Tema: 2.1: Situación actual de los Recursos Clima, Agua y Tierra

DAVID PEREZ HERNANDEZ *

MEDICIONES HIDROLOGICAS CONJUNTAS COLOMBO-VENEZOLANAS EN EL RIO ORINOCO

(*) Asesor de la Dirección de Hidrología y Meteorología. Tlf. 408-19-44, FAX (02) - 545-06-07 Profesor de la Facultad de Ingeniería U.C.V.

MEDICIONES HIDROLOGICAS CONJUNTAS COLOMBO-VENEZOLANAS EN EL RIO ORINOCO

1. INTRODUCCION

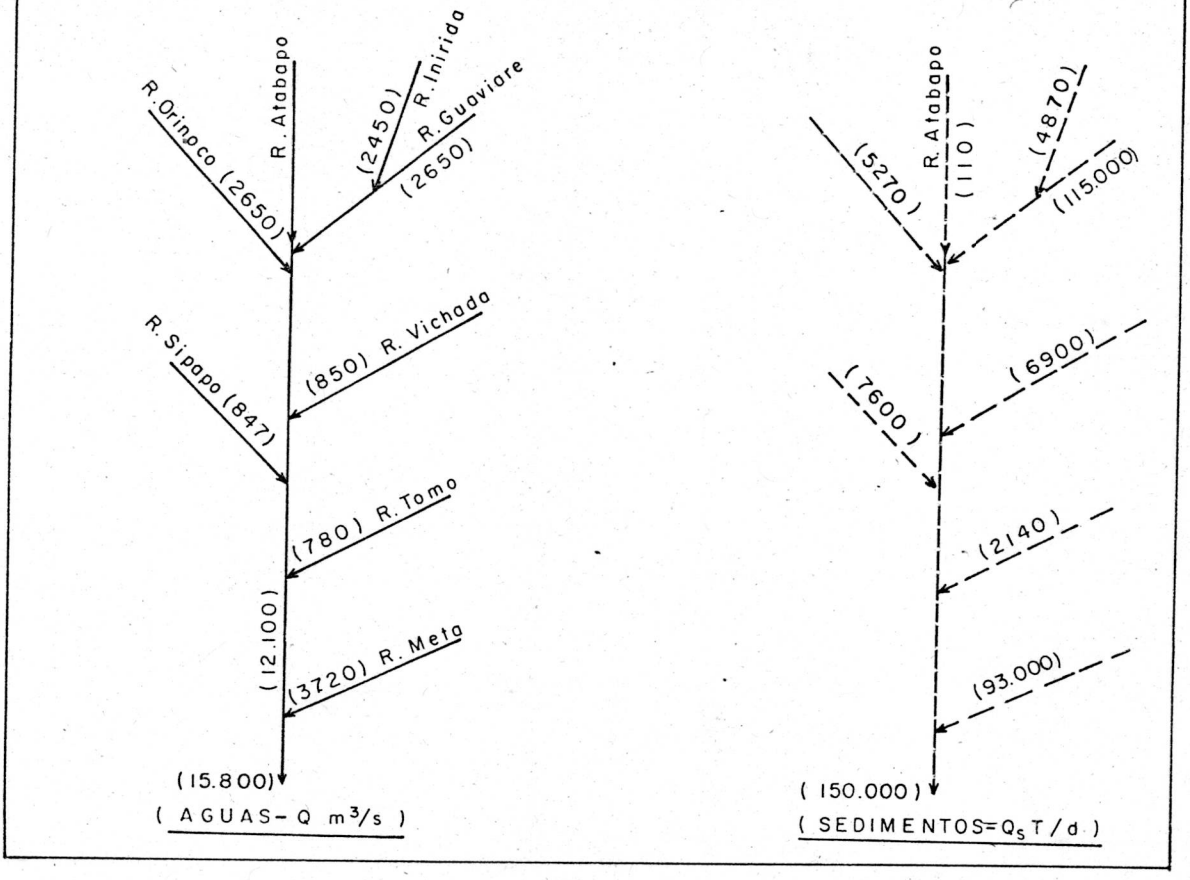
Dentro de las proposiciones y acuerdos de la Comisión Binacional Colombo-Venezolana, relativas a las actividaes conjuntas a desarrollar entre ambos paises a partir de 1991, caben destacar las relativas al levantamiento de información sobre caudales sólido-líquidos y de la calidad de aguas, en un conjunto de tributarios y el mismo Río Orinoco en el tramo fluvial comprendido entre San Fernando de Atabapo y la desembocadura del Río Meta. Las tareas de campo han sido iniciadas a partir de 1991 en cooperación con Dependencias de Colombia como la Empresa Interconexión Eléctrica S.A. (I.S.A), el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT), asi como por EDELCA y la Dirección de Hidrología y Meteorología del MARNR. El programa representa una continuidad de los trabajos iniciados a partir de marzo de 1982 por parte del MARNR en colaboración con el USGS de Estados Unidos, que permitió mejorar el conocimiento de numerosos aspectos del tramo medio e inferior del río Orinoco y al incorporar a estos nuevos sectores a los programas de mediciones, se contribuye a ampliar el conocimiento hidrológico del rio, lo que es importante para la fundamentación de proyectos de aprovechamiento y de desarrollo de los recursos hídricos, tales como los de navegación, hidroelectricidad, suministro de agua con fines múltiples, además de aquellas actividades orientadas hacia la conservación de las aguas y otros recursos naturales de las cuencas.

2. ANTECEDENTES

En el pasado hidrólogos de Colombia como de Venezuela, han practicado mediciones hidrológicas y sedimentológicas en forma separada en los ríos de su interes. En 1982 un equipo conjunto de hidrólogos venezolanos y del USGS de Estados Unidos, iniciamos las mediciones con un enfóque y objetivos diferentes a los rutinarios de medir ocasional y esporadicamente en estaciones fijas. Entonces se contemplaron mediciones en numerosos contribuyentes del Orinoco y entre ellos los provenientes de Colombia para lo cual se conto con la participación de hidrólogos del HIMAT (1985). En ambas ocasiones, se utilizó un esquema Lagrangeano para realizar las mediciones y los resultados correspondientes al inicio del período de subida de los niveles en los rios para entonces se muestra se muestra en el gráfico No 1.

GRAFICO Nº 1

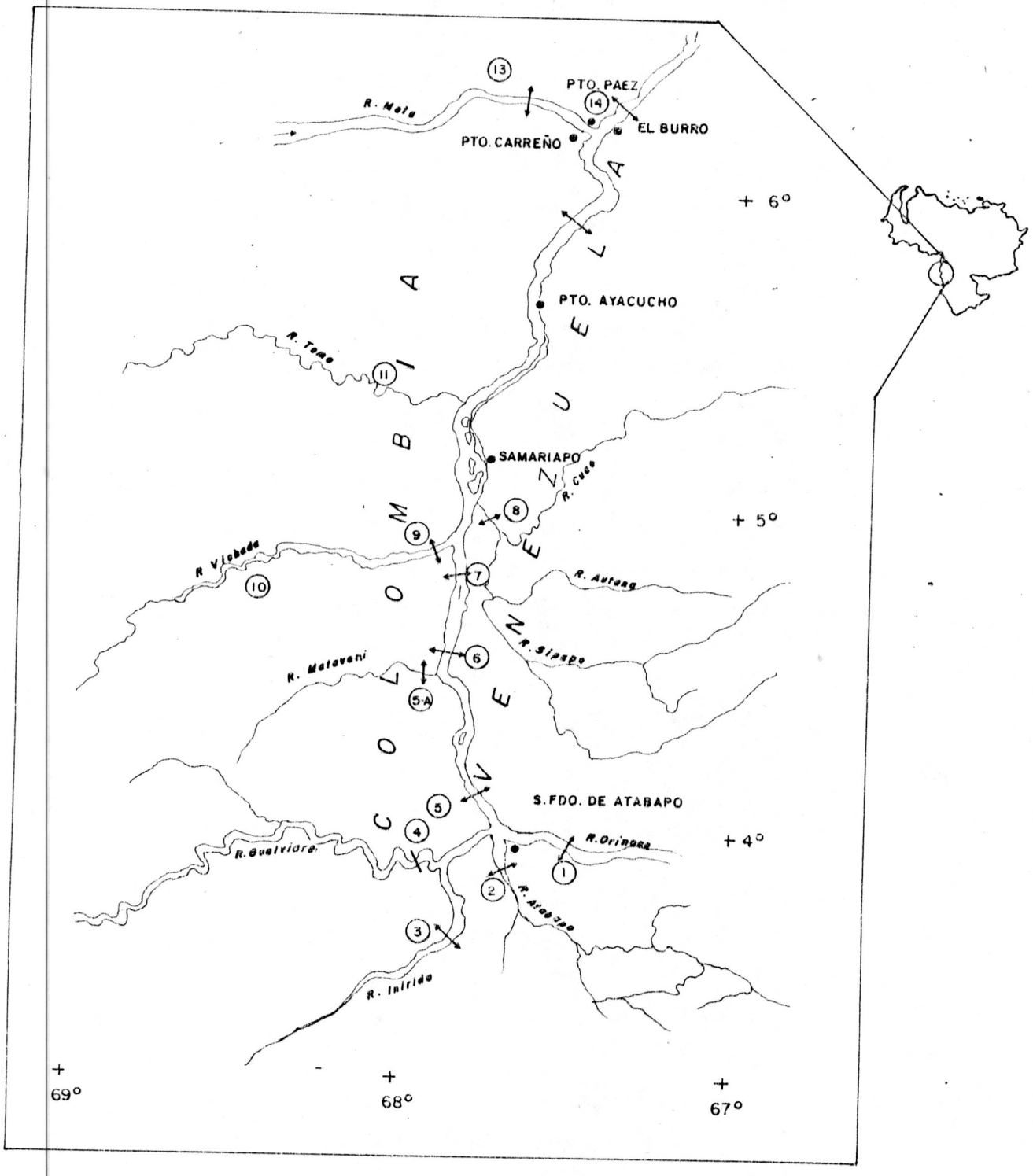
DISTRIBUCION DE LOS CAUDALES LIQUIDOS-SOLIDOS (ALTO ORINOCO)
DURANTE EL INICIO DEL ASCENSO DE NIVELES (MAYO-JUNIO 1985)
CAMPAÑAS HIDROLOGICAS M A R N R - U.S.G.S.



A partir de 1991, se reactivan de nuevo las mediciones conjuntas, procurándose tentativamente la realización de las Campañas bajo condiciones especiales del régimen hidrológico de los rios; los datos obtenidos en esta fase consisten de mediciones de caudales sólido-líquidos, identificación de las propiedades de los sedimentos del lecho y suspendidos, levantamientos batimétricos de secciones y formas de fondo, establecimiento de puntos y miras permanentes de referencia de niveles con posicionamiento geodésico, usando técnicas satelitarias y finalmente aspectos relativos a las condiciones físico-químicas de las aguas y limnología que contemplan mediciones de temperatura, pH, conductividad eléctrica, DO, analisís de silice, fosfatos, alcalinidad, dureza y cloruros.

MAPA Nº 1

EL TRAMO FLUVIAL SAN FDO. ATABAPO - RIO META
CON INDICACION DE LOS SITIOS DE MEDICION DE CAUDALES SOLIDO - LIQUIDOS



ESCALA GRAFICA

20 40 60 80 100 Km.

La tabla No. 1 presenta un resumen de los resultados obtenidos durante una campaña típica realizada entre Noviembre-Diciembre de 1991. El gráfico No 2 muestra los analisis granulométricos tanto del sedimento suspendido como de los materiales del lecho en estaciones representativas, seguido de datos batimétricos sobre las secciones longitudinales y formas del lecho en la sección de aforo, correspondiente a Bachaquito, aguas abajo de Puerto Ayacucho. Esta información es sistematicamente registrada en todas las secciones de interes y permitirá hacer una evaluación integral de estos aspectos, al disponerse de un conjunto de mediciones que representan las diversas condiciones del régimen fluvial.

3. DESCRIPCION GENERAL DEL TRAMO

El tramo fluvial de interes está comprendido entre 3°30′-6°30′ de latitud Norte, abarcando un tramo comprendido entre el nudo hidrográfico que conforma la unión de los Rios Orinoco-Atabapo-Guaviare, siguiendo hacia el Norte con el Mataveni, Vichada y Tomo procedente de los llanos colombianos, además del Rio Sipapo por su margen derecha que pertenece a Venezuela y el cual contribuye al río Orinoco frente a Isla Raton, próxima a los raudales de Maipures. El mapa No. 1, muestra este conjunto de rios así como los sitios objeto de medición.

Existen grandes contrastes en el tipo de relieve, la Geología y el régimen pluviométrico entre las tierras del Escudo Guayanés en el Territorio Venezolano y las llanuras Colombianas y ello determina un diferente comportamiento tanto en el rendimiento líquido como en el suministro sólido, asi como en el carácter de los materiales aportados. Ello determina adicionalmente, se originén notables procesos evolutivos y cambios morfológicos tanto en el canal del río Orinoco, como en las planicies fluviales.

En este tramo el río Orinoco corre sobre el borde del Cratón Igneo-metamórfico de gran estabilidad geológica, existiendo un limitado número de tributarios dentro de los cuales destaca el Rio Sipapo formado por los rios Autana y Cuao, en contraste con los mas numerosos que cruzan los llanos de Colombia como el Inirida, Guaviare, Tomo y Meta que han impulsado al Río Orinoco a desplazarse y mantenerse en ese borde estable. Estos rios al aportar materiales sólidos y disectar sedimentos no consolidados, tienen en su mayoría una dinámica fluvial muy activa, reflejada en cambios en la orientación de los canales, desarrollo de cortes y estrangulamientos, migración lateral, modificación en los patrones de drenaje y formación de areas depresivas marginales a los cauces, con almacenamiento de aguas en la época lluviosa, que se mantienen durante extensos lapsos de la epoca seca, condicionando una alta saturación de los suelos y creando un complejo sistema de drenaje.

TABLA Nº 1

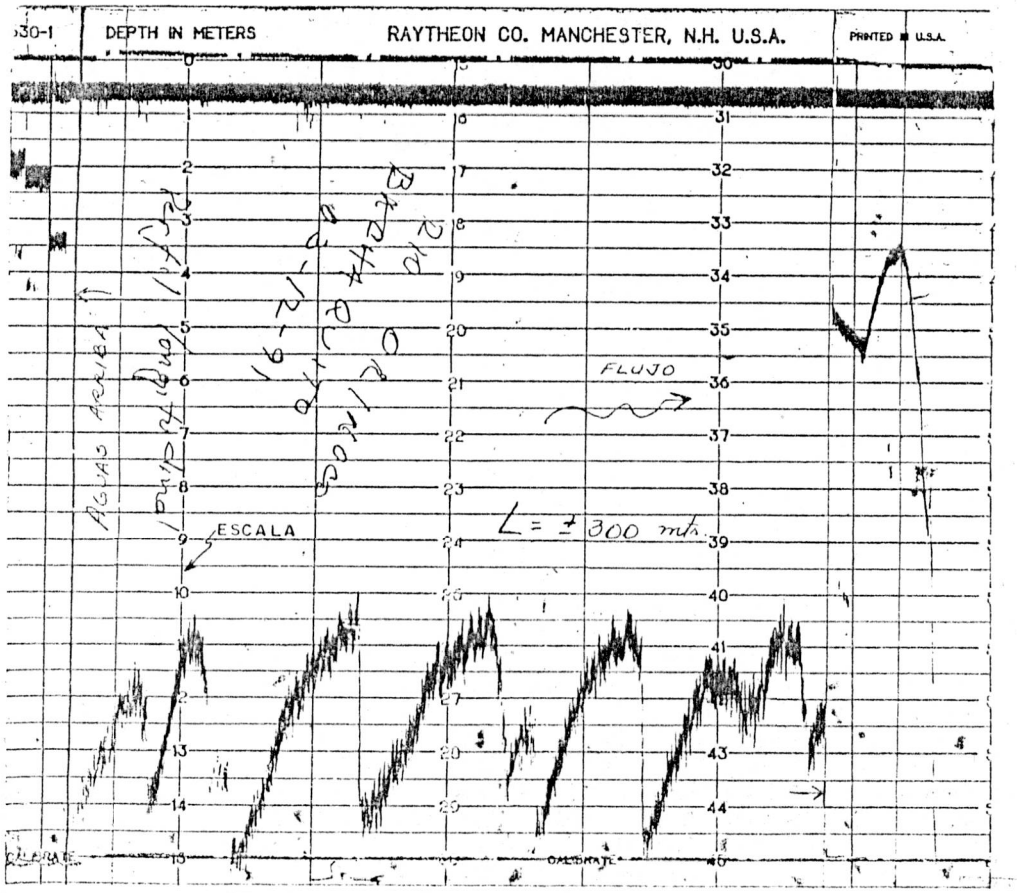
RESUMEN PRELIMINAR DE LAS MEDICIONES DE CAUDALES SOLIDOS Y LIQUIDOS EN LAS SECCIONES INDICADAS.

RIO	ESTACION	FECHA	MIRA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	VEL.MEDIA (m/Seg.)	CAUDAL (m3/Seg.)	CONC (PPM)	Qs (TON/D)
META	CARACARAS	04-12-91		470,00	2.771	0.48	2.841	350	85.912
SIPAPO	RAUDAL CALDERAS	02-12-91		306,00	1.250	0.44	545	10	470
ORINOCO	CAÑO MASAGUA	28-11-91	58.59	681,00	3.470	0.60	2.097	44	7.972
GUAVIARE	AG.ARR.INIRIDA	28-11-91	5.77	565,00	2.943	1.15	3.112	275	7.394
GUAVIARE	GUAYARE	30-11-91	7.47	950,00	5.526	0.71	3.947	94	32.056
INIRIDA	ALMIDON	29-11-91	5.67	440,00	3.734	0.48	1.791	16	2.476
ORINOCO	GUAYAGUAYARE	28-11-91	58.59	985,00	10.904	0.75	8.199	135	95.633
ORINOCO	PTO. NUEVO	04-12-91		1021,00	19.131	0.71	13.634	82	96.594
ORINOCO	BUENA VISTA	01-12-91		792,00	15.177	0.57	8.958	72	55.726
ORINOCO	BACHAQUITO	03-12-91	7.10	2377,00	13.422	0.75	10.067	103	89.588
ATABAPO	LAJA DE GRANITO	29-11-91	6.96	342,00	1.658	0.28	467	10	403
TOMO	PQUE. NACIONAL	02-12-91	5.15	461,00	1.508	0.93	1.403	20	2.224
VICHADA	STA. RITA	01-12-91	4.42	210,00	1.696	0.80	1.355	18	2.439
VICHADA	BOCA	01-12-91	4.42	260,00	1.346	0.99	1.332	22	2.532

GRAFICO Nº 2

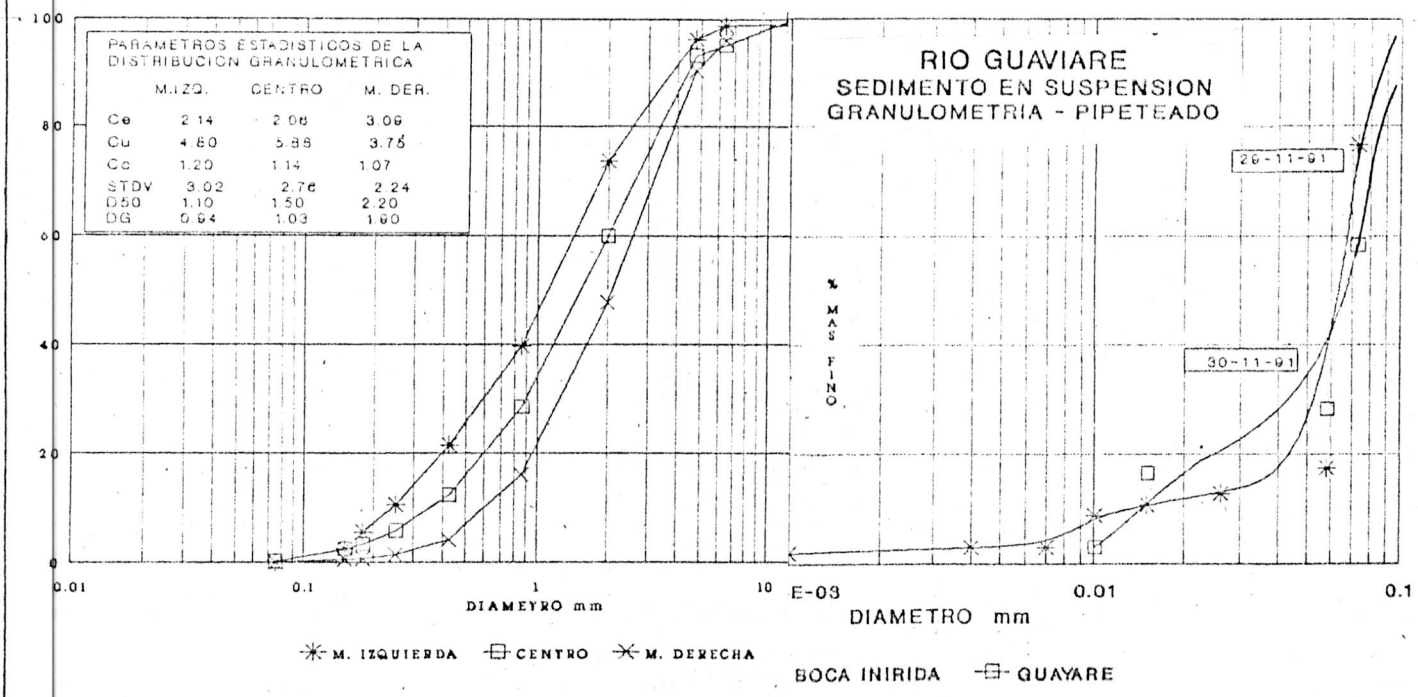
PERFIL LONGITUDINAL DEL SITIO ABAJO INDICADO

RIO ORINOCO EN BACHAQUITO



RIO SIPAPO EN RAUDAL CALDERO (01-12-91)

GRANULOMETRIA - MATERIAL DE LECHO



Los rios que derivan el Escudo, presentan un eje de drenaje sub-paralelo al cauce del Río Orinoco y muestran basicamente el control de las estructuras geológicas como geofracturas y afloramientos rocosos del basamento. Esta región presenta mayores rendimientos líquidos en respuesta a la mayor precipitación y carácter cristalino de las rocas, por contraste, no tienen el rendimiento de sedimentos de rios como el Guaviare y Meta, que descendiendo de la Cordillera de los Andes conformadas por rocas más erosionables y los propios llanos, generán un mayor suministro de sólidos.

Razones geológico-estructurales locales, han determinado se desarrolle la unión de tres grandes tributarios justo donde el río Orinoco se encuentra con las tierras más inestables de los llanos. Allí convergen además, los rios Atabapo y Guaviare, este último se forma de la unión relativamente cercana de su ramal superior con el río Inirida formándose una estructura de la red de drenaje compleja y curiosa, no solo por que allí convergen distintos flujos líquido-sólidos con propiedades de las aguas y sedimentos muy específicas de cada uno de los rios, sino también al reconocer su significado como proceso geomorfico-fluvial*, en grandes ríos, tan conspiscuo como es el caso de la bifurcación del Casiquiare existente en la misma región del Alto Orinoco.

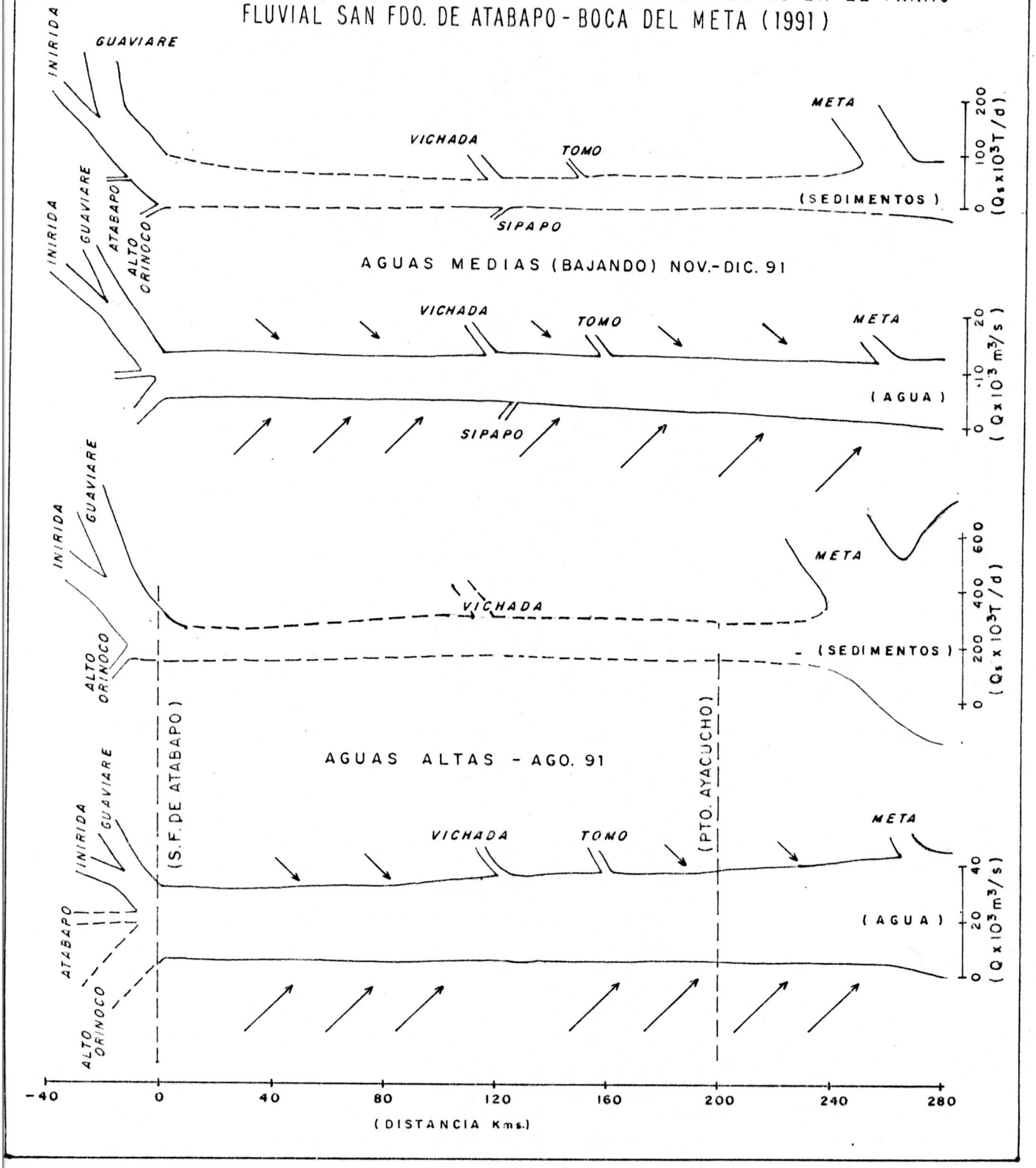
En el borde y dentro de la planicie fluvial del río Orinoco en el Territorio Venezolano, restos de canales con depósitos de arenas siliceas dispersas, indicán migración y cortes de canales. Estos sectores se mantienen sin desarrollo de vegetación boscosa como es la condición de las tierras circundantes, como un reflejo del pobre caracter edáfico. Se interpreta que éstas re-orientaciones del drenaje han ocurrido en escalas geológicas de tiempo, no comparables a las más activas observadas en los rios y canales que atraviezan las llanuras de Colombia.

Los cambios morfológicos del canal del Río Orinoco no dejan de ser menos significativas. Durante una inspección aérea del autor con R. Meade (USGS) en 1990, comprobamos observando imágenes de radar (1971) de ese tramo fluvial, la forma como en muchos sectores se han modificado sustancialmente y canales que antes eran activos, permanecen

---

*El patron definido por la unión de tres ó más canales en un punto de una red de drenaje, tiene baja probabilidad de ocurrencia en la naturaleza.

DISTRIBUCION DEL FLUJO DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL TRAMO FLUVIAL SAN FDO. DE ATABAPO - BOCA DEL META (1991)



obstruidos en el presente y en otros sitios, comienzan a modificarse formas geométricas de algunas islas.

Lo anterior sugiere que dicho tramo fluvial está experimentando procesos evolutivos y alteraciones más activos que los observados y mejor conocidos del tramo medio e inferior del río. De aquí la importancia de conocer mejor la forma y magnitud según las cuales, se produce el suministro y flujo de masas de materiales en este sistema de canales.

4 RESULTADOS DE MEDICIONES RECIENTES

El gráfico No 3 ilustra la distribución de caudales líquidos y sólidos obtenidos durante dos condiciones en el tramo de 350 kms. de longitud. Estos corresponden al máximo nivel de aguas registrado en Agosto y el de aguas en descenso, de Noviembre-Diciembre de 1991. Algunos hechos resaltán de las mediciones.

En aguas máximas el caudal del Guaviare, fué similar al del Alto Orinoco, destacándose igualmente su importancia como suministrador de sedimentos y en tanto su caudal medio excede al del río Meta y las concentraciones del sedimento son comparables entre si, es de esperarse que las magnitudes de acarreos anuales sean tan importantes o mayores que las de aquel.

En altos niveles, los aportes líquidos de tributarios situados aguas abajo de San Fernando de Atabapo hasta la confluencia con el Rio Sipapo, no son significativos como para mantener el sostenido incremento del caudal notado en el canal del Río Orinoco.En este tramo con velocidades de la onda del hidrograma en el rango de 150-200 km/d, es factible seguir en forma sincrónica las parcelas de aguas y sólidos y de ésta manera, precisar su distribución de los mismos a lo largo del canal. En Guayaguayare y Buena Vista (cerca de la Boca del Sipapo), se midierón (17-18/8/1991), caudales de 26430 y 32500 m3/s respectivamente, cuando el aporte del Vichada -el mayor tributario en el tramo-, fué solo de 960 m3/s. Se reconoce por lo tanto, la importancia que tiene el suministro desde los almacenamientos en la planicie fluvial y sectores no drenados por tributarios en dicho tramo, en especial de la parte del Escudo Guayanés donde es más elevada la precipitación, ello se ha ilustrado esquemáticamente con flechas a trazos en el gráfico No 3.

Durante la fase de descenso, los balances de flujos se mantienen a lo largo del tramo fluvial y no se ha considerado aún el efecto que esto puede tener sobre el transporte sólido, que es significativo en los rios con mayores aportes sólidos como el Guaviare y el Meta.

Los procesos de separación de flujos y de sedimentos en las confluencias de estos ríos con el Orinoco, reconocidos en estudios previos (1),(2) y (4), persisten bajo diferentes condiciones de flujos y el represamiento especialmente en los de llanuras dentro del tramo considerado, determinán la retención de los sedimentos en las depresiones marginales lo que contribuye a acelerar los procesos constructivos y erosionales observados en las planicies fluviales, siendo el material fino el de mayor movilidad.Aguas abajo de la confluencia Meta-Orinoco, se produce un mayor recogimiento del sedimento durante la condicion de aguas máximas, sin duda provenientes de los depósitos frontales del delta sub-acúatico del Meta, de allí el notable aumento local del transporte ilustrado en el Gráfico Nº 3.

En el Rio Meta las mediciones previas indicán que es al inicio del período de las crecientes anuales, cuando se produce el mayor transporte sólido hacia el río Orinoco, al producirse bajos niveles en éste y el proceso de disección y re-suspensión del sedimento previamente depositado en gruesas acumulaciones deltáicas, se hace más activo por acción de los flujos.

Un suministro de flujos adicionales no uniformemente distribuidos sobre el canal principal hace mas complejo el proceso de separación y la distribución de las plumas de dispersión especialmente la proveniente del Rio Guaviare, la cual en razon de las mayores pendientes del tramo, la alta capacidad de mezcla en zonas de raudales y rápidos y el aporte de aguas de las zonas de llanuras con menores concentraciones de sedimentos, favorecen se alcance una mas eficaz homogeneidad de los flujos.

Evaluar la forma como ocurren estos complejos mecanísmos en base al levantamiento de datos y mediciones hidrológicas y sedimentológicas en este conjunto de ríos, son algunos de los objetivos propuestos a alcanzar en el futuro.

5. BIBLIOGRAFIA

1. MEADE R. et al (1983)."Sediment and water discharge in Rio Orinoco, Venezuela and Colombia" Proc. of II inter. simposium on River Sedimentation. Nanjing,China.

2.NORDIN C.F Jr, PEREZ, H. DAVID (1986)."The water and sediments of the Rio Orinoco and its majors tributaries, Venezuela and Colombia- Sand waves, bars and wind-blown sands.USGS water supply paper N 2326-A.

3.PEREZ, H. DAVID (1985). "Investigaciones hidrológicas, sedimentológicas e hidrogeoquímicas recientes en la cuenca del Rio Orinoco". (PUB. U.C.V).

4.STALLARD R. (1985)."Cross channel mixing and its effect on sedimentation in the Orinoco." Dpt of Geological and Geophysical sciences.Princenton University, New Jersey.

5. McKEE E.D.(1986) "The water and sediments of the Orinoco and its major tributaries, venezuela and Colombia.Sedimentary structures and textures of the Orinoco channels sands.USGS water supply paper N 2326-B.

6.WEIBEZAHN F.(1985) "proyecto estudio preliminar del Rio Orinoco como sistema ecológico" (PECOR).Pub. MARNR-USB-PDVSA.