



Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables

INFORME SOBRE MEDICIONES HIDROLOGICAS EN
LOS RIOS CAPANAPARO, CINARUCCO Y CUNAVI-
CHE DEL ESTADO APURE, REALIZADAS ENTRE
EL 15 Y 17 DE OCTUBRE DE 1986.

Caracas, Enero, 1987
Serie de Informes Técnicos DGSIIA/IT/

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
Dirección General de Información e Investigación del Ambiente
Dirección de Hidrología
División de Aguas Superficiales

INFORME SOBRE MEDICIONES HIDROLOGICAS EN LOS RIOS
CAPANAPARO, CINARUCO Y CUNAVICHE DEL ESTADO APURE
REALIZADAS ENTRE EL 15 Y 17 DE OCTUBRE DE 1986

Caracas, Enero, 1987

Autor: Ing. Horacio Vargas González

INDICE

Pág.

1.	INTRODUCCION	1
2.	INFORMACION DISPONIBLE	1
3.	DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE AFORO	2
4.	ANALISIS DE LAS ISOTACAS	4
5.	ANALISIS DE LOS CAUDALES	6
6.	ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS SUSPENDIDOS Y DEL MATERIAL DE LECHO	8
6.1	Sedimentos en Suspensión	8
6.2	Material de Lecho	8
7.	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LAS SECCIONES Y ESTABILIDAD DE LOS MATERIALES DE LECHO Y MARGENES	10
8.	CONCLUSIONES	13
9.	RECOMENDACIONES	14
10.	BIBLIOGRAFIA	15

INDICE DE TABLAS

	Pág.
1. LOCALIZACION GEOGRAFICA Y AREAS DE ARENAJE DE LÓS SITIOS DE AFORO	2
2. RESULTADOS DE LOS AFOROS REALIZADOS EN LOS RIOS Y ESTACIONES	7
3. TRANSPORTE DE SEDIMENTO SUSPENDIDO EN LOS RIOS INDICADOS	8
4. GRANULOMETRIA Y COEFICIENTES ESTADISTICOS DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DEL MATERIAL DE LECHO	9
5. CARACTERISTICAS Y CONDICIONES HIDRAULICAS CAL- CULADAS Y ESTIMADAS PARA LAS DIFERENTES SEC- CIONES AFORADAS	11

1. INTRODUCCION

El presente informe es el resultado de un trabajo de campo y oficina, donde se muestran los resultados de las mediciones realizadas en algunos ríos del Estado Apure y tiene por finalidad presentar datos y análisis hidrológicos e hidráulicos, que serán utilizados en el proyecto de ejecución de la carretera que unirá a San Fernando de Apure con Puerto Páez, así como para actualizar y comparar la información obtenida con la disponible, de estos ríos, con la existente en períodos anteriores.

También, en este informe, se analizó la estabilidad del material de lecho y márgenes y se hizo estimaciones sobre el coeficiente de rugosidad de Manning y de las pendientes del lecho de los canales fluviales en mapas escala 1:100.000. Los cálculos y estimaciones habidos en el informe son de carácter preliminar y solo deben servir para aproximaciones de cálculos cualitativos.

2. INFORMACION DISPONIBLE

Consiste en datos de aforos, sedimentación y análisis físico-químico de las aguas de los ríos Capanaparo en Hato Urañón y Cinaruco en Campamento Móvil. Toda esta información se encuentra en los archivos de la Dirección de Hidrología del M.A.R.N.R.

El río Capanaparo en Hato Urañón cuenta con una serie de aforos, pero no tiene curva de gastos determinada, por la gran dispersión que presentan los mismos. Este fenómeno se debe a que la estación está cerca

de la desembocadura con el río Orinoco. El río Cinaruco en Campamento Móbil, tiene una serie de aforos que permiten establecer una curva de gastos. El nivel máximo registrado es de 9.98 m, que corresponde a un gasto de $1580 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para los ríos Capanaparo en La Macanilla y Cunaviche en La Soledad, los resultados aquí indicados son los primeros realizados y no existen estaciones hidrométricas.

TABLA N° 1

LOCALIZACION GEOGRAFICA Y AREAS DE ARENAJE DE LOS SITIOS DE AFORO

1 Río	2 Estación	3 Latitud	4 Longitud	5 Area (Km ²)
Capanaparo	Hato Urañón	06° 59' 45"	67° 11' 08"	19.700
Capanaparo	La Macanilla	07° 01' 00"	67° 37' 23"	15.650
Cunaviche	La Soledad	07° 19' 45"	67° 44' 04"	2.280
Cinaruco	C. Móbil	06° 32' 31"	67° 30' 05"	13.850

3. DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE AFORO

Estos sitios de medición se encuentran en el Bajo Apure. El área de las cuencas se haya ocupada en su mayor parte, por sabanas, campo de arenas (dunas y médanos), bosques de galerías y redes de drenaje de poca efectividad a causa de la poca pendiente de esta región, que hace que en la época de lluvias, grandes zonas permanezcan inundadas. Por otra

parte la región se ve expuesta a los vientos alisios debido a la escasez de árboles y que hace que las partículas de materiales (principalmente arena fina) sean llevadas a través de grandes extensiones de terreno y luego sea (en un gran porcentaje) fuente de los sedimentos transportados por los ríos.

La Macanilla, Campamento Móbil, La Soledad son probablemente los sitios para construcción de puentes de la carretera San Fernando-Pto. Páez.

El método de medición fué el de bote con nylon anclado a las márgenes, utilizando el correntímetro Gurley 665 automático, y para la toma de muestras se usó la botella colapsible.

Los sitios de aforo son los siguientes:

- Río Capanaparo en Hato Urañón: Aquí se observó desbordamiento por la margen derecha y el río presentó características de estar represado por el río Orinoco.
- Río Capanaparo en La Macanilla: Se llegó a este sitio, remontando el río aguas arriba, aproximadamente 70 Kms del Hato Urañón. Aquí el río presentó desbordamiento por la margen izquierda, no así la margen derecha, la cual está más alta y hay menor probabilidad de que sea desbordada. En esta margen se observó a las raíces de los árboles de la orilla y se apreció actividad de socavación por parte del agua.

- Cinaruco en Campamento Móbil: El lugar de aforo se localiza a 5 Kms aguas arriba de este campamento. El río presentó zonas inundadas hacia la margen izquierda representadas en lagunas y zonas depresivas, la planicie fluvial en la margen derecha tenía 1 m. sobre el nivel del agua para la fecha de las mediciones.

- Río Cunaviche en La Soledad: El sitio de aforo está en 40 m. aguas abajo del lugar donde se construirá un puente de la carretera-dique, actualmente en ejecución en este sector. El río no presentó desbordamiento por las márgenes y la rasante del terreno por la margen izquierda, tenía a 50 cms sobre el nivel del agua. La situación geográfica y área de las cuencas está referida en la Tabla N° 1.

4. ANALISIS DE LAS ISOTACAS

El estudio de las isotacas se hace con el fin de analizar la distribución de velocidades, determinar las partes de la sección que son propensas a que ocurra la erosión del lecho y de las márgenes. También se utiliza para cálculos donde sea necesario considerar la velocidad como criterio de diseño.

El análisis de las isotacas de los ríos medidos condujo a lo siguiente:

- Capanaparo en Hato Urafión: Estudio de la distribución de las líneas de igual velocidad (Gráfico N° 1-A), se observa que el río pre

senta en esta sección varios centros de velocidades hacia la margen derecha. Otro núcleo de velocidades hacia la margen izquierda y hallándose la máxima profundidad a 45 mts. de esta margen. En la margen derecha es donde se nota actividad de erosión. Hay una irregular distribución de velocidades en los perfiles como consecuencia del represamiento que sufre este río por parte del río Orinoco.

Río Capanaparo en La Macanilla: Las isotacas tienen en esta distribución (Gráfico N° 2-A) un núcleo alto de velocidades en el centro de la sección y otro hacia la margen derecha con bastante capacidad de erosión, el cual está socavando esta orilla. La mayor profundidad se encuentra a 125 mts de la margen izquierda. En este sitio no es notable el efecto de remanso por parte del río Orinoco.

Río Cinaruco en Campamento Móvil: Las isotacas presentan en este gráfico (N° 3-A) una buena distribución dando muestras de ser una sección estable, con el núcleo de velocidades altas hacia el centro del canal y su máxima profundidad, también localizada en esta parte. La capacidad de erosión y transporte del flujo se concentra en la parte central y favorece una mayor estabilidad de los suelos en las márgenes.

Río Cunaviche en La Soledad: De la observación en el Gráfico N° 4-A donde se señala la sección y de la distribución de isotacas, se concluye que existe estabilidad, presentando líneas de velocidades concéntricas hacia el centro del canal, donde existe la mayor capacidad de erosión y de transporte de sedimentos.

5. ANALISIS DE LOS CAUDALES

- Los ríos Capanaparo en Hato Urañón y Cinaruco en Campamento Móvil tenían, aproximadamente 14 años que no les hacían aforos ni muestreos, aunque les toman niveles regularmente. El río Capanaparo en La Macanilla y el río Cunaviche en La Soledad, carecen de hidrómetros.

- La diferencia de caudal que hay en el río Capanaparo entre los sitios Hato Urañón y La Macanilla (70 Kms. aguas arriba), es por causa de que aproximadamente la mitad del caudal se bifurca por el caño La Mina (6 kms. aguas arriba de Hato Urañón) hacia el río Orinoco. Los resultados de estas mediciones se encuentran resumidos en la Tabla N° 2.

Grafico N° 1- A

PERFILES TRANSVERSALES DE LA SECCION DE AFORO
 CON SEÑALAMIENTO DE ISOTACAS,
 DISTRIBUCION DE CAUDALES Y VELOCIDADES MEDIAS

RIO CAPANAPARO EN HATO URAÑON

Fecha = 15/10/86 $V = 0.58 \text{ m/s}$
 $Q = 686.78 \text{ m}^3/\text{s}$ $Dh = 7.66 \text{ m}$
 $A = 1.186.60 \text{ m}^2$ $\bar{q} = 4.43 \text{ m}^2/\text{s}$

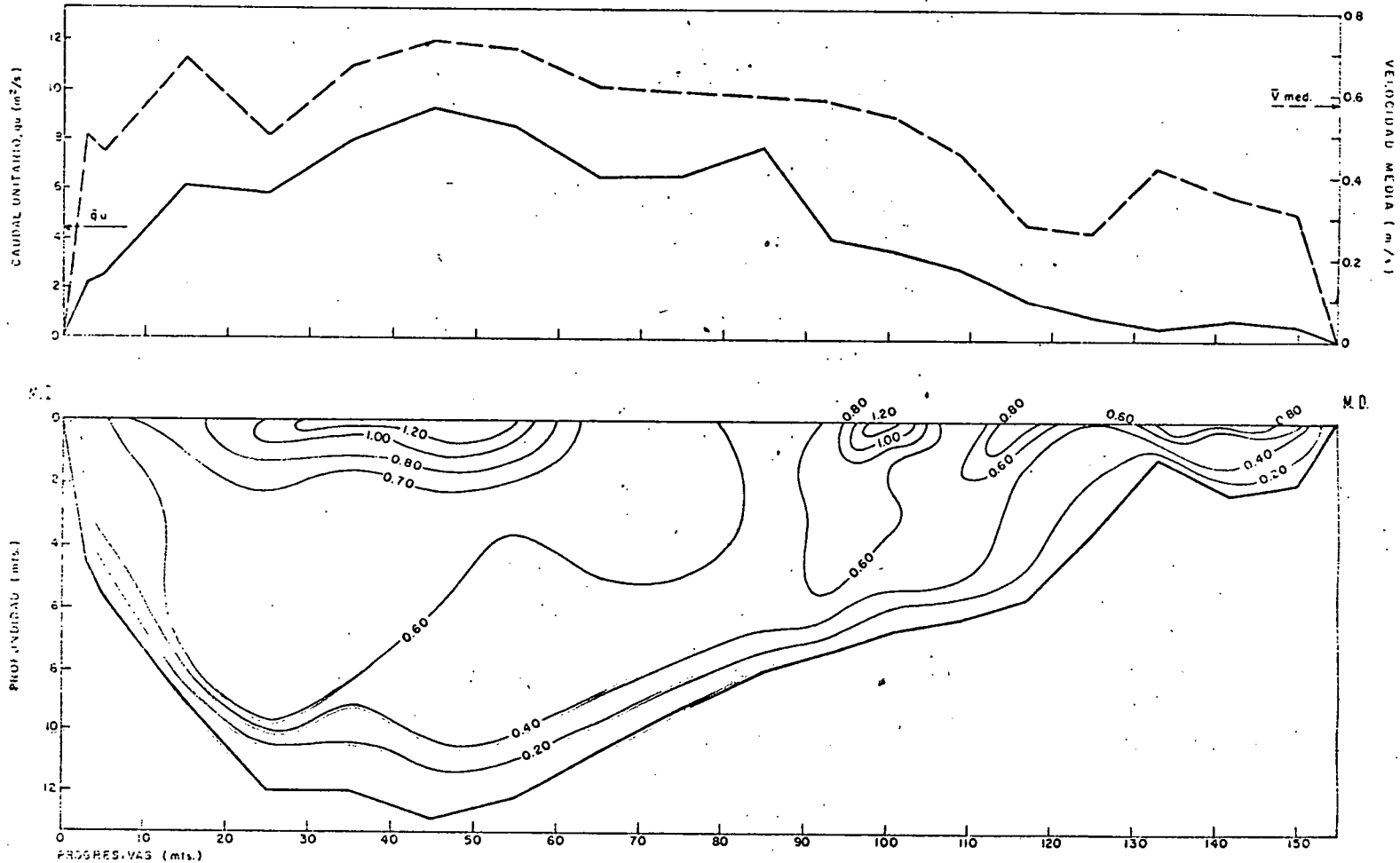


Gráfico N° 2-A

PERFILES TRANSVERSALES DE LA SECCION DE AFORO
CON SEÑALAMIENTO DE ISOTACAS,
DISTRIBUCION DE CAUDALES Y VELOCIDADES MEDIAS

RIO CAPANAPARO EN LA MACANILLA

Fecha = 15/10/86 $\bar{V} = 0.88$ m/s
 $Q = 1.319,56$ m³/s $Dh = 7.62$ m
 $A = 1.492,40$ m² $\bar{q}u = 6.79$ m²/s

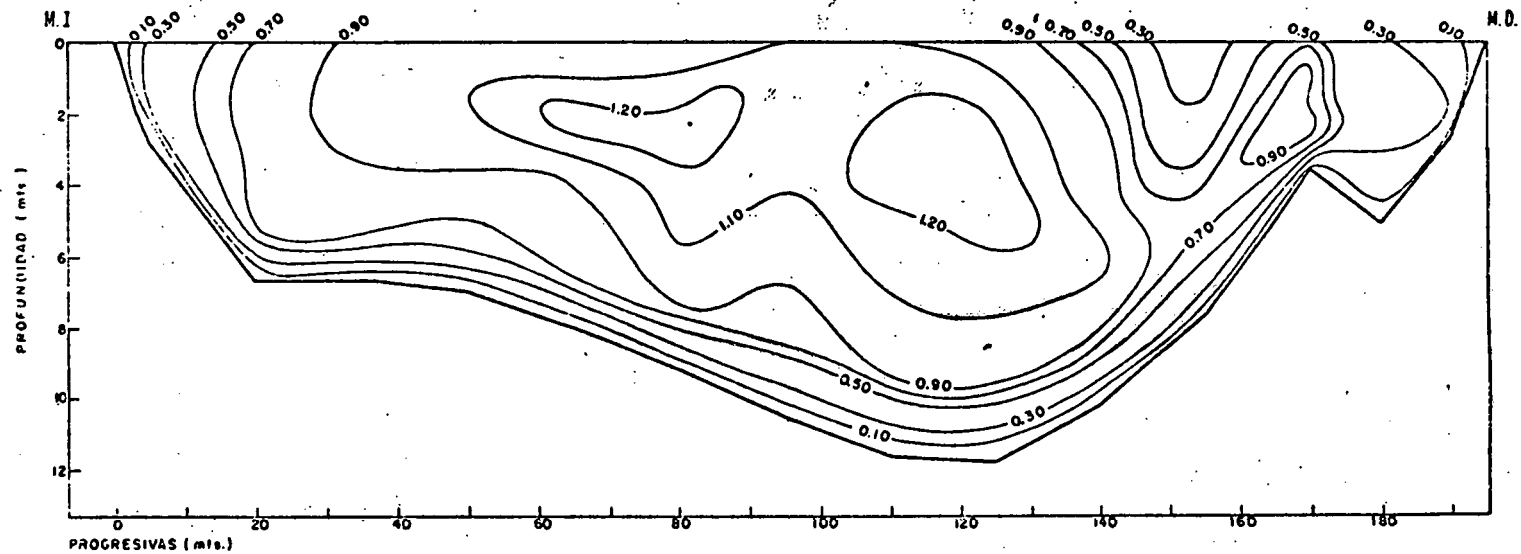
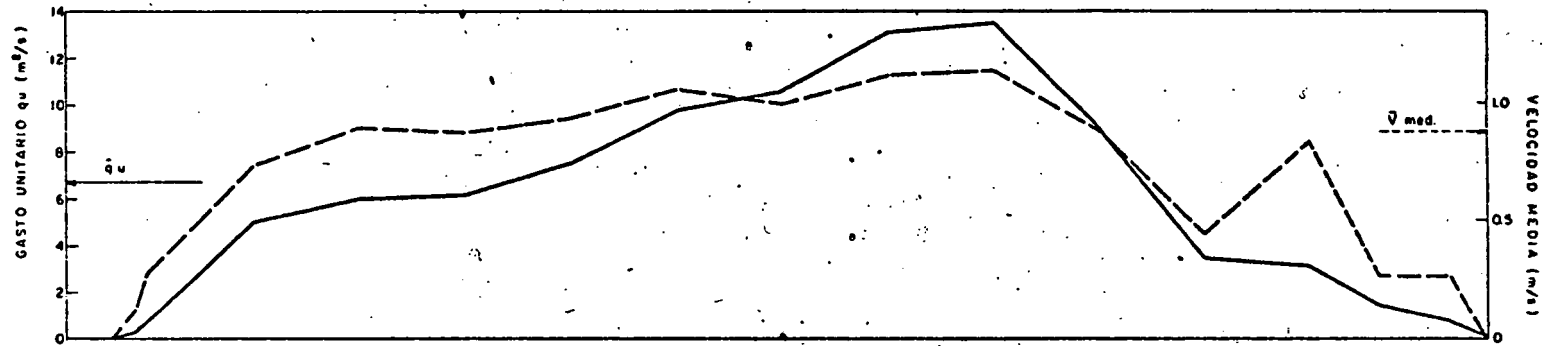


Gráfico N° 3-A

RIO CINARUCO EN CAMPAMENTO MOBIL

PERFILES TRANSVERSALES DE LA SECCION DE AFORO
CON SEÑALAMIENTO DE ISOTACAS,
DISTRIBUCION DE CAUDALES Y VELOCIDADES MEDIAS

Fecha = 16/10/86
Q = 920.16 m³/s
A = 1.155.55 m²
 \bar{V} = 0.80 m/s
Dh = 8.82 m
 \bar{q}_u = 7.02 m²/s

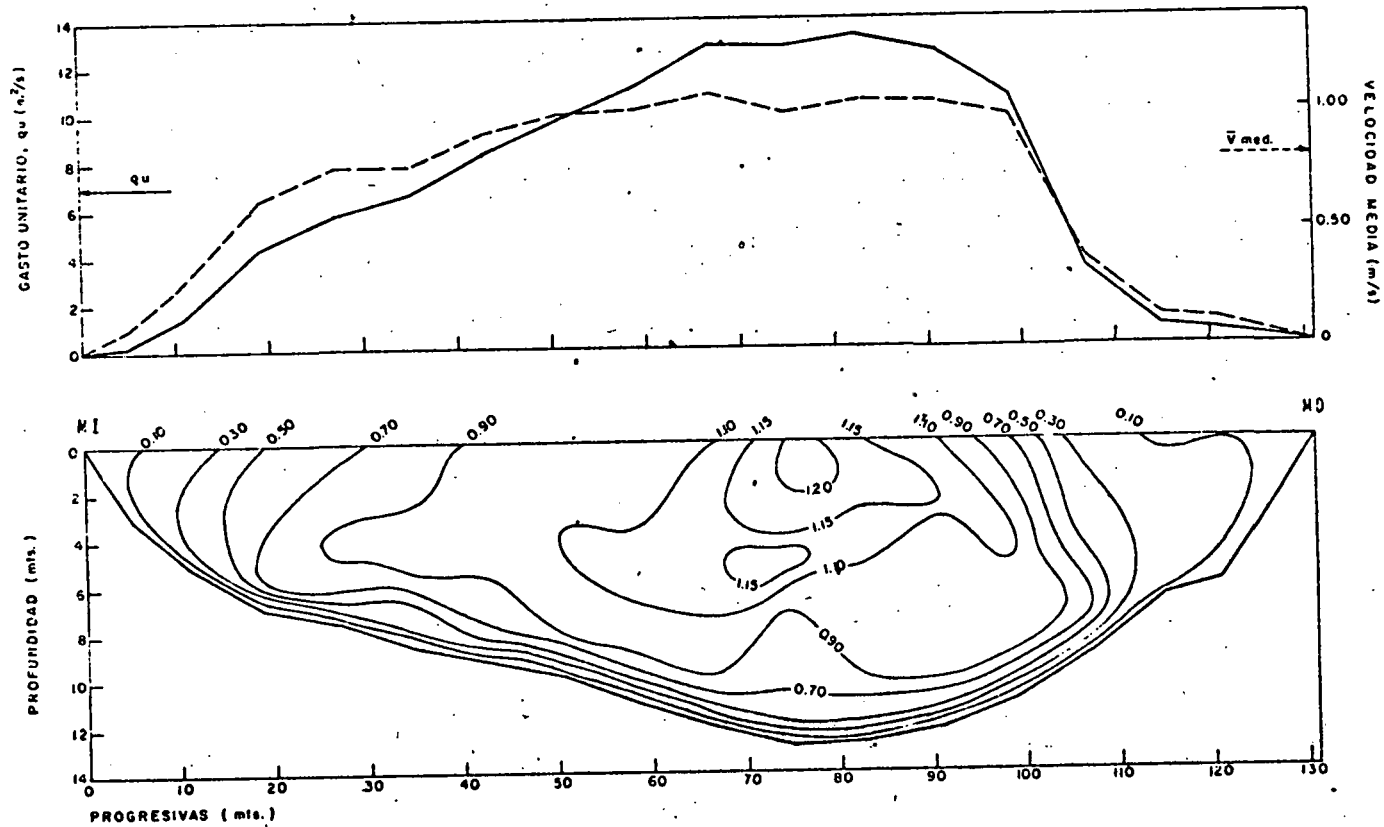


Grafico N° 4-A

PERFILES TRANSVERSALES DE LA SECCION DE AFORO
CON SEÑALAMIENTO DE ISOTACAS,
DISTRIBUCION DE CAUDALES Y VELOCIDADES MEDIAS

RIO CUNAVICHE EN LA SOLEDAD

Fecha = 17/10/86
Q = 229.75 m³/s
A = 317.80 m²
 \bar{V} = 0.72 m/s
Dh = 4.74 m
 \bar{q}_u = 3.43 m²/s

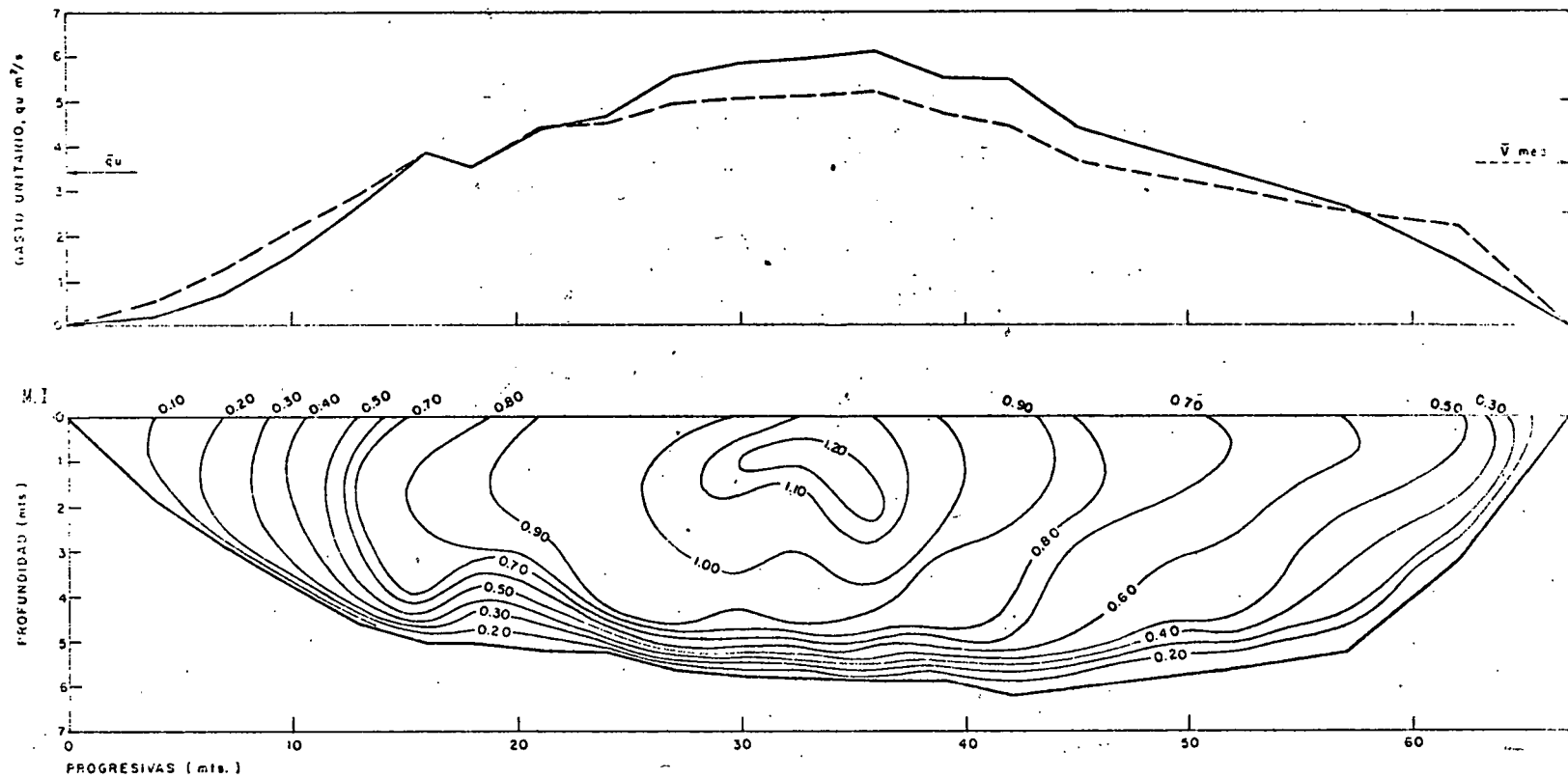


TABLA N° 2

RESULTADOS DE LOS AFOROS REALIZADOS EN LOS
RIOS Y ESTACIONES

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Río	Estación	Fecha	Caudal (m ³ /s)	Mira (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Velocidad Media (m/s)	Profundidad Media (m)	Caudal Unitario Medio (m ² /s)
Capanaparo	Hato Urañón	15-10-86	686,78	7,95	155	1186,60	0,58	7,66	4,43
Capanaparo	La Macanilla	15-10-86	1319,56	-	195	1492,40	0,88	7,62	6,77
Cinaruco	C. Móbil	16-10-86	920,16	8,11	131	1155,55	0,80	8,82	7,02
Cunaviche	La Soledad	17-10-86	229,75	-	67	317,80	0,72	4,74	3,43

6. ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS SUSPENDIDOS Y DEL MATERIAL DE LECHO

6.1 Sedimentos en Suspensión

La mayor parte del material analizado consiste en arena fina, que tienen como fuente de aporte los campos de arena existentes en las cuencas de los ríos y que luego son llevados hasta el canal por las lluvias y los vientos alisios. Las concentraciones de sedimentos observadas son bajas y no ha habido aumento de estas concentraciones si se comparan con mediciones anteriores. Los cálculos se muestran en la Tabla N° 3.

TABLA N° 3

TRANSPORTE DE SEDIMENTO SUSPENDIDO EN LOS RIOS INDICADOS

1	2	3	4	5	6
Río	Estación	Peso sólido susp (gr)	Volumen (cc)	Concentración (%)	Transporte (ton/día)
Capanaparo	Hato Urañón	0.0894	1.620	0.0055	3.269
Capanaparo	La Macanilla	0.0383	700	0.0055	6.238
Cinaruco	C. Móbil	0.0208	1.270	0.0016	1.295
Cunaviche	La Soledad	0.0301	925	0.0033	645

6.2 Material de Lecho

Los materiales analizados de estos ríos tienen bastante uniformidad en el tamaño de las partículas (d: 0.1-0.3 mm), notándose la ausencia de grava, arena gruesa y arcilla. También se manifestó, esta ausencia en las muestras de material suspendido.

GRAFICO N° 1-B CURVA LOG.-PROBABILIDADES
RIO CAPANAPARO EN URAÑON (APURE) 15/10/86
MATERIAL DE LECHO

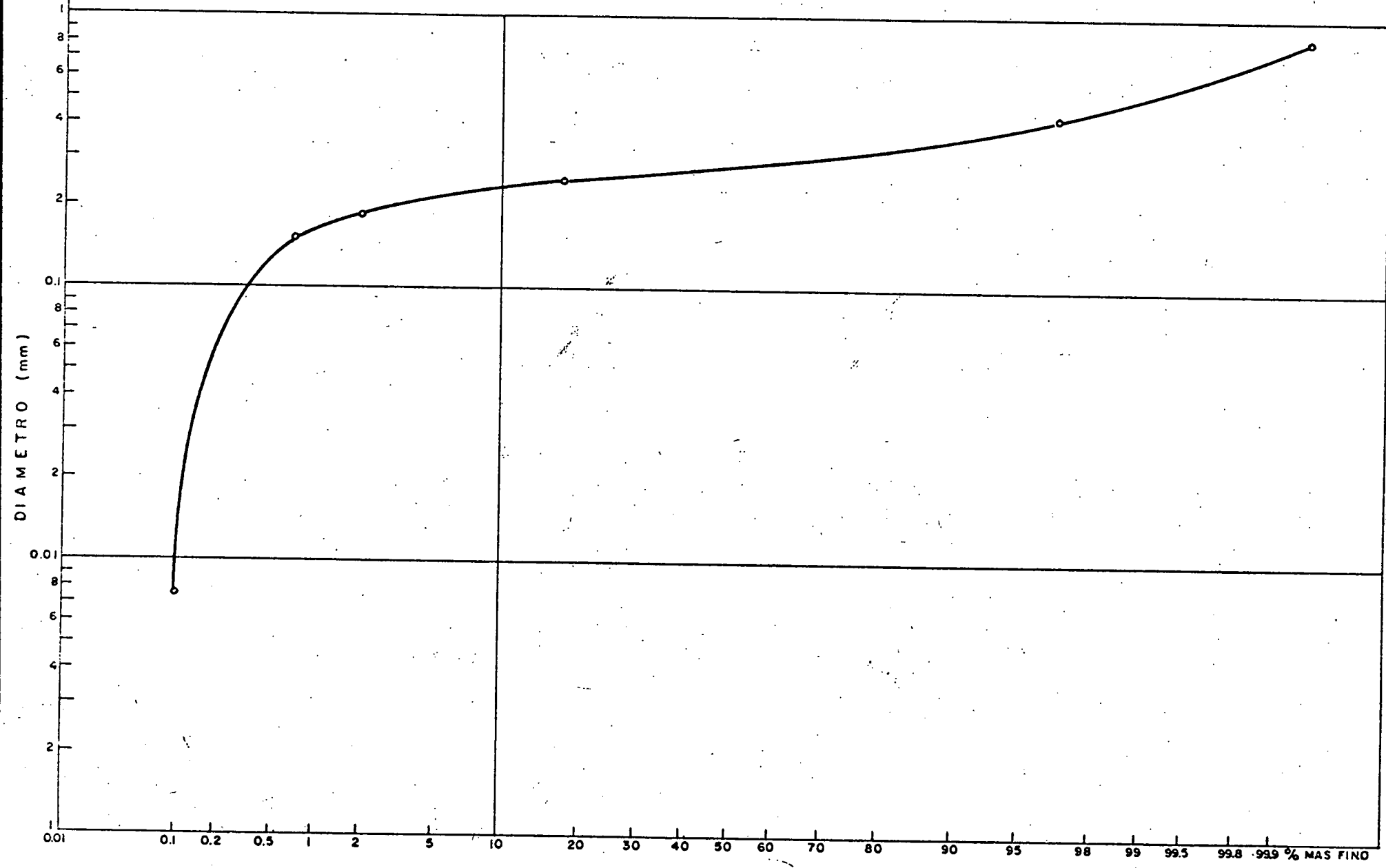


GRAFICO Nº 2-B
CURVA LOG-PROBABILIDADES
RIO CAPANAPARO EN LA MACANILLA (APURE) 15/10/86
MATERIAL DE LECHO -

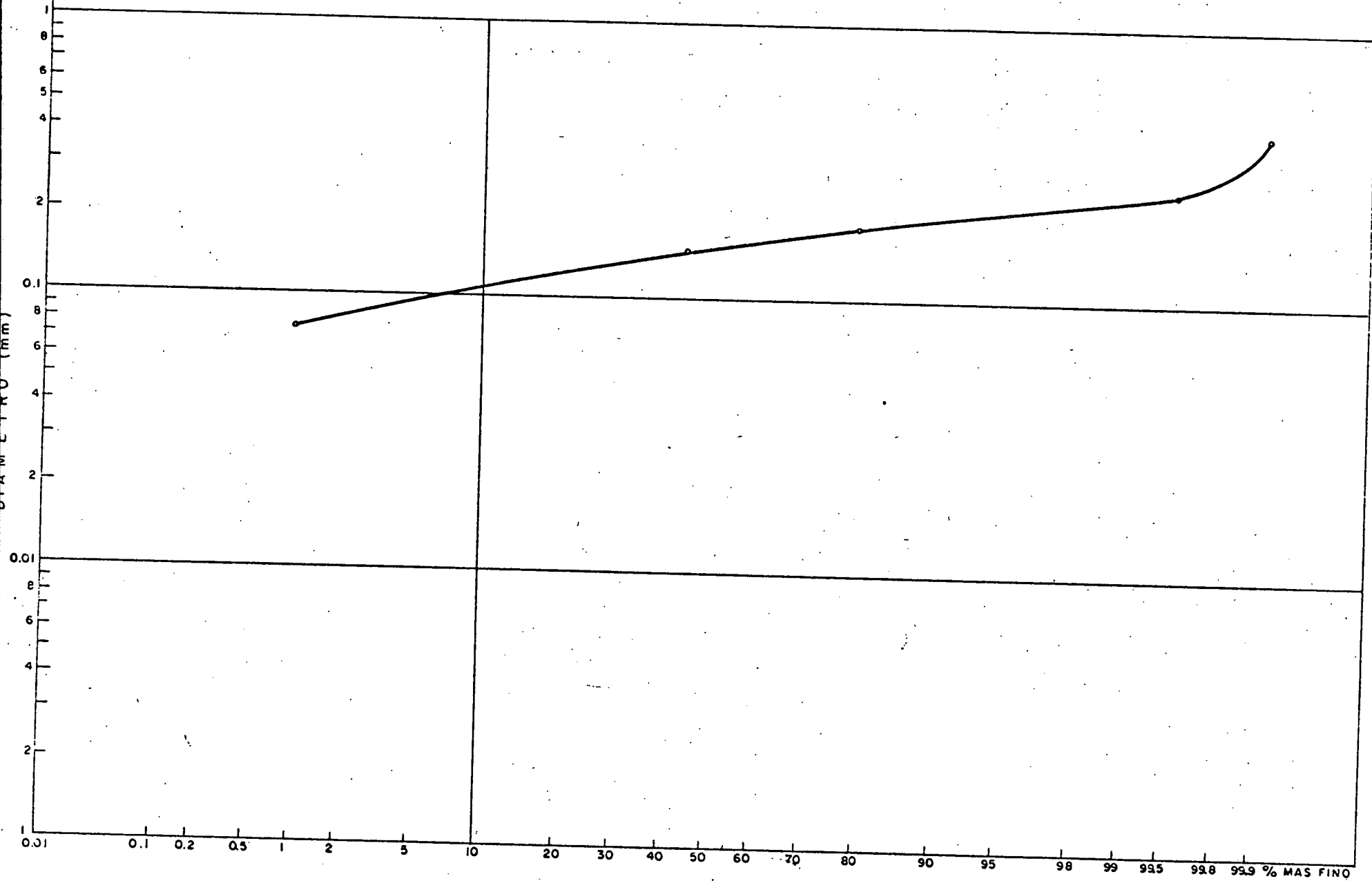


GRAFICO Nº 3-B

CURVA LOG-PROBABILIDADES

RIO CINARUCO EN CAMPAMENTO MOBIL (APURE) 16/10/86

MATERIAL DE LECHO -

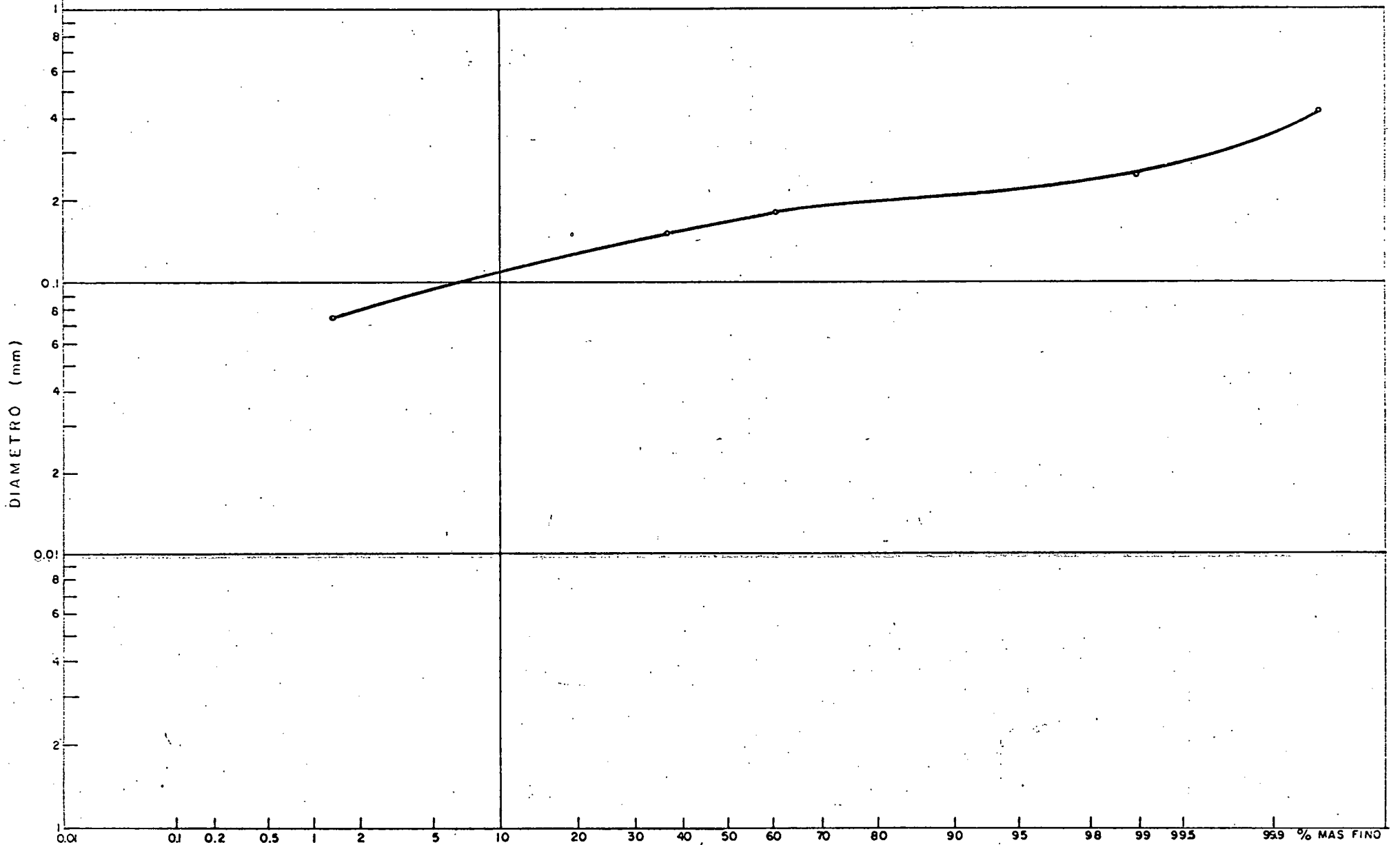
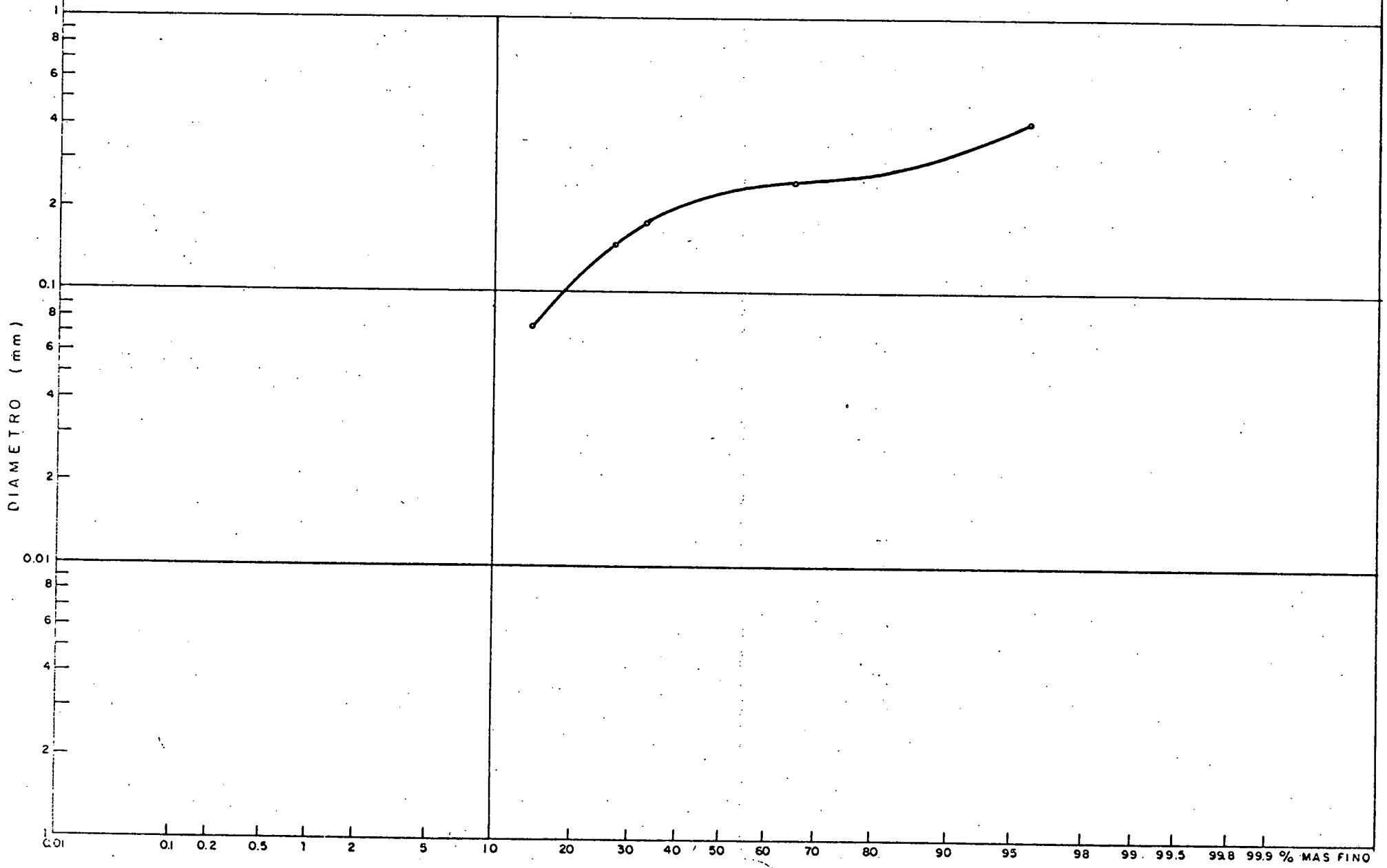


GRAFICO Nº 4-B

CURVA LOG-PROBABILIDADES

RIO CUNAVICHE EN LA SOLEDAD (APURE) 17 / 10 / 86

MATERIAL DE LECHO -



Después de realizar el proceso de tamizado y gráficos de las muestras, se resumió en la Tabla N° 4, el resultado de estos análisis.

TABLA N° 4

GRANULOMETRIA Y COEFICIENTES ESTADISTICOS DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DEL MATERIAL DE LECHO

1 Río	2 Estación	3 D50 (mm)	4 Cu	5 Ce	6 Cc	7 σ
Capanaparo	Hato Urañón	0,25	1,24	1,02	1,10	1,16
Capanaparo	La Macanilla	0,15	1,50	1,03	1,18	1,29
Cinaruco	C. Móbil	0,17	1,64	1,03	1,21	1,31
Cunaviche	La Soledad	0,23	5,39	2,38	1,37	1,88

D50 (mm) : Diámetro al 50%

Cu : Coeficiente de uniformidad

Ce : Coeficiente de escogimiento

Cc : Coeficiente de curvatura

σ : Desviación Estandar

Los valores de estos diámetros y coeficientes fueron tomados de las curvas de distribución log-probabilidades de los ríos Capanaparo en Hato Urañón (Gráfico N° 1-B), Capanaparo en La Macanilla (Gráfico N° 2-B), Cinaruco en Campamento Móbil (Gráfico N° 3-B) y Cunaviche en La Soledad (Gráfico N° 4-B).

7. CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LAS SECCIONES Y ESTABILIDAD DE LOS MATERIALES DE LECHO Y MARGENES

De las cuatro secciones estudiadas dos presentan vegetación sumergida (Capanaparo en Hato Urañón y Cinaruco en Campamento Móbil), esta condición disminuye la efectividad del canal. También la erosión y el transporte de material hizo aumentar el coeficiente de rugosidad de Manning (n) que se estimó para estas secciones y al material que forma parte del lecho y de las márgenes. Para el sitio de Hato Urañón en el río Capanaparo, no se pudo estimar el coeficiente de rugosidad n , porque es te río se encontraba influenciado por el río Orinoco. Los cálculos de las características hidráulicas, esfuerzos críticos y estimaciones de n y la pendiente del canal S se encuentran en la Tabla N° 5.

Las estimaciones del coeficiente de Manning se hizo tomando valores del libro Hidráulica de Canales Abiertos de Von Te Chow. Cap.5. En la estimación de la pendiente S , se consideró condición de flujo uniforme y se estimó un valor aproximado de la pendiente de los canales en base a mapas escala 1:100.000.

TABLA N° 5

CARACTERISTICAS Y CONDICIONES HIDRAULICAS CALCULADAS Y ESTIMADAS PARA LAS DIFERENTES SECCIONES AFORADAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Río	Estación	P(m)	Rh(m)	S	n	$T_o(Kg/m^2)$	$T_c(Kg/m^2)$	θ
Capanaparo	Hato Urañón	160,20	7,41	0,00012	-	0,39	0,016	1:1,25
Capanaparo	La Macanilla	198,34	7,52	0,00013	0,650	0,98	0,008	1:1,60
Cinaruco	C. Móbil	135,04	8,56	0,00015	0,060	1,28	0,009	1:2,00
Cunaviche	La Soledad	69,27	4,59	0,00012	0,050	0,55	0,013	1:2,00

$T_o(Kg/m^2) = \rho R h S$

$T_c(Kg/m^2) =$ obtenido del diagrama de Shields, que relaciona $\frac{T^* d}{\nu}$ con $(\gamma_s - \gamma_w) d$

$\theta =$ pendiente de las márgenes

De los valores calculados y estimados se observa que existe poca estabilidad en el material de fondo, ya que el esfuerzo cortante establecido por las condiciones hidráulicas es mayor que el esfuerzo crítico determinado por las características del material. En las márgenes, no se pudo determinar el ángulo de estabilidad para partículas de este diámetro, aunque los valores de las pendientes laterales permite establecer que hay socavación en las márgenes con mayor inclinación como las del río Capanaparo en ambas secciones y menos erosión en las márgenes de los ríos Cinaruco y Cunaviche por presentar pendientes suaves.

8. CONCLUSIONES

El aforo del río Cinaruco en Campamento Móvil coincidió con el valor de la curva de gastos establecida para ese río, no así el aforo del río Capanaparo en Hato Urañón, al cual por la dispersión de los puntos no se le ha determinado curva de gastos. Para los sitios de La Macanilla en el río Capanaparo y La Soledad en el río Cunaviche, no hay curvas de gastos.

- La apariencia del agua de los ríos Capanaparo, Cinaruco y Cunaviche era clara y con poco sedimentos en suspensión. Esto se debe a la ausencia de fuentes de material fino, a la poca o ninguna actividad agrícola de la zona, y de que las sabanas de las cuencas de estos ríos es utilizada, generalmente para la ganadería extensiva.
- Los ríos Cinaruco y Cunaviche, en los sitios de medición se comportan como canales de regular estabilidad, mientras que el río Capanaparo en La Macanilla presenta socavación local en la margen derecha.
- Del análisis de las curvas log-probabilidades de los sitios aforados se desprende que existe cierto grado de homogeneidad en el tamaño de las partículas, ya que provienen de la misma fuente y son movilizadas bajo las mismas condiciones por el viento y la escorrentía.

9. RECOMENDACIONES

- La Estación Hidrométrica del río Capanaparo en Hato Urañón, presenta problemas de represamiento por parte del río Orinoco, en época de crecientes, por lo que sería recomendable la reubicación de esta estación hacia aguas arriba, preferiblemente, en La Macanilla.
- Actualmente con la puesta en marcha del proyecto de navegación "Eje Apure-Orinoco", es necesario la recuperación de las estaciones no activas y la instalación de nuevas estaciones hidrométricas.
- Es necesario realizar una serie de mediciones hidrológicas en estos ríos para poder hacer estudios de caudales, sedimentos y análisis de calidad del agua para ver como puede cambiar el comportamiento hidrológico de los ríos por efecto de la construcción de la carretera-dique (San Fernando-Pto. Páez) y para tener información necesaria de fuentes de agua para futuras actividades agropecuarias o industriales.

AGRADECIMIENTO

Se expresa el reconocimiento al Ingeniero Cruz Mario Escalona y a los Técnicos Modesto Tapiquen y Jesús Aguilera, quienes junto con el autor de este informe realizaron las mediciones y observaciones de campo que sirvieron para la elaboración de este trabajo, así como también a las recomendaciones dadas por el Ing. David Pérez Hernández, Jefe de la División de Aguas Superficiales, en la realización de los diferentes análisis de sedimentos llevados a cabo en el Laboratorio de la Dirección de Hidrología, así como en la revisión final del informe.

10. BIBLIOGRAFIA

- CHOW, VEN TE (1982) "Hidráulica de los Canales Abiertos"
- GRAF, WALTER HANS (1979) "Hydraulics of Sediment Transport"
Mc Graw - Hill, Series.
- M.A.R.N.R., DIRECCION DE HIDROLOGIA "Archivos"
- PEREZ HERNANDEZ DAVID (1986) "Comportamiento Hidrológico de los ríos del Bajo Apure. Transporte eólico y efectos probables sobre la vialidad. San Fernando-Pto. Páez. Dirección de Hidrología. M.A.R.N.R.