	B-1	157,24	Surgente	Abranquil
	C-1	151,64	142,843	Iansa. Linares. Detenido
	C-2	151,96	151,926	Iansa Linares. No se pudo medir.
35°40'-71°40'	A-1	98,70	88,831	Melozal. Sin uso.
	A-2	99,09	88,277	Melozal. Se detuvo bomba
35°40'-71°40'	B-1	121,78	120,813	Est.Villa Alegre. Se detuvo Bomba.
	B-2	103,54	94,940	Villa Alegre. D.O.S. Se detuvo motor.
	B-3	103,56	94,414	Villa Alegre. D.O.S. Sin uso
	D-1	109,95	106,409	Palmilla. Se detuvo bombeo

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-7-1

NIVELACION DE SONDAJES Y MEDICION DE NIVELES ESTATICOS.

COORDENADAS		COTA TERRENO	COTA NIVEL ESTATICA	OBSERVACIONES
	D-2	116,29	112,450	Putagán . Se detuvo el bombeo
35°50'-71°30'	A-1	142,37	-	ENAP-Linares. No se pudo medir.
	A-2	142,39	-	ENAP-Linares. No se pudo medir.
	A-3	150,05	148,323	ENAFRI-Linares. Detenido 5 horas.
	B-1	164,40	71,300	D.O.S. Linares. Funcionando.
	B-2	164,67	134,911	D.O.S. Linares. Sin bomba. Afectado por B-1 y B-4.
	B-3	164,79	134,481	D.O.S. Linares. Sin bomba. Afectado por B-1 y B-4.
	B-4	164,99	-	D.O.S. Linares. Funcionando.
	B-5	198,44	193,321	San Antonio. Sin bomba
	C-1	152,85	149,062	Miraflores. Funcionando
35°50'-71°40'	D-1	146,11	140,319	Pueblo Longaví. Sin bomba.
	D-2	146,10	139,917	Pueblo Longaví. Detenido 2 horas.
35°50'-71°50'	B-1	110,39	99,762	Villaseca. Detenido 20 horas.
35°50'-72°10'	C-5	135,21	115,208	D.O.S. Cauquenes. Funcionando.
	C-6	131,29	123.474	D.O.S. Cauquenes. Afectado por C-5 y C-7.
	C-7	130,77	111,184	D.O.S. Cauquenes. Funcionando
	C-8	145,69	-	INIA. Cauquenes. No se pudo medir.
	C-9	160,99	-	INIA. Cauquenes. Seco.
	C-10	156,10	139,405	INIA. Cauquenes. Detenida la bomba.
	C-11	163,46	140,837	INIA. Cauquenes. Sin funcionar.
	C-12	159,20	-	INIA. Cauquenes. No se pudo medir.
	C-13	167,74	156,724	INIA. Cauquenes. Sin funcionar.
	C-14	142,16	124,270	Coop. Vitivinícola Cauquenes. Detenido 1,5 h.

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-7-1

NIVELACION DE SONDAJES Y MEDICION DE NIVELES ESTATICOS.

COORDENADAS		COTA TERRENO	COTA NIVEL ESTATI A	OBSERVACIONES
	C-15	142,17	124,974	Coop. Vitivinícola Cauquenes. Sin bomba.
	C-16	159,29	135,938	Jimena Rivera. Sin bomba.
	C-17	157,87	135,056	Manuel Lara. Detenido al medir.
	C-18	172,36	-	Escuela N°40 Cauquenes No se pudo medir.
	C-19	150,89	139,720	Población Fernández. Bomba detenida.
35°50'-72°20'	D-1	153,02	-	Santa Sofía. No se pudo medir.
	D-2	153,67	147,428	Santa Sofía. Bomba sin funcionar.
36°00'-71°40'	A-1	163,52	155,734	Retiro. D.O.S. Detenido 24 hrs. Afectado por A-2.
	A-2	163,97	156,156	Retiro D.O.S. Funcionando.
	A-3	164,98	162,344	Fundo Santa Teresa. Afectado por A-2
	B-1	160,15	151,231	Detenido 2 horas.
	B-2	160,01	152,532	Sin funcionar desde Abril de 1977.
	C-1	172,55	170,595	D.O.S. Parral. Sin bomba. Afectado por C-4
	C-2	164,13	-	Copihue. No se pudo medir.
	C-3	172,92	163,626	D.O.S. Parral. Sin bomba. Afectado por C-4
	C-4	172,90	155,721	D.O.S. Parral. Funcionando.
	C-5	172,55	160,702	D.O.S. Parral. Con bomba. Afectado por C-4
	D-1	191,97	189,337	Ajial. Bomba detenida al medir.
36°00'-72°10'	D-1	152,93	148,103	Pocillas Bomba Manual
	D-2	152,72	133,837	Pocillas, funcionando.
	D-3	153,47	149,313	Plaza Pocillas. Bomba fuera de servicio
	D-4	152,25	-	Recinto Carabineros. Bomba manual.
	D-5	160,22	-	Escuela. Bomba manual
	D-8	162,14	-	Ismael Fuentes. Bomba manual.

(CONT.) CUADRO N° IV.C.3-7-1

NIVELACION DE SONDAJES Y MEDICION DE NIVELES ESTATICOS.

COORDENADAS		COTA TERRENO	COTA NIVEL ESTATICO	OBSERVACIONES
	D-9	158,08	-	Silverio Vásquez. Bomba Anual
	D-10	159,41	-	Gerardo Pérez. Bomba manual
	D-11	156,89	-	Arnaldo Loyola. Bomba manual
	D-12	152,79	-	Froilán Fuente. Bomba manual
36°10'-71°30'	A-1	299,63	288,769	Camelia. Funcionando
	C-1	272,64	-	Catillo. No se pudo medir
36°10'-71°10'	C-1	173,32	-	San Gregorio. No se pudo medir
36°10'-71°50'	C-1	154,12	Surgente	Flor de Ñiquén
	C-3	149,48	Surgente	Flor de Ñiquén
	D-1	165,39	Surgente	San Pedro de Ñiquén
	D-2	169,07	Surgente	San Antonio de Ñiquén
36°20'-71°40'	A-1	224,69	196,550	Fdo. Colliguay. Sin bomba
	C-1	280,79	263,811	Tres Esquinas. Detenido 8 horas
	D-1	289,12	281,593	Cachapoal. Detenido 2 horas.

IV.C.4 - CALIDAD DEL AGUA

INDICE DEL CAPITULO

IV.C.4. CALIDAD DEL AGUA

1. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

1.1 Objetivos

1.2 Recopilación de antecedentes

1.3 Parámetros analizados

1.4 Análisis efectuados

1.5 Comentarios y conclusiones

2. CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO NO AGRICOLA

2.1 Generalidades

2.2 Normas de calidad

2.3 Análisis de las aguas de la cuenca

2.4 Comentarios y conclusiones

1. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.

1.1. Objetivos.

Después de realizar la cuantificación de los recursos de agua de la cuenca corresponde investigar, si la calidad de las aguas que se utilizan para el riego, presenta alguna característica, que limite el desarrollo de los cultivos en el presente o en el futuro. De ser así, habría que considerar medidas especiales para su control, o bien plantear condiciones para la implantación de ciertas rotaciones de cultivo, que pudieran ser adecuadas desde el punto de vista económico y compatibles con dichas limitaciones.

Para ello se ha investigado la calidad de las aguas de riego, en orden a analizar factores limitantes tales como, acidez, conductividad eléctrica, presencia de sales, etc. que más allá de ciertos límites, pudieran ser dañinos a las plantas.

1.2 Recopilación de antecedentes.

La existencia de numerosos análisis efectuados por instituciones responsables en la mayor parte de los ríos de la cuenca, hizo innecesario extraer muestras especiales en el curso del presente estudio.

Los datos se obtuvieron del Servicio Agrícola y Ganadero (S.A.G.), Dirección General de Aguas (D.G.A.), y Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S). Estos análisis van desde el año 1961 hasta 1977, y comprenden los siguientes lugares: Claro en Camarico, Talca en Infiernillo, Malo y Manzano, Lircay en Panamericana, Maule en Armerillo y Panamericana, varios canales derivados del río Maule, Putagán en Yerbas Buenas, Ancoa en Llepo y Panamericana, Achibueno en Peñascos y Panamericana, Bullileo en Sta.Filomena, Longaví en Quiriquina y Longitudinal, Cato en Digua, Embalse Digua en Vertedero, Perquilauquén en Sn.Manuel y Quella, Cauquenes en Cauquenes, Loncomilla en Palmilla y desembocadura, Purapel en Nirivilo y Diguillín.

Se incluyó el río Diguillín, aunque esté fuera de cuenca, para establecer un punto de referencia hacia el sur.

1.3 Parámetros analizados.

Para estimar la calidad del agua desde el punto de vista de su uso agrícola, se analizaron los siguiente parámetros.

"C.E.", conductividad eléctrica expresada esta en micromhos/cm a 25°C.
"pH"
"Cationes"
"Aniones"
"SAR", (Sodium, Absortion Ratio). Esta relación es un índice para evaluar el peligro del sodio en el agua de riego y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}}$$

U.S.D.A. Relación entre la conductividad eléctrica y el índice de Absorción de Sodio (SAR) de acuerdo a pauta propuesta por el Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de N. América, Riverside, Handbook N°60 del U.S.D.A.

Debido a los valores que indican las cifras analíticas, no se usaron otros criterios de clasificación de aguas, como Sodio Residual, Salinidad Efectiva, % de Sodio, etc.

1.4 Análisis efectuados.

En el cuadro IV.C.4. - 1 se presenta los resultados de los análisis de algunas estaciones, representativas de la situación media existente. En este se indican los valores antes señalados conjuntamente con la estación, y la fecha en que se obtuvo la muestra.

1.5 Comentarios y conclusiones.

A partir de los valores que se indican en los cuadros, se puede decir lo siguiente respecto de cada uno de los parámetros analizados.

1.5.a. C.E.

Los valores de la conductividad eléctrica, son extremadamente bajos y no constituyen limitación alguna para los cultivos. Vale la pena señalar que las aguas de riego del Río Maipo presentan valores entre cinco y diez veces superiores a los registrados en el cuadro que se adjunta.

1.5.b. ph.

Son valores normales ajustados a patrones de aguas aptas para el regadío.

1.5.c. Cationes.

En la mayoría de los análisis domina el calcio; en todo caso la suma de calcio más magnesio contribuye a mantener un adecuado equilibrio con el sodio, hecho que se demuestra al analizar las cifras SAR.

1.5.d. Aniones.

Como es lógico de esperar por el origen de las aguas el anión bicarbonato es el que domina; se anotan valores bajos y muy bajos de cloruros y sulfatos respectivamente.

1.5.e. U.S.D.A.

Esta pauta es tentativa pero de amplia difusión y uso en otros países, su aplicación no hace otra cosa que corroborar lo anteriormente anotado en el sentido de confrontar los parámetros de conductividad eléctrica y SAR, con lo que se llega a que casi la totalidad de las aguas corresponden a la Clasificación C1 - S1, que significa que no hay peligro de contaminación ni por sales, ni por sodio.

1.5.f. SAR.

Esta relación basada en la ecuación de Gapon señala parcialmente el peligro de sodificación a través del uso continuado de agua de mala calidad. Para el caso que se estudia, las cifras señalan en forma inequívoca que no existe este problema potencial en el área de la cuenca del Maule, hecho que viene a reconfirmar lo ya comentado.

De lo anterior se puede concluir que las diferentes fuentes de aguas analizadas, no presentan ningún problema de calidad de agua para el riego actual ni para el futuro. Este hecho, por lo demás queda de manifiesto al observar los suelos de toda esta extensa área, en donde no existe ninguna evidencia de salinización o sodificación.

2. CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO NO AGRICOLA.

2.1. Generalidades.

El estudio de la calidad de las aguas para consumo no agrícola hace necesario en primer término realizar una valorización de los requisitos necesarios para determinar la potabilidad de las aguas. Esta potabilidad esta representada por los requisitos físico-químicos y bacteriológicos que debe cumplir el agua para ser considerada potable o sea apta para el consumo humano y estos requisitos están contenidos, para nuestro país, en la Norma Nch 409 of. 170, contenidas en el Código de Normas del Instituto Nacional de Normalización (INN, ex INDITECNOR) y será aplicable al agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento (superficial, subterráneo u otro).

2.2. Normas de calidad.

2.2.a. Calidad bacteriológica.

Se determina por medio del examen bacteriológico que permite la identificación, aislamiento y enumeración de las bacterias que contengan las aguas, teniendo como único objeto verificar el grado de contaminación de las aguas con deshechos de origen humano o animal y se considerará sólo la determinación del índice coliforme por su valor como indicador de posible contaminación fecal.

El Indice Coliforme, es la cantidad determinada de bacterias coliformes presentes en 100 ml. de agua. Sus resultados se expresan en términos del Número Mas Probable (NMP).

La norma establece, en sus puntos 7.1. y 7.1.1. exámenes efectuados en porciones de 10 ml. y que de todas las porciones que se examinen mensualmente, un número inferior o igual al 10% de ellas podrá indicar la presencia de colibacilos y en su punto 7.1.2. Ocasionalmente tres o mas de las cinco porciones que constituyen una muestra normal podrán indicar la presencia de colibacilos, siempre que no ocurra en muestras consecutivas, etc.

2.2.b. Calidad física.

Se determina por medio del examen físico que permite determinar la turbiedad, el color, el olor y sabor del agua.

Turbiedad y color en Aguas no Filtradas.

La turbiedad máxima tolerable será de 5 Unidades Jackson.

El color máximo tolerable será de 20 unidades de la escala de platino-cobalto.

Olor y sabor.

El agua potable, sea o no filtrada, carecerá de olor y sabor susceptibles de provocar desagrado en el consumidor, no obstante, la autoridad competente podrá aceptar aguas que no cumplan este requisito siempre que no constituya peligro para la salud pública y tratándose de casos que sean destinadas al abastecimiento de poblaciones menores de 1.000 habitantes.

2.2.c. Calidad química.

Se analiza por medio del examen químico que determina cuantitativamente y cualitativamente las sustancias minerales contenidas en las aguas, sean éstas beneficiosas o no.

El agua potable deberá contener en disolución, sustancias minerales que están reconocicdas como beneficiosas para el organismo humano.

Por otra parte, no deberá contener impurezas o sustancias químicas en concentraciones que puedan ser peligrosas para la salud de los consumidores.

Tampoco deberá ser excesivamente corrosiva o incrustante hacia el sistema de abastecimiento.

Se rechazarán las aguas de fuentes de abastecimiento que contengan disueltas sustancias nocivas para el organismo humano, en concentraciones que sobrepasen los límites máximos que se establecen a continuación (Nch 409 of. 70, Art. 6.5.1.).

2.3. Análisis de las aguas de la cuenca.

De acuerdo a los términos de las especificaciones de la propuesta técnica, se tomaron muestras de agua cruda en las posibles fuentes de abastecimiento, para aquellas localidades que por su crecimiento vegetativo, deberán satisfacer sus servicios de agua potable. Este muestreo se hizo en 2 etapas, la primera serie correspondió a la época de invierno y se tomó en el mes de Agosto y la segunda serie en la época de verano, se tomó en Noviembre, época de los deshielos. En estas muestras se efectuaron análisis bacteriológicos y físico-químicos.

Los resultados de los exámenes bacteriológicos hechos en el Laboratorio de la Dirección de Obras Sanitarias de Chillán, que se indican en el cuadro IV.C.4-2, muestran en general cierto grado de contaminación que hace aconsejable someterlas a un tratamiento de cloración para cumplir estrictamente con las normas Inditecnor Ch 409 N°270 de agua potable.

Si bien el número de muestras no permite hacer una representación estadística del estado de contaminación de las diferentes fuentes analizadas (Río Lircay, Canal Pando, Estanque Ancoa, Drenes de Parral, Río Cauquenes, Estanque El Guanaco, Santa Apolonia, San Javier, Quebrada Honda, Las Raíces, etc.), puede afirmarse que no existen limitaciones de importancia para el consumo humano de estas aguas.

Los análisis físico-químicos realizados para estas mismas muestras tomadas en las fechas indicadas se presentan en el cuadro IV.C.4-3.

Además, para tener una representatividad mayor de la cuenca, se obtuvo el catastro de los pozos profundos de la zona y los resultados de los análisis físico-químicos de sus aguas.

En la documentación interna del estudio se señalan dichos resultados con indicación del origen y fecha de la muestra.

Del estudio comparativo de los análisis de las muestras con los límites admisibles se desprende lo siguiente:

Olor: Un 7% de las muestras tienen olor a tierra, variando su intensidad de ligeramente terroso a olor a tierra, una muestra tiene olor a bencina, que corresponde al pozo N°148 D.O.S. de Retiro. Puede haber estado contaminada la muestra.

Sabor: Pozo N°148 de Retiro, muestra sabor a bencina. Dos muestras mas tuvieron sabor a tierra (débil).

pH: Una sola muestra resultó con un pH ligeramente superior al admisible (9,6 y corresponde a agua de Panimávida.

Sustancia	Expresado en	Lim. Max.(mg/l)
Arsénico	As	0.12
Bario	Ba	1.00
Cadmio	Cd	0.01
Cianuro	Cn	0.20
Cromo Hexavalente (Cr 6)	Cr	0.05
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.10
Selenio	Se	0.01
Fluor	Fl	1.20
Nitrógeno de Nitratos	N	10.00 15.00 para aguas subterráneas

La concentración de substancias químicas presentes en el agua potable será inferior o igual a los límites fijados en la siguiente tabla. (Pto. 6.7.1. Nch of.70).

Sustancia	Límite Superior expresado en	Máx.Acept. mg/l	Máx. Tol. mg/l
Cloruros	Cl^{-1}	200	350
Cobre	Cu	1	1,5
Hierro	Fe	0,3	0,5
Manganeso	Mn	0,1	0,2
Magnesio	Mg	30	125
Nitrógeno de Amoníaco	N	0,25	
Nitrógeno de Albúminas	N	0,1	
Nitrógeno de Nitritos	N	0,004	0,004
Oxígeno Consumido	O	2,5	
Sólidos totales disueltos	-	500	1.500
Sulfatos	$SO4^{-2}$	250	400
Zn	Zn	5	5

En cuanto al flúor en sales, se ajustará a 0,9 mg/l en verano y a 1,1 mg/l en invierno.

Finalmente, se establece que el agua potable deberá tener un pH entre 6,5 y 9,2.

Turbiedad: Un 18% de las muestras denunciaron una turbiedad superior a la admisible, sin embargo, no siendo este problema sanitario y teniendo solución por métodos adecuados, no tiene gran importancia.

Nitritos: La presencia de nitritos acusa descomposición orgánica, de modo que su presencia indica contaminación reciente. Sin embargo, en aguas subterráneas puede provenir de la reducción de nitratos. En consecuencia, la presencia de nitritos en las aguas debe ser mirada con sospecha. Del total de muestras, un 25% acusó un índice ligeramente superior al admisible.

Este problema, si bien tiene caracter sanitario desaparece con una adecuada cloración.

Fe total: Su presencia, si bien no es un problema sanitario, trae consecuencias de otra índole, como ser aguas con gusto a tinta, tiñe la ropa y mancha artefactos.

Sólo un 8% de las muestras arrojan límites superiores a los admisibles.

Dureza total: Todas las muestras indican durezas bajo los límites admisibles.

Índice de Estabilidad: Sus índices de estabilidad indican que un 44% de las aguas son corrosivas y sólo un 16% son débilmente incrustantes.

Esta condición no es problema sanitario, sino de orden económico, especialmente en aguas que serán usadas en la industria.

En general, a la luz de los análisis que se acompañan, puede decirse que las aguas de la zona cumplen con las normas para agua potable y no hay impedimento alguno para usarlas para ese fin.

Evidentemente, cada fuente de abastecimiento deberá ser estudiada más a fondo cuando sea necesario usar sus aguas para el consumo humano o industrial.

2.4 Comentarios y Conclusiones.

a) Como era de esperar, las localidades actualmente servidas por redes de servicio público explotadas por SENDOS, cuentan con abastecimientos que cumplen con las condiciones de calidad del agua establecidas por la Norma Nch 409 Of. 170 INN.

b) Aunque la muestra es insuficiente desde el punto de vista estadístico, las muestras de aguas crudas provenientes de los

cursos naturales que se detallan a continuación, es indicativa de las características de dichas aguas. Dichos cursos fueron:

b.1)	Río Lircay	Fuente de abastecimiento de Talca
b.2)	Estanque Pando	Fuente de abastecimiento de S.Javier
b.3)	Estanque Ancoa	Fuente de abastecimiento de Linares
b.4)	Drenes	Fuente de abastecimiento de Parral
b.5)	Río Cauquenes	Fuente de abastecimiento de Cauquenes
b.6)	Estanque El Guanaco	Fuente de abastecimiento de Quirihue
b.7)	Estanque Sta.Polonia	Fuente de abastecimiento de Quirihue

c) El análisis físico-químico de las muestras individualizadas demuestra que se trata de aguas susceptibles de ser empleadas en el consumo humano.

d) El análisis bacteriológico de las aguas crudas muestra un grado moderado de contaminación. Dichas aguas son susceptibles de adecuar para el consumo humano mediante el habitual tratamiento de cloración.

CUADRO N° IV.C.4-1

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Río ubicación muestra	C.E.	pH	C A T I O N E S (meq/l) Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}		A N I O N E S (meq/3) Co_3^{-}	Hco_3^{-}	So_4^{-}	Cl		USDA	SAR
Ancoa en Llepo 5/76	93	7,19	0,44	0,40	0,22	0,01	1,07	0,00	0,71	0,20	0,10	0,01	C1 S1	0,34
Ancoa en Llepo 23/3/77	73	7,00	0,31	0,50	0,10	0,03	0,94	-	0,90	0,15	0,18	1,23	"	0,15
Ancoa en Panamericana 23/3/77	85	6,65	0,42	0,50	0,12	0,05	1,09	-	1,00	0,20	0,10	1,30	"	0,17
Achibueno en Peñasco 25/5/76	78	7,14	0,33	0,40	0,17	0,01	0,96	-	0,71	0,10	0,15	0,96	"	0,28
Achibueno en Los Peñascos 23/3/77	62	7,15	0,21	0,70	0,07	0,03	1,01	-	0,70	0,15	0,02	0,87	"	0,10
Achibueno en Panamericana 23/3/77	71	6,90	0,31	0,50	0,07	0,03	1,01	-	1,00	0,15	0,04	1,19	"	0,10
Longaví en Quiriquina 2/6/76	75	7,12	0,33	0,20	0,22	0,01	0,77	-	0,51	0,11	0,15	0,77	"	0,39
Longaví 9/9/75	72	8,75	0,44	0,11	0,13	0,01	0,69	-	0,55	0,04	0,19	0,78	"	0,25
Longaví 1/10/75	53	7,40	0,25	0,09	0,12	0,01	1,47	-	0,33	0,08	0,08	0,49	"	0,29
Longaví 17/12/75	62	7,90	0,26	0,10	0,10	0,01	0,47	-	0,35	0,04	0,14	0,53	"	0,23
Longaví 13/4/76	114	7,36	0,44	0,18	0,24	0,04	0,90	-	0,77	0,08	0,16	1,01	"	0,43
Longaví en Longitudinal 2/6/76	76	7,09	0,33	0,40	0,20	0,01	0,82	-	0,51	0,16	0,15	0,82	"	0,33
Maule 13/4/76	196	7,94	0,69	0,30	0,47	0,05	1,51	-	0,83	0,38	0,38	1,59	"	0,67
Longaví Panamericana 22/3/77	98	7,85	0,31	0,60	0,15	0,32	1,38	-	1,10	0,54	0,06	1,70	"	0,22
Bullileo en Sta.Filomena 10/7/74	45	8,05	0,38	0,09	0,11	0,03	0,86	-	0,54	0,10	0,22	0,86	"	0,23
Río Cato en Digua 10/7/74	136	7,40	1,20	0,05	0,45	0,05	1,74	-	1,40	1,07	1,27	1,74	"	0,57
Embalse Digua Vertedero 10/7/74	51	7,20	0,33	0,13	0,13	0,03	0,71	-	0,47	0,13	0,11	0,71	"	0,27
Perquilauquén en Sn.Manuel 10/7/74	36	7,20	0,27	0,09	0,13	0,03	0,59	-	0,36	0,07	0,16	0,59	"	0,31
Perquilauquén Quella 22/3/77	93	7,10	0,37	0,65	0,15	0,03	1,20	-	1,30	0,15	0,04	1,49	"	0,21
Cauquenes Cauquenes 22/3/77	74	7,50	0,31	0,50	0,19	0,03	1,03	-	1,10	0,34	0,02	1,46	"	0,30
Claro en Camarico 5/70	110	7,00	0,33	0,37	0,34	0,05	1,09	-	0,55	0,13	0,29	0,97	"	0,58
Claro en Camarico 3/71	180	7,20	0,76	0,48	0,44	0,08	1,76	-	1,07	0,35	0,40	1,82	"	0,56
Claro en Talca 2/73	85	7,40	0,31	0,67	0,25	0,03	1,26	-	1,04	0,04	0,29	1,37	"	0,35
Claro 14/4/76	411	7,35	1,13	1,21	1,06	0,12	3,52	-	0,75	0,53	2,16	3,44	"	0,79
Claro en Talca 5/76	158	7,81	0,77	0,40	0,48	0,07	1,72	-	1,02	0,25	0,46	1,73	"	0,63
Claro en Talca 22/3/77	155	7,20	0,50	0,91	0,37	0,07	1,81	-	1,20	0,54	0,28	2,02	"	0,44
El Manzano 18/12/75	54	7,35	0,05	0,09	0,25	0,02	0,41	-	0,24	0,17	0,04	0,45	"	0,96
Malo 14/4/76	73	7,24	0,32	0,05	0,22	0,01	0,60	-	0,37	0,08	0,18	0,60	"	0,51
Infiernillo 14/4/76	54	7,26	0,27	0,02	0,11	0,01	0,41	-	0,22	0,06	0,22	0,50	"	0,29
Lircay en Longitudinal 5/76	191	7,57	0,77	0,60	0,56	0,05	1,98	-	1,12	0,26	0,51	1,89	"	0,68
Lircay en Panamericana 24/3/77	172	7,55	0,58	1,16	0,40	0,05	2,19	-	1,30	0,28	1,54	2,12	"	0,43
Maule en Longitudinal 1961	140	6,90	0,64	0,30	0,44	0,04	1,50	-	0,95	0,36	0,19	1,50	"	0,65
Maule 9/9/75	163	8,60	0,75	0,32	0,37	0,04	1,48	-	0,92	0,29	0,43	1,64	"	0,51
Maule 1/10/75	222	7,75	0,85	0,37	0,38	0,05	1,65	-	1,16	0,35	0,38	1,89	"	0,42
Maule 15/12/75	202	7,50	0,83	0,38	0,35	0,07	1,63	-	1,07	0,22	0,38	1,67	"	0,58
Maule 18/1/76	81	7,35	0,33	0,12	0,16	0,02	0,62	-	0,39	0,08	0,14	0,61	"	0,34
Maule en Panamericana 24/3/77	173	7,55	0,62	1,21	0,28	0,05	2,16	-	1,50	0,22	0,39	2,11	"	0,29
Canal Maule Norte Kn 1,4 2/73	183	7,15	0,62	0,38	0,63	0,33	1,96	-	0,83	0,20	0,78	1,78	"	0,90
Putagán en Yerbas Buenas 8/66	83	7,40	0,45	0,56	0,18	0,02	1,21	-	0,78	0,00	0,20	0,98	"	0,30
Putagán en Yerbas Buenas 2/73	88	7.35	0,83	0,19	0,20	0,00	1,22	-	0,93	0,04	0,29	1,26	"	0,28
Ancoa después de Canal Melado 12/7/76	50	7.65	0,43	0,05	0,07	0,03	0,52	-	0,42	0,00	0,10	0,52	"	0,14
Ancoa en Llepo 7/74	46	7,60	0,32	0,10	0,11	0,03	0,56	-	0,53	0,00	0,15	0,68	"	0,24

(Cont) CUADRO N° IV.C.4-1

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Río ubicación muestra			CATIONES (meq/l)					ANIONES (meq/l)					
	C.E	pH	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}		Co_3	Hco_3	So_4	Cl		USDA	SAR
Cauquenes en Cauquenes 5/5/77	111	7,15	0,28	0,46	0,35	0,01	1,10	0,00	0,86	0,01	0,30	1,17	C1 S1	0,58
Loncomilla en Desembocadura 24/3/77	128	7,25	0,52	0,86	0,25	0,03	1,66	-	1,30	0,29	0,11	1,70	"	0,30
Purapel en Nirivilo 11/69	2.537	7,80	13,60	5,00	11,60	0,20	30,40	-	1,83	15,90	5,88	23,00	C2 S1	3,80
Purapel en Nirivilo 2/73	87	7,50	0,63	0,39	0,30	0,03	1,35	-	0,73	0,34	0,29	1,36	C1 S1	0,42
Diguillín 10/9/75	81	8,95	0,45	0,14	0,21	0,02	0,82	-	0,61	0,08	0,21	0,94	"	0,38
Diguillín 9/10/75	64	7,25	0,20	0,12	0,22	0,02	0,56	-	0,39	0,10	0,11	0,60	"	0,55
Diguillín 30/3/76	127	7,48	0,39	0,25	0,39	0,04	1,07	-	0,81	0,15	0,34	1,30	"	0,69

CUADRO IV.C.4-2

CALIDAD DE LAS AGUAS
EXAMENES BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS
TOMADAS DURANTE EL ESTUDIO

N° DE MUESTRA	PROCEDENCIA	FECHA MUESTRA	HORA HASTA ANALIZAR	COLONIAS 27° 24 H POR MIL	BACILO COLI POR 10 ml. N° PROBETA
3113	Talca-cruda Río Lircay	9/8	32	1.500	540,0
3114	San Javier-cruda Pando	9/8	31	1.200	130,0
3115	Linares-cruda Ancoa	9/8	30	80	13,0
3116	Parral-cruda Drenes	9/8	28	950	240,0
3137	Cauquenes-cruda Río Cauquenes	10/8	27	1.200	540,0
3138	Quirihue-cruda El Guanaco	10/8	25	1	4,5
3174	Quirihue-cruda Santa Apolonia	16/8	30	1.800	70,0
4763	Parral-cruda Drenes	24/11	4	1.500	240,0
4764	San Javier-cruda Pando	24/11	6	1.900	89,0
4765	Talca-cruda Río Lircay	24/11	7	2.200	280,0
4863	Constitución-cruda	30/11	30	250	240,0
4864	Constitución-cruda Quebrada Honda	30/11	30	40	13,0
4865	Constitución-cruda Las Raíces	30/11	29	90	33,0
4866	Linares-cruda Drenes	30/11	24	19	0,0
4878	Quirihue-cruda El Guanaco	1/12	5	20	8,0
4879	Quirihue-cruda Santa Apolonia	1/12	6	200	33,0
4880	Cauquenes-cruda Río Cauquenes	1/12	4	170	33,0

CUADRO IV.C.4-3

CALIDAD DE LAS AGUAS
EXAMENES DE MUESTRAS TOMADAS
DURANTE EL ESTUDIO

	QUIRIHUE EST.STA. POLONIA 18/8/77	QUIRIHUE EST.STA. POLONIA 11/12/77	CONSTITUCION EST. LOS MOLINOS. 30/11/77	CONSTITUCION EST. LAS RAICES. 1/12/77	CONSTITUCION QUEBRADA HONDA. 30/11/77
Olor					
Sabor					
Color	30,000				
Turbiedad	11,000	2,000	6,500	1,200	1,300
pH	9,200	7,550	7,450	7,910	8,330
(T°C)					
Alcalinidad	32,000	43,000	25,000	30,000	31,000
- fenolftaleína					
- metilorange					
Dureza total	55,000	36,000	24,000	48,000	28,000
- carbonatos					
- no carbonatos					
Residuo total	117,000	66,900	113.900	60,300	40,400
- volátil					
- fijo					
- disuelto					
- suspendido					
Cloruros	14,000	13,000	32,400	17,300	15,100
Nitrog.Amoniac.					
- albumineídeo					
- nitritos	0,025	0,003	0,005	0,004	0,003
- nitratos	0,100	0,110	0,240	0,180	0,420
CO2 libre	0,000	3,600	2,200	1,100	0,400
Fe disuelto					
- total	0,160	0,210	0,900	0,130	0,090
Mn					
Sulfatos	4,000	11,100	9,900	10,600	9,500
Acidez(CaCO2)	0,000				
Ca	30,000	28,000	12,000	28,000	16,000
Mg	25,000	8,000	12,000	20,000	12,000
SiO2	11,600	13,500	22,000	7,000	9,500
Al					
Cu	0,030	0,000	0,002	0,000	0,000
As					
F	0,000				
Cr+6					
Na+K(Na)					
Ind.estabilidad	+0,200	-0,900	-1.650	-0,690	-0,520

(Cont.) CUADRO IV.C.4-3

CALIDAD DE LAS AGUAS
EXAMENES DE MUESTRAS TOMADAS
DURANTE EL ESTUDIO

	TALCA RIO LIRCAY 9/8/77	TALCA RIO LIRCAY 24/11/77	SAN JA- VIER CA NAL PAÑ DO 9/8/77	SAN JA- VIER CA NAL PAÑ DO 24/11/77	LINARES DRENES S.ANTO NIO 9/8/77	LINARES DRENES S.ANTO NIO 11/12/77
Olor						
Sabor						
Color	30,000		20,000		5,000	5,000
Turbiedad	12,000	10,000	3,000	14,000	2,500	2,000
pH	7,850	7,400	7,800	7,420	7,950	8,300
(T°C)						
Alcalinidad	28,000	31,000	41,000	35,000	21,000	21,000
- fenolftaleína						
- metilorange						
Dureza total	60,000	52,000	50,000	52,000	50,000	32,000
- carbonatos						
- no carbonatos						
Residuo total	77,000	89,000	106,00	140,000	39,000	42,800
- volátil						
- fijo						
- disuelto						
- suspendido						
Cloruros	14,000	28,000	30,000	13,000	18,000	8,600
Nitrog.Amoniacal						
- albumineído						
- nitritos	0,027	0,011	0,022	0,015	0,029	0,002
- nitratos	0,020	0,100	30,000	0,100	0,000	0,170
CO2 libre	1,000	3,100	1,500	3,200	0,600	0,300
Fe disuelto						
- total	0,160	0,200	0,180	0,300	0,190	0,140
Sulfatos	7,000	16,000	14,000	31,000	4,000	10,700
Acidez CaCO2	4,000		3,000		2,000	
Ca	30,000	20,000	50,000	32,000	25,000	20,000
Mg	30,000	32,000	0,000	20,000	25,000	12,000
SiO2	15,500	20,500	14,000	19,000	9,800	6,500
Al						
Cu	0,020	0,000	0,060	0,001	0,070	0,002
As					0,004	
F	0,000		0,000		0,000	
Cr+6						
Na+K(Na)						
Ind,estabilidad	-1,150	-1.150	-0,800	-1,480	-1,250	-0,600

CALIDAD DE LAS AGUAS
EXAMENES DE MUESTRAS TOMADAS
DURANTE EL ESTUDIO

	PARRAL DRENES QUITO 9/8/77	PARRAL DRENES QUITO 24/11/77	CAUQUENES RIO CAUQUENES 10/8/76	CAUQUENES RIO CAUQUENES 30/11/77	QUIRIHUE EST.EL GUANACO 10/8/77	QUIRIHUE EST.EL GUANACO
Olor						
Sabor						
Color	10,000		80,000		10,000	
Turbiedad	4,000	7,800	20,000	6,000	2,000	1,000
pH	6,900	7,780	7,550	7,400	6,920	7,100
(T°C)						
Alcalinidad	47,000	66,000	24,000	34,000	12,000	14,000
- fenolftaleína						
- metilorange						
Dureza total	130,000	76,000	110,000	44,000	135,000	32,000
- carbonatos						
- no carbonatos						
Residuo total	118,000	136,000	88,000	65,400	45,000	37,900
- volátil						
- fijo						
- disuelto						
- suspendido						
Cloruros	18,000	17,000	28,000	17,300	24,000	10,800
Nitrog.Amoniac.						
- albumineídeo						
- nitritos	0,020	0,013	0,015	0,005	0,015	0,003
- nitratos	0,600	0,800	0,100	0,150	0,000	0,230
CO2 libre	13,000	2,600	1,500	3,400	2,800	2,800
Fe disuelto						
- total	0,120	0,150	0,270	0,310	0,310	0,020
Mn						
Sulfatos	8,000	14,500	7,000	9,000	4,000	
Acidez(CaCO2)	11,000		7,000		2,000	
Ca	40,000	56,000	35,000	28,000	35,000	20,000
Mg	90,000	20,000	75,000		100,000	12,000
SiO2	23,000	44,000	13,200	11,000	7,700	9,000
Al						
Cu	0,030	0,001	0,020	0,000	0,030	0,002
As						
F	0,000		0,000		0,000	
Cr+6						
Na+K(Na)						
Ind.estabilidad	-1,750	-0,570	-1,450	-1,200	-2,430	-2,100

IV.C.5- USO ACTUAL DEL AGUA

INDICE DEL CAPITULO

IV.C.5 USO ACTUAL DEL AGUA

1. RIEGO

1.1 Recursos captados.

1.2 Superficie regada actualmente.

a. Porcentaje de la superficie regada que se riega efectivamente.
b. Superficie regada.

1.3 Volúmenes de agua que entran al área de riego.

a. Volúmenes anuales.
b. Volúmenes que ingresan durante el período de riego.

b.1. Escurrimiento superficial
b.2. Escurrimiento subterráneo
b.3. Efecto de los embalses

i. Embalse Laguna del Maule
i.i. Embalse Bullileo
i.i.i. Embalse Digua

1.4 Consumos globales de riego de la cuenca.

a. Volúmenes que entran.
b. Volúmenes que salen.

b.1. Escurrimiento superficial
b.2. Escurrimiento subterráneo
b.3. Resumen

c. Consumos efectivos.

2. GENERACION DE ENERGIA

2.1 Generalidades

2.2 Sistema Cipreses - Isla.

a. Aspectos generales del aprovechamiento hidroeléctrico.
b. Funcionamiento del sistema Cipreses - Isla y su operación conjunta con el riego.

2.3 Otras centrales hidroeléctricas existentes.

a. Central Chivato.
b. Central San Javier.
c. Central Talca.

3. OTROS USOS DEL AGUA

3.1 Consumo sanitario.

a. Población urbana.
b. Estudio de dotaciones.
c. Consumos.

3.2 Consumo industrial.

a. Catastro industrial.
b. Consumo de agua para rubro industrial.

3.3 Consumo minero.

a. Catastro minero.
b. Consumo de agua para rubro minero.

3.4 Usos actuales del agua en el rubro "otros usos".

4. RESUMEN

4.1 Riego.

4.2 Generación de energía.

4.3 Otros usos.

a. Consumo humano.
b. Consumo industrial.
c. Consumo minero.

1. RIEGO.

El análisis sobre el riego, que se hace en el presente capítulo, tiene por objetivo hacer un primer diagnóstico de la situación actual para mostrar, a la luz de las disponibilidades de suelo y agua, la razón que justifica la prosecución del estudio, que es la de poder aumentar la utilización actual de los mismos.

En este capítulo se indicarán los valores por subcuencas de los recursos captados y las superficies que actualmente se riegan con dichos recursos.

1.1 Recursos captados.

Los recursos captados en bocatoma de los canales por cada subcuenca se han estimado en base a estudios hidrológicos existentes en la Dirección de Riego, Dirección General de Aguas y otras instituciones, sobre las fuentes de agua que abastecen los canales. Estos recursos disponibles se han limitado de acuerdo a las capacidades máximas de los canales, las cuales se estudiaron previamente.

El análisis de la captación de recursos se ha hecho para un año comparativamente seco, que aproximadamente corresponde a un año 85% de probabilidad de excedencia. Para ello, se han consultado caudales equivalentes a un 70% de los caudales medios escurrentes.

Los valores por subcuenca y por mes se señalan en detalle en la parte VI del estudio y, en resumen son los que aparecen en el cuadro N°IV.C.5 - 1.

1.2 Superficie actualmente regada.

1.2.a. Porcentaje de la superficie regable que se riega actualmente.

De acuerdo al procedimiento señalado en la parte VI del estudio, se ha determinado para cada subcuenca el porcentaje de su super-

ficie efectivamente regada en la actualidad para cada uno de los meses de la temporada de riego. Los resultados se presentan en el cuadro N°IV.C.5 - 2.

1.2.b. Superficie regada.

Debido a la variación del porcentaje regado a través de los meses, se ha llamado superficie de riego permanente, aquella que se riega al 1° de Febrero y de riego de primavera, aquella diferencia que se da entre la total posible de regar al 1° de Diciembre y la de riego permanente antes determinada.

En el cuadro IV.C.5 - 3 se presenta un resumen de la situación de riego para cada subcuenca en el cual se indica las superficies brutas regadas en forma permanente y en primavera de acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo VI.C.5. del presente.

Como puede apreciarse en el cuadro anteriormente citado, el total de la superficie bruta regada dentro de la cuenca es del orden de las 285.000 hás. de las cuales sólo 170.000 hás. tienen riego a lo largo de toda la temporada. Tratándose de superficies netas, el total es de aproximadamente 259.000 hás., habiendo sólo 160.000 hás. con riego permanente.

1.3 Volúmenes de agua que entran al área de riego.

1.3.a. Volúmenes anuales: Están determinados fundamentalmente por los aportes de los ríos a la salida de la cordillera, o dicho de otro modo, a la entrada del valle central. Secundariamente, debe considerarse el agua subterránea proveniente de los valles cordilleranos.

No se deben incluir los caudales de las segundas secciones de ríos y los de los esteros formados por afloramientos de la napa subterránea o recuperaciones de riego, puesto que ellos son recursos que se generan y normalmente se utilizan dentro de la superficie considerada.

Al estimarse el volumen que ingresa al área durante el período de riego que va desde Septiembre a Abril, debe agregarse al volumen que escurrió durante ese período, la totalidad del acumulado en los embalses de regulación anual y la fracción que se acumula anualmente para le riego, en los de regulación interanual.

En el cuadro N°IV.C.5 - 4 que va a continuación, se indican los caudales medios mensuales que ingresan al área, según las fuentes que los generan.

Expresado en cifras anuales, el volumen que ingresa por las fuentes superficiales es de 13.721,26 mill.m3.

A este volumen debe agregarse el que llega subterráneamente proveniente de los valles cordilleranos. De acuerdo a lo dicho en el capítulo IV.C.3., este volumen se estima en 117,44 millones de metros cúbicos, que equivalen a un caudal continuo de 3,72 m3/seg.

La suma de los volúmenes que escurren superficial y subterránea - mente, sería entonces:

	Mill. m3
Aguas superficiales	13.721,26
Aguas subterráneas	117,44
Total	13.838,70

Con el objeto de determinar en forma aproximada la situación de escurrimiento para un año seco, equivalente aproximadamente a un 85% de excedencia, se ha considerado que deben multiplicarse los caudales escurrentes superficiales por un factor 0,7. Las aguas subterráneas pueden, sin un error de importancia, considerarse constante. El valor sería entonces para un año seco.

	Mill. m3
Aguas superficiales	9.604,88
Aguas subterráneas	117,44
Total	9.722,32

1.3.b. Volúmenes que ingresan durante el período de riego: El volumen que ingresa al área desde Septiembre a Abril estará formado por dos tipos de aportes: el superficial y el subterráneo.

1.3.b.1. Escurrimiento superficial: De acuerdo al cuadro N°IV.C. 5 - 4, el caudal medio que entra a la cuenca entre Septiembre y Abril es de 3.181,45 m3/seg/mes que equivalen a 8.360,85 mill, de m3. Para un año seco, la cifra se reduciría a 2.227 m3/seg/mes (3.181,45 x 0.70), que equivalen a 5.825,60 millones de metros cúbicos.

No debe extrañar que la cifra captada sea superior a la que ingresa al área durante la temporada de riego, puesto que en la primera están incluídos todos los recursos provenientes de derrames y afloramientos de la napa subterránea que se captan en esteros, en las segundas secciones de los ríos, e incluso en las zonas bajas de las primeras secciones.

1.3.b.2. Escurrimiento subterráneo: Debido a las características de este escurrimiento, la situación para un año seco se considerará similar a la del año medio.

El caudal subterráneo que entra en la cuenca durante el período señalado se estima proporcional a la duración del período. En consecuencia su volumen es:

$$\text{Volumen} = \frac{117,44 \times 8}{12} = 78,29 \text{ mill. m3}$$

1.3.b.3. Efecto de los embalses: Para considerar el efecto de los embalses, debe tomarse la capacidad del embalse, siempre que los volúmenes que escurren en invierno sean iguales o superiores a dichas capacidades. Si dichos volúmenes son inferiores a la capacidad del embalse, la cifra a considerar está dada por ellos.

Para la Laguna del Maule que es embalse interanual, debe tomarse la diferencia entre el volumen medio anual que escurre y el que lo hace desde Septiembre a Abril, ya se trate de un año medio o seco.

i) Embalse Laguna del Maule.

Los caudales afluentes a este embalse se presentan en cuadro N° IV.C.5 - 5.

Los 150,74 m3/seg/mes, equivalen a 396,14 millones de m3. De Septiembre a Abril escurren 277,83 mill. de m3, para un año medio y 194,48 para un año seco.

En consecuencia para ambas situaciones el efecto del embalse será:

Tipo de año	Volumen (mill. m3)		
	Medio escurrente	Escurrido entre Sept.y Abril	Efecto del embalse
Medio	396,14	277,83	118,31
Seco	396,14	194,98	201,66

ii) Embalse Bullileo.

El caudal afluente medio al embalse Bullileo aparece indicado en el cuadro N°IV.C.5 - 5.

Dicho cuadro muestra que el total afluente en un año medio es de 83,64 m3/seg/mes. Desde Septiembre a Abril escurren 35,20 m3/s /m, que equivalen a 92,50 mill. de m3 dejando para que escurran en invierno 127,30 millones de m3 que superan ampliamente la capacidad del embalse que es de 60.000 mill. de m3. En consecuencia el aporte del embalse a la temporada, para un año y medio, se estima en la cifra recién señalada.

Para un año seco, siendo el escurrimiento invernal de 64,75 mill. de m3, superior a los 60 del embalse, el efecto de éste, en lo relacionado con la determinación de los volúmenes que entran en la cuenca, es exactamente igual que para el año medio, o sea la capacidad del embalse.

iii) Embalse Digua.

Considerando que el embalse Digua, se llena principalmente con aguas del río Longaví, a través del canal de aducción al embalse, que tiene una capacidad de 25 m3/seg. se considera que el aporte al riego en el período señalado es equivalente a su capacidad de 220 mill. de m3. Esto es similar tanto para un año medio como para un año seco.

En consecuencia se tiene que para un año medio y para un año seco, los volúmenes que se aportan a la cuenca, por concepto del efecto de los embalses sería:

EMBALSE	TIPO DE AÑO	
	Medio (mill.m3)	Seco (mill.m3)
Laguna del Maule	118,31	201,66
Bullileo	60,00	60,00
Digua	220,00	220,00
TOTAL	398,31	481,66

Resumiendo, se tiene que los volúmenes totales que ingresan a la cuenca durante la temporada de riego, para los dos tipos de años analizados serían:

ESCURRIMIENTO	TIPO DE AÑO Medio	Seco
Superficial	8.360,85	5.825,60
Subterráneo	78,29	78,29
Total	8.439,14	5.903,89

1.4 Consumos globales de riego de la cuenca.

Si se considera la cuenca del río Maule como una unidad cerrada, en la cual entra y sale un volumen de agua determinado, se tendrá que la diferencia representa el consumo efectivo de la cuenca. Lo que entra está determinado por los caudales superficiales a la salida de la cordillera, más el escurrimiento subterráneo de los valles cordilleranos y la descarga natural del sistema subterráneo y lo que sale corresponde al caudal del río Maule en la estación Pichamán ubicada después de la desembocadura de los ríos Claro y Loncomilla, a lo que habría que agregar el agua subterránea que escurre en ese punto.

Debe tenerse presente, que en un análisis de este tipo, no deben considerarse las captaciones de derrames que constituyen recirculaciones internas que no modifican el balance global del área de riego de la cuenca, que sólo contabiliza lo que entra y sale de ella.

El análisis se hará para un año seco.

1.4.a. Volúmenes que entran.

De acuerdo a lo expresado en 1.3.a., el volumen que ingresa a la cuenca, por concepto de aguas superficiales y subterráneas es de 9.722,32 millones de metros cúbicos, a lo que hay que agregar la descarga natural del acuífero subterráneo, que es de 1.906,65 millones de metros cúbicos.

1.4.b. Volúmenes que salen.

Está constituído por los escurrimientos superficial y subterráneo.

1.4.b.1. Escurrimiento superficial.

Tal como se ha dicho está representado por el caudal aforado en la estación de Pichamán.

La estadística para un año 85% de excedencia muestra un caudal total escurrente de 9.471,57 millones de metros cúbicos.

1.4.b.2. Escurrimiento subterráneo.

El agua subterránea que escurre fuera del área de riego es según lo dicho en el Capítulo IV.C.3., de 46,54 millones de m3, que representa un caudal continuo de 1,48 m3/seg.

1.4.b.3. Resumen.

De acuerdo a los valores consignados, el volumen que sale fuera de la cuenca en el período de riego es:

	Millones m3
Aguas superficiales	9.471,57
Aguas subterráneas	46,54
Total	9.518,11

1.4.c. Consumos efectivos.

Realizando la diferencia entre los volúmenes que entran y los que salen, se obtiene lo que efectivamente se consumió en el área.

Ello sería:

	Millones m3
Volumen que entra	11.628,97
Volumen que sale	9.518,11
Diferencia	2.110,86

El consumo total es de dos mil ciento diez millones de metros cúbicos.

Considerando que la superficie total regada actualmente es de 285.765 hás., se tiene que el consumo medio de la cuenca es de 7.386 m3/há.

Debe tenerse presente que el consumo prácticamente corresponde a la evapotranspiración total del área, incluyendo dentro de ella, la evaporación de los cauces y de aquellos sectores donde la napa subterránea se encuentra cerca de la superficie. Esta afirmación se comprueba a través de las consideraciones que van a continuación.

Si se supone por una parte, una evapotranspiración para una rotación normal que contempla chacarería, cereales y pasto y que abarque toda la temporada de riego, de aproximadamente 7.500 m3/há., y por otra, una evapotranspiración para una rotación de primavera semejante al consumo del trigo de unos 3.800 m3/hás., se puede determinar una evapotranspiración media de la cuenca, considerando la incidencia sobre el total que tienen las superficies de riego permanente y de primavera respectivamente.

De acuerdo a lo señalado en el cuadro N°IV.C.5 - 3 sobre superficies regadas actualmente y a los datos recién indicados, la evapotranspiración media sería:

Superficie de Riego	Superf. (Hás)	%	ET períod. (m3/há)	ET ponderada (m3/há)
Permanente	170.848	59,77	7.500	4.482,75
Primavera	114.972	40,23	3.800	1.528,74
TOTAL	285.820	100,00	-	6.011,49

Es decir, la evapotranspiración media de los cultivos de la cuenca sería del orden de los 6.000 m3/há. que comparados con los 7.386 m3/há. del consumo efectivo determinado, es un 23% menos, diferencia que perfectamente puede atribuirse a la evapotranspiración invernal y la de las superficies libres y de terrenos de secano que se alimentan de la napa subterránea.

2. GENERACION DE ENERGIA.

2.1 Generalidades.

Debido a la ubicación de la cuenca del río Maule, en el área central del país donde existen las mayores densidades de población, y que por otra parte, el gran caudal del río y las fuertes pendientes que se presentan, especialmente en su curso superior, lo caracterizan como una fuente de importantes recursos hidroeléctricos, él ha sido estudiado en forma detallada desde hace decenas de años por los organismos interesados en el desarrollo de estos recursos.

Entre estos, cabe destacar a la Endesa, que desde su creación ha analizado todos los desarrollo que se ven técnicamente factibles dentro de la cuenca.

Como resultado de estos estudios se han construído dos centrales hidroeléctricas en la parte alta del río Maule; la central Cipreses y la central Isla, que se cuentan entre las primeras ejecutadas por la Endesa, y cuya descripción se incluye a continuación.

2.2 Sistema Cipreses-Isla.

2.2.a. Aspectos generales del aprovechamiento hidroeléctrico.

Los aprovechamientos hidroeléctricos existentes en la actualidad en la hoya del río Maule, están constituídos por las centrales Cipreses e Isla, las cuales se puede considerar que forman un solo sistema por cuanto entregan energía en bloque común.

Ambas centrales se encuentran ubicadas en la parte alta de la hoya, a unos 100 Km. de la ciudad de Talca hacia el oriente y utilizan los recursos del río Cipreses y del río Maule en su curso superior. La central Cipreses de 101.000 KW de potencia instalada fué puesta en servicio el año 1955 y la central Isla de 68.000 KW de potencia se encuentra en servicio desde 1963.

La central Cipreses utiliza los recursos del río Cipreses regulados por el embalse de la laguna de La Invernada, que permite

transferir a las épocas de otoño e onvierno, parte de los volúmenes de primavera, incrementándose de esta manera la producción de energía total. Sin embargo, como la laguna es de origen volcánico y su desague natural fué cerrado por lavas porosas, una cantidad importante de sus recursos se pierden por filtraciones. No obstante, estas filtraciones emergen unos kilómetros aguas abajo en el río Cipreses y son aprovechadas por la central Isla.

La central Isla, utiliza los recursos del río Cipreses y del río Maule mediante dos captaciones independientes. La captación Cipreses, recoge las aguas generadas por la central Cipreses y mediante una bocatoma de barrera fija en el río del mismo nombre, capta las filtraciones y rebases de la laguna de La Invernada. La bocatoma Maule está formada por una barrera móvil en el río Maule y una captación que permite aprovechar los recursos de dicho río parte de los cuales proviene desde la laguna del Maule. Ambas ramas confluyen a una aducción común la cual las conduce a a la casa de máquinas de la central. Desde este lugar, una vez generadas, las aguas son restituídas al río Maule.

Este sistema de centrales aprovecha los recursos hidráulicos de la zona y un desnivel que va desde la cota 1316 en la laguna de La Invernada y la cota 841 m.s.n.m. punto de restitución al río Maule.

El caudal medio afluente a la laguna de La Invernada es del orden de 34 m3/s. y son aprovechados en la central Cipreses unos 19 m3/s. del caudal medio. La diferencia, formada por las filtraciones y rebalses, son captados por la rama Cipreses de la central Isla que tiene una capacidad máxima de 50 m3/s.

El caudal medio de la rama Maule de la central Isla alcanza a 32 m3/s. con una capacidad máxima de 50 m3/s., aunque los gastos máximos en el río Maule pueden llegar a 150 m3/s.

Es interesante anotar que estos desarrollos hidroeléctricos no interfieren con el uso del agua para riego. En efecto, la cota de restitución al río Maule es bastante más alta que la cota de captación de los canales de riego de la zona. Aún cuando la laguna de La Invernada traspasa recursos desde la primavera al otoño, no provoca déficit de agua para riego, pues aquella es justamente la época de mayores recursos en el río Maule. En cuanto a los aportes de la laguna del Maule para el riego, la central Isla los genera como caudales de pasada entregándolos al río Maule a una cota suficientemente alta.

2.2.b. Funcionamiento del sistema Cipreses-Isla y su operación conjunta con el riego.

Las centrales Cipreses e Isla, aprovechan los recursos de los ríos Cipreses y de la hoya alta del río Maule. Estos recursos están regulados por los embalses de la laguna de La Invernada y laguna del Maule. Para su utilización en forma combinada con los sistemas de riego del río Maule, la Endesa y la Dirección de Riego han establecido un convenio de utilización de los recursos de ambos embalses.

Dicho convenio establece que la laguna del Maule es un embalse para fines de riego fundamentalmente, siendo muy restringida su utilización en la producción de energía.

En cambio, la laguna de La Invernada es un embalse utilizado con fines energéticos, de libre disposición en todo lo que no se contravenga con la utilización de los recursos para riego.

De lo anterior se concluye entonces que es importante la política de llenado de la laguna en las épocas de deshielo. Para ello se toma en cuenta estudios de previsión de recursos de agua en todo el sistema interconectado y las demandas probables en las épocas de otoño-invierno, todo esto encuadrado dentro de las restricciones del convenio suscrito entre la Endesa y la Dirección de Riego, sobre la operación de la laguna del Maule, en el cual se considera a la laguna de La Invernada como un volumen suplementario a los volúmenes definidos para utilizarlos en energía en la laguna del Maule. En todo caso cabe recordar que los recursos extraídos desde ambos embalses son también aprovechables para el riego, por cuanto las bocatomas de los canales para este fin se encuentran en cota muy por debajo de la cota de descarga de las centrales.

Se tiene en consecuencia que la central Cipreses, al ser una central de embalse puede funcionar como central de punta del sistema y que la central Isla, por su característica mixta, puede funcionar en base al usar los recursos no regulados de las filtraciones de La Invernada y los de pasada del río Maule incluyendo las entregas para riego desde la laguna del Maule, y en punta, al utilizar los recursos regulados en la laguna de La Invernada y los volúmenes de libre disposición para energía de la laguna del Maule.

2.3 Otras centrales hidroeléctricas existentes.

Además de las centrales existentes de la Endesa (Cipreses e Isla) y de las que la misma empresa se encuentra en vías de construir (Colbún y Machicura), la cuenca del Maule cuenta también con

otras plantas hidroeléctricas de menor envergadura. Al respecto pueden citarse dos centrales de la CONAFE (Chivato y Pando) en el sector de San Javier y una de la Compañía General de Electricidad Industrial en la ciudad de Talca.

2.3.a. Central Chivato.

Este central aprovecha aguas del canal del mismo nombre, que tiene su bocatoma en la ribera sur del río Maule a unos 2 Km. aguas arriba del puente de la carretera panamericana sobre este río. La planta consta de dos generadores, los cuales poseen en conjunto una potencia instalada total de 350 KW y se ubica a aproximadamente 1,5 Km. al sur de Maule. Además está interconectada con la otra central de la CONAFE en San Javier. El canal Chivato conduce caudales caracterizados por ser acentuadamente variables a lo largo del tiempo, lo cual determina, a su vez, una operación bastante irregular de la central. Las aguas utilizadas para generación de energía en la planta son luego aprovechadas en parte en el riego, siendo devuelto el remanente al río Maule.

2.3.b. Central San Javier.

Esta planta es servida por el canal Pando, el que cruza la carretera panamericana a 3 Km. al sur del puente de ésta sobre el río Maule. Desde éste se captan los caudales destinados a la generación de energía mediante dos unidades que totalizan una potencia instalada de 380 KW. Una fracción de dichos caudales son reutilizados en el riego, siendo el remanente descargado al río Loncomilla.

2.3.c. Central Talca.

Es alimentada a través de un canal derivado del río Lircay, el cual cuenta en la zona con recursos que provienen fundamentalmente de recuperaciones de riego. Los caudales, que son aprovechados en esta planta para generar energía a través de tres unidades de 1.200 KW cada una con una altura de caída de cerca de 10 m., son finalmente entregados al río Claro sin que ellos sean utilizados en otros fines. Cabe hacer notar que la central de la Compañía General de Electricidad Industrial genera sólo alrededor de 1/8 de la energía que consume la ciudad de Talca.

3. OTROS USOS DEL AGUA.

3.1 Consumo sanitario.

3.1.a. Población urbana: El estudio de población se hizo sobre poblaciones que al año 1970 tenían 1000 o más habitantes. Las poblaciones seleccionadas en base a este criterio están contenidas en la tabla siguiente:

POBLACIONES URBANAS (N° habitantes)

Año	1940	1952	1969	1970
Talca	49.554.-	63.563.-	68.148.-	94.449.-
Linares	17.108.-	19.624.-	27.568.-	37.913.-
Cauquenes	12.987.-	14.886.-	17.836.-	20.258.-
Parral	10.225.-	10.717.-	14.610.-	16.971.-
Constitución	7.053.-	4.886.-	8.934.-	10.836.-
San Javier	5.183.-	8.006.-	8.541.-	10.830.-
San Clemente	1.749.-	1.662.-	2.057.-	4.545.-
Quirihue	3.034.-	2.830.-	3.462.-	4.048.-
Longaví	1.864.-	2.250.-	2.625.-	3.000.-
Retiro	662.-	929.-	601.-	2.464.-
Villa Alegre	1.365.-	1.881.-	2.908.-	2.801.-
Pelarco	573.-	821.-	1.003.-	1.353.-
Yerbas Buenas	559.-	601.-	1.002.-	1.124.-

TOTAL 210.495.-

NOTA: Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Se consideró en forma de grupo, a las localidades que tienen servicio de agua potable rural y que se detallan a continuación.

SERVICIO DE AGUA POTABLE RURAL

Localidad	N°Hab. (1975)
1. Abranquil	880
2. Ajial	370
3. Aurora	342
4. Bobadilla Norte	700
5. Bobadilla Sur	330
6. Catillo	396
7. Colbún	980
8. Copihue	1.000
9. Coronel del Maule	240
10. Corinto	500
11. Los Cuarteles	384
12. Chequen	372
13. Duao o 3 Esquinas	480
14. Miraflores	300
15. Villa Alegre	1.000
16. La Chiripa (Panimávida)	623
17. Santa Rosa	1.050
18. Las Mercedes	336
19. Llico	654
20. Lo Valdivia	276
21. Maule	700

22.	Melozal	650
23.	Nirivilo	240
24.	Panquilemo	624
25.	Villa Seca	350
26.	Pocillos	300
27.	Putagán	300
28.	Queri	270
29.	Rari	402
30.	San Rafael	520
31.	Santa Sofía	318
32.	Sauzal	500
33.	Tutuvén	940
34.	Palmilla	430
35.	Pencahue	805
	TOTAL	18.562

Al grupo anterior se agregó las poblaciones rurales que no tienen servicio de agua, per que se encuentran incluídas en el programa de construcciones del Departamento de Agua Potable Rural de SENDOS. Las obras están programadas para entrar en servicio durante al año 1978 y son las siguientes:

POBLACIONES RURALES A SER INCORPORADAS
AL SERVICIO PUBLICO DE AGUA POTABLE

Localidad	Población Actual (Habitantes)
1. Los Cristales	834
2. San Antonio	588
3. Peñuelas	576
4. Mariposas	516
5. Panquilemo	492
6. Vara Gruesa	480
7. Itahue	476
8. Pangal	414
9. Camarico	314
TOTAL	4.690

En resumen, la población abastecida actualmente con agua potable es de alrededor de 235.000 habitantes.

3.1.b. Estudio de dotaciones. El uso del agua está clasificado como consumo doméstico, industrial, comercial y público. El consumo doméstico incluye todas las aguas usadas en los servicios residenciales. El consumo industrial es aquel empleado en la manufacturación o fabricación de bienes y no guarda ninguna relación con la población del área industrial. El consumo comercial comprende los consumos de locales comerciales y pequeñas fábricas o talleres. El consumo público es el agua usada en los servicios de incendio, lavado de calles, riego de parques y jardines, lavado de alcantarillado, etc.

El consumo total anual dividido por la población y por el número de días del año da el consumo per cápita o dotación.

Es evidente, según lo señalado anteriormente, que la dotación o consumo per cápita de las diferentes ciudades del país son diferentes. Desde luego, está la influencia del número de habitantes, debido a que a mayor población, hay mayor actividad industrial, comercial y de servicios, además, la propia demanda doméstica es superior debido al mejor aprovechamiento de estos servicios de suministro.

Por otra parte, tienen influencia no despreciable el factor climático, factores económicos, tales como el costo de la obras que se traducen en tarifas, el hecho que exista o no un servicio de alcantarillado y por último el factor cultural que conlleva hábitos de aseo.

También debe estudiarse la actividad industrial de la localidad o ciudad, el status socio-económico de la población.

Antes de entrar en consideraciones particulares para cada una de las ciudades que cuentan con servicio de agua potable, se hace un cálculo teórico de las respectivas dotaciones, haciendo uso de la fórmula de Capen, que, expresada en términos de lts/hab/día y aplicada a la zona central, está representada por

$$D = 80\ P^{0.125}$$

en la que la D es la dotación en lts/hab/ día
y la P es la población en unidades

Aplicando esta fórmula para las localidades en estudio, se tienen sus respectivas dotaciones:

CALCULO DE DOTACIONES

(Fórmula de Capen)

Localidad	Población (Hab.)	Dotación (1/hab/día)
Talca	116.100	343
Linares	43.315	303
Cauquenes	21.280	279
Parral	18.460	273
Constitución	13.438	262
San Javier	12.248	259
San Clemente	5.218	233
Longaví	3.247	219
Retiro	2.764	216
Villa Alegre	3.041	218
Pelarco	1.560	200
Yerbas Buenas	1.264	195

No existen antecedentes estadísticos suficientes que permitan determinar las dotaciones en forma individual de cada un de las poblaciones que actualmente cuentan con servicio de agua potable dentro de la cuenca.

En la información que se ha obtenido en las administraciones de los servicios dependientes de la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.), se tienen antecedentes de consumo extraídos directamente de las planillas de facturación, o sea el agua realmente vendida, sin considerar el consumo gratuito ni las pérdidas en la red. Desgraciadamente, sólo Cauquenes cuenta con medidores de flujo a la llegada a los estanques, por lo cual no hay comprobación posible de volumen de consumos gratuitos y pérdidas en la red.

Por otra parte, si bien es cierto que se cuenta con un registro del tiempo de bombeo en los casos de impulsión mecánica, tampoco se conoce el gasto que la bomba está impulsando.

Una investigación de la dotación basada en los datos de explotación se incluye en el cuadro N°IV.C.5 - 5.

Como puede observarse en el cuadro N°IV.C.5 - 6 las dotaciones resultantes son en general bajas respecto de las calculadas por la fórmula de Capen. Esto podría justificarse por la falta de una estadística adecuada y porque en otros casos el agua no alcanza para satisfacer las necesidades de la población, especialmente en época de verano.

Por otra parte, la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.) recomienda para sus estudios y proyectos, se adopten las cifras indicadas en la publicación N° 19.76 de SENDOS. En lo que se refiere al dimensionamiento de las obras, indica como población y dotación las siguientes:

POBLACION Y DOTACION SEGUN SENDOS

Localidad	Población (Hab)	Dotación l/hab/día
Talca	116.109	307
Linares	46.459	387
Cauquenes	22.900	498
Parral	19.391	223
Constitución	13.438	1.016
San Javier	12.858	323
San Clemente	5.473	785
Quirihue	4.651	170
Longaví	3.401	1.067
Retiro	3.027	742
Villa Alegre	2.959	584
Pelarco	1.645	1.156
Yerbas Buenas	1.262	1.369

Como se puede apreciar, aparecen dotaciones extremadamente altas, especialmente Constitución, Longaví, Pelarco y Yerbas Buenas, que sobrepasan los 1.000 l/h/d.

Esto se debe a que estas dotaciones están calculadas tomando como base el total de agua de que es capaz de producir la fuente de abastecimiento, así por ejemplo, Pelarco, su captación podría producir 22 l/s, o sea 693.792 m3 al año, que con una población de 1.645 habitantes, da una dotación de 1.156 l/h/s, lo que evidentemente y de acuerdo a lo visto en el cuadro N°IV.C.5 - 6, no co -

rresponde a la realidad.

Se sabe que para poblaciones como Talca, se adoptan para proyectos de la Dirección de Obras Sanitarias(D.O.S.), dotaciones del orden de 260 a 300 l/h/d. Para Linares, Cauquenes, Parral, Constitución y San Javier, dotaciones de 240 a 260 l/h/d, y para las demás, de 200 a 220 l/h/d.

Todo lo dicho se resume en la tabla siguiente, donde se consignan las dotaciones calculadas: según Capen, según datos de factura - ción y según SENDOS.

En la última columna se anotan las dotaciones que en definitiva se adoptarán para cada una de las localidades.

DOTACIONES SEGUN DIFERENTES FUENTES DE CALCULO

Localidad	CAPEN 1/hab/día	Facturac. 1/hab/día	SENDOS 1/hab/día	Dotación 1/hab/día
Talca	343	128	307	300
Linares	303	260	387	280
Cauquenes	279	169	498	260
Parral	273	181	223	260
Constitución	262	240	1.016	260
San Javier	259	264	323	260
San Clemente	233	84	785	220
Quirihue	227	148	170	220
Longaví	219	189	1.067	220
Retiro	216	139	742	220
Villa Alegre	218	246	584	220
Pelarco	200	87	1.156	220
Yerbas Buenas	195		1.369	220

En cuanto a las demás localidades, que cuentan con servicio de agua potable administrados por cooperativas y cuya población es menor de 1.000 habitantes, las normas de la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.) indican como dotación la de 120 l/h/d.

Se han detectado treinta y cinco localidades que cuentan con este servicio y el programa para 1978 del Departamento de Agua Potable Rural de la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.) consulta la instalación de nueve servicios más.

3.1.c. Consumos.

Los consumos sanitarios resultantes de acuerdo a los criterios expuestos anteriormente se indican a continuación.

CONSUMOS SANITARIOS LOCALIDADES DE MAS DE 1000 HABITANTES

Localidad	Población (1970) (habitantes)	Población (1975) (habitantes)	Dotación 1/hab/día	Consumo m3/día
Talca	94.442	115.100	300	34.530
Linares	37.913	44.200	280	12.376
Cauquenes	20.258	21.600	260	5.616
Parral	16.971	18.300	260	4.758
Constitución	10.830	13.300	260	3.458
San Javier	10.830	12.300	260	3.198
San Clemente	4.454	5.473	220	1.204
Quirihue	4.048	4.651	220	1.023
Longaví	3.000	3.401	220	748
Retiro	2.464	3.027	220	666
Villa Alegre	2.801	2.959	220	651
Pelarco	1.353	1.645	220	362
Yerbas Buenas	1.24	1.262	220	278
				68.868
			(m3/día)	= 797 l/s.

Los consumos de las localidades rurales de menos de 1000 habitantes que cuentan con servicio de agua potable son los detallados a continuación.

CONSUMOS SANITARIOS LOCALIDADES RURALES

Localidad	Habitantes (1975)
Abranquil	880
Ajial	370
Aurora	342
Bobadilla Norte	700
Bobadilla Sur	330
Catillo	396
Colbún	980
Copihue	1.000
Coronel del Maule	240
Corinto	500
Los Cuarteles	384
Chequen	372
Duao o 3 Esquinas	480
Miraflores	300
Villa Alegre	1.000
Panimávida	623
Santa Rosa	1.050
Las Mercedes	336
Llico	654
Lo Valdivia	276
Maule	700
Melozal	650
Nirivilo	240
Panquilemo	624
Villa Seca	350
Pocillos	300
Putagán	300
Queri	270

Rari	402
San Rafael	520
Santa Sofía	318
Sauzal	500
Tutuvén	940
Palmilla	430
Pencahue	805
Total	18.562
Dotación (l/hab/día)	120
Consumo (m3/día)	2.227

Los futuros consumos de localidades rurales que serán incorpora - dos al suministro durante 1978 se detallan a continuación.

CONSUMOS LOCALIDADES RURALES PROXIMAS A SER INCORPORADAS AL SERVICIO

Localidad	Habitantes
Los Cristales	834
San Antonio	588
Peñuelas	576
Mariposas	516
Panquilemo	492
Vara Gruesa	480
Itahue	476
Pangal	414
Camarico	314
Total	4.690
Dotación (l/hab/día)	120
Consumo (m3/día)	563

3.2 Consumo industrial.

3.2.a. Catastro industrial. El parque industrial de la zona es muy reducido, El rol industrial obtenido en el Ministerio de Economía, clasifica las industrias en seis grupos a saber:

Grupo 1. Industrias de alimentos.
Grupo 2. Industrias metalúrgicas y automotrices.
Grupo 3. Industrias eléctricas y electrónicas.
Grupo 4. Industrias construcción y maderas.
Grupo 5. Industrias química, celulosa papel, caucho y plástico.
Grupo 6. Industrias textiles, confección cuero y calzado.

En beneficio de la brevedad, se indica el número de industrias agrupadas por rubro y por provincia que en cada grupo existen en la zona.

PROVINCIA TALCA

Grupo 1.

Panaderías	46
Heladerías	7
Cecinas, grasas, etc.	8
Molinos, (trigo, arroz) fideos	13
Aceites comestibles	3
Vinos, bebidas gaseosas	5
Industria lechera y afines	1
Otras varias	6

Grupo 2.

Fundiciones	2
Fcas. Somieres y colchones	3
Talleres reparaciones varios	14

Grupo 3.

No hay

Grupo 4.

Barracas y elabor. madera	7
Aserraderos	6
Fca. puertas y ventanas	3
Muebles	4
Casas prefabricadas	2

Fca. tubos de cemento, baldosas bloques, etc.	10
Grupo 5.	
Ind. papel, cartón	2
Tintorería, lavandería	2
Destilería alcoholes	2
Fósforos	1
Plásticos	2
Varios	6
Grupo 6.	
Sastrerías	10
Fca. calzados y curtiembres	13
Otras varias	10

PROVINCIA LINARES

Grupo 1.	
Panaderías	21
Heladerías	6
Fca. Cecinas, grasas, etc.	11
Molinos	23
Industria azúcar (IANSA)	1
Vinos y bebidas gaseosas	4
Otras varias	16
Grupo 2.	
Talleres reparación	30
Fundición	2
Otros talleres menores	12
Grupo 3.	
Taller reparaciónes eléctricas	3
Grupo 4.	
Barracas y elaboración madera	4
Aserraderos	4
Fca.puertas, ventanas, muebles	16
Fca. baldosas, tubos de cemento, pastelones, etc.	3
Otras varias	10

CONSUMO INDUSTRIALES PRINCIPALES

Industria	Consumo Mensual m3/mes	Consumo lts/seg	Fuente Suministro
IANSA	1.000.000		pozo prof.y canal
Aceitera Talca	35.000		pozo prof.
Agro.Ind.Miraflores	34.000		pozo prof.
Productos Fernández	11.400		pozo prof.
AGRINTA LTDA.	3.500		pozo prof.y red
C.C.C.	3.500		pozo prof.
Embotelladora Talca	1.580		pozo prof.
Coop.Agric.y Vit.Talca	1.100		pozo prof.
TOTAL	1.090.080	420	

Las demás industrias, y que consumen menos de 1.000 m3 de agua mensuales, se abastecen directamente de la red y sus demandas pueden considerarse en las dotaciones asignadas a sus respectivas ciudades.

3.3 Consumo minero.

3.3.a. Catastro minero. La actividad minera de la zona es de muy reducidas dimensiones. Existen alguna pertenencias de yacimientos de oro, cobre, fierro, plata, etc. en el rubro de minerales metálicos.

La nómina de las minas en la región en estudio, obtenida en el Servicio de Minas del Estado, dependiente del Ministerio de Minería, es la siguiente.

Grupo 5.

Jabón y velas	2
Tintorería	1
Imprenta	1

Grupo 6.

Sastrerías y confecciones	6
Calzado y curtiembres	5
Otras varias	5

Desde el punto de vista del estudio, la gran mayoría de esta nómina no puede clasificarse como industria; son fábricas de menor importancia o talleres cuyo consumo de agua no tiene mayor incidencia en el volumen total de las grandes industrias.

3.2.b. Consumo de agua para rubro industrial. Para determinar el consumo de agua para el rubro industrial, se visitaron algunas de las industrias y fábricas de la nómina del capítulo anterior. El objeto fué encuestarlas y determinar la incidencia que en la demanda de agua puedan tener, frente a la demanda para el consumo humano.

Esta visita hizo ver que la gran mayoría era industrias de muy pequeño volumen de producción o el rubro a que se dedicaban consume tan baja cantidad de agua que no tendría mayor influencia en la demanda. Sus necesidades quedarían satisfechas con las dotaciones que se le asignan a sus localidades sedes, dotaciones que por lo demás consideran un consumo industrial razonable.

Las industrias que podrían desequilibrar estos valores son muy pocas y en general se autoabastecen de agua por medio de pozos profundos.

Las industrias encuestadas son las indicadas en el cuadro N°IV.C. 5 - 7, con los consumos mensuales y producciones mensuales que se señala.

Como puede observarse en el cuadro N°IV.C.5 - 7, hay sólo ocho industrias que demandan de 1.000 m3 de agua mensual(aprox.0,4 l/s). Tomando en cuenta estas industrias, se tendría una demanda actual de 420 l/s según la tabla siguiente.

RESUMEN DEL CATASTRO MINERO

Consumo	Activas		En prospec.		Inactivas	
	Part.	Has.	Part.	Has.	Part.	Has.
San Clemente	-	-	192	1.308	192	2.354
Pencahue	90	450	100	500	-	-
Maule	-	-	-	-	477	2.385
Constitución	6	35	-	-	277	11.350
Curepto	-	-	-	-	5	25
San Javier	-	-	-	-	22	787
Linares	-	-	-	-	120	600
Colbún	5	25	-	-	120	600
Longaví	-	-	-	-	3	15
Parral	-	-	-	-	75	375
Cauquenes	60	3.000	559	3.713	1.066	7.560
Total zona	161	3.510	851	5.521	2.357	26.051

3.3.b. Consumo de agua para rubro minero. Del catastro minero puede verse que esta industria extractiva está disminuída a través de toda la región, y que su faena de naturaleza netamente extractiva, se realiza en seco. El consumo de agua se reduce a las necesidades personales de sus trabajadores.

Por su escasa significación no se cuantificó el consumo total actual.

3.4 Usos actuales del agua en el rubro otros usos.

Se resumen a continuación los consumos analizados en el presente capítulo.

RESUMEN DEL USO ACTUAL DEL AGUA EN EL RUBRO OTROS USOS

	m3/día	lts/seg
1. Consumos sanitarios localidades de más de 1000 habitantes	68.868	797
2. Consumos sanitarios rurales	2.227	26
3. Consumos sanitarios rurales localidades próximas a contar con servicio	563	6
4. Consumo industrial principal	36.336	420
5. Consumo minero	No signif.	No signif.
Totales	107.994	1.249

4. RESUMEN.

Como resumen del uso actual del agua y dividiendo la materia entre las captaciones que se efectúan y los servicios que con ellas se prestan, se puede decir lo siguiente, según los campos de que se trate.

4.1 Riego.

De los 7.841,64 mill. de m3 que se captan para riego, prácticamente la totalidad proviene de aguas que escurren superficialmente, siendo el consumo de aguas subterráneas insignificante en relación al anterior.

De este volumen total captado, el porcentaje proveniente de los embalses existentes es de un 6,14% (481,66 / 7.841,64) que por utilizarse en los momentos en que se producen los déficits estivales, tienen una trascendencia sobre la producción muy superior al porcentaje señalado.

Las hectáreas que se riegan actualmente con los recursos que se captan son:

Riego permanente	170.848	hás.
Riego de primavera	114.972	hás.
Total	285.820	hás.

4.2 Generación de energía.

La generación de energía hidroeléctrica dentro de la cuenca, corre fundamentalmente a cargo del sistema Cipreses - Isla.

El caudal medio afluente a la laguna de La Invernada es 34 m3/s., de los cuales 19 m3/s son aprovechados en la central Cipreses y el resto en la central Isla. A esta última debe agregarse la rama Maule, que aporta un caudal medio de 32 m3/s.

Estos usos hidroeléctricos, que no interfieren con el riego, equivalen a aprovechar en generación de energía un volumen anual de 2.081 millones de m3 que generan una energía de 867 millones de

K.W.H. al año.

A estos habría que agregar los recursos que se destinan a generación hidroeléctrica de las pequeñas centrales: Chivato y Pando en San Javier y la de la Compañía General de Electricidad Industrial de la ciudad de Talca sobre el río Lircay, que en conjunto suman un caudal medio anual del orden de los 14 m3/s., que pasan por centrales de poca caída. Este caudal representa un volumen de 442 millones de m3, que generan una pequeñísima fracción de lo que produce el sistema Cipreses - Isla.

4.3 Otros usos.

Se entiende dentro de este título, el uso del agua para consumo humano, industrial y minero.

4.3.a. Consumo humano. Es el que se proyecta para el abastecimiento de los centros poblados. Normalmente la fuente de abastecimiento es la napa subterránea.

A continuación se indican para las localidades que se consideraron, los caudales disponibles en la actualidad y las necesidades que se proyectan para el año 1980 y 2005.

LOCALIDAD	CAUDAL (lts/seg.)		
	Disponible en la actualidad	Necesario para año 1980	Necesario para año 2005
Talca	450	490	1.107
Linares	208	167	396
Cauquenes	132	74	130
Parral	135	63	117
Constitución	158	47	91
San Javier	48	43	98
San Clemente	48	16	44
Quirihue	22	12	18
Longaví	42	9	17
Retiro	26	8	15
Villa Alegre	20	9	15
Pelarco	22	5	12
Yerbas Buenas	20	4	8
TOTAL	1.331	947	2.068

Como puede apreciarse, los recursos requeridos para el consumo humano son de otro orden de magnitud que los de riego y energía eléctrica.

La población que se satisface con estos recursos es del orden de los 250.000 habitantes.

4.3.b. Consumo industrial. Es pequeñísimo, habiendo en toda la cuenca solamente una industria que utiliza un caudal relativamente mayor, que es la IANSA, que requiere de 385 lts/se.

A continuación se indican las industrias consideradas y sus consumos promedios.

INDUSTRIA	CONSUMO (lts/seg)
IANSA	385,0
Aceitera Talca	13,0
Agro.Ind.Miraflores	13,0
Productos Fernández	4,3
Agrinta Ltda.	1,3
C.C.C.	1,3
Embotelladora Talca	0,6
Coop.Agrícola y Vitiv.Talca	0,4
TOTAL	418,9

De estos 420 lt/seg que se utilizan en las industrias, se estima que cerca del 90%, puede ser devuelto al sistema de riego, lo que da un caudal de 374 lt/seg. En consecuencia el consumo efectivo es solo del orden de los 50 lt/seg., que es absolutamente despreciable, no constituyendo el agua ninguna limitante para el desarrollo industrial de la zona.

4.3.c. Consumo minero. Siendo la actividad minera dentro de la zona, muy pequeña y siendo en general las faenas de tipo extractivo en seco, es decir que no requieren de agua en su proceso, el consumo se reduce prácticamente al del personal de la mina.

Por esta causa no se cuantificaron las necesidades y por consiguiente tampoco el agua es limitante para el desarrollo minero.

CUADRO IV.C.5-1

RECURSOS CAPTADOS (m3/s.)

SUBCUENCA	SEP. m3/s	OCT. m3/s	NOV. m3/s	DIC. m3/s	EN. m3/3	FEB. m3/s	MAR. m3/s	ABR. m3/s
01	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.82	1.79	1.80
02	163.78	191.24	238.22	205.26	147.77	104.97	76.41	63.22
03	90.55	110.85	149.97	121.46	69.93	41.88	28.08	32.41
04	106.70	95.82	84.65	67.57	42.96	30.09	26.98	37.93
05	19.74	20.01	17.33	13.88	13.99	11.84	9.16	6.30
06	70.77	69.47	43.61	26.90	15.31	10.61	6.82	12.77
07-08	39.44	35.49	27.64	33.26	31.17	28.31	14.39	4.55
09	1.93	5.71	8.00	8.00	8.00	8.00	5.63	2.61
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	0.07	1.00	1.34	1.75	2.04	1.35	0.99	0.69
TOTAL CUENCA	494.96	531.57	572.74	480.06	333.15	238.87	170.25	162.28

El volumen total que representan estos caudales es de 7.841,64 millones de m3.

CUADRO N° IV.C.5-2

PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE REGABLE QUE SE RIEGA EFECTIVAMENTE

SUB-CUENCA	SUPERF. REGABLE HA.	%	PORCENTAJE REGADO CADA MES							
			SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	EN.	FEB.	MAR.	ABR.
01	3.717	0,71	97,24	68,99	44,99	13,54	34,44	33,72	57,47	87,19
02	160.321	30,66	94.13	92,09	85,63	73,80	56,72	44,28	59,79	91,43
03	62.563	11,96	100,00	100,00	100,00	94,52	58,44	38,44	47,48	95,68
04	55.421	10,60	100,00	96,97	83,80	72,22	46,37	35,03	61,43	100,00
05	24.505	4,69	100,00	96,50	55,60	33,20	30,60	28,30	40,50	100,00
06	47.291	9,04	100,00	82,10	44,50	28,20	19,60	14,60	18,40	52,30
07-08	109.078	20,86	97,63	39,65	18,20	16,84	14,84	16,67	14,95	17,49
09	19.635	3,75	35,21	33,56	25,67	18,91	17,21	18,93	24,63	42,90
10	3.505	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-
11	36.933	7,06	0,55	2,56	1,92	1,93	2,08	1,50	1,93	5,39
TOTAL CUENCA	522.969	100,00	87,49	72,59	58,93	50,67	36,63	29,06	38,67	65,76

CUADRO IV.C.5-3

SUPERFICIE BRUTA ACTUALMENTE REGADA

SUB CUENCA	SUPERFICIE REGABLE HA	SUPERFICIE REGADA PERMANENTE HA	%	ACTUALMENTE PRIMAVEPA HA	%
01	3.717	1.267	34,09	246	6,62
02	160.321	80.972	50,51	46.838	29,22
03	62.563	30.306	48,44	30.542	48,82
04	55.421	22.560	40,71	20.677	37,31
05	24.505	7.218	29,46	3.659	14,93
06	47.291	8.093	17,11	9.092	19,23
07 - 08	109.078	16.094	14,75	3.008	2,76
09	19.635	3.677	18,73	859	4,37
10	3.505	-	-	-	-
11	36.933	661	1,79	51	0,14
TOTAL CUENCA	522.969	170.848	32,67	114.972	21,98

CUADRO N° IV.C.5-4

CAUDALES ENTRANTES EN REGIMEN NATURAL. CAUDAL MEDIO MENSUAL EN EL AÑO MEDIO (m3/seg.)

ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIE.	OCTBRE.	NOVIEM.	DICIEM.	TOTAL
Maule en Colbún	257,41	163,59	120,97	117,18	188,62	262,27	265,11	266,63	273,12	361,21	505,47	427,12	3.208,70
Claro en Cabecera	3,14	2,19	2,06	2,67	9,93	14,68	18,41	16,94	15,09	10,86	8,87	5,35	110,19
Lircay en Las Rastras	4,11	2,93	2,75	3,52	12,90	20,70	25,80	25,40	21,10	15,50	11,10	6,60	152,41
Putagán en Roblería	0,73	0,67	0,66	0,91	1,96	2,90	2,88	2,39	20,05	1,29	1,02	0,82	18,28
Ancoa antes Canal Melado	2,87	1,98	1,60	1,49	5,73	6,89	7,01	6,60	6,30	6,56	6,90	4,63	58,56
Achibueno en Los Peñascos	24,96	14,41	10,34	13,90	50,62	61,21	66,18	71,28	63,58	50,30	65,49	43,84	546,11
Longaví en Quiriquina	20,00	13,30	11,00	14,80	53,30	66,60	74,80	70,40	63,40	59,00	52,40	34,50	532,50
Cato en Digua	0,50	0,36	0,39	1,10	3,86	10,67	12,21	13,20	7,90	4,04	1,87	0,87	56,97
Perquilauquén en Sn.Manuel	8,76	5,65	4,43	10,09	42,61	62,62	64,38	59,50	55,29	43,83	29,92	17,63	404,71
Ñiquén en San Gregorio	0,49	0,31	0,25	0,54	2,37	3,57	3,65	3,40	3,16	2,49	1,71	1,03	22,97
Cauquenes en El Arrayán	0,46	0,30	0,32	0,52	3,59	14,66	21,68	19,29	13,02	4,88	1,80	0,91	81,43
Purapel en Nirivilo	0,26	0,18	0,18	0,31	2,10	5,94	6,43	5,86	4,07	1,69	0,85	0,48	28,35
T O T A L	323,69	205,87	154,95	167,03	377,59	532,71	568,54	560,89	527,08	571,65	687,40	543,78	5.221,18

CUADRO IV.C.5-5

CAUDALES AFLUENTES EN m3/seg/mes. PARA EMBALSES LAGUNA DEL MAULE Y BULLILEO PARA UN AÑO MEDIO

MES	LAGUNA DEL MAULE	BULLILEO
Enero	15,42	1,74
Febrero	12,44	1,35
Marzo	8,78	1,23
Abril	7,59	2,00
Mayo	10,07	6,50
Junio	12,56	12,38
Julio	11,69	14,86
Agosto	10,70	14,70
Septiembre	9,29	12,56
Octubre	11,55	8,54
Noviembre	19,84	4,83
Diciembre	20,81	2,95
TOTAL	150,74	83,64

CUADRO N° IV.C.5-6

PARA EL CALCULO DE LA DOTACION EN POBLACIONES CON SERVICIO DE AGUA POTABLE

Localidad	Pob. Total (habitantes)	N° Arranques	Coeficiente (habitantes/arranques)	Pobl. abastec. (habitantes)	%	CONSUMOS Particular m3	Industrial m3	Comercial m3	50 % Reb. m3	Total m3	Pérdidas m3	40% TOTAL m3	Dotac. (l/hab/día)
TALCA	116.100	18.650	5.8	108.170	93	485.102	11.775	79.781	58.308	634.966	253.986	888.952	128
LINARES	43.315	7.476	5.5	41.118	95	326.414	4.506	70.817	80.263	482.000	192.800	674.800	260
CAUQUENES	21.820	4.185	5.0	20.925	96	121.885	2.283	19.087	15.052	158.307	63.323	221.630	169
PARRAL	18.460	2.804	5.0	14.020	76	114.426	2.545	10.595	15.993	143.559	57.424	200.983	181
CONSTITUCION	13.438	2.606	4.8	12.509	93	106.231	373	21.721	10.232	138.557	55.423	193.980	240
SAN JAVIER	12.247	1.740	5.2	9.048	74	80.977	1.620	33.997	21.841	138.435	55.374	193.809	264
SAN CLEMENTE	5.218	839	6.0	5.034	96	13.971	453	3.301	1.081	18.806	7.522	26.328	84
QUIRIHUE	4.250	875	4.8	4.200	99	22.861	510	2.130	1.387	26.888	10.755	37.643	148
LONGAVI	3.247	475	5.0	2.375	73	17.500	1.600	4.700	2.500	26.300	10.520	36.820	189
RETIRO	2.764	333	4.9	1.632	59	13.520	--	1.130	1.830	16.480	6.592	23.072	139
VILLA ALEGRE	3.041	627	4.5	2.821	93	22.620	--	6.352	3.081	32.053	12.821	44.874	246
PELARCO	1.560	165	5.7	940	60	3.618	--	1.024	1.156	5.798	2.319	8.117	87
YERBAS BUENAS	1.264		5.4							-	-	-	-

CUADRO IV.C.5-7

CONSUMO INDUSTRIAL
RESPECTO PRODUCCION

Rubro	Industrias	Consumo m3/mes	Producción	Consumo Unidad
Azúcar (a)	IANSA	1.000.000	75.000 ton	13 l/Kg.
Aceite	Aceitera Talca	35.000	500 ton	63 l/Kg.
Aceite	Agroind.Miraflores	34.200	500 ton	68 l/Kg.
Cecinas	Productos Fernández	11.400	200 ton	57 l/Kg.
Frutas Conserva	Agrinta Ltda.	3.500	70 ton	43 l/Kg.
Bebidas Gaseosas	C.C.U.	3.500	1.280 m3	2.71 /l
Bebidas Gaseosas	Embot.Talca	1.580	540 m3	2.91 /l
Vinos	Coop.Agr.y Vit. Talca	1.100	1.600 m3	0.71 /l
Fósforos (b)	Cía.Chilena Fósfor.Talca	600	45.000 ptes	13 l/pte
Cons.Frutas	ENAFRI (Linares)	450	275 ton	1.6 l/Kg.
Lechera	U.L.A.	302	45.000 lt	0.6 l/l
Vinos	Envasadora (Linares)	350	500 m3	0.7 l/l

(a) Producción de remolacha.
(b) Producción de paquetes de 500 unidades.

IV.C.6- EVALUACION DEL RECURSO

Y CONCLUSIONES

INDICE DEL CAPITULO

IV.C.6 EVALUACION DEL RECURSO AGUA

1. GENERALIDADES.

2. MAGNITUD Y POTENCIALIDAD DEL RECURSO

2.1 Aguas superficiales.

a. Regionalización de la cuenca.
b. Distribución estacional del recurso en períodos anuales.
c. Distribución geográfica del recurso.
d. Demandas potenciales por agrupación geográfica y su relación con los recursos de aguas superficiales.

2.2 Aguas subterráneas.

a. Estimación global del recurso subterráneo.
b. Reservas potenciales por sectores.
c. Demandas potenciales.

1. GENERALIDADES.

A partir de los estudios hidrológicos e hidrogeológicos presentados en los primeros capítulos de esta sección, es posible hacer una evaluación total del recurso agua en la cuenca del Maule.

Dicha evaluación debe hacerse en referencia a las necesidades actuales y potenciales de agua existentes en la cuenca.

Se ha visto en el Capítulo IV.C.3 - 4, que analiza cualitativamente los recursos de agua, que en este aspecto no existen restricciones determinadas por la calidad del agua en su uso actual, tanto para riego, como para uso humano e industrial.

Corresponde pues hacer un análisis cuantitativo que permita formar concepto acerca de la potencialidad del recurso para satisfacer las demandas actuales y las que a futuro determine un plan de desarrollo integral.

2. MAGNITUD Y POTENCIALIDAD DEL RECURSO.

Si se tiene presente que la longitud de la cuenca del río Maule es de aproximadamente 150 Kmts., resulta necesario hacer además de la evaluación total de la magnitud del recurso, una regionalización de la cuenca para conocer las condiciones locales tanto en lo relativo a las distintas magnitudes que alcanza dicho recurso, como a las necesidades potenciales en las diferentes agrupaciones geográficas.

Los estudios hidrológicos existentes y la gran cantidad de antecedentes con que se cuenta, permiten hacer un diagnóstico bien fundamentado en lo relativo a dimensionamiento y potencialidad del recurso superficial de aguas en la cuenca.

Con un menor grado de confiabilidad, debido a la insuficiencia de antecedentes y a la incipiente explotación de que ha sido objeto

es posible también evaluar a grandes rasgos el volumen y potencialidad del recurso de aguas subterráneo, en distintas áreas características de la cuenca.

2.1 Aguas Superficiales.

2.1.a. Regionalización de la cuenca.

La evaluación se hace para cuatro grandes agrupaciones de ríos que riegan grupos de subcuencas de acuerdo al siguiente detalle:

Agrupación	Ríos	Subcuencas
Norte	Claro, Maule, Lircay	01, 02, 03
Centro	Putagán, Ancoa, Achibueno	04
Sur	Longaví, Cato, Perquilauquén, Ñiquén	05, 06, 07 ,08
Poniente	Cauquenes, Purapel	09, 10, 11

2.1.b. Distribución estacional del recurso en períodos anuales.

Para la distribución en el tiempo, el año se ha dividido en tres grandes épocas, que son: Invierno(Mayo, Junio, Julio y Agosto). Primavera(Septiembre, Octubre y Noviembre) y Verano(Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril). Las épocas de Primavera y Verano en conjunto, constituyen la temporada de riego.

La distribución del escurrimiento, por agrupación y época, para un año seco, y expresada en millones de metros cúbicos, es la siguiente:

Agrupación	Escurrimiento en Mill. m3			
	Invierno	Primavera	Verano	Anual
Norte	2.073,9	2.248,6	2.063,3	6.385,8
Centro	525,5	392,7	227,8	1.146,0
Sur	1.006,5	596,0	268,6	1.871,1
Poniente	146,4	48,4	7,2	202,0
TOTAL	3.752,3	3.285,7	2.566,9	9.604,9

Con los datos anteriores se indica a continuación los porcentajes de escurrimiento superficial en cada época para cada agrupación y para el total de la cuenca.

Agrupación	Distribución escurrimiento según época (%).			
	Invierno	Primavera	Verano	Total
Norte	32,48	35,21	32,31	100,0
Centro	45,86	34,27	19,87	100,0
Sur	53,79	31,85	14,36	100,0
Poniente	72,48	23,96	3,56	100,0
TOTAL	39,07	34,21	26,72	100,0

Se observa a nivel de cuenca que, prácticamente el 40% escurre en invierno y el 60% durante la temporada de riego. Esta cifra media se modifica según la agrupación que se trate, notándose que a medida que las hoyas hidrográficas van haciéndose más pluviales, se hace mayor la proporción que escurre en invierno, llegando esta situación al extremo en la Agrupación Poniente, donde más del 70% del recurso escurre en esta época. Esta cifra indica desde ya la importancia de los embalses de temporada por la necesidad de recoger los recursos invernales. Es interesante constatar que en la Agrupación Norte, donde se ubica el río Maule, menos de 1/3 escurre en invierno con lo que se produce una mejor coincidencia entre la forma como se realiza el escurrimiento y la de las necesidades de riego.

Ahora bien, si se toma la temporada de riego, subdividiendo los recursos que entran durante el período, entre los que lo hacen en primavera o verano, se tiene lo siguiente:

Agrupación	Distribución recursos en temporada de riego (%).		
	Primavera	Verano	Total
Norte	52,15	47,85	100,00
Centro	63,30	36,70	100,00
Sur	68,92	31,08	100,00
Poniente	87,56	12,94	100,00
TOTAL	56,15	43,85	100,00

Como puede apreciarse, y a nivel de cuenca durante la primavera, que abarca sólo tres meses, escurre el 56% del caudal del período de riego, mientras que durante el verano que consta de cinco meses escurre el 44%. Esto significa que el promedio mensual de escurrimiento de primavera es de un 18,7% y de verano 8,77%.

Las cifras indican que las disponibilidades primaverales son en promedio 2,13 veces las estivales.

2.1.c. Distribución geográfica del recurso.

Si se calculan los porcentajes de distribución del recurso entre las diversas agrupaciones para cada una de las épocas señaladas, se tiene lo siguiente:

Agrupación	Distribución del escurrimiento por Agrupación según época (%)				Total época riego
	Invierno	Primavera	Verano	Anual	
Norte	55,27	68,44	80,38	66,48	73,67
Centro	14,00	11,95	8,87	11,93	10,60
Sur	26,83	18,14	10,47	19,49	14,77
Poniente	3,90	1,47	0,28	2,10	0,96
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Como se ve en el cuadro, la forma como se distribuye el recurso varía de un modo apreciable según la época de que se trate, teniéndose que durante el verano, el 80% del recurso total de la cuenca, se produce en la Agrupación Norte, correspondiendo sólo un 0,28% a la Poniente. Estos porcentajes son: para la situación anual, de 66,48% en la Norte y 2,1% en la Poniente y para la época de riego, de aproximadamente 75% en la Norte y 1% en la Poniente.

Por otra parte se tiene que en el sector Norte, al provenir sus recursos de agua de una cordillera más alta, se produce un desfase del deshielo hacia el verano que se expresa en que durante éste el escurrimiento es un 17% mayor que en la primavera, en circunstancia que en la zona Centro es un 75% de éste, en la zona Sur un 58% y la zona Poniente sólo un 20%. Lo dicho muestra claramente que la fuente de recursos importantes están en el Norte, a la vez que la distribución del escurrimiento a lo largo de la temporada de riego es en esta agrupación mucho más acorde con las necesidades de los cultivos, que lo que ocurre en el resto de la cuenca.

2.1.c. Demandas potenciales por agrupación geográfica.

El estudio de las actuales demandas de agua en la cuenca muestra que los volúmenes destinados a consumo humano, industrial y otros usos, sin considerar el riego, son irrelevantes respecto de las demandas de agua de riego.

Las plantas de generación de energía hidroeléctrica restituyen a entrada de valle los caudales utilizados y en general no producen interferencias significativas con el uso de aguas para el riego.

El estudio de las demandas potenciales se reduce así en una primera aproximación a precisar las demandas de riego y su variación estacional en las distintas agrupaciones geográficas consideradas.

2.1.d.1 Superficies regables. De acuerdo a la clasificación de los suelos en relación con su aptitud para el riego existen en la cuenca 522.969 hás. regables brutas, cuyo detalle por agrupaciones geográficas es el siguiente:

Agrupación	Subcuencas	Superficie regable	%
Norte	01, 02, 03	226,601 hás.	43,33
Centro	04	55.421 hás	10,60
Sur	05, 06, 07, 08	180.874 hás	34,58
Poniente	09, 10, 11	60.073 hás	11,49
Total		522.969 hás	100,00

2.1.d.2. Relación entre el recurso disponible y las superficies regables en las distintas agrupaciones. De acuerdo a los antecedentes presentados en punto 2.1.b. del presente capítulo, se calcula la dotación media total para la cuenca y para cada una de las agrupaciones geográficas consideradas y se muestra la relación entre las dotaciones de cada agrupación y la de la cuenca total en un año seco.

	Volumen del recurso m3 x 10^6	Dotación anual (m3/ha)	Relación
Agrupación Norte	6.385,8	28.180,8	1.535
Agrupación Centro	1.146,0	20.678,0	1.127
Agrupación Sur	1.871,1	10.344,7	0.564
Agrupación Poniente	202,0	3.362,5	0,183
Total Cuenca	9.604,9	18.354,2	1.000

Las cifras anteriores permiten formular dos conclusiones de importancia para el estudio de alternativas de desarrollo integral del riego.

i) Un aprovechamiento integral del recurso superficial anual permitiría regar en año seco la totalidad de la superficie bruta regable de la cuenca con una dotación abundante. (18.354,2 m3/ha/año)

ii) Existe una gran desproporción entre los recursos de agua disponibles en el sector Norte de la cuenca y los sectores Sur y Poniente que muestra la necesidad de traspasar recursos desde la Agrupación Norte (relación 1,535) hacia las agrupaciones Sur (relación 0,565 y Poniente (relación 0181). Dicho en otros términos es necesario orientar las alternativas de solución en base a llevar aguas del río Maule a los sectores Sur y Poniente de la cuenca.

2.1.d.3. Relación entre el recurso disponible en la temporada de riego y las superficies regables de la cuenca.

Se presenta a continuación los cálculos de dotación media anual en un año seco para las superficies regables en cada agrupación y en el total de la cuenca, durante los períodos de primavera y verano.

	DOTACIONES (m3/ha)			
	Primavera	Verano	Total	Relación
Agrupación Norte	9.923,2	9.105,4	19.028,6	1,701
Agrupación Centro	7.085,8	4.110,3	11.196,1	1,001
Agrupación Sur	3.302,0	1.488,1	4.790,1	0,428
Agrupación Poniente	796,2	118,4	914,6	0,082
Total Cuenca	6.278,7	2.566,9	11.183,8	1,000

Si se tiene presente que la tasa de riego para un promedio de las rotaciones de la zona es del orden de 3.000 m3/há. durante la pri

mavera y de 11.200 m3/há. en verano, se concluye que ninguna agrupación de la cuenca es autosuficiente para satisfacer sus demandas potenciales de riego durante el verano en un año seco.

Los resultados de este análisis están en correspondencia con la política de riego seguida en la cuenca, donde se ha construído un embalse de regulación interanual (Laguna del Maule), tres embalses de regulación anual (Bullileo, Digua y Tutuvén) y dos canales que conducen aguas desde el Norte hacia el Sur y Poniente (Melado y Melozal).

A modo de conclusión final, se desprende que lo que dicen las cifras que se han señalado coinciden exactamente con la situación agrícola existente en la cuenca, donde a medida que se avanza hacia el sur, aumentan los terrenos de secano y se hace mayor la preponderancia de los cultivos de primavera por sobre los del verano.

Además, ello explica la alta proporción de superficie con riego exclusivamente de primavera (40,23%), cifra que por lo demás se encuentra refrendada por la coincidencia entre la tasa evapotranspirativa media y el consumo efectivo medio de la cuenca calculado en subcapítulo IV.C.5 - 1 del presente informe.

Estas conclusiones no se modifican sustancialmente al considerar la fuente de recursos de agua subterránea como se verá en el próximo subcapítulo.

2.2 Aguas subterráneas.

2.2.a. Estimación global del recurso.

A partir de los estudios geológicos realizados y de los antecedentes que suministran los sondajes existentes en la cuenca, se ha caracterizado el sistema de aguas subterráneas que se encuentra en la depresión intermedia entre los basamentos rocosos de las cordilleras de Los Andes y de la Costa.

Dado que las mediciones de niveles estáticos practicadas en los sondajes a lo largo del tiempo muestran variaciones insignificantes, puede suponerse que el sistema subterráneo se encuentra en equilibrio.

A nivel de cuenca se ha estimado que la recarga del sistema subterráneo producto de la infiltración de aguas de riego y de las precipitaciones es del orden de 2.000 millones de metros cúbicos en un año normal, lo que permitiría obtener aproximadamente 200

millones de metros cúbicos del recurso subterráneo manteniendo en equilibrio el sistema.

La actual descarga artificial mediante las sondajes existentes se ha calculado en solo 40 millones de metros cúbicos y en consecuencia es posible pensar en un mayor aprovechamiento del recurso subterráneo dentro de las limitaciones que imponga su explotación económica.

2.2.b. Reservas potenciales.

La baja densidad de sondajes existente en la cuenca y la concentración de estos en torno a los centros poblados, ha obligado a caracterizar las áreas y subáreas hidrogeológicas en forma general.

Dado que el sistema se considera en equilibrio natural, se ha calculado los volúmenes explotables por sectores como la suma algebraica de recarga directa, caudal subterráneo entrante y descarga natural.

Para calcular las reservas potenciales se ha utilizado la sectorización en áreas y subáreas caracterizadas en base a sondajes existentes, y se ha considerado como volumen renovable solo al proveniente de la recarga directa en condiciones de ausencia de variación de almacenamiento. Se obtiene así el volumen mínimo explotable por área o subárea.

El cálculo de estos valores muestra alguna áreas tales como Longaví, Perquilauquén Superior, Maule Sur, San Clemente y subárea Pelarco que podrían proporcionar caudales entre 5.0 y 10 m3/seg.

Como valores medios anuales y por tanto susceptibles de aumentar si la explotación se realiza solo en determinados meses.

Debe también tenerse presente que si la explotación se hace para riego, ello genera un aumento de la recarga directa que permitiría aumentar los valores indicados.

2.2.c. Demandas potenciales.

El uso principal del agua subterránea de la cuenca es actualmente para abastecer de agua potable a los centros urbanos (89 sondajes) y para uso industrial (17 sondajes). Los volúmenes de agua subterránea destinada a riego son insignificantes en relación con aquellos calculados para el uso de agua superficial.

La descarga artificial del volumen de agua subterránea acumulada

en la cuenca es del orden de 40 millones de metros cúbicos al año.

Las proyecciones de demanda para uso humano e industrial para el año 2.005, llegan a una cifra levemente superior a 90 millones de metros cúbicos anuales.

Se ha estimado anteriormente que la recarga del sistema subterráneo hace posible obtener un volumen anual medio de 200 millones de metros cúbicos sin variar las condiciones de equilibrio del sistema, lo que permite suponer que el recurso subterráneo será suficiente en el largo plazo para satisfacer las demandas de uso humano e industrial, y para su utilización en riego en aquellas áreas ya identificadas que muestran reservas potenciales de importancia.