

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
Dirección de Obras Hidráulicas
División de Hidrología
Sedimentología

EROSION EN LA REGION DE
YARACUY

ESTADO — YARACUY.-

Orig. Dic. 1968
Act. Abril 1970

David Pérez Hernández

I N D I C E

	Pág.
Introducción	1
Objetivos	1
Datos e información disponible	1
Fisiografía de la zona	2
Pendientes	3
Pluviosidad	4
Región de Yaracuy. Detalles	4
Propiedades de los sedimentos	5
Transporte de sedimentos en suspensión. Cumaripa y Pte. Peñón	7
Acarreo de materiales de lecho	9
Transporte de sedimentos-Cumaripa	11
Rango de las concentraciones	11
Acarreos anuales en puente Cumaripa	11
Relación entre el transporte total en suspensión del período Cumaripa-Pte. Peñón	12
Variaciones notables en el período de registro	13
Comentarios finales	14
Conclusiones	15
Recomendaciones	16

APENDICES

- A. Gráficos de mediciones indirectas de crecientes. Tejar-Cocorotico (Prog. MOP 1138)

- B. Informe Preliminar sobre el reconocimiento de la región de Yaracuy. 03-07-1968. (Excluido)

Cálculos actualizados de acarreos en suspensión río Yaracuy-Pte, Cumaripa.

- C. Informe del reconocimiento de la cuenca alta del río Yaracuy de fecha 27-29/04/70.

MAPAS Y CROQUIS

Mapa de detalles y pluviosidad de la región de Yaracuy. Año 1964

GRAFICOS

Perfiles longitudinales de cauces tributarios del río Yaracuy	1
Curvas granulométricas. Materiales de lecho	2,3
Familia de curvas de sedimentación río Yaracuy	4
Curva de sedimentación media del período 1952-1967 Yaracuy-Cumaripa	5
Curva de doble masa. Relaciones del transporte en suspensión Cumaripa-Pte. Peñón	6
Curvas de sedimentación. Yaracuy-Cumaripa 1959-1960, 1965-66	7
Curvas probables de caudales. Qdas. Tejar y Cocorotico	8

CUADROS

Características de áreas particulares	1
Características de los sedimentos. Región Yaracuy. Ago. 68	2
Datos disponibles de acarreo y escurrimiento. Per. 1952-1967	3
Valores comparativos del transporte en suspensión. Cumaripa- Pte. Peñón. Período 1952-1967	4
Acarreo de crecientes cuenca Honey Creek. U.S.A	5
Condiciones del transporte del sedimento de lecho	6

I N F O R M E

INTRODUCCION

En este informe se complementa la información relativa a la erosión, transporte y características de los sedimentos en numerosos cauces de la región de Yaracuy, como una etapa posterior al reconocimiento y presentación del informe interino del suscrito de fecha 03-07-68 (Apéndice B Anexo), atendiendo a la solicitud N° 00144 emanada de la División de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas. Una reconsideración más amplia del problema ha sido necesaria en el año 1970, como consecuencia de la ejecución de la presa de Cumaripa y otras obras artificiales en la región que han alterado las condiciones originalmente existentes.

OBJETIVOS

Se persigue en este informe describir las causas que determinan la erosión en la región de Yaracuy, señalar las áreas más problemáticas, establecer las características del acarreo sólido, determinar las características de los sedimentos, estimar el rendimiento de áreas particulares y el grado de transporte en crecientes, estableciendo comparaciones con datos aportados de mediciones en pequeñas cuencas, definir el incremento del rendimiento del sedimento en suspensión entre las estaciones fluviométricas Cumaripa y Puente Peñón y finalmente discutir y dar recomendaciones sobre las medidas más efectivas para controlar la erosión en la región en referencia.

DATOS E INFORMACION DISPONIBLE

Topografía:

Se cuenta con restituciones y series aerofotogramétricas de la zona a escala 1:25.000, además de mapas 1:100.000 de la hoya del Yaracuy.

Escurrimiento y sedimentación:

Existen dos estaciones fluviométricas sobre el Yaracuy: Cumaripa y Puente

Peñón, con registros desde 1949 y 1942 respectivamente, se dispone de mediciones indirectas de crecientes en algunas de las quebradas de la región de Yaracuy. Se han efectuado muestreos y análisis granulométricos de sedimentos, en la mayoría de las mismas, durante los meses de avenidas en este año, así como determinaciones de pesos específicos.

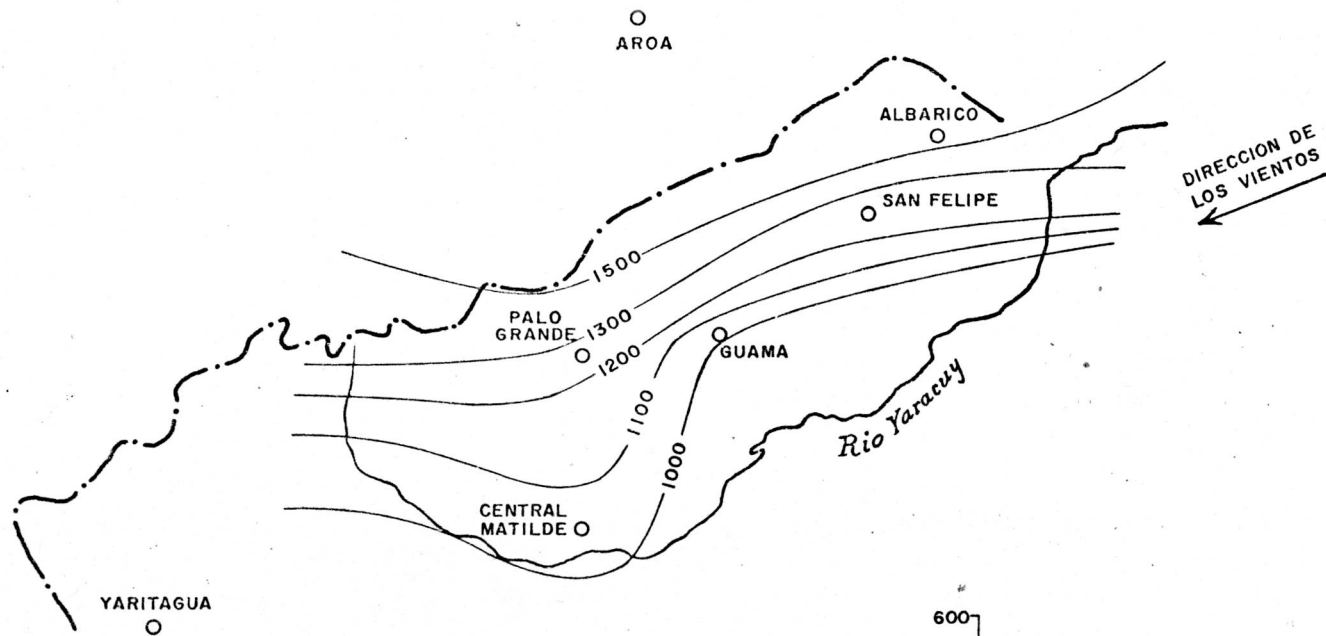
Las características y forma de ocurrencia de las crecientes en dichos cauces, han hecho dificultosas las mediciones de caudales, aunque está programada esporádicamente su realización.

Pluviometría:

Se dispone de un suficiente, pero no bien distribuido número de estaciones pluviométricas en la región.

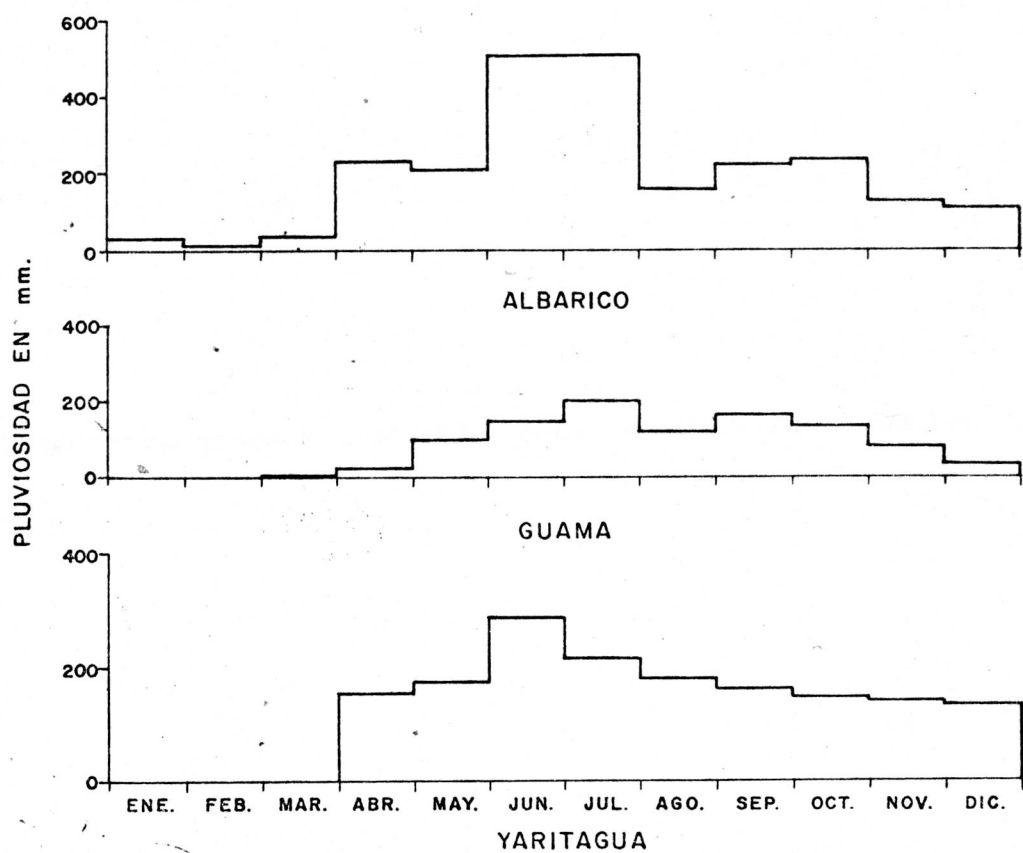
FISIOGRAFIA DE LA ZONA

El área considerada en este trabajo, comprende una franja alargada en dirección NE situada dentro de la hoya del río Yaracuy con 820 Km², que se extiende entre los paralelos 69° - 68° 40' abarcando las estribaciones septentrionales de la serranía de Aroa, extendiéndose a través de las planicies del amplio valle del río Yaracuy que la delimita al sur, y el cual sirve de colector por su margen izquierda de los cauces y quebradas objeto de estudio. En la misma, por sus condiciones fisiográficas, pueden diferenciarse dos áreas distintas; la zona montañosa, delimitada por niveles superiores a los 500 m.s.n.m., con 300 Km² aproximadamente, y las áreas más bajas, donde los conos aluviales y las planicies fluviales, son los rasgos geomórficos más representativos.



ESCALA APROX. 1:25.000

CROQUIS 1
 DISTRIBUCION MENSUAL
 DE PRECIPITACIONES
 REGION YARACUY
 AÑO 1964



El conjunto de cauces considerados tiene, en su mayoría, las cabeceras, a altitudes que oscilan entre 1200 y 1600 m.s.n.m. en la serranía de Aroa y drenan en dirección Sur a Sur-Este atravesando las dos zonas antedichas. En las áreas montañosas se desarrollan altas pendientes (Gráfico 1), produciéndose un sistema reticular de drenaje bien definido, por los interfluvios que drenan las márgenes de angostos y escarpados valles intermontanos. Inmediatamente al pié de la serranía, la transición de pendiente se produce a través de amplios conos aluviales de gruesos espesores, a partir de los cuales, la pendiente decrece gradualmente a lo largo de las planicies que forman las márgenes del valle del Yaracuy.

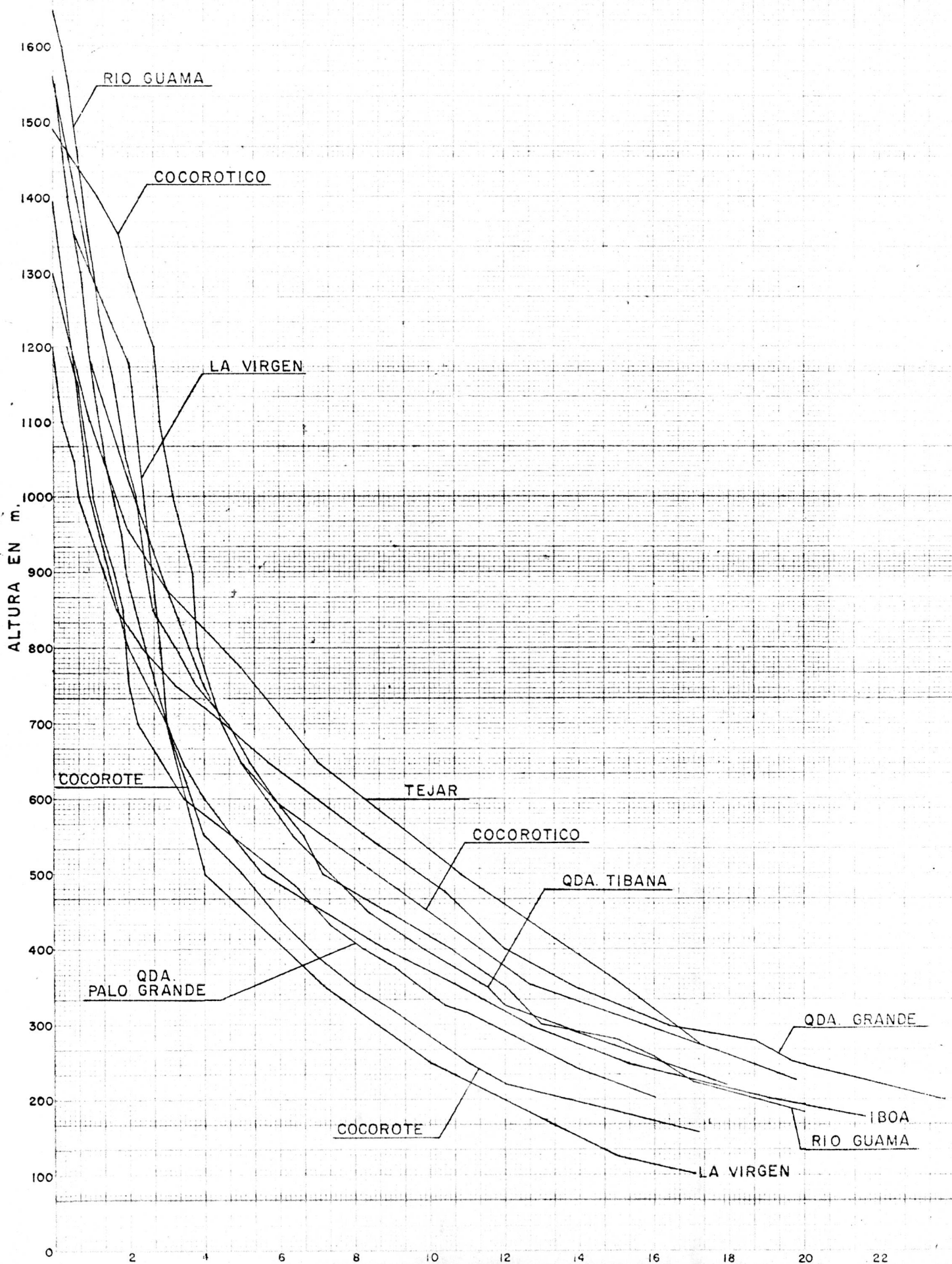
En algunos cerros bajos situados al pié de la serranía, la erosión marginal de los materiales aluviales que allí forman acumulaciones de laderas, han desarrollado sistemas anulares de avenamiento bien definidos, como consecuencia de la concentración del escurrimiento en áreas donde la consistencia y cohesividad de los suelos muestran diferencias notables. Hacia las zonas bajas y planas el drenaje se hace difuso, observándose una notable tendencia de cauces mayores a capturar los menos caudalosos, produciéndose un grado de erosión intenso.

PENDIENTES

En el Gráfico 1, se señalan los perfiles longitudinales de los cauces más importantes, preparados de mapas 1:25.000 de la región de Yaracuy. Se observa del mismo, que la inflexión se produce a la cota 500 m.s.n.m. aproximadamente, sobre la cual las pendientes exceden al 30%, permaneciendo éstas, con valores comprendidos entre .5% y 1,0% en los trechos restantes hasta sus confluencias con el río Yaracuy.

PERFILES LONGITUDINALES

CAUCES TRIBUTARIOS DEL RIO YARACUY



PLUVIOSIDAD

Los vientos del NE procedentes del mar Caribe, saturados de humedad, son las fuentes abastecedoras que determinan, al encontrarse con la barrera montañosa de Aroa, precipitaciones orográficas de mucha intensidad y corta duración, las cuales producen grandes avenidas en la época lluviosa, y el subsiguiente transporte de grandes volúmenes de sedimentos. En el Cróquis 1, se muestra la distribución de la pluviosidad en la zona de Yaracuy para el año 1964, observándose que valores crecientes de lluviosidad, se registran hacia niveles más altos de la Sierra de Aroa, y disminuidos hacia el oeste, lo cual se destaca de la distribución mensual de precipitaciones en tres estaciones orientadas longitudinalmente a la dirección del valle, observándose valores tan bajos como 500 mm/año en la estación de Yaritagua hasta valores superiores a los 1500 mm/año en Albarico.

MAPA DE DETALLE DE LA REGION DE YARACUY

Se ha elaborado un mapa de la región, en la cual se indican los sitios tentativos de embalses, las áreas más críticas de erosión, zonas de cultivos y dónde el problema es menos grave. En el Cuadro 1, cada zona en particular se especifica como un porcentaje del área total considerada.

CUADRO N° 1

CARACTERISTICAS DE AREAS PARTICULARES. REGION DE YARACUY

Area Tipo	% del área total
A - Erosión intensa { Urachiche Campo Elías Tibana, Iboa y Cocorote	4,5 2,0 10,0
B - Erosión regresiva en abanicos fluviales	14,0
C - Areas de cultivos	23,0
B-C - (Superpuestas)	2,0
A-C - (Superpuestas)	0,5
Otras	46,5

Es de destacar, que las áreas erosivas en las regiones montañosas, representan, un reducido porcentaje del área total de la región, coincidiendo éstas con las más desprovistas de vegetación. Llama igualmente la atención, la ubicación de las presas, en relación a la distribución de las mismas.

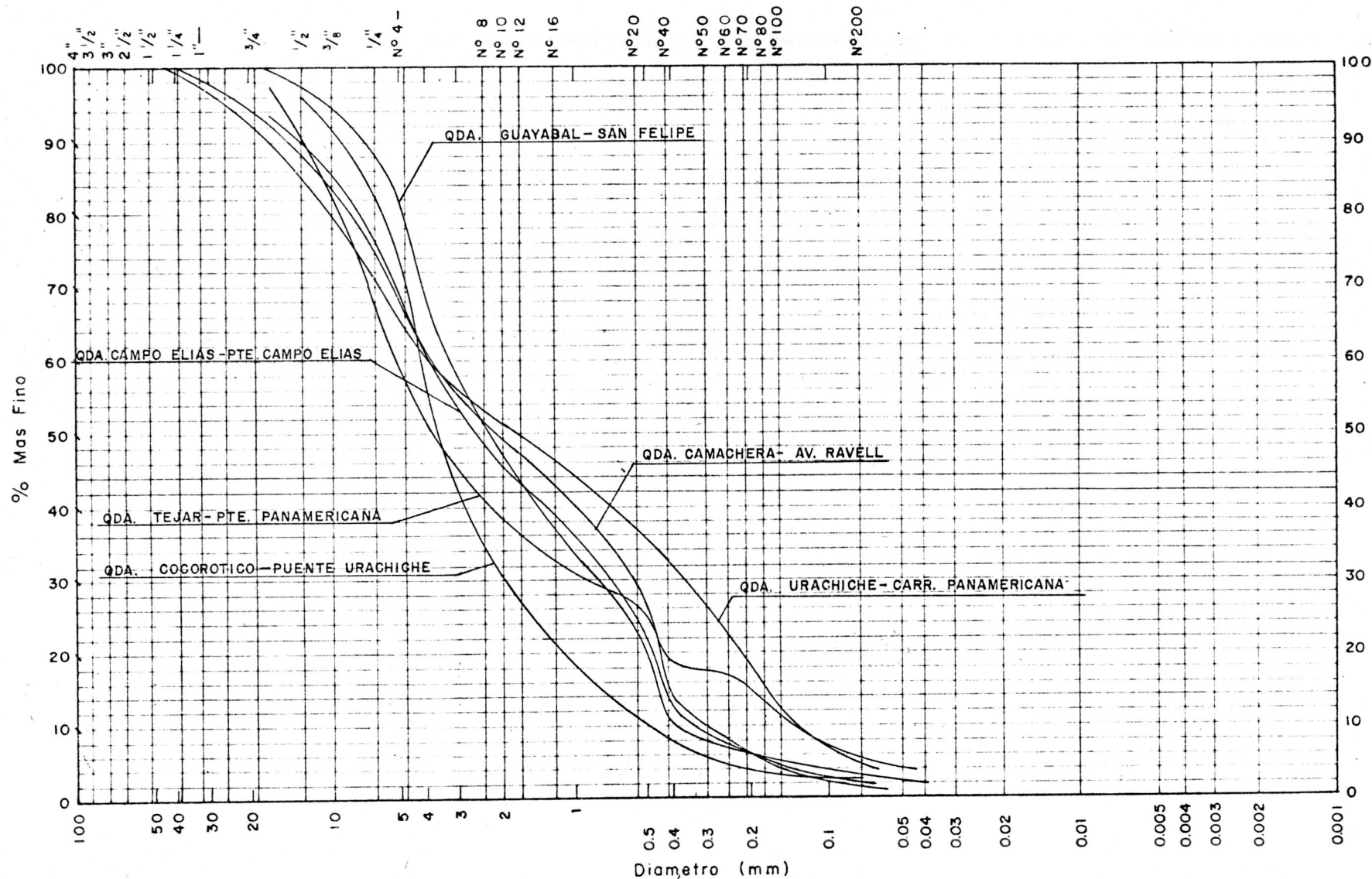
Es de observar así mismo, que las áreas de erosión regresiva, comprenden una amplia franja al pié de la cordillera, sobre la cual, se superponen zonas de cultivos intensos, esto ha acelerado los procesos de erosión en los conos aluviales, tal como puede notarse, en la margen derecha de la quebrada Campo Elías.

PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS

En los gráficos 2 y 3, se muestran las curvas granulométricas de los materiales de lecho (excluidos los materiales de gran diámetro que tienen amplia distribución en todos los cauces). En los mismos, se indica, qué porcentaje en peso de material es más fino que el diámetro expresado en mm, sobre el eje de las abscisas.

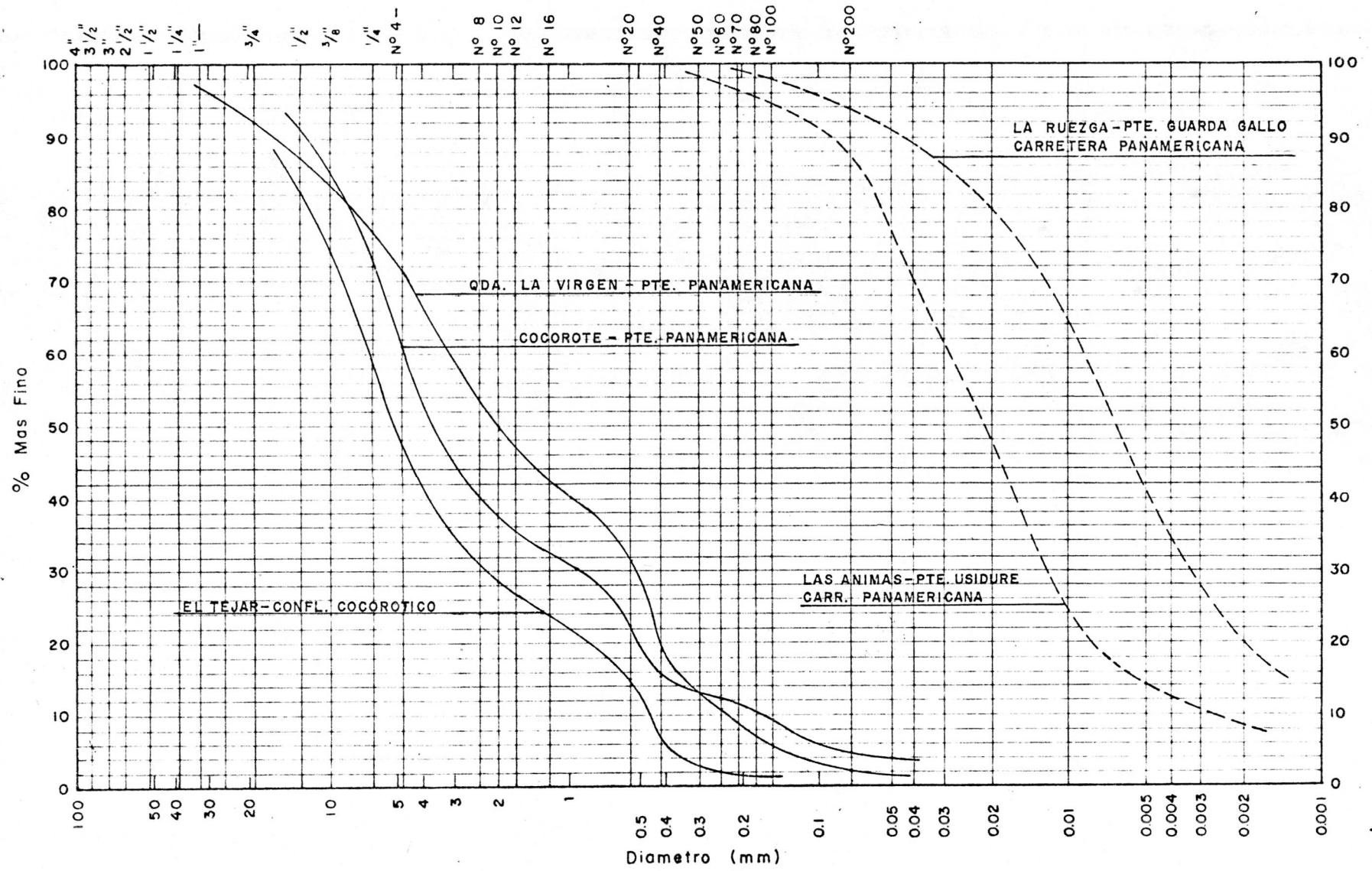
CURVA GRANULOMETRICA

CLASIFICACION DEL M. I. T.	ARENA			LIMO			ARCI-LLA
	GRUESA	MEDIANA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	



CURVA GRANULOMETRICA

CLASIFICACION DEL M. I. T.	ARENA			LIMO			ARCI-LLA
	GRUESA	MEDIANA	FINA	GRUESA	MEDIANA	FINA	



En el cuadro 2, se resumen las características, así como los sitios correspondientes de muestreo, los porcentajes de cada componente y los pesos específicos determinados del análisis de laboratorio. Se señalan, adicionalmente, las granulometrías del sedimento en suspensión en dos quebradas de la región:

CUADRO N° 2
 CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS. AGOSTO DE 1968
 REGION DE YARACUY

1	2	3	4	5	6	7
Río	Lugar de muestreo	Diám.med. (mm)	Grava %	Arena %	Finos %	Peso esp.**
Guayabal	San Felipe	25	53	45	2	2,66
Comadrera	Av. Ravel, Sn. Felipe	22	46	52	2	2,65
Urachiche	Pte. Panamericana	18	49	49	2	2,72-2,74
Campo Elías	Pte. Panamericana	26	43	56	1	2,76-2,74
Cocorotico	Pte. Urachiche	35	68	30	2	2,71
Tejar	Pte. Panamericana	35	70	29	1	2,71
La Virgen	Pte. Panamericana	20	50	46	4	2,64
Cocorote	Pte. Panamericana	36	63	36	1	2,75
Tejar	Conf. Cocorotico	50	72	28	-	-
Ruezga *	Pte. Guarda Gallo	0.007	-	9	81	2,66
Las Animas *	Pte. Usidire	0.02	-	24	76	2,67

* Sedimentos en suspensión.
 ** Material pasante tamiz 10.

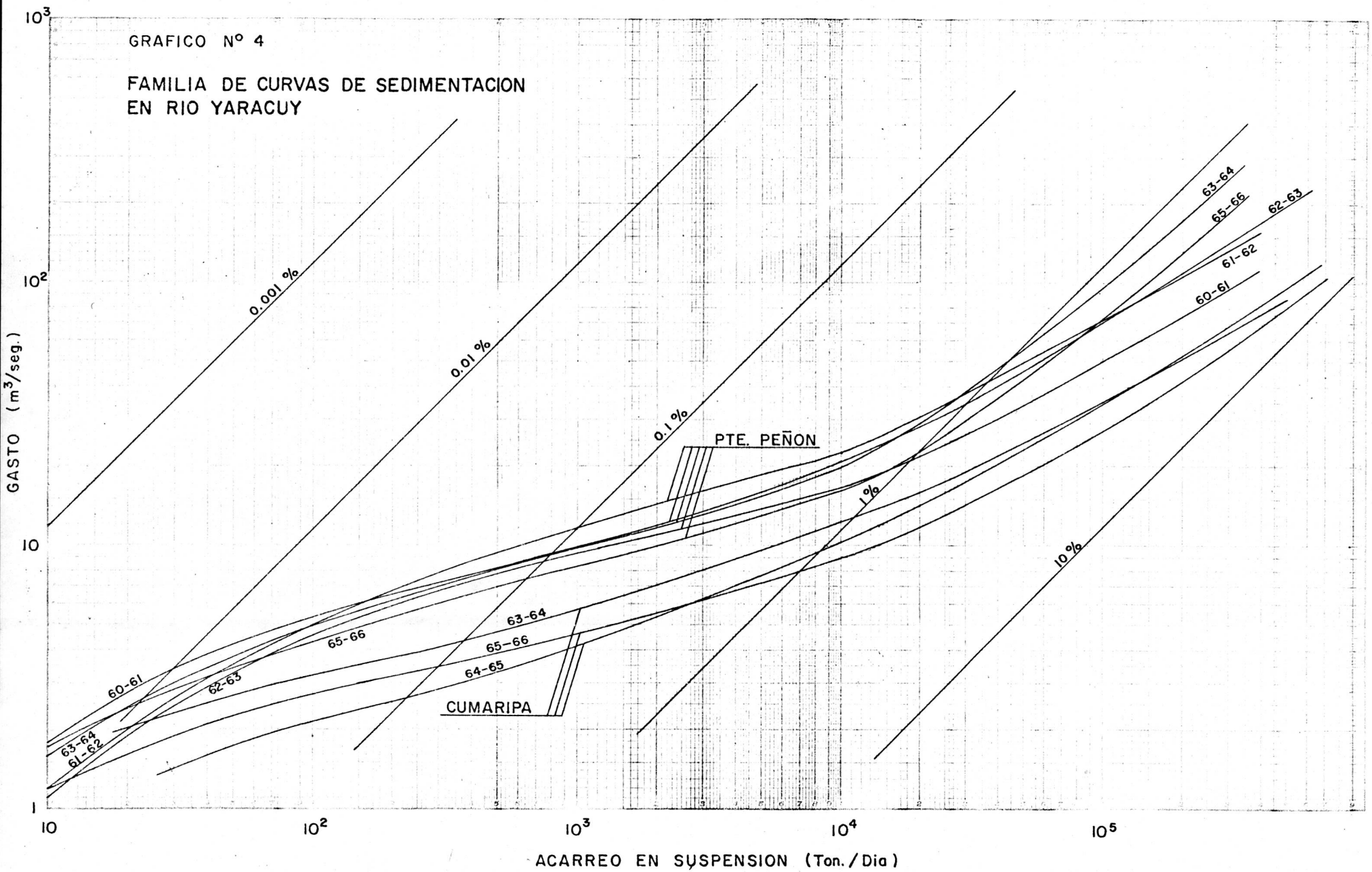
Muy bajos contenidos de sedimentos finos, se reportan de los ensayos granulométricos en los sitios indicados de muestreo, hasta donde se estima, que el proceso de deposición de los materiales gravo-arenosos es más intenso, esto sugiere que los cauces en cuestión contribuyen al Yaracuy, exclusivamente, con sedimentos finos; lo que es corroborado, por aspecto del material sólido transportado, en todo el tramo recolector de los cauces mencionados.

TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION. CUMARIPA Y PUENTE PEÑÓN

A objeto de establecer comparaciones, sobre la magnitud y variaciones del transporte de sedimentos en suspensión, concentraciones, rendimientos y rata de erosión, para la cuenca, según datos de las estaciones fluviométricas Cumaripa y Puente Peñón, se indican en el Cuadro 3 los valores correspondientes del período 1952-1967. El área drenada hasta Cumaripa comprende el 22% del área de la cuenca hasta Puente Peñón, hasta allí, exceptuando el río Urachiche que representa realmente el cauce alto del Yaracuy, éste acepta un reducido número de quebradas tributarias. En el Gráfico 4 se muestra una familia de curvas de sedimentación, para diferentes años en ambas estaciones, de cuya comparación, usando el valor promedio observado para el comportamiento del transporte del sedimento en suspensión del período, se han deducido los valores correspondientes, indicados en el Cuadro 4.

GRAFICO N° 4

FAMILIA DE CURVAS DE SEDIMENTACION EN RIO YARACUY



CUADRO N° 4

VALORES COMPARATIVOS* DEL TRANSPORTE EN SUSPENSION.
CUMARIPA - PUENTE PEÑON. PERIODO 1952-1967

1	2	3	4	5
Concentración % peso	0.05	0.1	0.5	1.0
Acarreo Cumaripa/Acarreo Pte. Peñón (%)	33.3	37.5	43.0	34.0
Gasto Cumaripa/Gasto Puente Peñon (%)	50.0	39.0	40.0	40

Un incremento de un 60 a 65 por ciento del acarreo, se produce en la estación Puente Peñón en relación a Cumaripa, trecho sobre el cual tributan la mayoría de las quebradas de interés.

A objeto de considerar la magnitud probable del transporte en crecientes y las relaciones con el gasto líquido, se han seleccionado, como representativas, las quebradas Tejar y Cocorotico; donde se han definido tentativamente, usando métodos indirectos, las curvas de caudales probables (Gráfico N° 5) en las inmediaciones a sus confluencias, según las condiciones señaladas en el Apéndice B (medición indirecta de crecientes, Programa MOP-1138). Las crecientes observadas en estos cauces no exceden a una duración de 3 horas. Si se estima el gasto medio en un 70% del gasto de desbordamiento con una concentración de 1% en peso del sedimento en suspensión, el acarreo total para una creciente a través de la sección en cada cauce, sería 3500 m³ aproximadamente, lo cual conduce, para un área drenada de 55 Km², a un rendimiento de 130 m³/km², valor éste que debe ser superior en los sitios de presa, si se consideran las más elevadas pendientes con una mayor densidad de drenaje y, el hecho de que sólo 35 km² del área drenada hasta allí, representen zonas desprovistas de vegetación con aporte efectivo (Mapa 1).

* a conc. constante.

CUADRO Nº 3

DATOS DE ACARREOS Y ESCURRIMIENTOS DISPONIBLES - RIO YARACUY

YARACUY EN PUENTE CUMARIPA *							YARACUY EN PUENTE PEÑON					
AÑO	(1) VOLUMEN ESCURR. (x 10 ⁶ m ³)	(2) ESCURR. (m.m.)	(3) ACARREO (x 10 ³ Ton.)	(4) CONC. MAX. (%)	(5) CONC. MED. (%)	(6) RENDIMIENTO Ton./Km ² /Año	(7) VOLUMEN ESCURR. (x 10 ⁶ m ³)	(8) ESCURR. (m.m.)	(9) ACARREO (x 10 ³ Ton.)	(10) CONC. MAX. (%)	(11) CONC. MED. (%)	(12) RENDIMIENTO Ton./Km ² /Año
51-52	81,089	280,00	65,000	0,380	0,081	227,00	288,679	239,37	309,59	0,60	0,25	252,55
52-53	59,104	222,20	12,000	0,178	0,020	42,00	230,450	191,08	355,80	0,39	0,12	250,00
53-54	54,794	206,20	23,00	0,048	0,038	81,00	229,167	190,02	342,95	0,54	0,10	284,30
54-55	77,215	290,28	80,000	0,240	0,097	278,00	394,434	327,06	963,40	0,53	0,19	798,60
55-56	57,822	217,37	29,000	0,345	0,051	102,00	262,222	217,43	886,70	0,51	0,18	735,00
56-57	77,607	291,75	48,000	0,057	0,062	167,00	399,786	331,50	810,00	0,48	0,16	671,50
57-58	54,068	203,23	13,000	0,043	0,026	44,00	228,265	189,27	328,90	0,37	0,10	272,70
58-59	48,177	181,12	19,000	0,270	0,039	67,00	189,703	157,30	250,66	0,34	0,08	207,80
59-60	84,603	318,05	54,000	0,460	0,066	189,00	302,648	251,05	1.258,41	0,73	0,32	1.043,23
60-61	65,109	245,10	27,941	1,430	0,043	96,34	280,001	232,17	2.332,48	0,80	0,35	1.933,00
61-62	64,551	243,10	18,00	0,90	0,030	64,60	341,630	283,27	2.039,14	0,85	0,59	1.690,00
62-63	36,856	139,00	6,366	0,37	0,017	21,95	243,317	201,76	595,75	3,76	0,25	493,87
63-64	60,845	228,75	103,369	0,76	0,170	356,44	231,623	192,06	567,38	2,02	0,25	470,40
64-65	53,626	201,60	12,502	1,14	0,019	43,11	245,887	204,08	666,38	2,11	0,29	552,43
65-66	69,392	260,86	477,260	4,48	0,688	1645,72	220,591	181,90	765,37	2,20	0,35	634,50
66-67	75,761	284,82	381,350	2,54	0,503	1315,00						
TOTAL	934,590	3.533,43	1.369,80	13,50	2,025	4740,20	4.334,026	3.389,32	12.472,91	16,23	3,58	10.289,80
PROMED.	62,306	235,56	85,613	0,832	0,127	296,2	288,935	225,95	831,52	1,08	0,24	685,99

* Cálculos actualizados

En el cuadro 5, se indican valores representativos del acarreo de crecientes para diferentes períodos de retorno de la cuenca Honey Creek, U.S.A., que representa la misma área de drenaje que la región en referencia, mostrándose además su proporción en % del valor medio anual.

CUADRO N° 5

Período de retorno (años)	Rendimiento Ton/Km ²	Valor medio anual %
50	150	83
25	125	67
10	75	42

ACARREO DE MATERIAL DE LECHO

Al frente de la cordillera de Aroa, en la transición hacia las zonas planas aluviales, se produce la deposición del mayor porcentaje de materiales gravosos, mientras que los más finos son, en su casi totalidad, llevados en suspensión durante las crecientes. Los conos y regiones llanas compuestas de gravas mezcladas con sedimentos finos, son fuentes de suministro de sedimentos en áreas muy erosionables, de tal forma, que gran parte de las gravas y peñones allí observados, son producto del abarrancamiento de los taludes, muy inestables, en áreas donde la tasa de erosión lateral predomina sobre la vertical, y su distribución, en los lechos, produce un escurrimiento tortuoso e irregular. Este carácter es común a la mayoría de las quebradas de la región.

En el cuadro 6, se muestran estimaciones de acarreo de lecho, en base a la granulometría y las condiciones del transporte en los sitios de muestreo.

CUADRO N° 6

CONDICIONES DE TRANSPORTE DEL SEDIMENTO DE LECHO
CAUCES DE LA REGION DE YARACUY

1	2	3	4 *	5	6	7
Quebradas	Tirantes de agua (m)	P.Hidráu.	E.Tract. Kg/m ²	Esf.corte crít (Kg/m ²)	(5)/(4)	$\frac{Ac.lecho}{Ac.suspe.} \times 100$
Tejar	1,5	0,015	22	2,5	0,11	25
Cocorotico	1,5	0,015	22	2,5	0,11	25
La Virgen	1,2	0,008	10	1,5	0,15	15
Guama	1,0	0,010	10	2,5	0,25	15
Iboa	1,0	0,010	10	-	-	-
Palo Grande	0,75	0,008	6	2,0	0,3	10
Campo Elías	0,80	0,010	8	1,9	0,24	15
Cocorote	0,90	0,012	11	2,4	0,22	15
Urachiche	2,0	0,015	30	1,8	0,06	15
Tibana	1,2	0,010	12	-	-	-

* Aproximadamente

Se han obtenido valores de fuerzas tractivas y esfuerzos de corte crítico en cada caso, para condiciones normales de crecientes, en las cuales se han registrado pendientes hidráulicas superiores al 1%; una comparación de las relaciones entre los esfuerzos de corte mostrados en la columna 6 del cuadro 6, demuestra, que un gran porcentaje de los materiales con diámetros superiores a los valores medios, no experimenta un mayor grado de transporte, al menos durante las pequeñas avenidas.

TRANSPORTE DE SEDIMENTO-CUMARIPA

Rango de las Concentraciones

A pesar de que el muestreo en la estación Cumaripa se realizó durante el período con muestreadores del tipo de botella, se considera que el carácter fino del sedimento conlleva a resultados adecuados para predecir valores suficientemente reales de la concentración para las diversas condiciones de caudales.

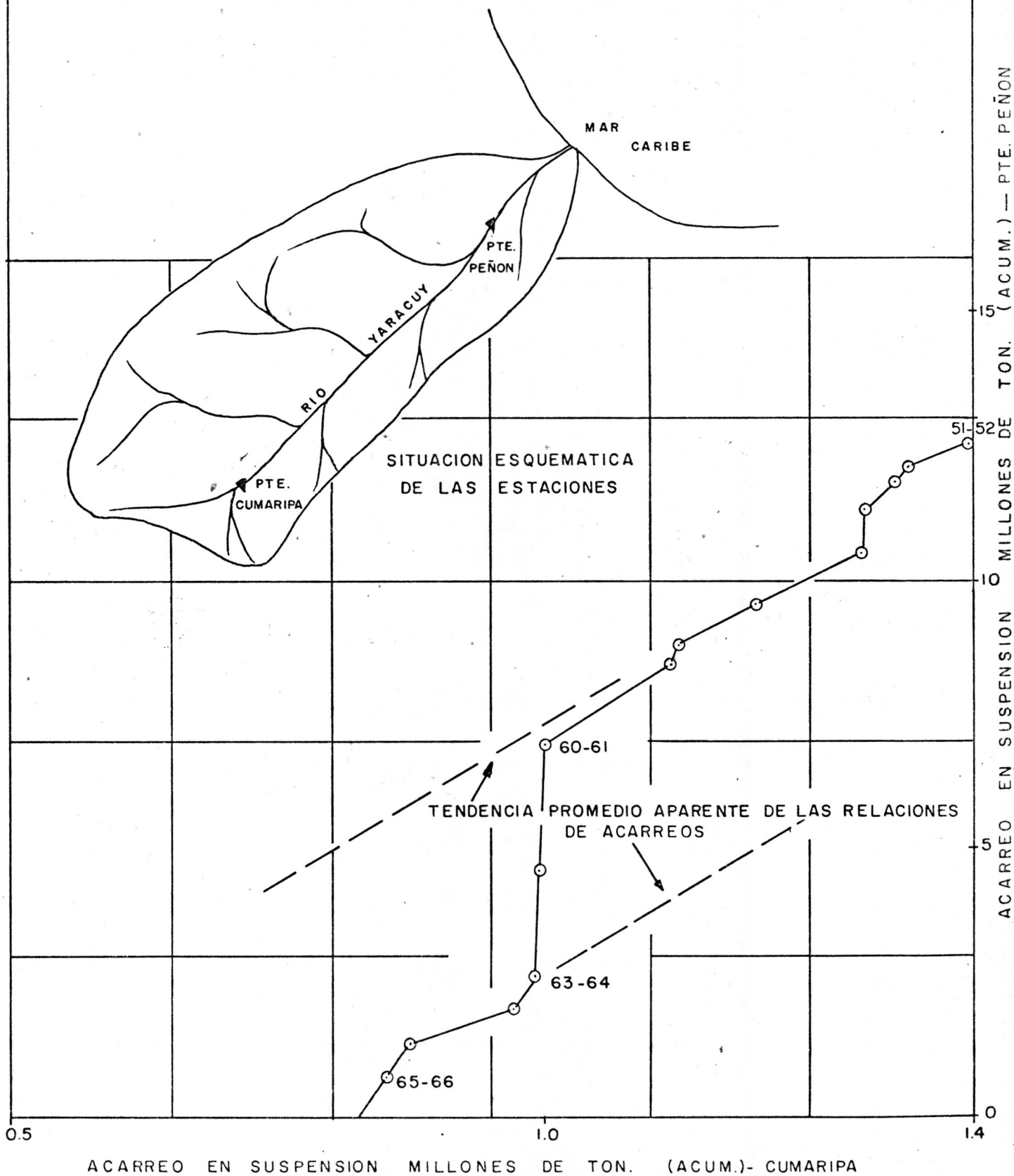
Las magnitudes promedios de las concentraciones mensuales reflejan que los valores máximos se registran en los meses de Junio-Julio-Agosto, cuando también se produce el mayor porcentaje del acarreo anual.

En el gráfico 5, se señala la curva de sedimentación obtenida de representar valores representativos del transporte en suspensión para diferentes años, observándose que los valores normales de la concentración fluctúan entre 0,001% y 5% con pobre correlación en gastos medios y altos. Debe destacarse además, que se nota una clara tendencia a aumentarse la concentración del sedimento en suspensión, en los últimos años del período, tanto en la estación Cumaripa como Puente Peñón, hasta alcanzar valores máximos muy superiores a los límites normales que permitan un tratamiento económico de sedimentación y floculación de las partículas que hagan aprovechable el agua para abastecimiento (1500 ppm ó 0,15%), esto sin embargo, no representa un problema, por cuanto este aspecto no se contempla dentro de los objetivos del embalse.

ACARREOS ANUALES EN PUENTE CUMARIPA

Con el propósito de tener valores más reales de las magnitudes del transporte ha sido necesario actualizar todos los datos del período 1952-1967, usando nuevos métodos de cómputo. La presentación de los cálculos, permiten discriminar sobre los

GRAFICO N°6
 CURVA DE DOBLE MASA
 RELACIONES DEL TRANSPORTE
 EN SUSPENSION
 CUMARIPA — PTE. PEÑON
 EDO- YARACUY



períodos de máximo ó reducidos acarrees, (Anexos, Apéndice B). En el cuadro N° 3, se indican los valores típicos anuales del transporte y el escurrimiento tanto en la estación Cumaripa como Puente Peñón. Muy amplia variación en los totales anuales se observan para los diferentes años del período, registrándose el mínimo valor en el año 1962-1963, cuando el escurrimiento fué relativamente bajo, a un máximo de 447.300 ton. para el año 1965-1966 para un gran valor en el rendimiento del sedimento de 1645,7 ton/km². Una estimación de la corrección del acarreo total por arrastre de fondo entre un 15 y 20 por ciento respecto al acarreo en suspensión, conduce a un valor medio total de 100.000 ton/año para todo el período de registro, lo cual representaría un volumen equivalente, al considerar un peso unitario sumergido del sedimento de 1 ton/m³, valor éste normal en sedimentos finos de otros ríos de la región, similares a los transportados por el Yaracuy.

RELACION ENTRE EL TRANSPORTE TOTAL EN SUSPENSION DEL PERIODO

Estaciones Cumaripa-Puente Peñón

A objeto de visualizar cuantitativamente las variaciones de los acarrees en suspensión para estas dos estaciones, se señala en el gráfico 6, una relación acumulativa para las magnitudes anuales del transporte, representada a partir de los últimos años del período. De la tendencia observada para los lapsos en los cuales ambas relaciones guardan una buena proporcionalidad, se nota, que el acarreo en Puente Peñón supera en 11 veces la magnitud media de los acarrees en Puente Cumaripa, mientras que en períodos anormales de transporte, como el correspondiente a los años subsiguientes al 60-61, la excedencia es superior a 50 y hasta 100 veces, como ocurrió durante el período 1960-1964; numerosas causas han podido contribuir a estas modificaciones

en el transporte de sedimentos: una aceleración de las ratas de suministro de sólidos, causados por la ejecución de obras e incremento de las actividades agrarias en la región, parece ser una explicación más razonable, que considerar los efectos de la ocurrencia de las lluvias y el escurrimiento y su distribución en el tiempo y sobre áreas más erosionables, aunque esto evidentemente ha podido ejercer un efecto conexo. El hecho de que no se registran valores de rendimientos líquidos en esos años, superiores a los normales, parecen dar más validez a la primera hipótesis.

VARIACIONES NOTABLES EN EL PERIODO DE REGISTROS

Como es de observar en gráfico 5, se destaca una amplia dispersión en los datos de muestreo de sedimentos para los diferentes años del período. Un desplazamiento hacia la derecha, es evidente sin embargo, para las relaciones de transporte correspondiente a los años 1965-1966, y 1966-1967, en los cuales los arrastres en suspensión se incrementaron considerablemente. Con el propósito de hacer más visible éstas discrepancias, se muestra en el gráfico 7, la comparación del comportamiento anual del transporte sólido del último año con la de uno en el cual los valores medios difieren muy poco de los valores promedios del período 1951-1955. Se nota la tendencia creciente de las concentraciones y como consecuencia de las magnitudes de acarreo, registrándose valores instantáneos de 6 por ciento en peso y 75000 ton/día respectivamente.

En el gráfico N° 6, se realiza una comparación de las variaciones anuales de acarreos para las dos estaciones fluviales sobre el Yaracuy, concluyéndose que para el período 1951-1961 las tendencias proporcionales entre los acarreos en suspensión de ambas es-

taciones fueron muy constantes, pero en el período 1960-1965 un brusco quiebre en la curva de masas señala que los valores anuales se incrementaron considerablemente en puente Peñón respecto a Cumaripa, a partir de entonces se ha tratado de uniformizar el transporte a las condiciones previas, pero con los aumentos señalados en la estación Cumaripa, allí los trabajos de ejecución de la presa han contribuido a que se interrumpiera el record y la toma de muestras, pero es evidente, como lo señala la tendencia inferior de la curva de masas que valores crecientes de acarreo, serían lógicos de esperarse en los próximos años.

COMENTARIOS FINALES

Del análisis de los datos de acarreo en las estaciones sobre el Yaracuy se concluye que en los últimos años se ha producido un incremento de las ratas de erosión y transporte de sedimentos. Se estudian las posibilidades de ejecutar pequeñas presas en las quebradas que drenan los flancos de la cordillera de Aroa, uno de cuyos objetivos básicos es el control de la erosión, se construye actualmente la presa de Cumaripa en la hoya alta del Yaracuy, con una capacidad útil superior a los 100 millones de m^3 , no se considera a la luz de los resultados aca expuestos, que la vida útil del embalse se reduzca considerablemente por efecto de los azolves, aunque el carácter fino del sedimento podría dar una alta turbiedad al embalse, lo cual haría prohibitivo el tratamiento del agua para abastecimiento, pero éste es un problema secundario que puede influir en los usos recreacionales del mismo, más no en un propósito para el cual no se ha proyectado. No se puede descartar obviamente, el efecto negativo de una rata mayor de sedimentación en el embalse, mientras que esto llevaría a una mas rápida pérdida de la capacidad útil de almacenaje.

Algunas medidas de control del problema son por lo tanto, indispensables de acometer.

CONCLUSIONES

- 1 De las consideraciones expuestas, se concluye que, la erosión y el elevado transporte de sedimentos en la región de Yaracuy, está determinada por la influencia de un conjunto de factores tanto de tipo climático como de las condiciones de los suelos: áreas locales desprovistas de vegetación, suelos poco cohesivos en regiones de elevadas pendientes, las características de los materiales aportados por las áreas contribuyentes, y ocurrencia de lluvias intensas.
- 2 En el cuadro 2, se indican las características obtenidas para los sedimentos, en las áreas propias de deposición, adicionalmente, se señalan características del sedimento en suspensión en algunos cauces.
- 3 Se han definido y delimitado en un mapa, las áreas particulares con características específicas, expresándolas como un porcentaje del área total de la región. Se deduce del mismo, que reducidos porcentajes del área total (16%) son potencialmente contribuyentes y, en general, los sitios tentativos de embalses hacen que éstos sean colectores del escurrimiento de gran parte de las áreas erosivas, lo que hace presumir una mayor eficiencia como almacenadores de sedimentos.
- 4 Se estima razonable considerar para la región en los sitios de presas, rendimientos de $1000 \text{ ton/km}^2/\text{año}$ de acuerdo a los valores normales, medidos en pequeñas cuencas con condiciones climáticas, topográficas y de tratamiento de la tierra, similares a las ofrecidas por las del Alto Yaracuy. Puede considerarse así mismo, que el transporte en crecientes podría representar al menos un 80% del valor medio anual.
- 5 De las relaciones de esfuerzos tractivos mostrados en la columna 6, cuadro N° 6, se destaca que un elevado porcentaje del material grueso del lecho no experimentará un apreciable transporte, especialmente, durante las pequeñas avenidas.
- 6 Del diseño de avenamiento en las regiones más bajas y de las características de los cauces, se observa, una predominancia de la erosión lateral en relación a la vertical, esto es una consecuencia de la inestabi-

lidad de los materiales que forman los taludes y áreas marginales, que representan allí, las fuentes de suministro. La irregular distribución de esos materiales en los lechos, determinan un drenaje caótico, tortuoso e irregular en los propios lechos.

El desarrollo intensivo de cultivos en los últimos años, ha contribuido a acelerar los procesos de erosión regresiva hacia el pié de la cordillera de Aroa, lo cual es de observar, especialmente en los abanicos fluviales. Este hecho podría arriesgar las obras y estructuras viales que bordean esa zona, además de hacer inaprovechables, en un futuro, áreas óptimas para desarrollo agrícola.

- 7 Del cómputo del rendimiento del sedimento en suspensión en las estaciones Cumaripa y Puente Peñón, se observa un incremento notable en la última, atribuyéndose el hecho especialmente, al suministro de materiales sólidos por todos los cauces considerados por la margen izquierda al Yaracuy.

RECOMENDACIONES

- 1 De acuerdo a las condiciones actuales de erosión e inundaciones periódicas, ofrecidas por la región de Yaracuy, se considera de gran importancia la ejecución de los pequeños sistemas de presas como solución parcial al problema, debiendo dársele prioridad, en relación a otros medios, como lo es el control del transporte de sedimentos en los lechos mediante la ejecución de Gandolfos, no por la poca eficacia de éstos en tal sentido, sino porque de acuerdo con las características de las crecientes, las presas servirían como atenuadoras de los picos, los cuales como se ha observado, ejercen un gran papel sobre el transporte y las inundaciones en las zonas bajas. Este criterio es sostenido también por varios ingenieros de la División de Planeamiento, del Ministerio de Obras Públicas.
- 2 No descartar la posibilidad de controlar la erosión de taludes margina-

les en las regiones bajas, mediante otros métodos de protección; esta solución debe contemplarse en las áreas más planas donde la erosión lateral y regresiva es más intensa, especialmente en las zonas de los conos aluviales, asentados de la mayoría de las poblaciones del frente de la cordillera.

- 3 Se recomienda aprovechar, las experiencias obtenidas del comportamiento del transporte de sedimentos en los sitios de ubicación de algunos Gandolfos, al acometer su construcción en otros cauces de la región. Resultados poco satisfactorios se han obtenido en uno ejecutado sobre la Qda. Guaremal, por la gran magnitud del acarreo sólido que prácticamente cubrió totalmente la estructura después de una creciente.
- 4 Deben regularse los métodos de cultivos muy intensivos en áreas muy denudables de la zona.
- 5 En virtud de que las capacidades de las presas propuestas son muy reducidas, por las adversas condiciones topográficas de los vasos de almacenamiento; se sugiere, que a objeto de eliminar un mayor porcentaje del sedimento fino que podría acumularse en el Delta del reservorio, se piense en las posibilidades de efectuar el diseño de las obras de evacuación de fondo con tomas lo más cercanas posible a las zonas de deposición y a cotas que garanticen su más óptimo funcionamiento. Esta solución es posible que no sea aplicable a todos los casos, pero puede ser factible de acometer en aquellas de vasos longitudinalmente muy estrechos, donde los costos que implicaría el uso de una tubería de grueso diámetro y larga, serían muy reducidos.
- 6 La División de Hidrología a través del Distrito Hidrológico 4, prevé continuar los muestreos y análisis de sedimentos, así como, mediciones de caudales en condiciones de crecientes, con lo cual se dispondrá de datos más precisos sobre las relaciones acarreo sólido-escorrentamiento en diferentes sitios de los cauces de interés, información ésta, de la cual se carece, por lo que es obvio el carácter preliminar de algunos de los aspectos a los cuales acá, se hace referencia.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
Dirección de Obras Hidráulicas
División de Hidrología
Sedimentología

EROSION EN LA REGION DE YARACUY
ESTADO YARACUY

Orig. Dic. 1968
Act. Abril 1970

David Pérez Hernández

PARA: JEFE DE LA DIVISION DE HIDROLOGIA
DE: JEFE DEL GRUPO DE TRABAJO DE SEDIMENTACION
ASUNTO: EROSION EN LA REGION DE YARACUY, EDO. YARACUY
FECHA: 18 DE DICIEMBRE DE 1968

PARA: Jefe de la División de Hidrología
DE: Jefe del Grupo de Trabajo de Sedimentología
ASUNTO: Informe del Reconocimiento a la Cuenca Alta del Río Yaracuy de fecha 27-29/04/70.
FECHA: Caracas, 05 de mayo de 1970

INTRODUCCION

Atendiendo a la solicitud personal del Jefe de la División de Hidrología, se procedió a efectuar un reconocimiento de la cuenca alta del Yaracuy para verificar las causas determinantes del anormal comportamiento del transporte de sedimentos en el río Yaracuy registrado particularmente en los últimos años, como complemento se hace particular énfasis, en la necesidad de tomar medidas que contribuyan a atenuar el proceso erosivo en áreas muy erosionables. En las labores de reconocimiento, el suscrito fué acompañado al campo por los ingenieros Armando González y Luis Montaña ambos de la División de Hidrología, también se departió con Técnicos de FUDECO y de otros organismos regionales.

LAS CAUSAS AGRAVANTES DEL PROBLEMA

En las conclusiones del informe "Erosión en la Región del Yaracuy" se establece que "una aceleración de las ratas de suministro de sólidos causadas por la ejecución de obras e incremento de las actividades agrarias" han podido contribuir a las modificaciones del transporte de sedimentos. Se cree muy necesario, a la luz de las observaciones pertinentes del reconocimiento, destacar las características de las obras que se

han ejecutado en los últimos años (especialmente en los últimos dos años), para comprender y justificar su influencia sobre el acarreo de sedimentos en los ríos de la región.

- Como se estableció en el informe original, los materiales de los lechos en su mayor porcentaje están constituidos por materiales gruesos y menores porcentajes de finos. Con el objeto de proteger "temporalmente" las riberas en algunos cauces, se procede normalmente a remover el material del lecho hacia las márgenes, hasta darle a los taludes una pendiente de equilibrio en sus condiciones no saturadas, los esfuerzos de tracción en el fondo, para condiciones de crecientes suficientemente altos por las elevadas pendientes favorecen una redistribución y movilización de los materiales del lecho, a la vez, la fracción fina del sedimento es removida y expuesta potencialmente para el transporte en suspensión con lo cual se disminuye la estabilidad del talud. Se pudo observar, por ejemplo, que aguas arriba del puente de Urachiche, el mismo que fué destruido en la creciente de 24-07-66, se removieron recientemente, en las condiciones antes señaladas, aproximadamente 1 millón de m^3 de materiales, si se considera que un 20 por ciento en peso de ese material es fino y capaz de arrastrarse en suspensión, se tendrían en un tramo de apenas 1 Km de longitud una capacidad de cedencia ó suministro de sedimentos cercana a los 200.000 m^3 . Debe señalarse, sin embargo, que éste es uno de los varios casos que pueden observarse en otros tramos y cauces de la región.

- Después de las crecientes del período de lluvias se procede a ejecutar con tractores, vías de acceso sobre el mismo lecho del río Urachiche (Yaracuy superior) en un tramo de 3 Kms. se perturbó completamente la morfología del lecho y se expusieron considerables volúmenes de sólidos para remoción, este hecho se agrava por el continuo tráfico

de vehículos, de tal forma que las primeras crecientes del próximo año encuentran condiciones óptimas para hacer más efectiva su acción erosiva y de transporte. Estas vías, evidentemente, han sido reacondicionadas periódicamente en cada uno de los últimos años.

- Obras de Tomas, son ejecutadas sobre el río Urachiche para satisfacer la demanda de riego en verano en los centrales azucareros. Se observó que esos caudales llevan una reducida carga sólida en suspensión, pero es comprensible que al pasar sobre suelos arados y sometidos a un tratamiento intensivo, como es el requerido por el cultivo de la caña de azúcar, los contenidos de sólidos en suspensión se incrementen notablemente. Quizás el más grave carácter de estas Tomas, es que los hacendados, para evitar derivar caudales excesivos a los requerimientos, remueven al iniciarse las crecientes estas Tomas, usando maquinarias pesadas y arrojando todos estos materiales al lecho del río.

- Se efectúan aprovechamientos de aluviones y saques de arena en el río Urachiche y otros de la región con la consiguiente perturbación de los lechos, que ello determina.

Quién escribe, no considera necesario destacar la importancia que tales hechos pueden significar sobre la erosión y el transporte fluvial de materiales, ya que se admite sean bien conocidos, cuanto desea destacarse, es su importancia en la conservación de las obras ejecutadas y las que se acometan en el futuro, así como ampliar un poco sobre las medidas más efectivas y a ser tomadas a brevedad, para atenuar la magnitud del problema, algunas de ellas, dadas parcialmente en el informe original. (Erosión en la Región de Yaracuy, Edo. Yaracuy).

SOLUCIONES

- Se insiste, en que conviene considerarse soluciones múltiples para reducir la erosión en la región y cauces de Yaracuy. Varias pequeñas presas reguladoras de crecientes y control de sedimentos han de ejecutarse en numerosas quebradas que drenan el pie de la serranía de Aroa. (más detalles, informe sobre la erosión en la región de Yaracuy).
- La protección de las riberas con materiales propios de los lechos no se considera una solución deficiente, pero se debe admitir, que este procedimiento sería más eficiente, si se colocara un revestimiento del material más grueso sobre los taludes, el cual existe en elevados porcentajes, como sedimentos del lecho, factibles de separar mecánicamente a la vez que se lograría una mayor estabilidad del talud al aumentar la granulometría y por consiguiente el ángulo de fricción interno del material, éste funcionaría a modo de filtro gradado que evitaría la pérdida y arrastre del sedimento fino. Varios factores contribuyen a que los costos que éste tratamiento amerita, no sean muy elevados.
- Debe prohibirse terminantemente la ejecución de vías y tráfico de vehículos sobre el lecho de estos ríos.
- La ruptura de las tomas para riego deben hacerse sin modificar considerablemente los lechos, ó sin causar un incremento notable en el suministro de sedimentos.
- Los Consejos Municipales deben dictar normas, para que se evite el aprovechamiento de arenas en áreas de intensiva erosión. Las áreas de transición de pendiente de estos lechos son las más afectadas, las zonas de libre aprovechamiento deben restringirse a zonas de deposición, donde la erosión sea menos grave en aquellos tramos don

de las pendientes de los lechos se reducen considerablemente.

- Otras prácticas normales de conservación no deben descartarse.

Anexo: Fotos y Rasgos descriptivos de zonas observadas
en el reconocimiento.

DPH/mv
05-05-70

GRÁFICO Nº 5

CURVA DE SEDIMENTACION

RIO-EST. YARACUY PUENTE CUMARIPA.

AÑOS 1951-1960 MUESTRADOR (ES) _____

AREA DE LA CUENCA 290 Km²

SIMBOLOGIA

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| □ 51 - 52 | ▼ 55 - 56 | △ 59 - 60 | ◀ 63 - 64 |
| ◻ 52 - 53 | ▽ 56 - 57 | ○ 60 - 61 | ● 64 - 65 |
| ■ 53 - 54 | △ 57 - 58 | ◁ 61 - 62 | ◉ 65 - 66 |
| ▽ 54 - 55 | ▲ 58 - 59 | ▷ 62 - 63 | ◊ 66 - 67 |

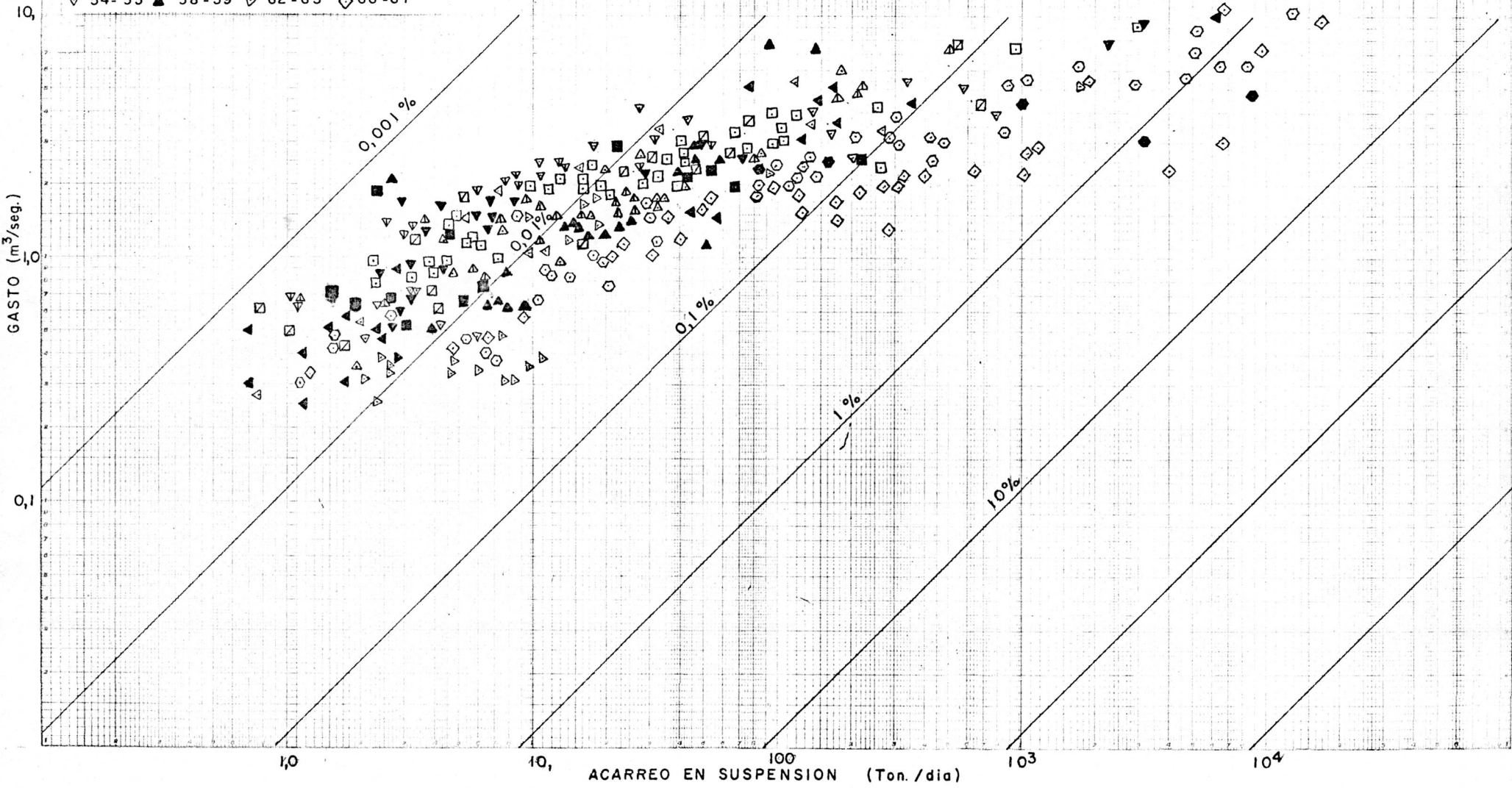


GRAFICO Nº 7
CURVA DE SEDIMENTACION

RIO-EST. YARACUY — PTE CUMARIPA

AÑO _____ MUESTREADOR (ES) BOTELLAS

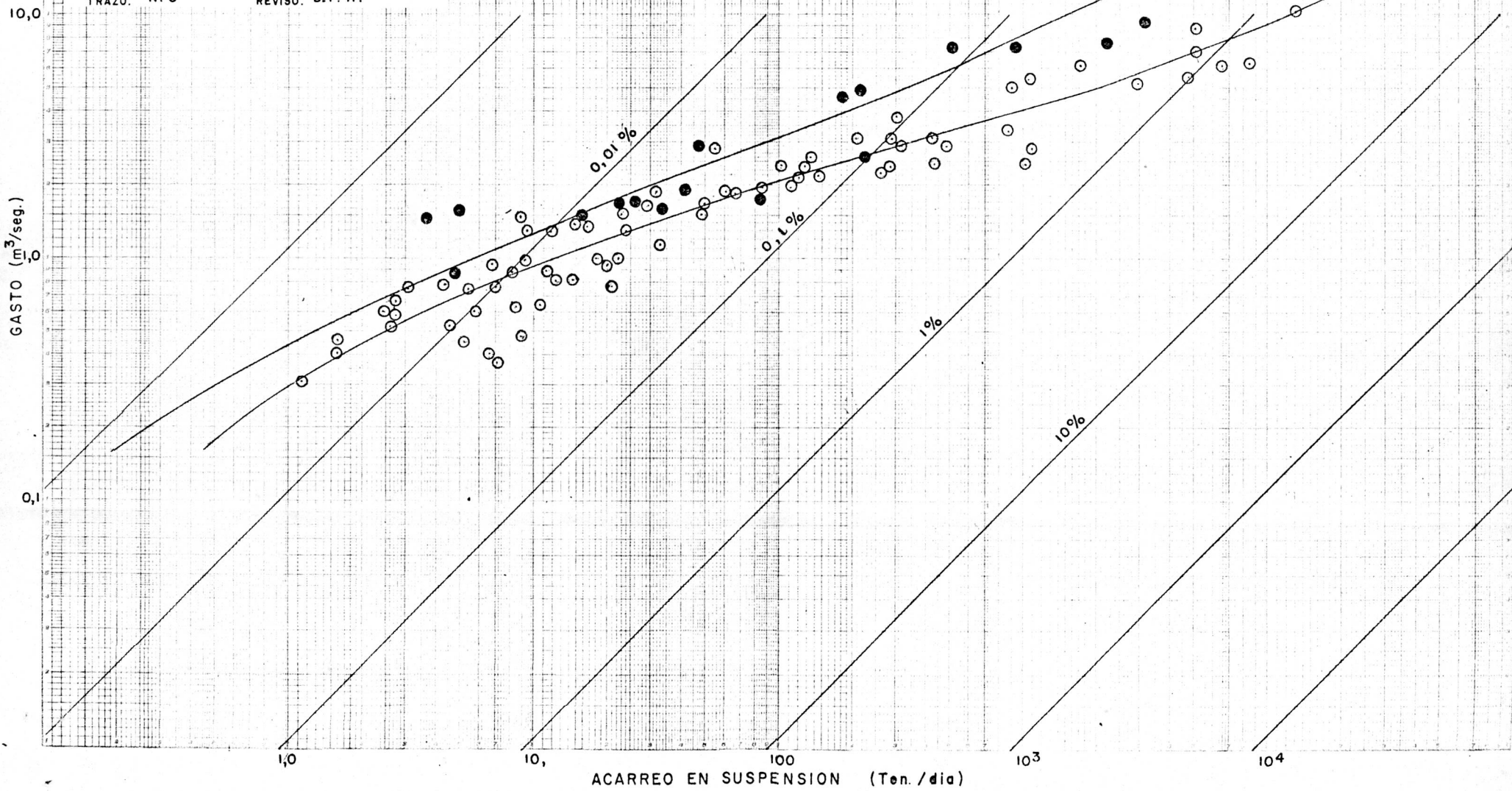
AREA DE LA CUENCA 290 Km²

SIMBOLOGIA

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

TRAZO: R. O

REVISO: D. P. H.



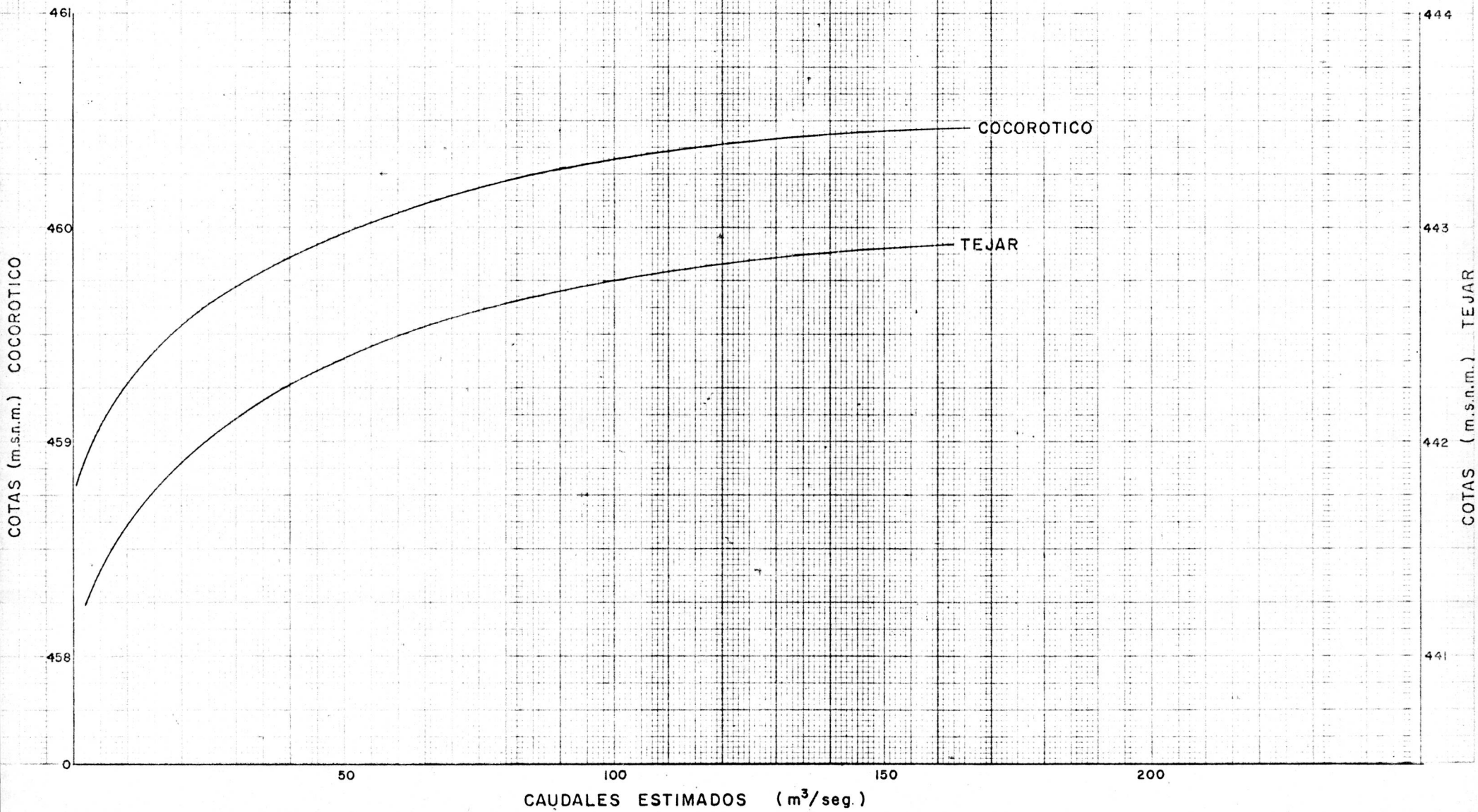
A P E N D I C E S

- A. MEDICION INDIRECTA DE CAUDALES PROGRAMA MOP-1138

- B. - INFORME INTERINO PARA EL INGENIERO JEFE DE LA DIVISION DE HIDROLOGIA, SOBRE EL RECONOCIMIENTO DE LA REGION DE YARACUY. FECHA: 3-7-68. (excluido)
- CALCULOS ACTUALIZADOS DE LOS ACARREOS EN SUSPENSION EN LA ESTACION CUMARIPA. PERIODO 1952 al 1967.

- C. - INFORME DEL RECONOCIMIENTO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO YARACUY DE FECHA 27-29/04/70.

CURVAS PROBABLES DE CAUDALES



1951 - 1952

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (0/0)
ABR	1.16	3.006	10.3	0.	.005
MAY	2.24	5.999	20.6	1.	.018
JUN	3.19	8.269	28.5	5.	.067
JUL	6.50	17.431	60.1	48.	.275
AGO	3.17	8.512	29.3	3.	.045
SEP	2.68	6.963	24.0	1.	.024
OCT	2.33	6.259	21.5	1.	.020
NOV	2.66	6.913	23.8	2.	.032
DIC	2.27	6.098	21.0	1.	.017
ENE	1.64	4.395	15.1	0.	.009
FEB	1.36	3.409	11.7	0.	.006
MAR	1.15	3.103	10.7	0.	.005

GASTO MEDIO ANUAL =	2.54	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	80.363	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	277.11	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	65.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	227.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.081	(0/0)

1952 - 1953

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (0/0)
ABR	1.76	4.567	15.7	0.	.011
MAY	2.06	5.521	19.0	0.	.017
JUN	2.80	7.274	25.0	2.	.029
JUL	3.23	8.655	29.8	4.	.055
AGO	2.43	6.522	22.4	1.	.022
SEP	1.91	4.955	17.0	0.	.012
OCT	1.89	5.073	17.4	0.	.012
NOV	1.72	4.472	15.4	0.	.011
DIC	1.61	4.312	14.8	0.	.008
ENE	1.22	3.283	11.3	0.	.006
FEB	1.11	2.698	9.3	0.	.007
MAR	.64	1.718	5.9	0.	.002

GASTO MEDIO ANUAL =	1.87	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	59.054	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	203.63	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	12.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	42.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.020	(0/0)

1953 - 1954

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (0/0)
ABR	1.30	3.392	11.6	0.	.018
MAY	2.39	6.417	22.1	1.	.025
JUN	3.04	7.903	27.2	11.	.148
JUL	2.08	5.587	19.2	0.	.013
AGO	2.26	6.069	20.9	1.	.018
SEP	2.18	5.669	19.5	2.	.042
OCT	2.22	5.950	20.5	1.	.019
NOV	3.74	9.707	33.4	0.	.005
DIC	1.71	4.581	15.7	3.	.076
ENE	.79	2.122	7.3	0.	.004
FEB	.74	1.804	6.2	0.	.003
MAR	.66	1.777	6.1	0.	.003

GASTO MEDIO ANUAL =	1.93	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	60.984	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	210.29	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	23.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	81.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.038	(0/0)

1954 - 1955

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (O/O)
ABR	1.38	3.594	123.9	0.	.019
MAY	1.85	4.977	171.6	1.	.025
JUN	3.05	7.909	272.7	8.	.109
JUL	5.69	15.260	526.2	27.	.180
AGO	5.45	14.603	503.5	28.	.195
SEP	2.26	5.869	202.3	1.	.028
OCT	3.15	6.443	291.1	5.	.063
NOV	3.13	6.114	279.8	5.	.065
DIC	1.84	4.949	170.6	0.	.015
ENE	1.49	4.000	137.9	0.	.009
FEB	1.18	2.877	99.2	0.	.007
MAR	.74	2.002	69.0	0.	.005

GASTO MEDIO ANUAL =	2.61	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	82.602	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	2848.36	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	80.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	2775	TON/KM2
CONCENTRACION =	.097	(O/O)

1955 - 1956

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (0/0)
ABR	.94	2.442	8.4	0.	.005
MAY	1.68	4.509	15.5	0.	.011
JUN	2.13	5.539	19.1	1.	.023
JUL	5.20	13.937	48.0	20.	.149
AGO	2.18	5.848	20.1	2.	.041
SEP	1.81	4.711	16.2	0.	.014
OCT	1.96	5.267	18.1	1.	.021
NOV	1.90	4.942	17.0	0.	.017
DIC	1.00	2.685	9.2	0.	.005
ENE	1.46	3.921	13.5	1.	.038
FEB	.67	1.691	5.8	0.	.003
MAR	.84	2.259	7.7	0.	.005

GASTO MEDIO ANUAL =	1.82	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	57.756	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	199.16	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	29.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	102.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.051	(0/0)

1956 - 1957

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (0/0)
ABR	1.14	2.971	10.2	0.	.003
MAY	2.95	7.926	27.3	6.	.077
JUN	4.68	12.136	41.8	23.	.196
JUL	4.66	12.494	43.0	8.	.071
AGO	2.68	7.200	24.8	1.	.018
SEP	2.44	6.340	21.8	0.	.011
OCT	2.69	7.204	24.8	2.	.036
NOV	3.15	8.181	28.2	4.	.052
DIC	2.02	5.422	18.6	0.	.007
ENE	1.49	4.004	13.8	0.	.003
FEB	1.07	2.601	8.9	0.	.002
MAR	.60	1.618	5.5	0.	0.000

GASTO MEDIO ANUAL =	2.47	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	78.102	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	269.31	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	48.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	167.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.062	(0/0)

1957 - 1958

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREG MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (0/0)
ABR	.66	1.716	5.9	0.	.005
MAY	1.51	4.059	13.9	0.	.020
JUN	1.67	4.333	14.9	0.	.017
JUL	2.87	7.691	26.3	4.	.056
AGO	1.73	4.633	15.9	0.	.018
SEP	1.61	4.196	14.4	0.	.016
OCT	1.59	4.271	14.7	0.	.017
NOV	2.54	6.608	22.7	2.	.043
DIC	1.83	4.911	16.9	1.	.020
ENE	1.23	3.300	11.3	0.	.013
FEB	.95	2.315	7.9	0.	.008
MAR	.74	1.997	6.8	0.	.006

GASTO MEDIO ANUAL =	1.58	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	50.039	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	172.54	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	13.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	44.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.026	(0/0)

1958 - 1959

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT.. (0/0)
ABR	.84	2.196	7.5	0.	.007
MAY	1.63	4.371	15.0	0.	.019
JUN	1.40	3.632	12.5	0.	.014
JUL	2.55	6.854	23.6	5.	.082
AGO	3.78	10.126	34.9	9.	.089
SEP	2.00	5.191	17.9	1.	.027
OCT	2.12	5.685	19.6	0.	.011
NOV	1.44	3.738	12.8	0.	.015
DIC	1.16	3.115	10.7	0.	.010
ENE	.84	2.259	7.7	0.	.007
FEB	.49	1.200	4.1	0.	.004
MAR	.50	1.359	4.6	0.	.004

GASTO MEDIO ANUAL =	1.57	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	49.731	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	171.48	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	19.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	67.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.039	(0/0)

RIO YARACUY EN PUENTE CUMARIPA AREA DE LA CUENCA = 290 KM2

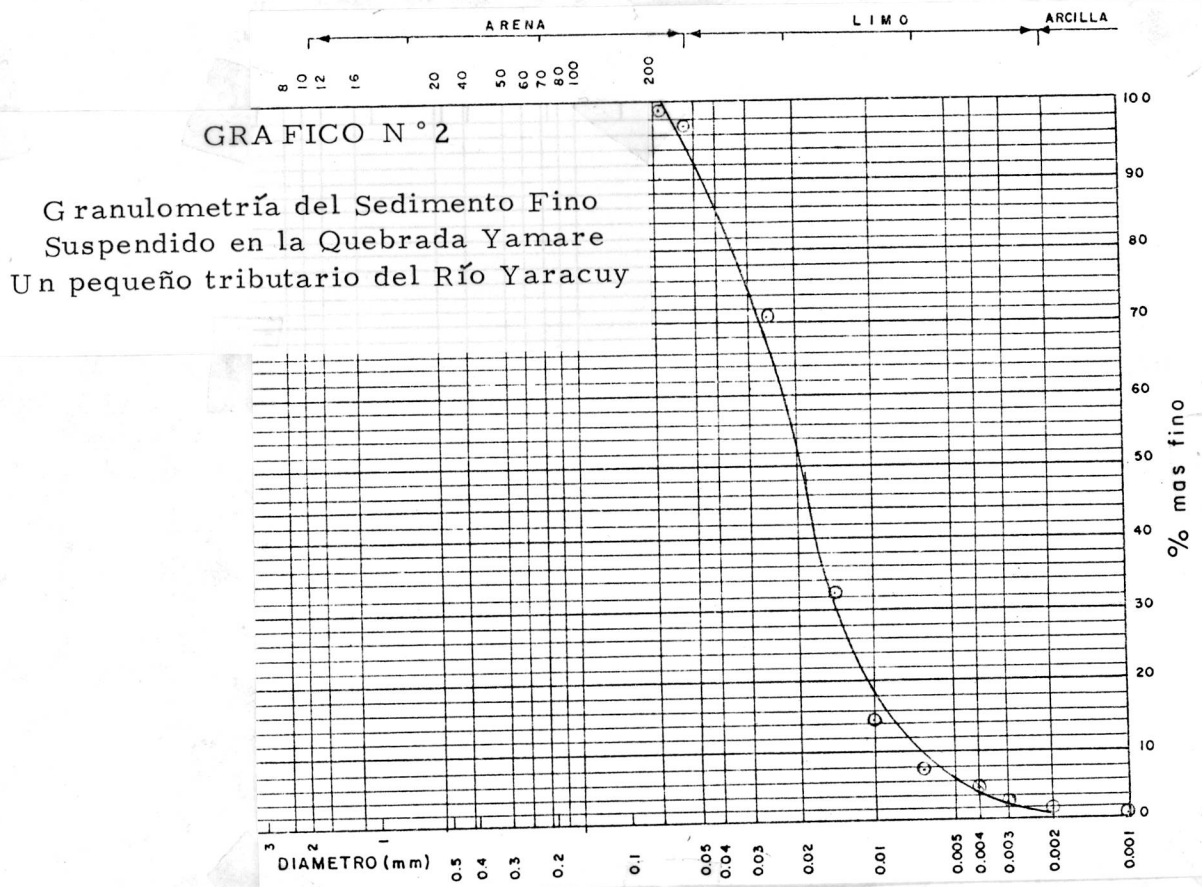
1959 - 1960

MES	GASTO MEDIO (M3/SEG)	VOLUMEN MENSUAL (MILLON M3)	LAMINA (MM)	ACARREO MENSUAL (TONX1000)	CONCT. (0/0)
ABR	.50	1.296	4.4	0.	.003
MAY	2.12	5.679	19.5	3.	.059
JUN	3.77	9.792	33.7	12.	.130
JUL	2.38	6.378	21.9	2.	.041
AGO	4.55	12.200	42.0	11.	.093
SEP	3.25	8.436	29.0	4.	.047
OCT	3.46	9.283	32.0	7.	.086
NOV	3.93	10.190	35.1	8.	.081
DIC	2.71	7.265	25.0	2.	.033
ENE	2.01	5.387	18.5	1.	.018
FEB	1.37	3.433	11.8	0.	.011
MAR	1.35	3.636	12.5	0.	.010

GASTO MEDIO ANUAL =	2.62	M3/SEG
VOLUMEN ANUAL =	82.982	MILLONES DE M3
LAMINA ESCURRIDA =	286.14	MILIMETROS
ACARREO ANUAL =	54.	MILES DE TONELADAS
RENDIMIENTO ANUAL =	189.	TON/KM2
CONCENTRACION =	.066	(0/0)

Estos materiales finos presentan un predominio de limo con tonalidades de gris-parduzco, una concentración relativamente baja de arena, fracción ésta que debe incrementarse durante las crecientes. El sedimento aportado por la Quebrada Yamare mostró para la fecha del reconocimiento, un $d_{50} = 0.020$ mm y resultado del análisis granulométrico practicado mediante el método de pipeteado, se ilustra en el Gráfico N° 2. Aun cuando no se practicaron muestreos de los sólidos en el río Yaracuy en el tramo inferior, el aspecto de las aguas para esta fecha era muy similar a la de este pequeño tributario, lo cual hace suponer la extensión e importancia de la fuente común de suministro. El caudal estimado del río en la sección del Puente El Chino, fué de $15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vol



En los sectores de transición de relieve montañoso hacia las zonas más bajas y en los depósitos de antiguos conos, se desarrollan cárcavas espectaculares como la de Taracoa en el río Cocorote, siendo los materiales movilizados como flujos de lodo y arenas, donde las partículas más gruesas son suspendidas en una mezcla con alto grado de saturación. En este caso, el torrente que descarga en el cauce principal ha creado en su confluencia un abanico simétrico que ha obligado al canal a desplazarse hacia la margen izquierda. Tales estructuras son luego disectadas por los flujos menores que se producen en las microcuencas al ocurrir precipitaciones intensivas, así como por el de los canales mayores donde ellas se han depositado, arrastrándose así el sedimento que progresivamente agrada los tramos inferiores de los canales, especialmente en el río Yaracuy.

Como medida correctiva al problema de agradación en los canales, la Dirección de Infraestructura del MARNR, en años pasados realizó dragados del sector bajo y ejecutó diques marginales en los ríos Macagua y el propio Yaracuy. Tratándose de ríos con elevadas concentraciones de sedimentos, se procuraba disponer estos materiales en cienagas que representan zonas de inundación periódica, ^{procurándose} lográndose así recuperar tierras que entonces eran propiedad de la nación y no existía una alta presión por su incorporación efectiva a la actividad agrí

Insertar después de

* 2 *

Ver pag. 24.

cola. Los diques experimentaron daños y rupturas frecuentes, así como también el canal del Yaracuy ameritó dragados para hacer más eficiente la evacuación de los flujos de agua y sedimentos.

Al interrumpirse las operaciones de dragado, el canal rápidamente se agradó en un espesor promedio de 2 m en una longitud de 20 km, lo cual representa un volumen aproximado de 380.000 m³, a tal punto que en el tramo conocido como las plataneras, el lecho del canal se encuentra a cotas superiores al nivel del terreno natural. Bajo tales condiciones, es cuestionable justificar operaciones de dragado en largas extensiones del canal y ciertamente arriesgado, especialmente para la seguridad de pobladores y agricultores, que han comenzado a penetrar y ocupar las tierras parcialmente saneadas, pero que pueden ser inundadas en crecientes extraordinarias ó al fallar los diques, tal como ocurrió durante la gran inundación de los primeros días de diciembre del pasado año. Ello hace que el procedimiento y los propósitos del dragado, se deban realizar bajo condiciones muy diferentes a las existentes originalmente. Es obvio que ante los costos actuales elevados que tal programa ameritaría, lo recomendable es mantener las condiciones del canal del río Yaracuy

en una corta extensión, particularmente en el tramo donde confluyen los más importantes tributarios y donde se pueden producir condiciones de agradación por el suministro sólido de los mismos, y cuya carga sólida no está el río Yaracuy en capacidad de transportar. al reducirse los caudales aguas arriba, como consecuencia de la construcción del embalse Cumaripa. Además es procedente realizar el mantenimiento periódico del dique de contención marginal (desforestación, compactar sitios de fallas, etc.) y dejar que el río a través del proceso natural de desborde, sedimente los pantanos de las zonas bajas, procediéndose a regular la actividad agrícola y la penetración humana hacia estos sectores críticos.

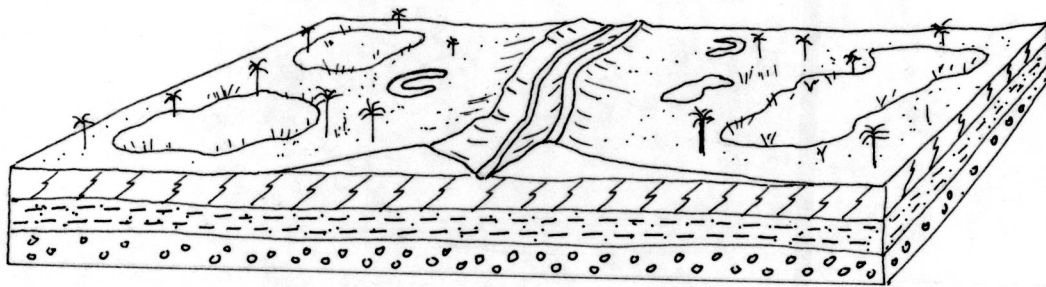


Fig. B-Diques artificiales y zonas depresivas del río Yaracuy en la cuenca inferior.

Este proceso ha mostrado ser muy efectivo, lo cual es consecuencia de la alta producción de sedimentos en el río Yaracuy, calculada en 850 mil ton/año (4) en la Estación Puente Peñón, de donde se concluye que un alto porcentaje que debe ser evaluado, a través de mediciones sistemáticas, se retiene en las zonas bajas y el propio canal, no llegando todo el material hasta el Mar Caribe.

2 / 6. SECTOR MONTAÑOSO DE LA SIERRA DE AROA

Un conjunto de cauces torrenciales (ver Mapa N° 1) con pendientes que excedan al 10% drenan la vertiente meridional de la Serranía de Aroa, llegando al valle en sus zonas planas a través de una brusca transición de pendiente con el desarrollo de conos y abanicos fluviales formados por el aporte y deposición de sedimentos desde la zona de alto relieve. De aquí que zonas bien diferenciadas de erosión-deposición y transporte, pueden identificarse en el valle.

En la zona de alto relieve que puede identificarse sobre la cota de 600 m. s. n. m, se desarrollan ^{localmente} grandes carcavas por erosión geológica natural afectando rocas metamórficas (gneises y esquistos grafitosos) produciendo dezplomes y abalanchas de frag

mentos de roca hasta de 3 m de diámetro, los cuales son dispuestos en los fondos de valles intramontanos. Estos eventos parecen haber ocurrido normalmente en el pasado geológico, mientras que tales materiales se encuentran embutidos en grandes masas de materiales más finos en algunos conos de las zonas de transición y bajas, además se observan zonas disectadas y erosionadas del relieve, que representan a carcavas de mayor desarrollo que las recientes y que debieron ser activas en el pasado, las cuales se encuentran estabilizadas al desarrollarse la vegetación, bajo apropiadas condiciones climáticas. *

Ir a pas. 20
2 →

Es evidente que estos procesos aun en rocas duras, pueden acelerarse al modificarse las condiciones protectivas de los suelos, el drenaje natural ó la geometría de los lechos que sirven de puntos de control a las zonas de suministro. Al exponerse de otra parte la roca, a la acción de la meteorización e infiltración de las aguas de lluvias y el lavado superficial, el progreso de la erosión se acentúa, ya que los materiales están sometidos a procesos alternados de desecación-saturación y los cambios en las magnitudes de los esfuerzos, pueden contribuir a inestabilizar depósitos de cuestas, terrazas y conos.

los Conos
En estos últimos formados en un alto porcentaje de materiales

finos la erosión activada por la acción hídrica, se acelera al removerse la base de los taludes y el incremento del peso causado por la saturación, contribuye a que colapse el depósito, un mecanismo similar ocurre con márgenes y taludes de algunas quebradas, al atravesar las zonas de transición, tal como se observó en la quebrada Guama.

El otro aspecto relacionado con la estabilidad de los conos, es el relativo al urbanismo acelerado que ha venido desarrollándose últimamente en algunos de ellos, con la modificación del drenaje y cambios artificialmente inducidos en ríos y quebradas que los atraviezan. El caso del propio San Felipe es elocuente, muchas residencias del área urbana están construidas en las adyacencias y propios lechos de cauces y finalmente el río Yurubí el más importante que cruza la ciudad, fué parcialmente derivado a través de la quebrada Agua Viva, ahora sometida a transportar excesos de flujos y materiales sólidos (véase Gráfico N° 1) que comienzan a agrandar el lecho y reducir las secciones en puentes localizados dentro de la zona poblada. Si este proceso continúa, es factible que se produzcan desbordes que afecten el propio centro de la ciudad y se expongan a daños, áreas que antes tenían una relativa seguridad contra inundaciones. Finalmente es necesario

proceder a reglamentar y controlar urgentemente el uso de las tierras en la Serranía de Aroa, especialmente con miras a conservar los bosques y suelos, así como las reservas hidráulicas de las cuencas que vierten hacia el Yaracuy, mientras que es allí donde existen disponibilidades seguras de agua, como para abastecer una creciente población y garantizar el desarrollo agro-industrial en el valle.

7. CONCLUSIONES

Los problemas de erosión, conservación de suelos y de preservación de los recursos naturales, particularmente los hidráulicos, requieren actualmente en el valle del Yaracuy de una atención definida por parte de diferentes organismos, tanto gubernamentales como privados de la región. Estos se presentan en diferentes grados de complejidad e interrelacionados, exigiendo grandes inversiones por parte del estado para resolverlos parcialmente, no dudándose que hacia el futuro, ellos van a adquirir mayores magnitudes y complejidad. En este sentido la acción mancomunada de Dependencias de Desarrollo Urbano, Vialidad, INOS, Gobernación, MARNR, Concejos Municipales y Dependencias de producción agrícola gubernamentales como privadas, deben esfor

zarse en iniciar tomas de decisiones que hagan menos compleja y costosas las soluciones futuras de dichos problemas.

Se precisa de mejor información relativa a la Hidrología y Meteorología especialmente, para afrontar problemas como los de inundaciones, estabilidad de canales, control de erosión, contaminación de las aguas, pérdida de capacidad en los embalses, efecto de la extracción y explotación de arenas, etc. Creemos que en una primera fase, la intensificación de tales mediciones para reducir los costos, pueden realizarse en algunos cauces y podría tentativamente pensarse en el propio río Yaracuy en diferentes estaciones y la quebrada Guama. Esta última debido a que se hace impostergable y necesario evaluar racional y cuantitativamente los efectos de explotación de aluviones, procurando establecer normas de aprovechamiento adecuadas a las características y condiciones naturales de los canales. Mientras tanto se apoya la opinión del equipo técnico del USDA (1) en el sentido de explotar depósitos en las terrazas y conos aluviales, en lugar de los propios lechos de los cauces y además, es procedente exigir a las empresas mineras la realización de proyectos técnicos, que contemplan medidas complementarias de protección de los canales, tanto aguas arriba como aguas abajo a los sitios de aprovechamien

to, sometérselos a un control permanente de fiscalización de los métodos y procedimientos utilizados, además lo que se considera más importante y este es un aspecto Jurídico-Legal que compete a las Dependencias de Administración del MARNR, evitar que tales explotaciones se hagan en sitios propensos a causar daños de difícil control y que afecten a los recursos naturales de amplias zonas, lo cual revierta luego en daños y perjuicios de comunidades.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Holland A., Clarke D., Steffen L. (1985)- "Shering Technology in Predicting Erosion & Sedimentation USA-VLA" USDA.
2. MARNR, INOS, CM de Yaritagua, Rotary Club-(1985)" Informe sobre la Problemática de la Cuenca de Guaremal", San Felipe.
3. PEREZ H. DAVID.- (1969)"Acarreo de Sedimentos en la Quebrada Guaremal. Informe actualizado. Caracas, Div. Hidrología, Dirección de Recursos Hidráulicos, MOP.
4. PEREZ H. DAVID.- (1968)" Erosión en la Región de Yaracuy, Estado Yaracuy", División Hidrología, Dirección de Recursos Hidráulicos, MOP.