

A P E N D I C E

ANALISIS GRANULOMETRICOS DE SEDIMENTOS

MAPA HIDROLOGICO DE LA HOYA

PARA: JEFE DE LA DIVISION DE HIDROLOGIA

DE: ING° JEFE DEL GRUPO DE TRABAJO DE SEDIMENTACION

ASUNTO: ACTUALIZACION DEL INFORME DE SEDIMENTACION EN LA  
QUEBRADA GUAREMAL-SITIO PRESA .

FECHA: CARACAS, 28 DE NOVIEMBRE DE 1969

MOP

DAVID PEREZ H

1969

## I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	1
DATOS E INFORMACION DISPONIBLE	1
CARACTERISTICAS DE LA CUENCA-DESCRIPCION	2
GRADO DE EROSION EN RELACION AL SISTEMA DE DRENAJE	2
DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO-MATERIAL DE LECHO	3
TRANSPORTE Y CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE LECHO	3
SITIOS DE AFORO Y MUESTREO DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION	5
CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS EN SUSPENSION	6
ACARREO DE CRECIENTES	8
PESOS UNITARIOS	9
CONCLUSIONES	9
RECOMENDACIONES	11

## CUADROS

CUADRO 2: CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE LECHO
CUADRO 1: MUESTREOS DE SEDIMENTOS
CUADRO 3: CARACTERISTICAS DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION
CUADRO 4: CARACTERISTICAS DEL TRASPORTE EN SUSPENSION
CUADRO 5: ACARREOS PROBABLES EN SUSPENSION

## GRAFICOS

CURVA GRANULOMETRICA
CROQUIS N° 1 SEÑALAMIENTO DE AFOROS Y MUESTREOS
MAPA N° 1 LOCALIZACION DE LOS MUESTREOS Y DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION SOBRE EL RIO TURBIO
GRANULOMETRIA DE SEDIMENTOS
CURVA DE SEDIMENTACION
GRAFICO 4: HIDROGRAMAS TOTALES

# ACTUALIZACION DEL INFORME DE SEDIMENTACION EN LA QUEBRADA GUAREMAL-SITIO PRESA

## INTRODUCCION

Este informe representa una versión actualizada del primero remitido a la División del Diseño del MOP en fecha 25 de marzo de 1968, en el cuál se consideraban aspectos muy preliminares sobre la sedimentación en la Qda. Guaremal, datos estos requeridos a objeto de proceder a estimar el aporte probable de acarreo sólido así como las características de los sedimentos en el sitio de presa la cual se ejecutará en la confluencia con la Qda. Diego.

## OBJETIVOS

Se persigue en este informe, determinar las magnitudes y las características de los sedimentos de lecho y suspensión transportados por la Qda. Guaremal en el sitio de presa, establecer comparaciones con el transporte del sedimento en varias estaciones sobre el río Turbio, indicar los valores máximos y mínimos de las concentraciones determinadas de los muestreos más recientes, preveer la magnitud del transporte para tormentas con diferentes períodos de retomo y finalmente, señalar, en base a los criterios anteriores, los valores medios más probables a ser usados para diseños de la capacidad muerta del embalse. Conclusiones y recomendaciones se especifican al final.

## DATOS E INFORMACION DISPONIBLE

A partir de 1968 se han intensificado la realización de muestreos y aforos esporádicos en numerosos cauces tributarios del río Turbio incluida la Qda. Gua-

remal en diferentes sitios, contándose con muestreos correspondientes a crecientes y en aguas bajas. Se dispone además de detallados análisis granulométricos y de pesos específicos, lo cual da una buena idea de las características de los sedimentos tanto de lecho como en suspensión en diferentes períodos y para diversas condiciones del régimen de dichos cauces.

Se cuenta igualmente con los planos G-2, H-1, H-2, I-1, a escala 1:10.000 que forman parte del levantamiento aerofotogramétrico de la hoya del río Yaracuy, y de los cuales se preparó el mapa hidrográfico anexo.

Un informe adicional del suscrito de esta División sobre la erosión en la cuenca alta del río Yaracuy, da mayores detalles sobre los factores y características del proceso, que por las condiciones de suelos, pendientes y condiciones climáticas, ofrece rasgos similares en ambas zonas.

#### CARACTERISTICAS DE LA CUENCA-DESCRIPCION

La forma de la hoya es alargada y angosta con su curso colector principal La Quebrada Guaremal, el cual en un afluente efímero del río Turbio por su margen izquierda. Tiene sus cabeceras en un punto de coordenadas  $69^{\circ} 04' O$  y  $10^{\circ} 15' N$ , aproximadamente a una altura de 1.200 m.s.n.m. Desde su nacimiento corre en dirección NE hasta desembocar sobre el río Turbio drenando un área hasta el sitio de presa de  $52 \text{ Km}^2$  con un desnivel de su curso de 750 metros en su trayecto de 16.5 Km.

#### GRADO DE EROSION EN RELACION AL SISTEMA DE DRENAJE

La observación del mapa de la hoya muestra que un intensivo proceso

de erosión afecta la mayor parte del área, especialmente en las quebradas y cursos tributarios los cuales deben suministrar en época de lluvias volúmenes de sedimentos que la Quebrada Guaremal es incapaz de transportar, esto es evidente a causa de la existencia de isletas, y acumulaciones de materiales a lo largo de su curso. El diseño de avenamiento, irregular y tortuoso revela así mismo, una elevada tendencia de los suelos de cobertura a ser erosionados por el escurrimiento superficial.

#### DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO-MATERIALES DE LECHO

Se han elegido dos secciones de muestreo para recolectar el material de lecho una situada 50 metros aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San Diego con la Quebrada Guaremal y otra situada 50 metros aguas abajo aproximadamente. En ese tramo el cauce se ha bifurcado en dos ramales, formando una isleta que se estima se ha formado por el gran aporte de materiales por parte de la Quebrada Diego.

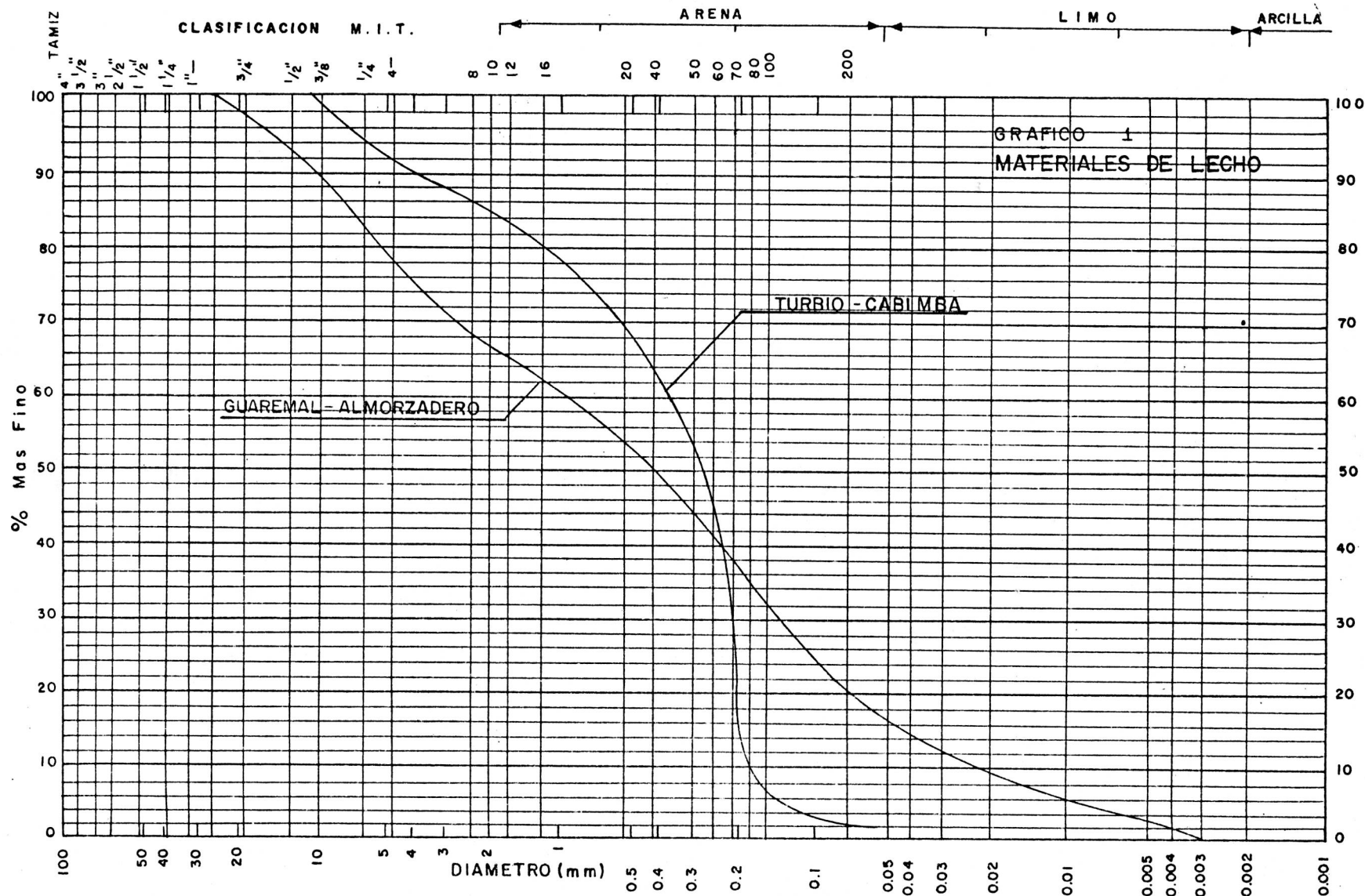
Los taludes marginales estan formados por suelos limosos, bajos y con alto grado de socavación. Una determinación del contenido de humedad de los suelos en ambas márgenes a profundidad de 0.3 metros reportan valores comprendidos entre 1 y 10%. El lecho de la Quebrada Guaremal sirve de vía de acceso a caseríos situados en la parte alta, observándose zonas de libre aprovechamiento y explotación de aluviones, esto contribuye seguramente a elevar las concentraciones en las primeras crecientes.

#### TRANSPORTE Y CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE LECHO

Se ha determinado la granulometría y el peso específico de los materiales de lecho para la Quebrada Guaremal en el sitio arriba indicado, adicionalmente se

### GRANULOMETRIA DE SEDIMENTOS

AÑO: 1968 RIOS TURBIO-QDA. GUAREMAL DTO.-ZONA MUESTREADOR: METODO:



FECHA	% PESO	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	FECHA	% PESO	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	FECHA	% PESO	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
ENE						MAY.						SEP.					
FEB.						JUN.						OCT.					
MAR.						JUL.						NOV.					
ABR.						AGO.						DIC.					

muestran con fines comparativos los valores obtenidos en el río Turbio en Cabimba, el Cuadro 2 resume las características observadas para los materiales de la curva de gradación (gráfico 1), se observa que se trata de un material bien gradado con una amplia gama en los intervalos de tamaño, en base a este hecho se asume que la proporción acarreo de lecho/acarreo en suspensión puede ser superior a la encontrada en otros cauces que presentan para los materiales de lecho intervalos granulométricos menores, adoptándose para esa relación un valor razonable de un 20%.

### CUADRO 2

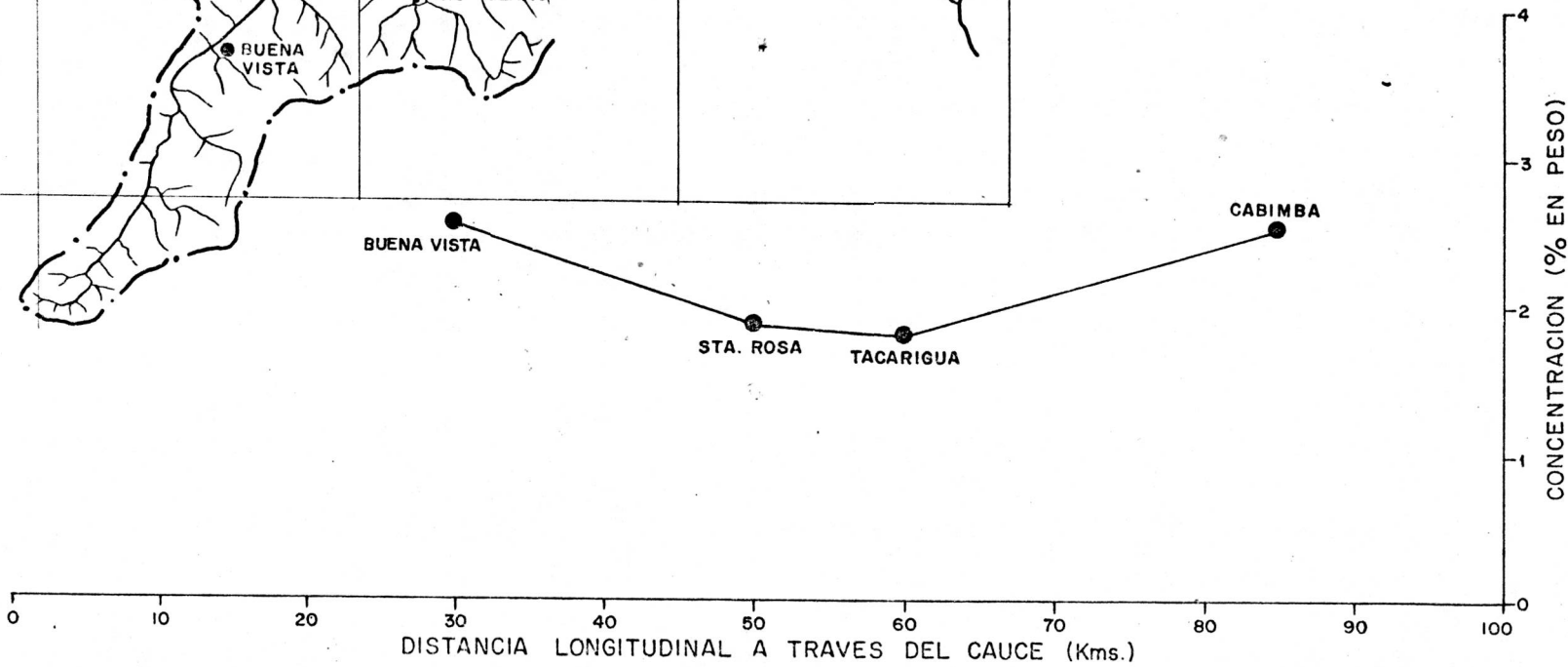
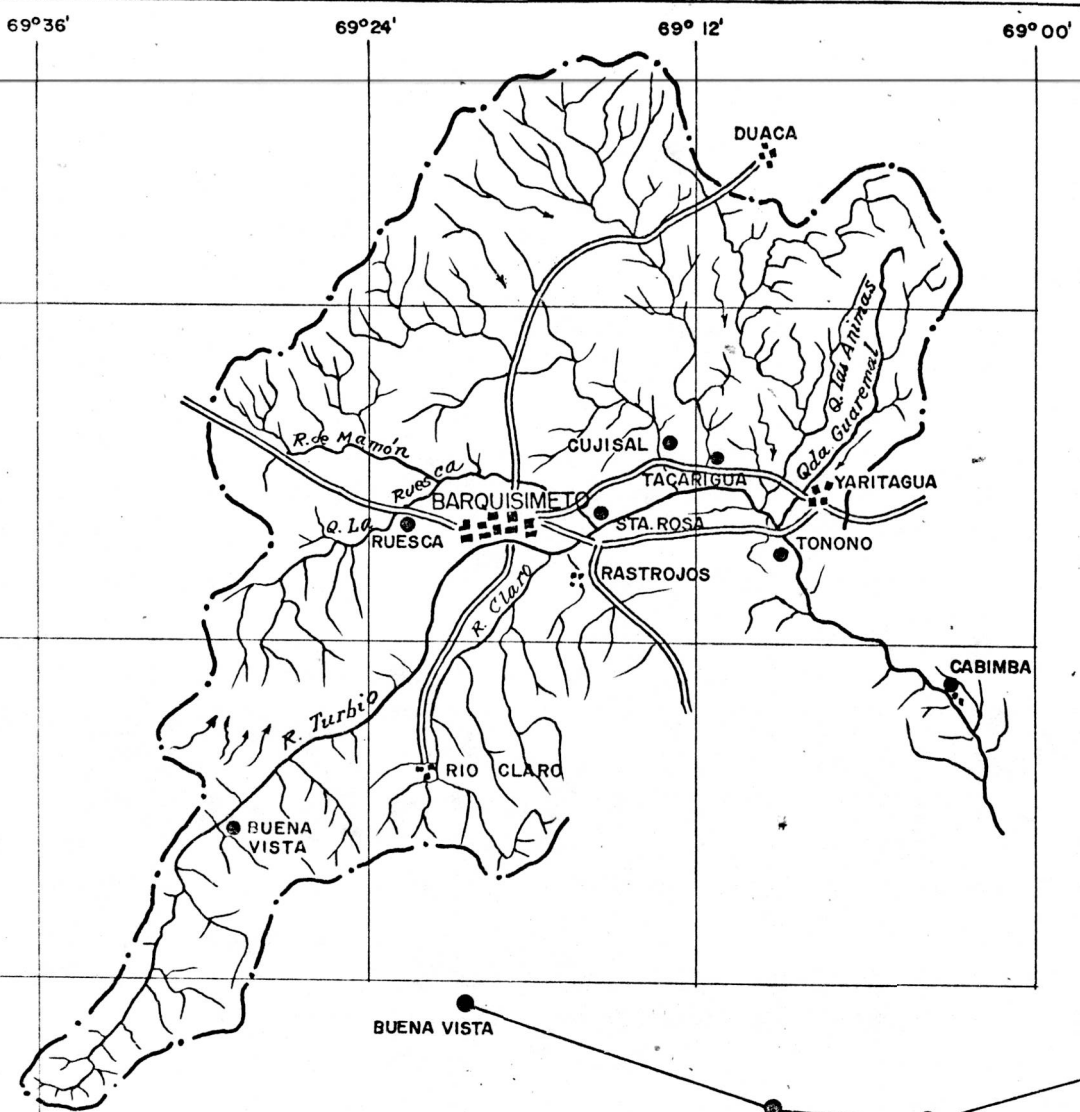
#### CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE LECHO (Feb. 1968)

Sitio	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Peso Esp.*	d50 (mm)	% Grava	% Arena	% Limo	% Arcilla
Qda. Guaremal en Almorzadero	2.75	0.48	34	50	14	2
Turbio en Cabimba.	2.68	0.30	16	84	-	-

\* Material Pasante T-10

MAPA N° 1  
 LOCALIZACION DE LOS MUESTREOS  
 Y DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION  
 SOBRE EL RIO TURBIO

26-6-1968



DISTANCIA LONGITUDINAL A TRAVES DEL CAUCE (Kms.)

## SITIOS DE AFORO Y MUESTREO DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION

Las primeras mediciones del gasto y sedimentos en suspensión en Guaremal se efectuaron en el sitio Almorzadero (feb. 1968) los mismos mostraron valores de  $0.20 \text{ m}^3/\text{seg}$  y 4 PPM respectivamente.

Muestreos sistemáticos y aforos en aguas bajas y altas en las estaciones del río Turbio y sus más importantes tributarios se han realizado posteriormente.

En el cuadro 1 se señalan los sitios y resultados obtenidos:

CUADRO 1

### MUESTREOS DE SEDIMENTOS. RIO TURBIO Y TRIBUTARIOS. AÑO 1968

1	2	3
Río - Estación	Concentraciones % en peso	
	Aguas bajas	Aguas altas
Turbio-Buena Vista	0.02	2.5
Turbio-Santa Rosa	0.45	1.85
Qda. Ruezga-Pte. Carretera	0.50	6.7
Qda. Cujisal-límite Lara-Yaracuy	0.25	----
Qda. Tacarigua-Vía Yaritagua	0.30	1.5
Guaremal-Sitio de Presa	0.0004	1.15
Turbio-Cabimba	0.03	2.5
Las Animas-Pte. Usidire	0.92	4.95
Qda. Sta. Lucía-Vía Yaritagua	-----	2.93

Adicionalmente se ha determinado la distribución de la concentración me dia del sedimento en suspensión a través del cauce del Turbio en fecha 26-6-68 de los

# CURVA DE SEDIMENTACION

RIO-EST. TURBIO - CABIMBA

AÑO 1968 MUESTREADOR (ES) \_\_\_\_\_

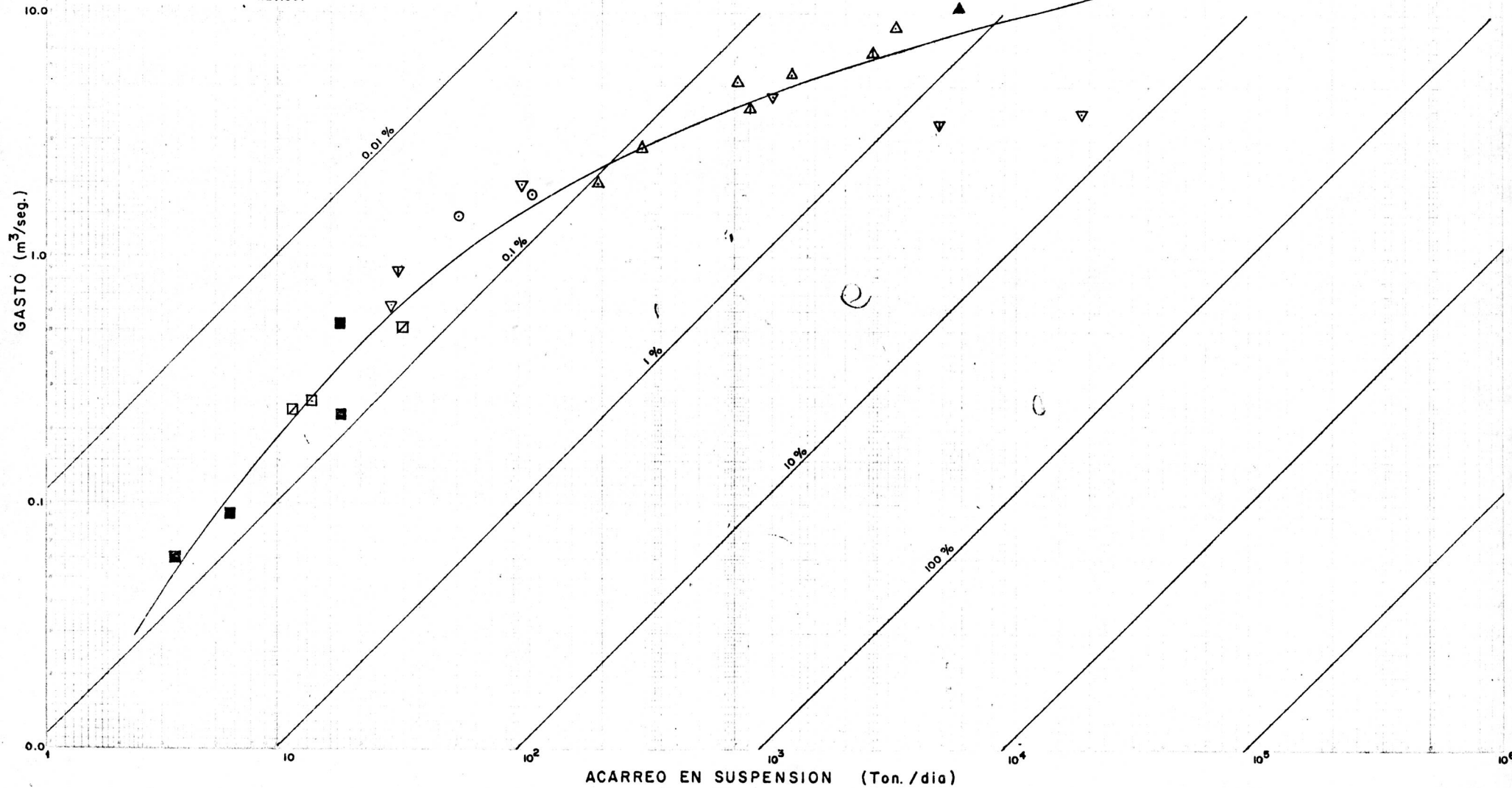
AREA DE LA CUENCA \_\_\_\_\_

## SIMBOLOGIA

□ ENE.	▽ ABR.	△ JUL.	○ OCT.
▣ FEB.	▼ MAY.	▲ AGO.	⊙ NOV.
■ MAR.	▽ JUN.	△ SEP.	● DIC.

TRAZO: \_\_\_\_\_

REVISO: \_\_\_\_\_



# CURVA DE SEDIMENTACION

RIO- EST. TURBIO - CABIMBA

AÑO 1968 MUESTREADOR (ES)

AREA DE LA CUENCA

## SIMBOLOGIA

□ ENE.	▽ ABR.	△ JUL.	○ OCT.
▣ FEB.	▼ MAY.	▲ AGO.	⊙ NOV.
■ MAR.	▽ JUN.	△ SEP.	● DIC.

TRAZO:

REVISO:

10.0

GASTO (m<sup>3</sup>/seg.)

1.0

0.1

0.0

0.01%

0.1%

1%

10%

100%

10<sup>2</sup>

10<sup>3</sup>

10<sup>4</sup>

10<sup>5</sup>

ACARREO EN SUSPENSION (Ton./dia)

# CURVA DE SEDIMENTACION

RIO - EST. TURBIO - CABIMBA

AÑO 1968 MUESTREADOR (ES) \_\_\_\_\_

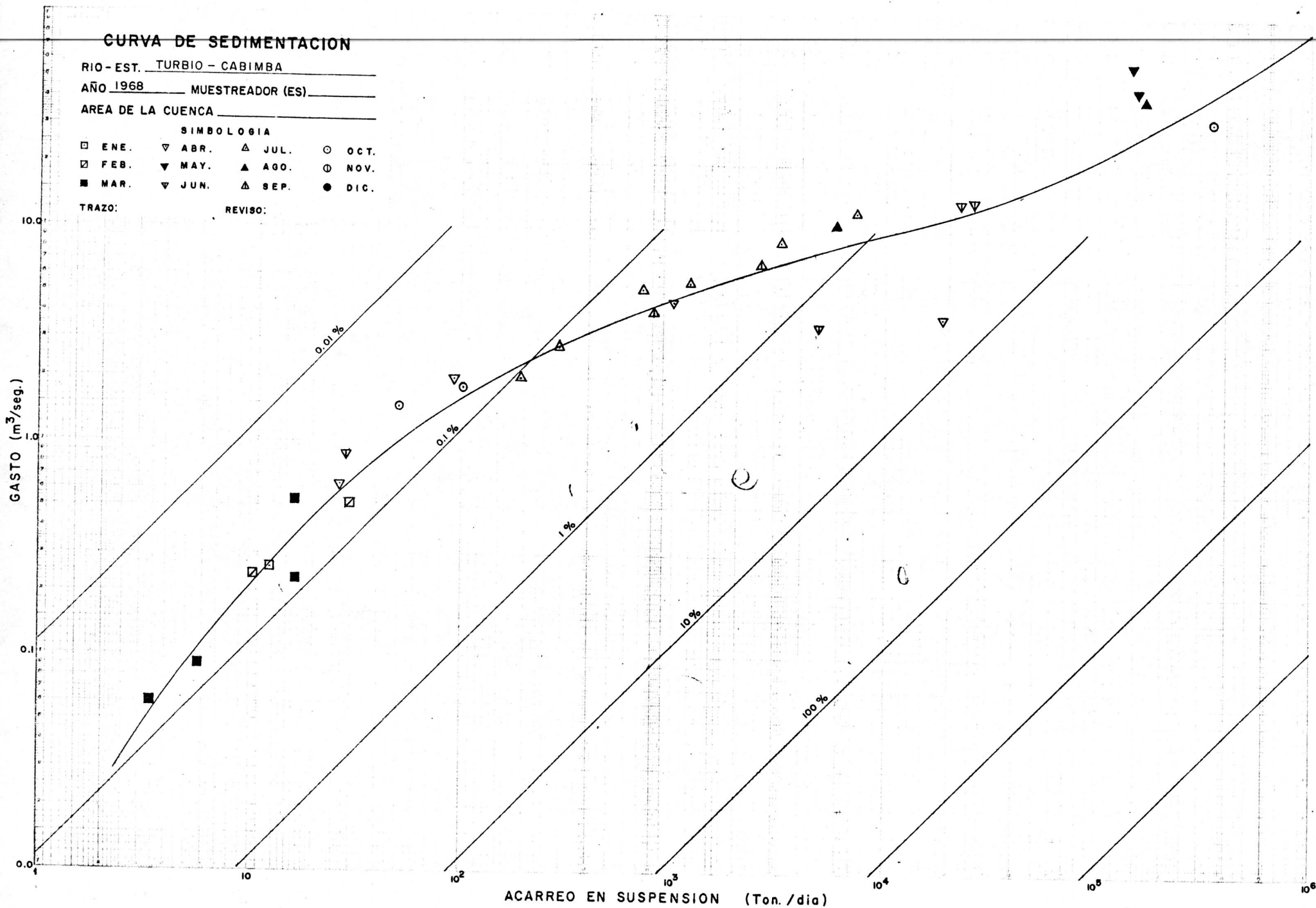
AREA DE LA CUENCA \_\_\_\_\_

## SIMBOLOGIA

□ ENE.	▽ ABR.	△ JUL.	○ OCT.
▣ FEB.	▽ MAY.	△ AGO.	○ NOV.
■ MAR.	▽ JUN.	△ SEP.	● DIC.

TRAZO: \_\_\_\_\_

REVISO: \_\_\_\_\_



diversos valores medidos en las estaciones indicadas en el mapa 1, destacándose del gráfico, las tendencias de las concentraciones a elevarse aguas abajo de las confluencias con las Quebradas Yaritagua y Guaremal. En el croquis esquemático -1- se indican los sitios de muestreo y las características morfológicas del cauce de la Quebrada Guaremal en el sitio de presa, junto con los resultados de los últimos aforos y muestreos realizados.

### CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS EN SUSPENSION

A objeto de establecer comparaciones entre el tipo y las características del sedimento en suspensión entre la Qda. Guaremal y el río Turbio, se muestran en el gráfico 2 las curvas granulométricas correspondientes al sitio de presa y Cabimba respectivamente, aunque los muestreos y análisis de los sedimentos del segundo corresponden a los períodos lluviosos en contraste con registrados en aguas bajas en Guaremal, es de observar una clara similitud en el carácter del sedimento fino en ambos casos, debe destacarse sin embargo que el gasto en Cabimba correspondiente al muestreo de esa fecha, es muy inferior al valor máximo registrado para ese año (junio 1966- 112 m<sup>3</sup>/seg). En el cuadro 3 se indican los datos correspondientes de análisis del sedimento en suspensión en la Qda. Guaremal, realizado en pipeta, un procedimiento similar se empleó para los ensayos de sedimentos en el río Turbio.

CUADRO 3

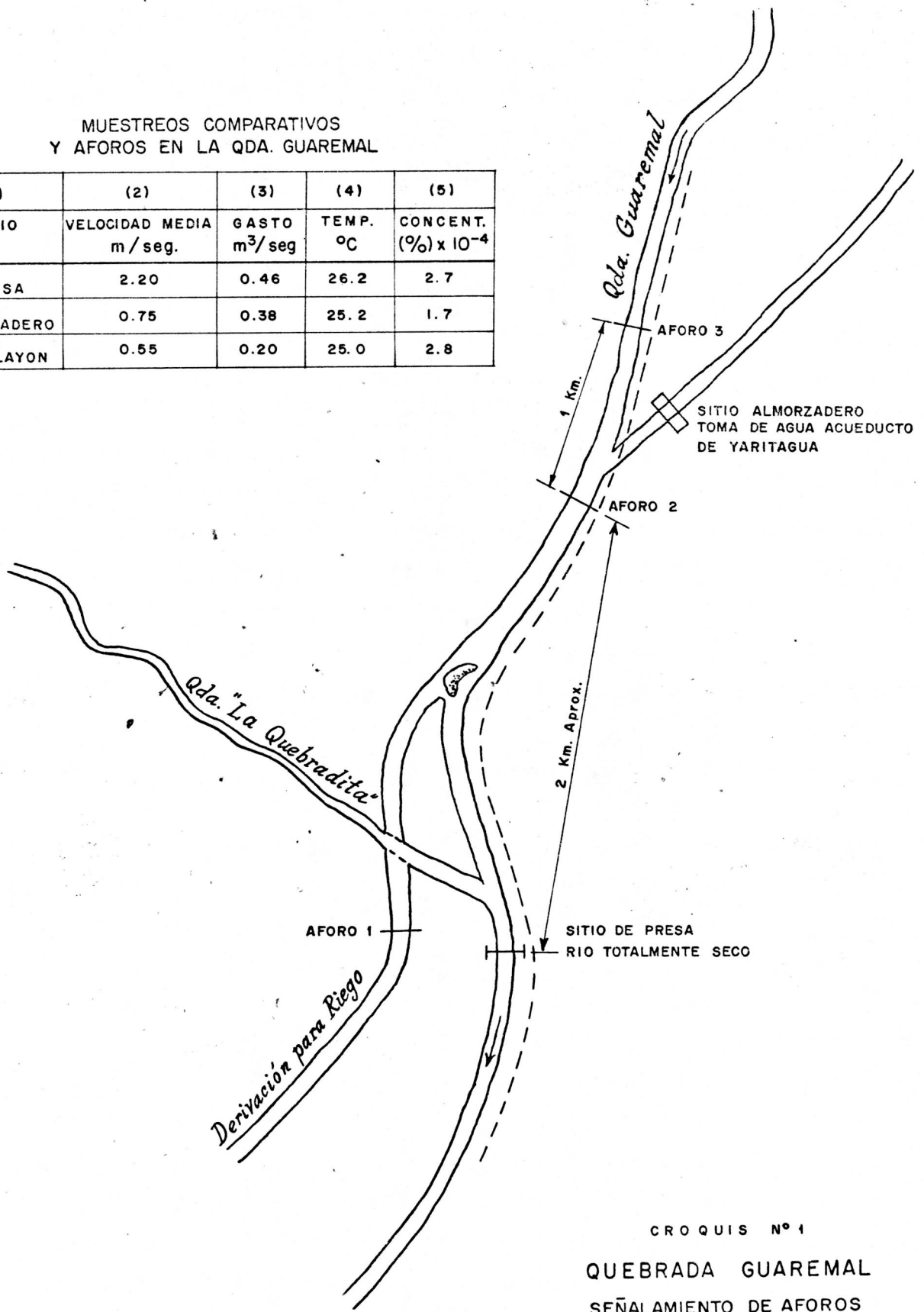
CARACTERISTICAS DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION. QDA. GUAREMAL 17-1969

1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha	Temp°C	Hora	T.Min.	Vel. (cm/seg) Z = 10 cm	Concent. %	Cs/Co x 100	Diam. (mm)
21-01-69	25,0	08:35'	0	0	0,0080	-	
"	"	08:35'30"	30"	0,333	0,0067	83,81	0,056
"	"	08:36'	1'	0,167	0,0046	57,5	0,040
"	"	08:40	5'	0,033	0,0022	27,5	0,018
"	"	08:50	15'	0,011	0,0015	18,8	0,0105
"	"	10:05'	60'	0,003	0,0010	12,5	0,0058
"	"	11:35'	3h	0,001	0,0008	10,0	0,0035
21-01-69	26,5	15:35'	7h	0,0004	0,0002	2,5	

La curva de sedimentación del río Turbio en Cabima para el primer año de registros se muestra en el gráfico 3. Simultáneamente con las características granulométricas observadas para el sedimento en suspensión, su mecanismo de transporte, la concentración y el caudal medido se han obtenido los valores correspondientes indicados en el cuadro 4, explícito de por sí.

MUESTREOS COMPARATIVOS  
Y AFOROS EN LA QDA. GUAREMAL

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
SITIO	VELOCIDAD MEDIA m/seg.	GASTO m <sup>3</sup> /seg	TEMP. °C	CONCENT. (%) x 10 <sup>-4</sup>
1 PRESA	2.20	0.46	26.2	2.7
2 ALMORZADERO	0.75	0.38	25.2	1.7
3 EL PLAYON	0.55	0.20	25.0	2.8



CROQUIS N° 1

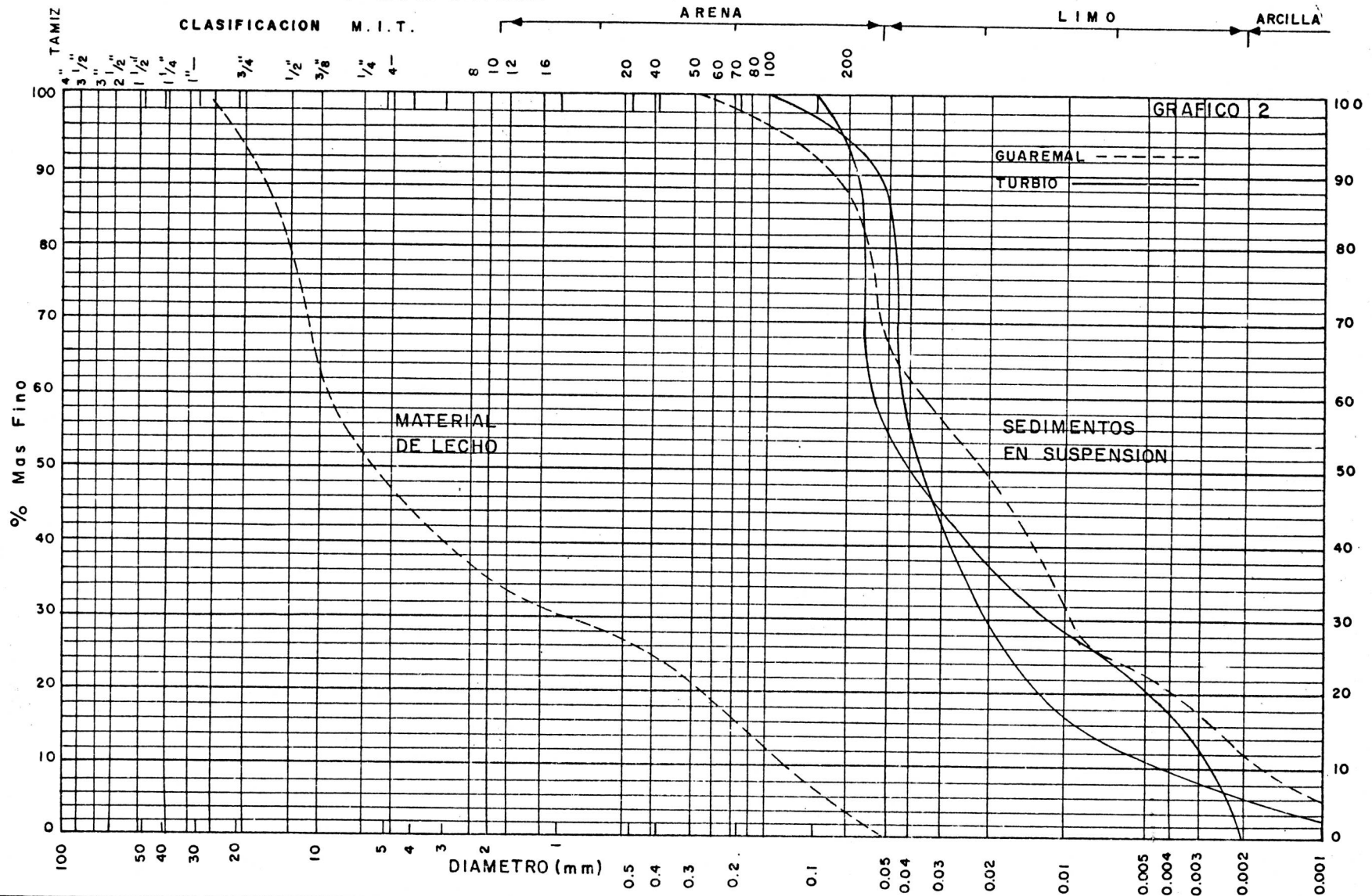
QUEBRADA GUAREMAL

SEÑALAMIENTO DE AFOROS

Y MUESTREOS

### GRANULOMETRIA DE SEDIMENTOS

AÑO: 1968- RÍO- EST. TURBIO- CABIMBA DTO.-ZONA 1-1 MUESTREADOR: USD-49 METODO: PIPETA  
1969 GUAREMAL- ST. PRESA



FECHA	% PESO	Q(m <sup>3</sup> /seg)	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	FECHA	% PESO	Q(m <sup>3</sup> /seg)	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	FECHA	% PESO	Q(m <sup>3</sup> /seg)	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
ENE. 17, 1969				26%	63%	11%	MAY.							SEP.						
FEB.							JUN.							OCT.						
MAR.							JUL. 29, 1968	0.797	12.1		35%	65%		NOV.						
ABR.							AGO. 8, 1968	0.747	10.6		17.5%	77.5%	5.5%	DIC.						

DATOS GUAREMAL

DATOS TURBIO

DH - S 10

CUADRO 4

CARACTERISTICAS DEL TRANSPORTE EN SUSPENSION RIO TURBIO-CABIMBA . AÑO 1968

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fecha	Gasto	Conc.media % en peso	Acarreo en suspensión (Ton/día)					% Error
			Interpolado	Extrapolado	Arena	Limo	Arcilla	
29-7-68	12,1	0.797	10500	8.935	2.915	5413	--	15
8-8-68	10,6	0.747	8100	6.903	1.173	5349	380	14,8

ACARREO DE CRECIENTES

El arrastre sólido anual con la Quebrada Guaremal, esta influenciado por la magnitud de crecientes determinadas por la ocurrencia de intensas precipitaciones y favorecido por las altas pendientes y la elevada rata de suministro de material denudable desde los tributarios.

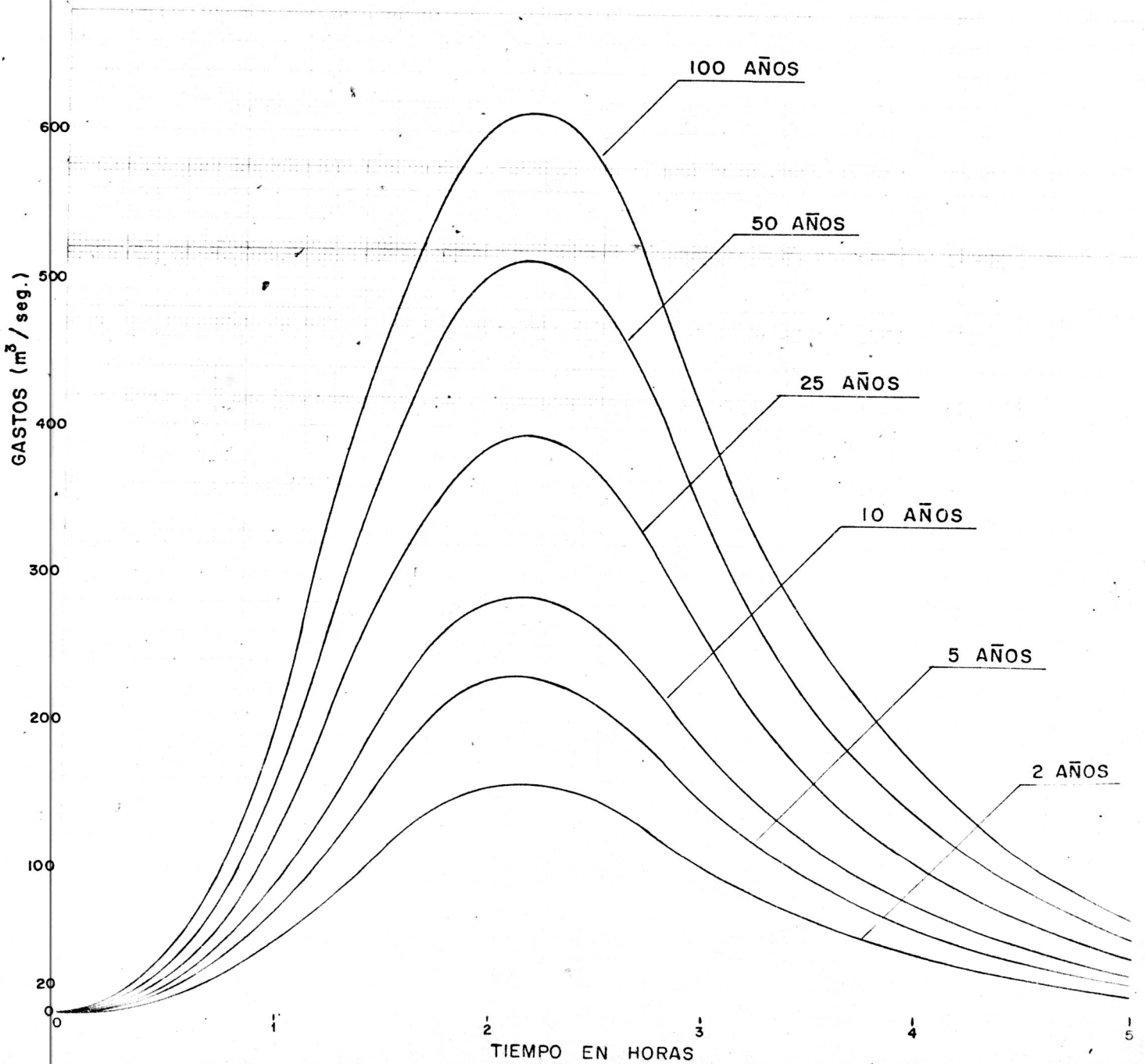
El método sintético de C.O. Clark, ha sido empleado por el grupo de estudios hidrológicos de esta División, para definir los hidrogramas probables totales generados en la cuenca por tormentas con diferentes períodos de retorno (gráfico 4).

En el cuadro 5 se indican valores estimados del acarreo en suspensión para las mencionadas tormentas de diseño, supuestos valores medios para la concentración del sedimento en suspensión, de acuerdo a los valores medidos hasta ahora en el sitio de presa.

GRAFICO 4

HIDROGRAMAS TOTALES  
RIO GUAREMAL EN YARITAGUA

SEGUN GRUPO DE ESTUDIOS  
DIVISION DE HIDROLOGIA



CUADRO 5

ACARREOS PROBABLES EN SUSPENSION, SUB-CUENCA RIO GUAREMAL AREA = 52 Km<sup>2</sup>

1	2	3	4	5	6
Período de retorno de la tormenta (años)	Pico m <sup>3</sup> /seg.	Volumen x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Conc. media % peso	Acarreo en suspensión x 10 <sup>4</sup> Ton.	Rendimiento Ton/Km <sup>2</sup>
5	225	2,0	0.5	1.0	190
25	390	3,5	1.5	3.7	710
50	500	3,4	2.5	8.5	1630
100	600	5,4	5.0	27	5200

PESOS UNITARIOS

Los pesos específicos (G) determinados para los sedimentos más finos (d < tamiz 10) corresponden a valores normales encontrados en la mayoría de otros ríos del país, pero en relación a los del río Turbio en Cabimba, son muy inferiores. El peso unitario del sedimento sumergido calculado de la relación  $(G - 1/1 + e) \gamma_w$  conduce a valores de 930 Kg/m<sup>3</sup> siendo  $\gamma_w$  el peso unitario del agua (10<sup>3</sup> Kg/m<sup>3</sup>) - e - el índice de vacío del sedimento (volumen vacío/volumen sólido en %) adoptándose el valor 0.80 como aceptable para un tipo de material con granulometría como la mostrada por los materiales acarreados en suspensión por la Qda. Guaremal.

CONCLUSIONES

- 1 Se adoptan tentativamente los siguientes valores medios anuales para el transporte de sedimentos en la Quebrada Guaremal en el sitio de presa.

Rendimiento medio anual en suspensión .....	1200 ton/km <sup>2</sup> /año
Concentración media anual del sedimento en suspensión.....	1 % en peso
Acarreo lecho/acarreo suspensión .....	20%
Peso unitario del sedimento .....	950 kg/m <sup>3</sup>
Acarreo crecientes/acarreo medio anual .....	90%

- 2 De la forma del diseño de drenaje de la hoya y de la existencia de playas e islas a través del cauce principal puede inferirse que el mismo presenta características de agradación intensiva, con importantes aportes sólidos por parte de los tributarios.
- 3 Los análisis de laboratorio demuestran que el material de lecho esta formado por una mezcla heterogénea de materiales cuyos diámetros varían de gravas hasta finos en bajo porcentaje ( cuadro 2 ).
- 4 Características de los sedimentos de lecho y suspensión se muestran en los gráficos y cuadros del cuerpo del informe.
- 5 Del muestreo sistemático efectuado en las estaciones sobre el Turbio en fecha 26-7-68 se observa una notable tendencia de las concentraciones a elevarse aguas abajo de las confluencias de las Quebradas Yaritagua y Guaremal, estas podrían contribuir a aumentar las concentraciones en esos tramos.
- 6 Notables analogías en las características granulométricas de los sedimentos en suspensión de Guaremal y Turbio en Cabimba se han encontrado. Las discrepancias en los valores de pesos específicos podrían explicarse por probables diferencias mineralógicas en los constituyentes del sedimento.
- 7 En el cuadro 5 se indican valores probables del rendimiento del sedimento en suspensión para tormentas con diferentes períodos de retorno deducidas mediante métodos sintéticos por el grupo de estudios de esta División.

## RECOMENDACION

La zona 1 del Distrito Hidrológico 1 tiene bajo su responsabilidad la recabación de los datos ( muestreos y aforos ) en el sitio de presa. Se ha hecho ver la importancia de determinar las características del transporte en crecientes así como definir mejor las relaciones acarreo-escurremientos en el sitio mediante curvas de gastos y sedimentación. Simultáneamente con el desarrollo de este trabajo se coordina con la División de Planeamiento al levantamiento de perfiles y del lecho de la Qda. Guaremal en los sitios de galdofos para observar su efectividad en regular la distribución y atenuar el transporte sólido a través del cauce, y lo cual será objeto de un trabajo posterior.

David Pérez Hernández