



# Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables

TECNICAS HIDROLOGICAS MODERNAS  
DE MEDICION EN EL RIO ORINOCO



Caracas, Enero 1983  
Serie Informes Técnicos  
DGSIIA/IT/118

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
Dirección General de Información e Investigación del Ambiente

TECNICAS HIDROLOGICAS MODERNAS DE MEDICION  
EN EL RIO ORINOCO

Caracas, Enero de 1983  
Serie Informe Técnico DGSIIA/IT/118.

# I N D I C E

	Pág.
1. INTRODUCCION .....	1
2. COMPLEJIDAD DEL SISTEMA HIDRO-FISICO. CUENCA DEL RIO ORINOCO .....	3
3. METODOLOGIA DE LAS MEDICIONES Y CONTENIDO DE LAS PUBLICACIONES. ....	7
4. MEDICIONES RECIENTES (1982) .....	10
5. PROGRAMAS DE MEDICION E INVESTIGACION .....	16
6. AGRADECIMIENTOS .....	19
7. RESUMEN .....	19
8. BIBLIOGRAFIA .....	20

# INDICE DE GRAFICOS, TABLAS, CROQUIS Y FIGURAS

## GRAFICOS

	N°
EL SISTEMA SIMPLIFICADO DE SUMINISTRO (S) Y TRANSPORTE DE AGUAS Y SEDIMENTOS EN LA CUENCA DEL RIO ORINOCO .....	1
PRIMER AFORO DEL RIO ORINOCO EN MUSINACIO 13/14-4-69 .....	2
DISTRIBUCION DE LAS CONCENTRACIONES, EL TRANSPORTE SOLIDO Y CAMPO DE VELOCIDADES Y TIPO DE SEDIMENTO SUSPENDIDO EN LA SECCION FLUVIAL DE MUSINACIO .....	3
CURVA DE SEDIMENTACION DEL RIO ORINOCO EN MUSINACIO PERIODO 1969-1975 Y COMPARACION CON DATOS DEL USGS .....	5
DISTRIBUCIONES GRANULOMETRICAS DE DIFERENTES MUESTRAS DE SEDIMENTOS (MATERIAL DEL LECHO) EN EL RIO ORINOCO Y PARAMETROS ESTADISTICOS TIPICOS .....	6

## TABLAS

CONCENTRACIONES EXTREMAS Y PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DETERMINADAS PARA LAS AGUAS DEL RIO ORINOCO Y SUS MAS IMPORTANTES TRIBUTARIOS .....	1
--	---

## CROQUIS

VARIANTE DEL PROCEDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO MEDICIONES SIMULTANEAS DE LOS ANGULOS B Y B'	
---	--

# TECNICAS HIDROLOGICAS MODERNAS DE MEDICION EN EL RIO ORINOCO

## 1. INTRODUCCION

En la medida en que avanza el desarrollo de los pueblos y se produce un incremento de la población, la necesidad apremiante de un mejor conocimiento de los recursos naturales y en especial del agua, ya sea en su aspecto cuantitativo como cualitativo, así como en lo referente a su distribución espacio-temporal, se hace más imperioso y necesario para planificar su uso y aprovechamiento de un modo racional. Esta es una realidad palpable en países que quizá con recursos más limitados que el nuestro, han afrontado en el pasado y están acometiendo actualmente, tareas orientadas a no enfrentar a restricciones y limitaciones en sus futuros planes de desarrollo, ni encontrar factores de retraso que limiten y estrangulen el desenvolvimiento socio-económico, comunicacional, de suministros y muchos otros vinculados a sus usos y manejos.

Esto tiene mayor vigencia en países como Venezuela, que teniendo cuantiosos y dispersos cuerpos de agua en su territorio, se ve ante los países desarrollados, frente a la perspectiva de escalar un nivel que lo lleve a alcanzar un mayor grado de autonomía económica y tecnológica, lo cual como es bien conocido de los planificadores, son metas que no pueden alcanzarse si se carece de un cabal conocimiento y dominio sobre sus propios recursos, así la vulnerabilidad, grado de dependencia y debilidad económica de Venezuela será mayor, en tanto solo se dependa de un solo renglón de producción que si bien es capaz de suplir recursos económicos cuantiosos, representa una fuente energética de alto valor y, ser materia prima para un sin número de productos industriales, no ha contribuido como sería lo deseable, a acelerar otras actividades relacionadas con el desarrollo, siendo acá donde el recurso hídrico cobra una prominente significación. Pero ello no descarta que la utilización de ambos en un futuro, sea la clave del despegue y afianzamiento del desarro-

llo del país, especialmente si se considera que un alto potencial de nuestras reservas de petróleo pesado, se localizan en áreas adyacentes al canal del Río Orinoco, disponiéndose así no solo de los recursos del subsuelo (petróleo y minería de la Guayana o países limítrofes), sino de la vía más expedita de comunicación y transporte, de una fuente alterna de generación de hidroenergía (utilizada en un bajísimo porcentaje de su capacidad máxima), como elemento de suministro inmediato de agua para los futuros polos de desarrollo agro-industriales que allí se establezcan y finalmente, como una reserva potencial de agua y medio hidroecológico, cuya existencia y valor ha sido poco interpretada y reconocida hasta el presente en su valor real.

El problema de manejar el recurso hídrico empieza y no parece terminar nunca; apareciendo en el transcurrir del tiempo mayores conflictos, más serías limitaciones y la necesidad de un mayor cúmulo de conocimientos sobre el medio físico-natural, del cual los cuerpos de agua son elementos esenciales y ese conocimiento se hace apremiante, tanto en la fase de evaluación y diagnóstico de su potencial, como a partir del mismo instante en que se inicia su utilización; en otras palabras, la recabación de datos e información debe ser sistemática, continua, bien estructurada y extendida a través de largos períodos.

Dada la extensión de la cuenca hidrológica con cerca de 1 millón de km<sup>2</sup> y la longitud y magnitud del rendimiento líquido del Río Orinoco que lleva a catalogarse como uno de los más grandes ríos del planeta, ella además del propio sistema de drenaje, presenta un enorme interés desde el punto de vista hidrológico, hidráulico, geológico, sedimentológico, hidrogeoquímico y ecológico-ambiental.

El propósito de este informe es hacer una justificación de la realización de investigaciones y mediciones interdisciplinarias en este río y sus mayores tributarios, describir las prácticas y métodos de medición realizadas anteriormente por diversas instituciones, mostrar los procedimientos y técni-

cas en operación y medición\* utilizadas recientemente, especialmente de hidroquímica, sedimentos y caudales líquidos, las cuales fueron realizadas durante tres campañas de campo, efectuadas en el presente año (1982), en cooperación con técnicos del USGS de los Estados Unidos, divulgándose resultados parciales de las mediciones realizadas.

2. COMPLEJIDAD DEL SISTEMA HIDRO-FISICO. CUENCA DEL RIO ORINOCO.

Tratándose de una cuenca tan extensa, con naturaleza tan variada de las formaciones geológicas superficialmente expuestas, las notables variaciones climáticas en los diferentes sectores, la diversidad en el relieve y topografía, así como la heterogénea cobertura vegetal, las actividades de investigación a ser desarrolladas y las mediciones que se programen en el futuro con miras a definir la caracterización y el comportamiento de la cuenca y en especial del propio Río Orinoco, debe tratarse tengan un carácter interdisciplinario y si es posible, realizadas de modo que sea a través de la integración del conocimiento de distintos especialistas, como se formulen objetivos que conduzcan a lograr más eficientemente, las respuestas a planteamientos relativos al aprovechamiento de sus recursos, especialmente del agua.

Esto posee además una evidente ventaja desde el punto de vista económico, evitándose dispersión de esfuerzos y utilización más racional de los medios disponibles para acometer dichas actividades.

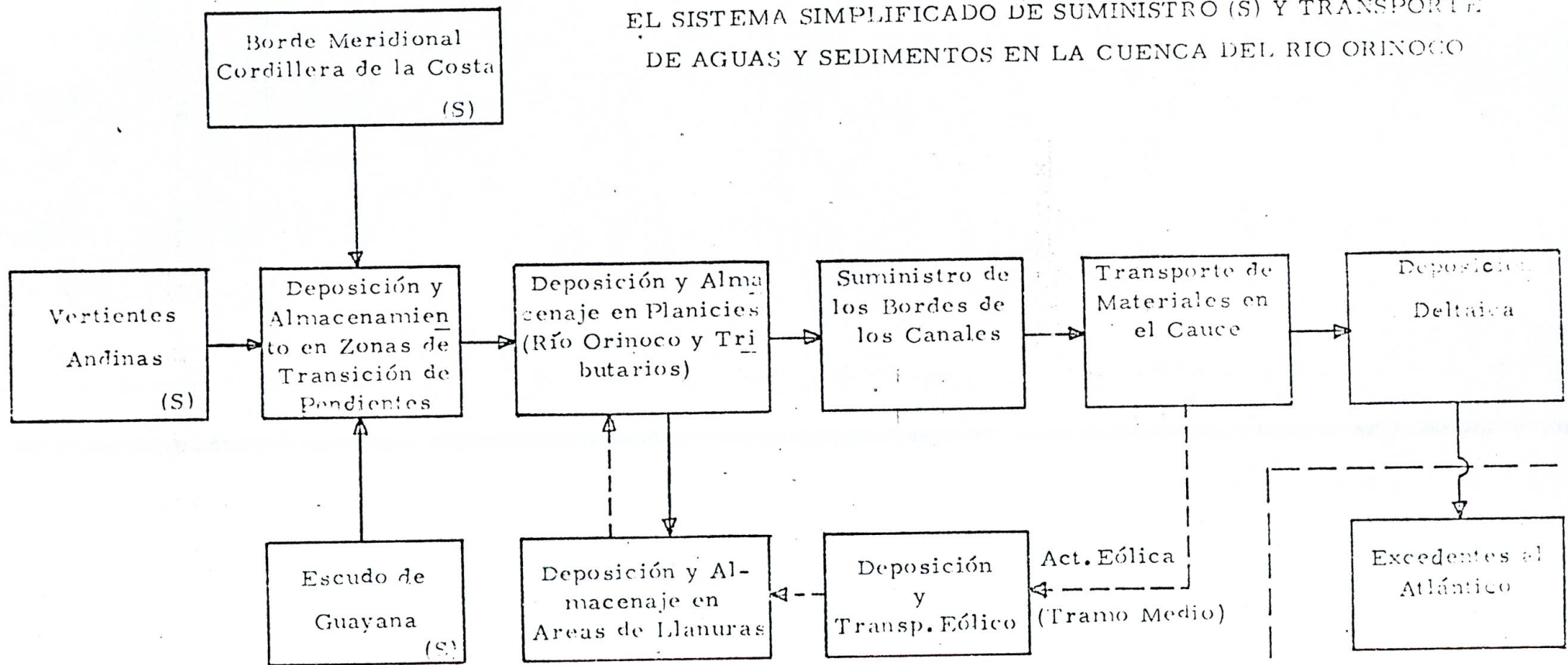
Nosotros estamos interesados particularmente en los procesos del ciclo hidrológico y mecanismos vinculados directamente a los fenómenos de transferencia de masas de agua y sedimentos tanto disueltos como suspendidos, además de aquellos que los regulen, ya sea acelerando las ratas de suministro o

---

\*Se complementará con una corta película sobre las experiencias de campo y de laboratorio.

GRAFICO N° 1

EL SISTEMA SIMPLIFICADO DE SUMINISTRO (S) Y TRANSPORTE DE AGUAS Y SEDIMENTOS EN LA CUENCA DEL RIO ORINOCO



alterándolos.

La cuantificación del recurso hídrico y su distribución espacial es de primordial importancia en las fases iniciales de una planificación y su definición permite precisar las ratas de denudación, aportes sólidos y rendimientos hídricos de subcuencas y áreas particulares; de otra parte, es necesario vincular estos aspectos con el ambiente geoquímico, la geología, vegetación, topografía y factores climáticos, de forma que sea posible evaluar por ejemplo, el papel del Río Orinoco y sus tributarios como contribuyentes al ciclo global de meteorización y como fuente de suministro tanto de masas de agua como de sólidos al océano, diagnosticar la naturaleza química actual de las aguas bajo condiciones de un mínimo grado de perturbación dentro de los grandes sistemas fluviales del trópico Americano y, predecir los efectos que la intervención humana representada en obras de infraestructura hidráulica o fluviales, pueden determinar positiva o negativamente sobre su futuro comportamiento, especialmente tratándose de aquellas de gran magnitud, que puedan ejercer un alto impacto ambiental.

Con el propósito de mostrar la interrelación entre las diferentes áreas aportadoras al canal natural y la ocurrencia de procesos determinantes de la evolución de estructuras hidrogeomorfológicas, se muestra en el gráfico N° 1 un modelo simplificado que define las principales áreas de suministro, los ambientes y zonas deposicionales afectadas por procesos tanto de origen fluvial como eólico y finalmente el destino final de los excedentes.

Este sistema es activado fundamentalmente por la precipitación que evidencia una alta variabilidad sobre la cuenca.

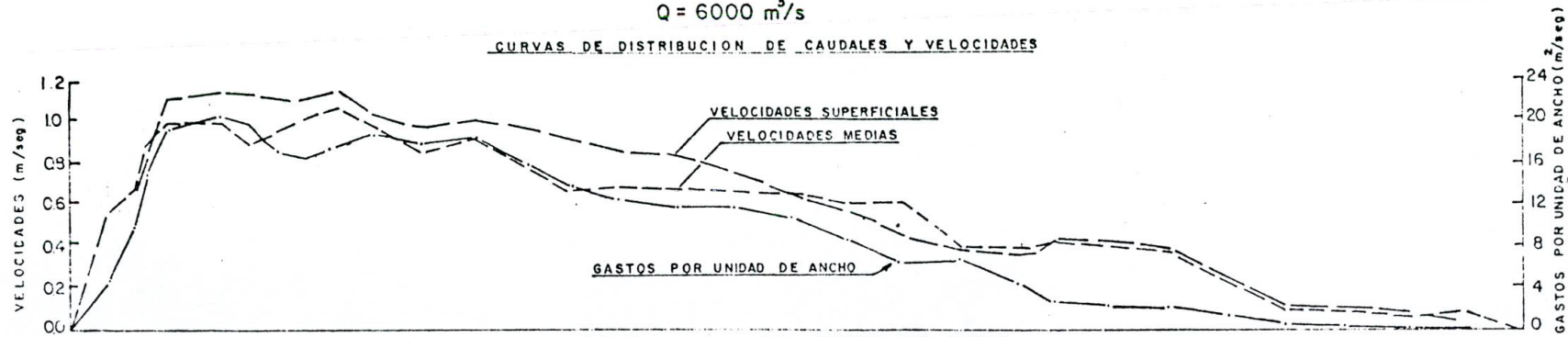
Con el propósito de contribuir a mejorar el conocimiento de este sistema particularmente en el aspecto hidrológico y de la hidráulica del canal del Río Orinoco, se inició un programa de mediciones a partir de 1968 cuando la División de Hidrología del MOP, estableció diversas estaciones en tributa--

# GRAFICO N° 2

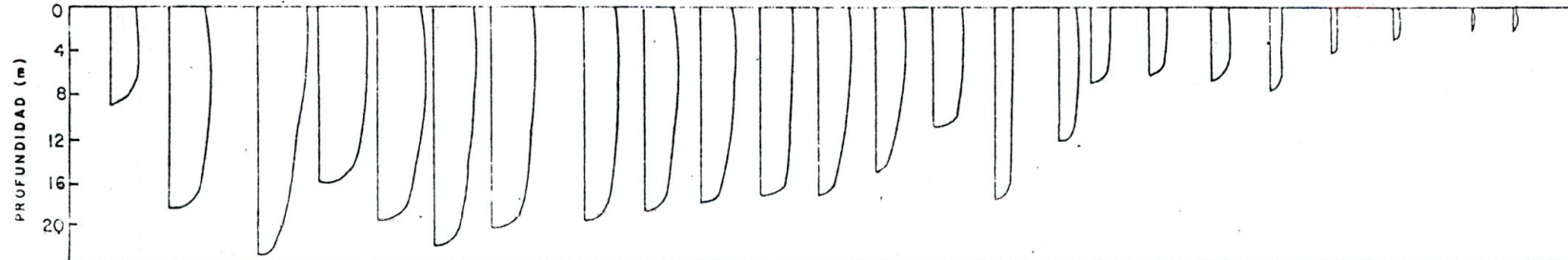
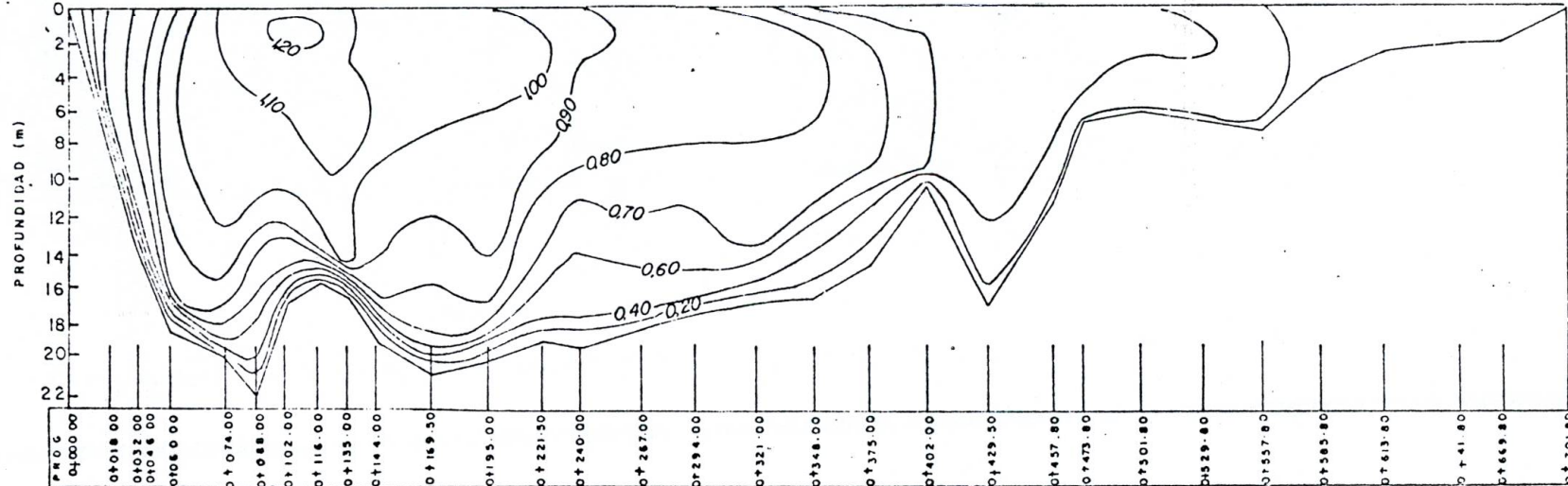
PRIMER AFORO DEL RIO ORINOCO-MUSINACIO 13-14/4/69

$Q = 6000 \text{ m}^3/\text{s}$

CURVAS DE DISTRIBUCION DE CAUDALES Y VELOCIDADES



ISOTACAS Y SECCION TRANSVERSAL DEL CAUCE



PERFILES DE DISTRIBUCION VERTICAL OF VELOCIDADES

ESCALA  
m/seg

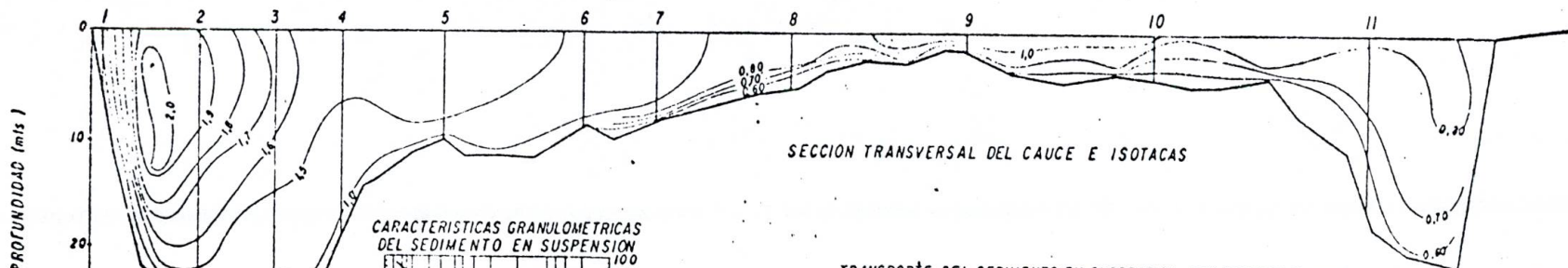
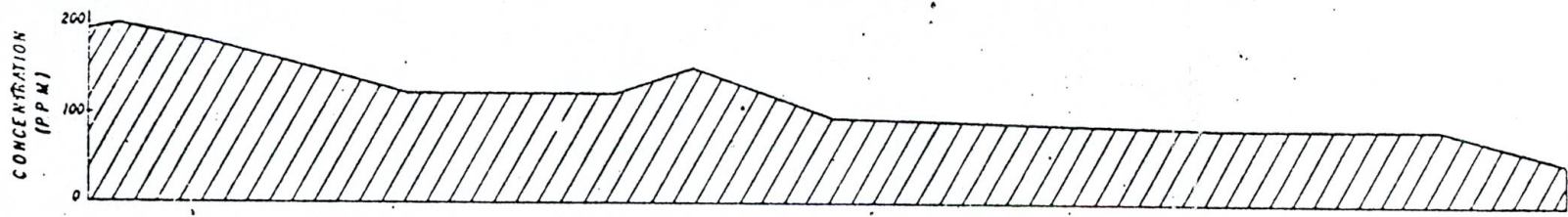
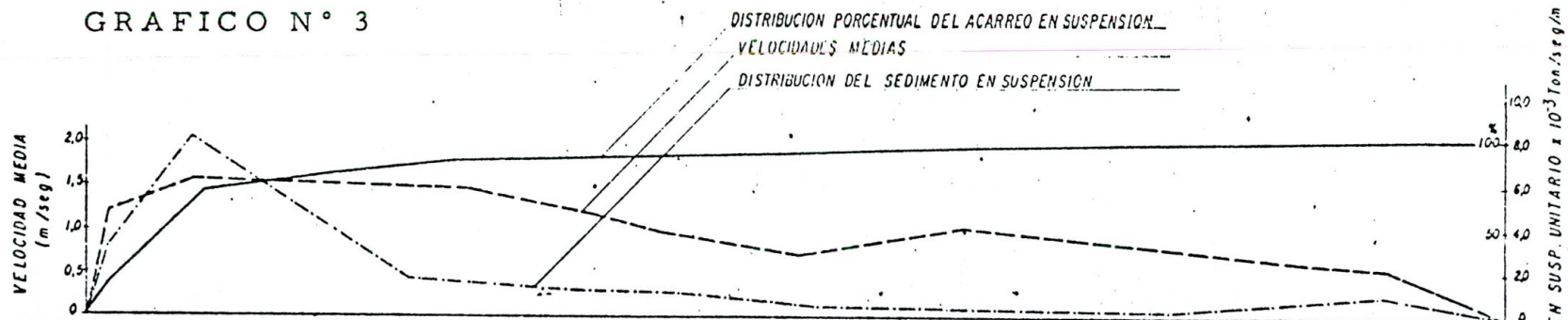
rios y el propio canal del Orinoco, lo que condujo a la recopilación, síntesis y publicación de trabajos especiales conocidos como "mediciones en ríos grandes de Venezuela".

### 3. METODOLOGIA DE LAS MEDICIONES Y CONTENIDO DE LAS PUBLICACIONES.

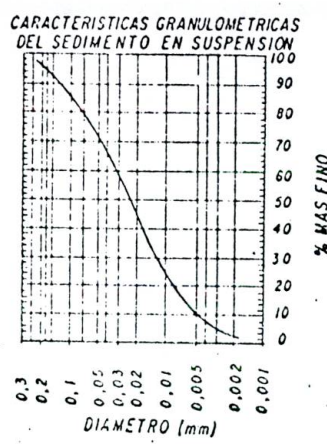
Introducirse en la medición de los ríos grandes de Venezuela fue una experiencia que precisó de la adopción de técnicas operativas y procedimientos distintos a los empleados en forma rutinaria en otros ríos con los cuales los profesionales y técnicos de la División de Hidrología, estaban familiarizados.

Después de seleccionada la sección fluvial más apropiada por sus características geométricas, alineamiento, facilidades de acceso y objetivos propios de la medición de caudales sólidos-líquidos, el procedimiento para el posicionamiento en las verticales de medición variaba según se tratara de ríos con anchos moderados a los de mayor ancho y profundidad como el Orinoco. En los primeros, la extensión de una cuerda de nylon ( $d = 3/8"$ ) de margen a margen con apoyos en lanchones o pequeños botes en puntos intermedios para evitar la catenaria desarrollada por la cuerda, permitían fijar el lanchón en la vertical a ser medida, este soportaba el personal (peso  $\pm 350-400$  Kg, superficie  $4 \text{ m}^2$ ) y el equipo requerido, para medir velocidades y captar muestras de agua para análisis físico-químicos. La separación de las verticales se hacía, tratando de que a través de las sub-secciones elegidas se produjesen descargas iguales. Las determinaciones de las velocidades en forma puntual a distintas profundidades en la vertical (10-20% de la profundidad total), permitió dar una visión objetiva del campo de velocidades en la sección transversal, además de determinarse la distribución de los caudales unitarios ( $\text{m}^2/\text{seg}$ ) y de las velocidades medias ( $\text{m}/\text{seg}$ ). El sedimento suspendido se capta en forma integrada o puntual, dependiendo de las características del canal y la distribución de la concentración, no siendo esto difícil en los de profundidades moderadas ( $< 20 \text{ mt}$ ). En caso de mayores profundidades era necesario la utilización de distintas boyas ancladas al lecho mediante pesos muertos de 4500 kg en la sección, como la del Orinoco-Musinacio ( $h_{\text{max}} = 35 \text{ m}$ ), con lo cual se facilitaba el posicionamiento. Estas boyas sin embargo, eran de elevado costo y su estabilidad en un lecho arenoso sujeto a degradación al subir los niveles del flujo era limitada,

GRAFICO N° 3



SECCION TRANSVERSAL DEL CAUCE E ISOTACAS



TRANSPORTE DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION-RIO ORINOCO EN MUSINACIO - NOVIEMBRE 1959  
CAUDAL = 34 300 m<sup>3</sup>/seg ACARREO EN SUSPENSION = 366000 Ton/dia AREA DE LA CUENCA = 790 000 Km<sup>2</sup>

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
VERT	PROGRE	PROFUND	CONCENT	VELOCID	GASTO	ACARRUNIT	ANCHO	ACARREO	ACARR EN	ACARREO
Nº	(m)	(m)	(PPM)	(m/seg)	(m <sup>2</sup> /seg)	Ton/seg	(m)	Ton x 10 <sup>-3</sup> seg	Ton x 10 <sup>-3</sup> seg	(%)
1	0+40	11,00	200	1,38	15,20	3,04	128,5	390	390	
2	0+217	27,85	180	1,63	45,46	8,18	154	1260	1650	3,9
3	0+348	23,60	—	1,57	37,05	—	—	—	—	—
4	0+472	18,84	130	1,50	28,26	3,67	284	1045	2695	63,5
5	0+661	10,67	110	1,49	15,90	1,75	255	394	3069	72,5
6	0+982	8,38	110	1,32	11,06	1,22	240	300	3369	80,0
7	0+1153	7,04	150	0,98	6,90	1,04	170	177	3588	84,6
8	0+1323	5,03	150	0,72	3,62	0,543	243,5	132	3588	84,6
9	0+1640	3,23	90	1,01	3,26	0,293	374,5	111	3805	91,0
10	0+2060	4,45	80	0,75	3,33	0,266	387	133	3912	92,5
11	0+2415	17,71	60	0,65	11,54	0,923	353	326	4233	100,0
TOTAL							2600			

estando propensas a desplazarse o ser arrastradas, cuestión que incidió posteriormente en el rezagamiento de las mediciones en este río, al no existir disponibilidad presupuestaria que contemplara dar continuidad a labores de mantenimiento y medición.

En estas estaciones sin embargo, se establecieron limnímetros cuyo permanente control permitió dar continuidad y evaluar curvas de gastos, hidrogramas y rendimientos líquidos de las áreas contribuyentes, esto se culminó con la edición de una segunda publicación de la División de Hidrología donde aparecen estos aspectos referidos a más de 60 secciones de ríos grandes del país.

En cualquier caso, estos trabajos han servido para ayudar a reprogramar mediciones en fecha reciente y su calidad como se verá luego, ha sido confirmada a través de los recientes programas de medición.

#### 4. MEDICIONES RECIENTES (1982).

Recientemente dos aspectos relacionados con el aprovechamiento futuro del Río Orinoco como son la navegación y generación de hidroelectricidad han reforzado la idea de reactivar las mediciones hidrológicas y ello se ha llevado a cabo bajo contrato a través de la Comisión de Estudios para el Proyecto Orinoco, con el personal del U.S.G.S. de E.E.U.U. quienes han realizado conjuntamente con el personal de POA y la D.G.I.I.A. tres campañas de medición correspondientes a aguas mínimas, medias y altas en el tramo fluvial comprendido entre Puerto Ayacucho y Ciudad Bolívar, además de realizarse algunas mediciones hidrológicas en los principales tributarios del Río Orinoco. Dentro de los objetivos del programa se ha perseguido lograr una visión general y preliminar del comportamiento hidrológico y la mecánica fluvial del río, la importancia de sus contribuyentes como aportadores de caudales sólido-líquidos, estudiar "in situ" estructuras fluviales a través de observaciones directas de campo y levantamientos batimétricos de las formas sedimentarias en el canal y en especial, experimentar la aplicabilidad de nuevas técnicas e instrumentos de uso futuro en la medición de grandes ríos.

El posicionamiento y estabilidad en la vertical de la embarcación que

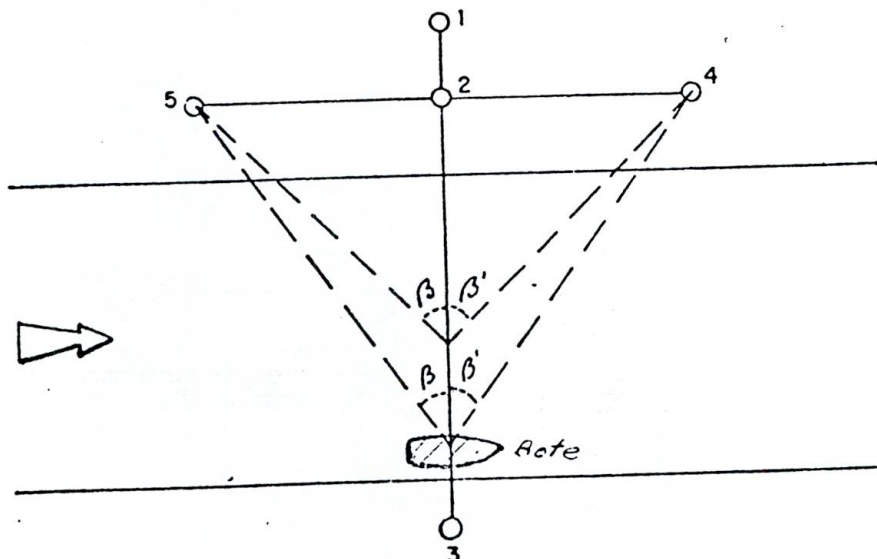
ha sido el mayor problema confrontado de las prácticas rutinarias, se ha solventado utilizándose una gabarra de 185 T. (La Duida), la cual se acondicionó y equipó para pernoctar la tripulación y realizar los procedimientos de preparación de las muestras de sedimentos y algunos análisis hidroquímicos.

El posicionamiento en la sección se ha facilitado empleando el sextante, instrumento usado para medir ángulos horizontales mediante el cual empleando señalamientos laterales a distancias definidas de la sección transversal de aforo prefijada, permite al utilizar simples relaciones trigonométricas, establecer la posición de la embarcación sobre la sección (Ver Figura A)

En las últimas campañas de medición se ha introducido un equipo de microondas (Mini-Ranger) para precisar el posicionamiento de la embarcación en la Sección de Aforo. Ello se logra colocándo dos trisponders, uno sobre la propia margen en la sección (control en la dirección X) y otro colocado aguas arriba ó aguas abajo para definir el desplazamiento en la dirección del flujo (dirección y), lo que permite realizar las correcciones en la velocidad media en la vertical, debido al desplazamiento de la embarcación, donde mediante un monitor se registran las señales emitidas desde los trisponders durante los lapsos en que se registran las mediciones.

FIGURA "A"

UNA VARIANTE DEL PROCEDIMIENTO DE POSICIONAMIENTO UTILIZANDO MEDICIONES SIMULTANEAS DE LOS ANGULOS  $\beta$  Y  $\beta'$  (IGUALES)



Las variantes más significativas respecto a nuestros esquemas además de utilizar una gran embarcación se refieren al ensamblaje y disposición de los instrumentos para la medición de la velocidad, la profundidad y el muestreo integrado en la vertical que se realiza simultáneamente, empleando un winche hidráulico de gran capacidad de soporte y de reciente diseño por parte de los técnicos del U.S.G.S. Un perfilaje del lecho con ecosonda ayuda a definir formas de fondo durante las fases de medición, este es un importante aspecto geométrico del canal desde el punto de vista de la resistencia hidráulica en los contornos del canal natural y la investigación de formas de lechos aluviales, la cual es útil para hacer correcciones y predicciones de relaciones hidráulico-geométricas.

Durante este proceso no se definen velocidades puntuales, obteniéndose solamente la media en la vertical a través de una integración en la profundidad, pero la mayor ventaja se logra con la introducción de un muestreador de sedimentos de gran capacidad utilizado hace más de 50 años en el Río Columbia y posteriormente en el Río Amazonas que no tiene las restricciones de los conocidos muestreadores de la serie US, utilizados por el personal de Hidrología, referido a su poca capacidad o limitaciones impuestas por las profundidades elevadas, a este muestreador se conoce como botella colapsible (collapsible bottle) y opera bajo los mismos principios hidráulicos de aquellos; esto es, la capacidad autoreguladora de la presión hidrostática a la entrada de boquilla se produce, conforme desciende el aparato en el flujo, igualándose a la presión interna del recipiente contenido en la botella y el cual consiste en una simple bolsa de polietileno, donde se va recolectando la muestra integrada. Este instrumento facilitaría practicar mediciones del sedimento con más precisión en muchos de nuestros grandes ríos y debe ser adoptado para futuras mediciones en el Río Orinoco. Enfasis especial se dedicó en estas campañas, al muestreo del material de lecho, encontrándose muy pocas variaciones en el diámetro medio de las arenas que forman el lecho y las cuales se analizaron después de ser muestreadas secciones consecutivas situadas a intervalos de 8-6 millas dentro del tramo de interés.

No se encontraron gravas en el lecho del río en el tramo considerado, excepto aisladas partículas en el rango de tamaño de 4-5 mm, particularmente

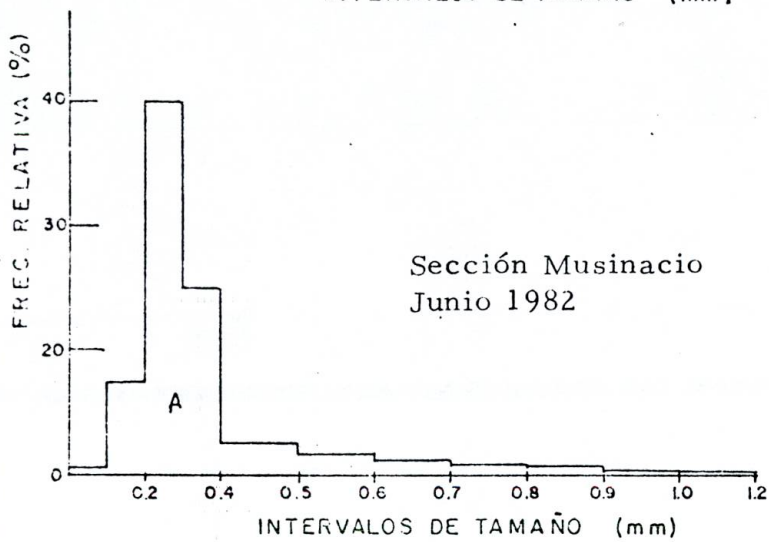
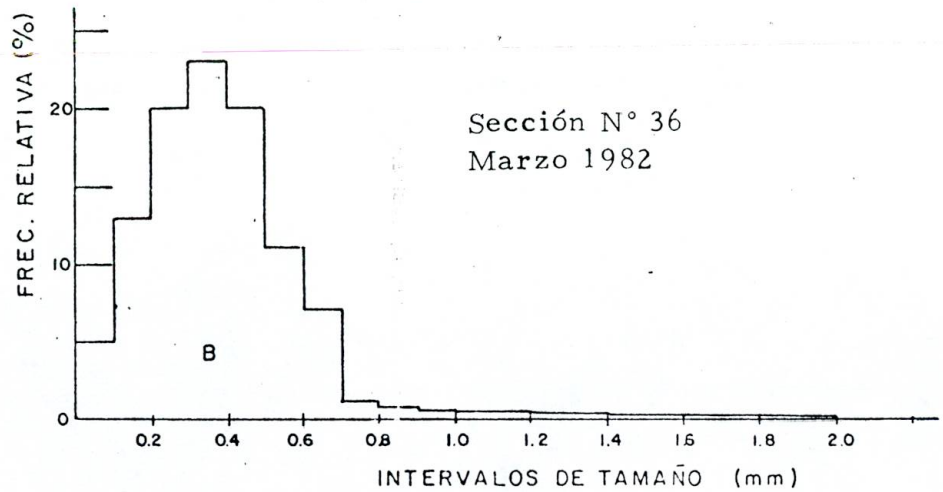
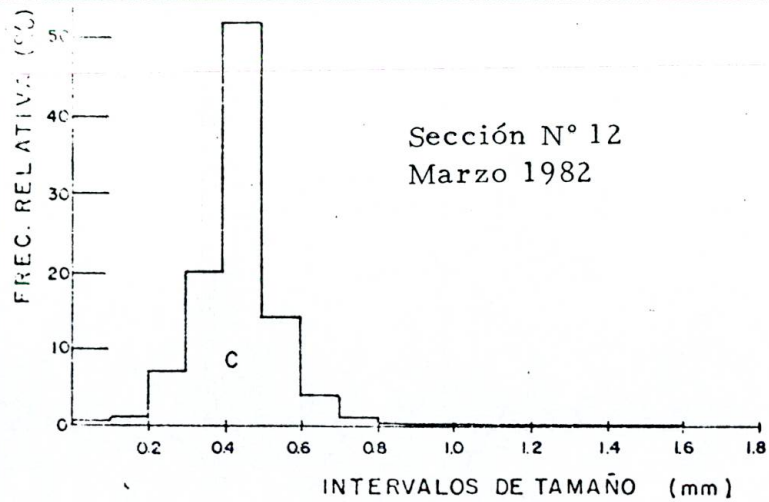
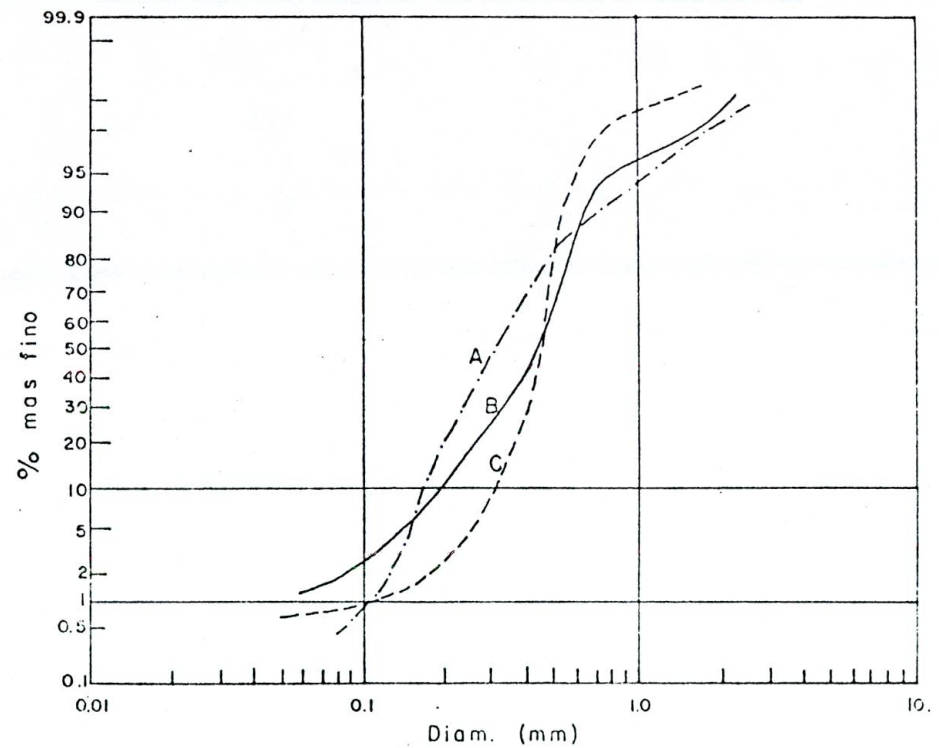


GRAFICO N° 6

REPRESENTACION LOG.-PROBABILISTICA DE MATERIALES DEL  
LECHO DEL RIO ORINOCO EN DIFERENTES SECCIONES



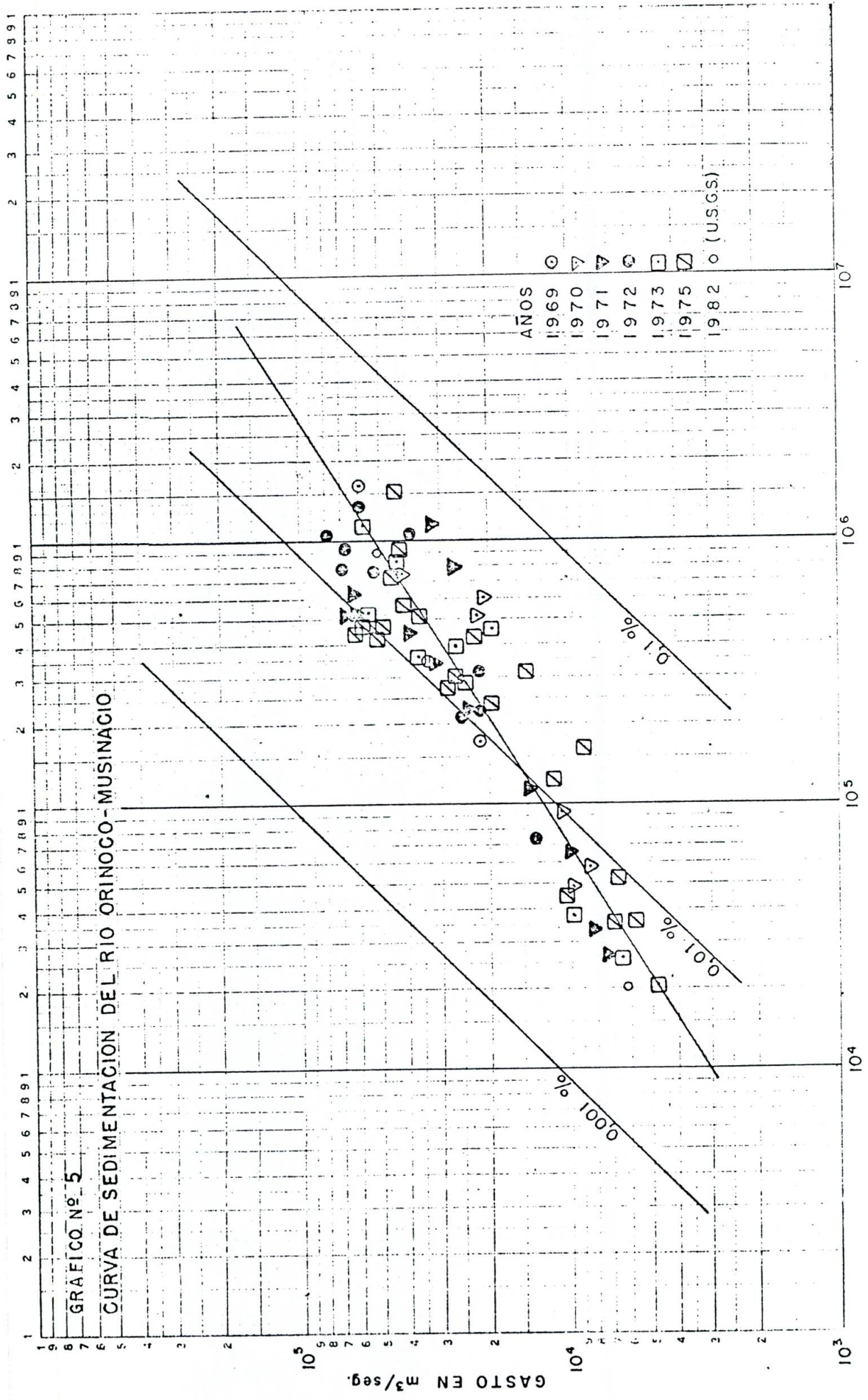
	A	B	C
$d_{50}$	0,32 mm	0,42 mm	0,42 mm
$\sigma$	1,77	1,53	1,21
$d_g$	0,43 mm	0,40 mm	0,42 mm
$C_u$	2,10	2,04	1,38

en depresiones o en depósitos arenosos expuestos a la atmósfera en bajos niveles y sometidos a la acción eólica, donde se observó un cierto grado de acorazamiento especialmente en la cresta de las dunas. Algunas distribuciones de la granulometría del material de lecho en diversas secciones, captadas en la primera campaña de medición, se muestra en el gráfico N° 6; acompañándose con la determinación de algunos parámetros estadísticos, tales como el diámetro medio  $-d_{50}$  que en general dentro del tramo, oscila en el intervalo de 0,25-0,50 mm sin producirse una definida gradación de tamaños como consecuencia de la distancia de transporte, la desviación standard  $-s-$  y el diámetro geométrico  $-d_g-$ , así como el coeficiente de uniformidad  $-cu-$  de la distribución. Observese de las curvas en papel log-probabilístico, que puedan presentarse situaciones con curvaturas hacia la derecha e izquierda de la distribución Gausiana, además de una relativa alta dispersión y variabilidad en la distribución del tamaño de las partículas más gruesas.

Al practicarse mediciones con dispositivos de este tipo, requiere se utilicen embarcaciones de mayor capacidad de carga y flotación que las utilizadas por el personal de Hidrología en las actividades de campo y ello no solamente es necesario debido al mayor peso de la instrumentación de medición, sino también por razones de seguridad, dado que introducir estos aparatos en lanchones de pequeño tamaño, sin que exista una sustentación o anclaje desde el lecho es arriesgado, tratándose de ríos que desarrollan alta turbulencia en áreas profundas. Actualmente la Dirección de Hidrología promueve la adquisición de una lancha acondicionada para mediciones hidrológicas que permita cumplir con la tarea de reiniciar activamente y en forma sistemática, las mediciones hidrológicas en el Río Orinoco y sus mayores tributarios.

##### 5. PROGRAMAS DE MEDICION E INVESTIGACION.

En tres aspectos fundamentales vinculados a las aguas y sus características se deben intensificar los programas de medición e investigación en el Río Orinoco, ellos son respectivamente el hidrológico, hidrogeoquímico y sedimentológico. Intentos conservadores que han conducido a estudios y publicaciones preliminares, han sido llevados a cabo independientemente por distintos organismos en algunas de estas áreas, siendo necesario dada la magnitud de los proyectos futuros de desarrollo y utilización del río, que se integren y exis



ta un ente coordinador que defina prioridades, establezca metas y sea capaz de garantizar continuidad en los programas de medición.

Dado que es el servicio de hidrología quien posee la infraestructura y medios más efectivos para llegar a los sitios de medición y de hecho dispone actualmente de un modesto programa de mediciones, debe ser a través de la utilización de esos medios como se reformulen los esquemas operacionales de campo, ello trae implícita la ventaja de que a través de mediciones conjuntas de caudales sólidos-líquidos y de calidad de las aguas, se lograría obtener un conjunto de datos que permitan analizar luego los diversos aspectos relativos a los fenómenos de transporte de materiales y caracterización del ambiente. Ello de otra parte, debe estar sujeto a un programa conjunto de mediciones que tome en cuenta la estructura general de la red hidrológica en la cuenca.

En el aspecto hidrológico sería factible con un apoyo logístico de equipamiento y de medios de movilización superar ampliamente los 500 aforos y mediciones anuales que se realizaron durante las fases iniciales del programa de mediciones en ríos grandes y, los costos de muestreo bajarían considerablemente si se trabaja con este esquema, es importante destacar que algunos programas de investigación ambiental e hidroquímicos recientes, encabezados por la Universidad Simón Bolívar en el Alto Orinoco, bajo la supervisión del Profesor F. Weibezahn, han hecho efectivos contactos técnicos y conducido a beneficios mutuos, derivados de trabajar con el personal de Hidrología.

En el aspecto hidrológico, debe enfatizarse que la incorporación de nuevos sitios de medición, colocación de limnómetros, reacondicionamiento de campamentos, estaciones y preparación de personal para dedicarse a estas tareas, exigirá de costos e inversiones que se traducirán luego en grandes ahorros de capital en las fases de diseño o proyectos de obras fluviales, además de lograrse un mejor conocimiento del río, lo que favorecería su racional aprovechamiento y control ambiental.

La importancia de estudiar y definir con propiedad los problemas creados por los sedimentos, ya sea en las fases de transporte, estabilidad, forma-

**CONCENTRACIONES EXTREMAS Y PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DETERMINADAS PARA LAS AGUAS DEL RIO ORINOCO Y SUS MAS IMPORTANTES TRIBUTARIOS**

(CONCENTRACIONES EN MG/L)

Río-Estación (área) Km <sup>2</sup>	Período (N° ensayos)	Rango	P. H.	Cond. (esp. quilib./cm) a 25° C.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	(NA + K)	S04 <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N03 <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	Transporte Soluble (kg/a)
Orinoco-Sta María de los Guifas. (24.430)	1970-1972 (4)	Min.	6,4	19	1,6	0,5	1,8	0	1	8	0	9,6	11,9
		Max.	7,0	30	1,6	0,5	3,3	0	2	12	0,3	19,4	37,51
Orinoco Guachapana (54450)	1968-1972 (7)	Min.	5,6	7	0	0	0,2	0	0,5	2	0	2,0	3
		Max.	7,1	13	2,4	1,4	4,0	3,0	2,0	8	0,5	9,1	100
Orinoco Pto. Ayacucho.	1970-1972 (8)	Min.	5,8	9	0,5	0,0	0,3	0,0	0,5	4	0,0	5,0	100
		Max.	6,6	30	1,6	0,5	4,6	8,5	2,5	6	0,0	7,4	293
Orinoco Misinacio (737.000)	1969-1972 (8)	Min.	6,4	16	0,2	0,4	0,0	0,0	0,5	6	0,0	5,0	213
		Max.	8,1	51	8,0	1,0	5,9	9,5	3,0	22	0,4	10,0	584
Orinoco Cda. Bolívar *	Mayo 1979 (1)		6,8	25	2,28	0,64	Na-134 K-0,75	1,3	0,8	10,4	-	2,33	-
Apure San Fernando (120.000)	1969-1972 (13)	Min.	7,2	80	10	1,9	2,0	0	1,0	5	0	9,0	52
		Max.	8,0	182	22	4,3	9,4	23	2,5	69	0,8	15,6	532
Aro-Hornallita (14.500)	1968-1972 (11)	Min.	6,7	20	0,8	0,5	1,8	0,0	0,5	0	0,0	8	0,11
		Max.	7,6	43	2,4	3,4	10	3,5	2,0	14	10	17	22
Caura San Luis (89.230)	1970-1972 (5)	Min.	6,4	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	4	0,0	7,0	22
		Max.	7,0	32	1,6	0,9	6,6	0,0	3,0	8	0,3	10,0	92
Cuchivero-La Vitera (14000)	1968-1972 (3)	Min.	6,4	18	0,8	0,0	2,4	0,0	0,5	8	0,0	6,0	3,13
		Max.	7,0	26	1,6	0,0	3,4	0,0	3,0	12	0,3	17,0	54,3
Negro-Sn. Carlos Río Negro (103.700)	1969-1972 (6)	Min.	4,8	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2	0,0	2,0	30,6
		Max.	5,8	14	0,0	0,5	3,0	1,0	2,0	4	0,4	5,2	71,6
Suapure Sn. Pedro de Piti- guao (5740)	1968-1972 (15)	Min.	6,0	7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	8	0,0	7,0	0,93
		Max.	7,1	24	1,6	0,9	7,0	5,0	2,0	4	1,5	15,6	10,6
Ventuari-Kana ripo. (42200)	1968-1972 (7)	Min.	5,9	8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,5	2	0,0	2,0	22,3
		Max.	7,1	20	1,6	1,9	3,0	3,0	2,0	8	0,7	12,4	59,1
Meta-Caraca- ras (103.000)	1968-1972 (4)	Min.	6,8	45	4,0	0,5	3,5	10	2,0	10	0,0	7,0	57,4
		Max.	7,5	140	14,0	14	10	17	15	36	0,9	8,0	258,6
Orinoco Cda. Bolívar (MOP)	1970-1972 (8)	Min.	6,4	17	0,8	0,5	0,5	0,0	0,5	6	0,0	5,6	-
		Max.	7,0	43	3,2	1,0	4,3	7,0	3,0	14	0,4	10,0	-
Caroni-Itu. Orchaz *	Mayo 1979		6,2	8	0,57	0,30	Na 0,89 K-0,41	0,2	0,8	4,6	-	2,03	-

ción de estructuras en las planicies y sus efectos sobre la evolución de los canales es fundamental, especialmente en lo relativo a factibilidad de navegación, diseño de obras hidráulicas y diagnóstico de ulteriores efectos sobre el comportamiento del Río Orinoco.

En lo atinente a hidrogeoquímica la determinación de macroelementos (Na, K, Ca, CL, S04), nutrientes (P04, N03, N02, SÍ, NH3, C02, C) elementos menores y trazas, así como isótopos ( $H^2-H^3, O^{16}-O^{18}, C^{12}-C^{13}, Sr^{86}-Sr^{87}$ , etc) en las aguas y sedimentos, conduciría a definir la contribución de la cuenca del Río Orinoco al ciclo global de erosión y meteorización, además de ayudar a diagnosticar los efectos que sobre la ecología puede ejercer cualquier perturbación a gran escala ejercida sobre el sistema fluvial.

Debe señalarse la importancia de diagnosticar estos procesos y el carácter natural de las aguas, así como su interrelación con diversos mecanismos naturales entre los cuales a los de alteración de las rocas y suelos, descomposición de la materia orgánica y especificidad de los ambientes hidrogeoquímicos, les corresponde una alta significación. Por ejemplo, la alta acidez de las aguas en algunos de estos ríos, está sin duda vinculada a la operación de procesos de meteorización de las rocas y suelos, descomposición de la materia orgánica vegetal especialmente, actividad biológica de microorganismos y de hecho con el tiempo de residencia de las aguas tanto en cuerpos de agua superficiales como sub-superficiales en ambientes parcial ó totalmente saturados (aguas subterráneas, almacenamientos en suelos de las planicies, etc.). La operación, efectos e importancia de estos mecanismos sin embargo, aun cuando evidencian situaciones desconcertantes y poco comunes con respecto al comportamiento de otros ríos, permanecen aun en un bajo grado de comprensión y limitado conocimiento.

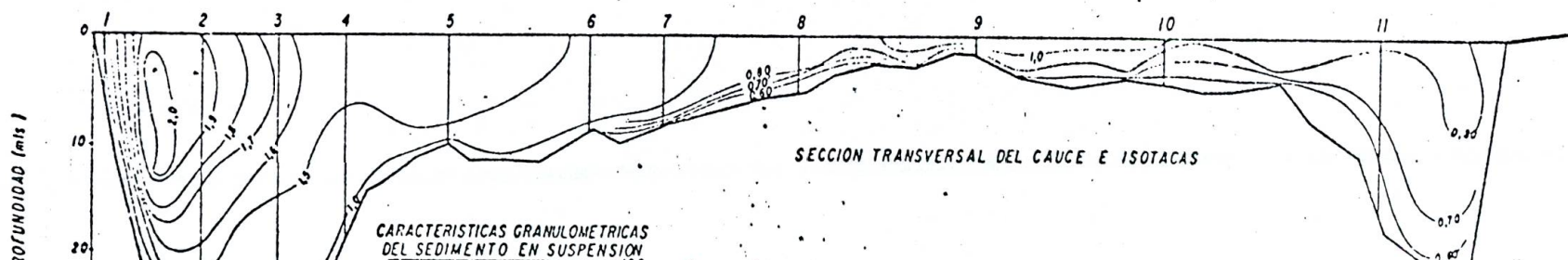
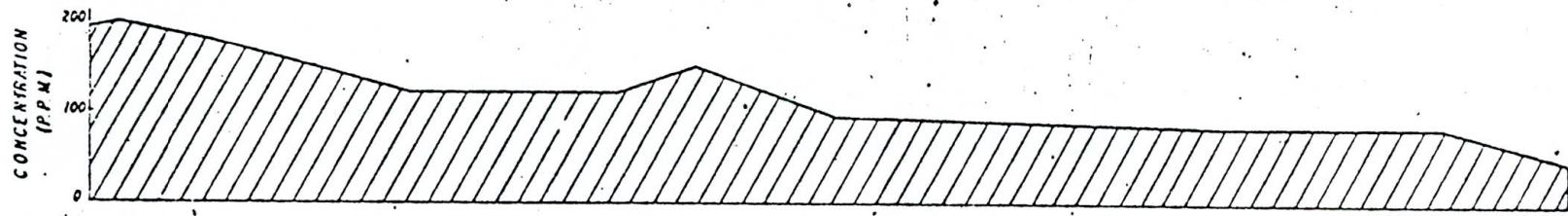
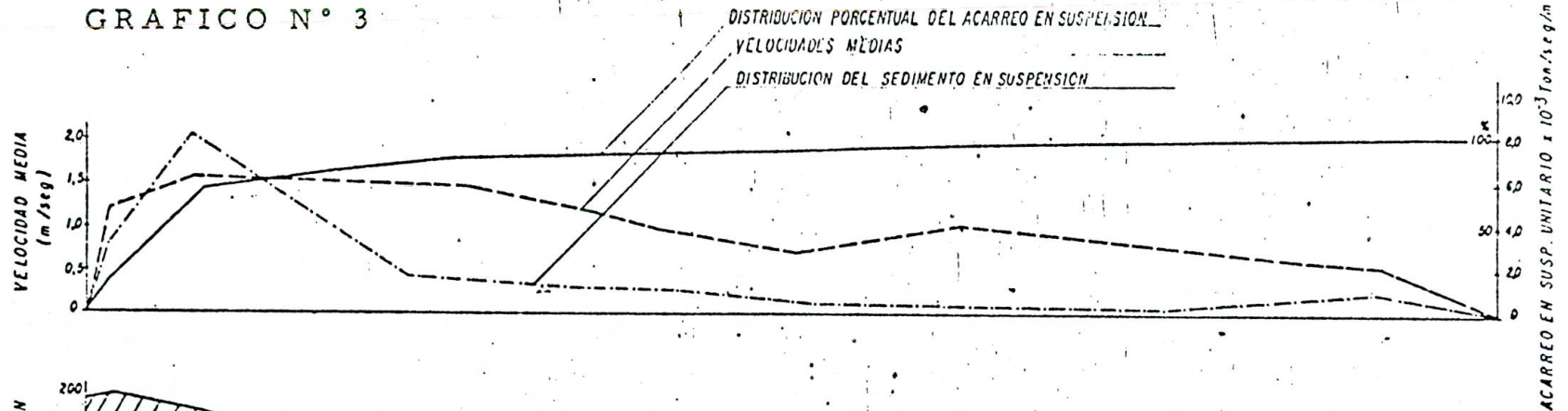
## 6. AGRADECIMIENTOS:

El autor expresa su sincero agradecimiento al personal de la Comisión de Estudios para el Proyecto Orinoco, vinculada al POA, por contribuir a través de la participación directa y con el financiamiento económico a reactivar las más recientes mediciones hidrológicas en el río Orinoco. Igualmente a los Drs. Carl Nordin, Robert Meade (USGS) como a John Edmond (M. I. T.) con quienes se suscitaron interesantes discusiones sobre algunos de los tópicos aquí tratados.

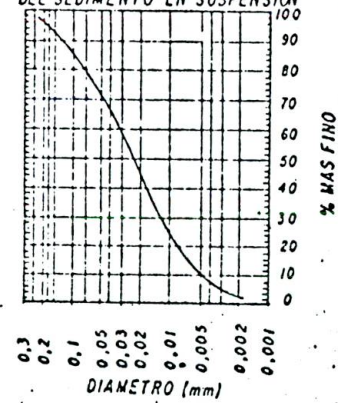
## 7. RESUMEN:

En este informe se presenta una revisión de los métodos de medición, procedimientos de campo y forma de reportarse los resultados de diversos programas de medición relacionados con la actividad hidrológica, practicados en los últimos años en el río Orinoco y gran parte de sus tributarios y los cuales han sido llevados a cabo en el pasado por oficinas hidrológicas gubernamentales y últimamente a través de la cooperación técnica con organizaciones especializadas como lo son el U. S. G. S de U. S. A y otros centros de investigación como son el MIT y la Universidad de Princeton. Se establecen algunos aspectos de investigación, considerados prioritarios de acometerse como base para lograr un mejor conocimiento de la cuenca del río Orinoco y para hacer en el futuro, un mejor aprovechamiento de sus recursos naturales.

GRAFICO N° 3



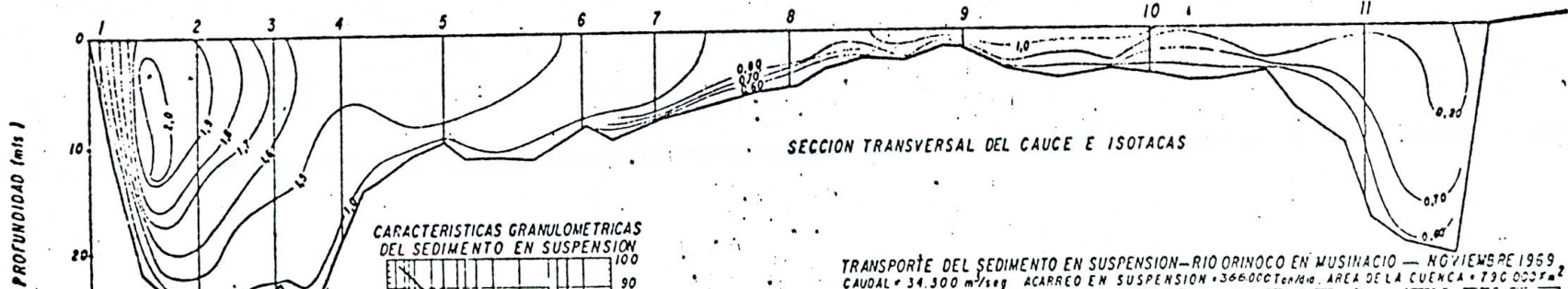
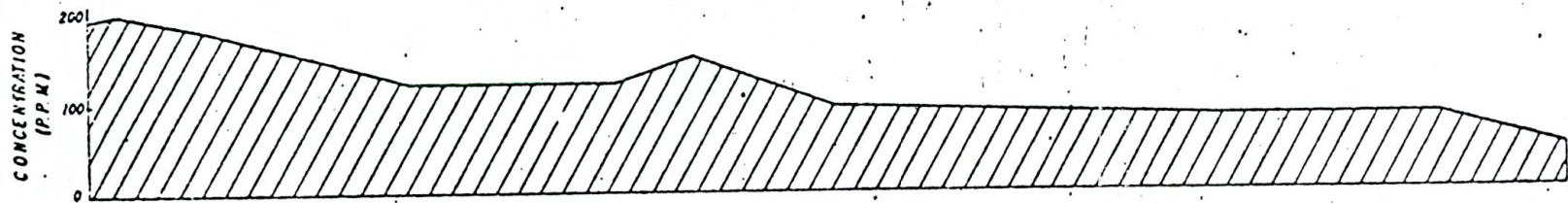
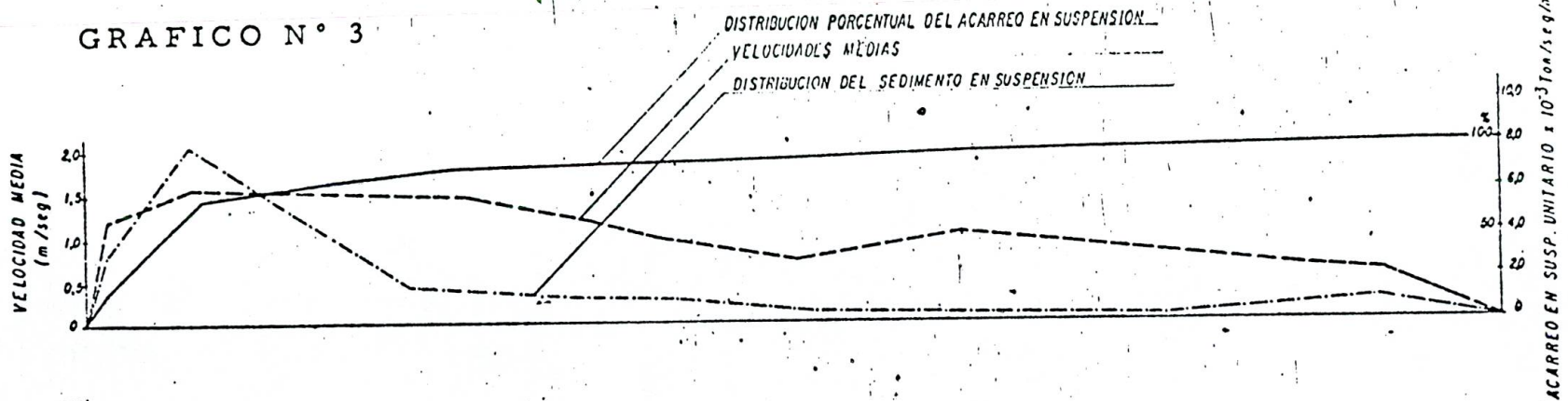
CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION



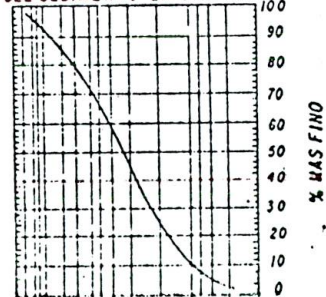
TRANSPORTE DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION—RIO DRINOCO EN MUSINACIO — NOVIEMBRE 1959  
CAUDAL = 34.300 m<sup>3</sup>/seg ACARREO EN SUSPENSION = 366000 Ton/m<sup>3</sup> AREA DE LA CUENCA = 79000 km<sup>2</sup>

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(4)	(6)	(8)	(9)	(7)	(8)	(10)	(11)
VERT	PROGRE.	PROFUND.	CONCENT. MEDIA	VELOCID. MEDIA	GASTO UNITARIO	ACARRUNIT EN SUSP	ANCHO	ACARREO C/SECCION	ACARR EN SUSP	ACARREO EN SUSP	ACARR EN SUSP	ACARR EN SUSP	ACARR EN SUSP	ACARR EN SUSP
Nº	(m)	(m)	(PPM)	(m/seg)	(m <sup>2</sup> /seg)	m <sup>3</sup> /seg	(m)	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	(%)
1	0+40	11,00	200	1,38	15,20	3,04	128,5	390	390					
2	0+217	27,89	180	1,63	45,46	8,18	154	1260	1650	390				39
3	0+348	23,60		1,57	37,05									
4	0+472	18,84	130	1,50	28,26	3,67	284	1045	2695	390				63,5
5	0+661	10,67	110	1,49	15,90	1,75	255	394	3059	390				72,5
6	0+982	8,38	110	1,32	11,06	1,22	246	300	3369	390				80,0
7	0+1153	7,04	150	0,98	6,50	1,04	170	177	3566	390				85,5
8	0+1323	5,03	150	0,72	3,62	0,543	243,5	132	3566	390				85,5
9	0+1640	3,23	90	1,01	3,26	0,293	376,5	711	3879	390				91,0
10	0+2080	4,45	80	0,75	3,33	0,266	387	103	3812	390				92,5
11	0+2415	17,71	80	0,65	11,54	0,923	355	326	4255	390				92,5
TOTAL								2600						100,0

GRAFICO N° 3



CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION



TRANSPORTE DEL SEDIMENTO EN SUSPENSION - RIO ORINOCO EN MUSINACIO - NOVIEMBRE 1959  
CAUDAL = 34.300 m<sup>3</sup>/seg ACARREO EN SUSPENSION = 36600 Ton/dia. AREA DE LA CUENCA = 73000 Km<sup>2</sup>

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
VERT	PROG.	PROFUND.	CONCENT. MEDIA	VELOCID. MEDIA	GASTO UNITARIO	ACARRUM. EN SUSP.	ANCHO	ACARREO C/SECCION	ACARREO EN SUSP.	ACARREO ACUMUL.
Nº	(m)	(m)	(P.P.M.)	(m/seg)	(m <sup>2</sup> /seg)	Ton/seg x 10 <sup>-3</sup>	(m)	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	Ton x 10 <sup>-3</sup> /seg	(%)
1	0,40	11,00	200	1,38	15,20	3,04	128,5	390	390	
2	0,217	27,89	180	1,63	45,46	8,18	154	1260	1650	3,0
3	0,340	23,60		1,57	37,05					
4	0,472	18,84	130	1,50	28,26	3,67	284	1035	2695	55,5
5	0,661	10,67	110	1,49	16,90	1,75	255	304	5089	72,5
6	0,982	8,38	110	1,32	11,06	1,22	246	300	3369	80,0
7	0,1153	7,04	150	0,98	6,50	1,04	170	177	3556	87,5
8	0,1323	5,03	150	0,72	3,62	0,543	243,5	132	3556	87,5
9	0,1640	3,23	90	1,01	3,26	0,293	378,5	111	3809	90,0
10	0,2080	4,45	80	0,75	3,33	0,266	387	103	3915	95,0
11	0,2415	17,71	80	0,65	11,54	0,223	355	326	4259	100,0
TOTAL							2600			